

# FIZIKA

# 10



$$m\vec{a}_{nis} = \vec{F} +$$

$$\frac{mgl}{h}$$

$$\omega = \sqrt{2\varepsilon \cdot \varphi} \quad a = g (\sin \alpha -$$

# FIZIKA 10

---

**MEXANIKA**

**KINEMATIKA**

**DINAMIKA**

**MEXANIKADA SAQLANISH QONUNLARI**

**STATIKA VA GIDRODINAMIKA**

**MEXANIK TEBRANISHLAR VA TO‘LQINLAR**

**TERMODINAMIKA ASOSLARI**

**ELEKTRODINAMIKA**

**O‘ZGARMAS TOK QONUNLARI**

**TURLI MUHITLARDA ELEKTR TOKI**

*O‘rta ta’lim muassasalarining 10-sinfi va o‘rta maxsus,  
kasb-hunar ta’limi muassasalarining o‘quvchilari uchun darslik*

*O‘zbekiston Respublikasi Xalq ta’limi vazirligi tasdiqlagan*

*1-nashri*

TOSHKENT – “NISO POLIGRAF” – 2017

UO‘K: 53(075.3)

KBK 22.3ya721

F58




#### Mualliflar:

- N. Sh. Turdiyev** – Mexanika, IV bob. “Statika va gidrodinamika”, VII bob. “O‘zgarmas tok qonunlari”, IX bob. “Turli muhitlarda elektr toki”;
- K. A. Tursunmetov** – V bob. “Mexanik tebranishlar va to‘lqinlar”;
- A. G. Ganiyev** – III bob. “Mexanikada saqlanish qonunlari”, VI bob. “Termodinamika”;
- K. T. Suyarov** – I bob. “Kinematika”, VII bob. “Elektrodinamika”;
- J. E. Usarov** – II bob. “Dinamika”, V bob. “Mexanik tebranishlar va to‘lqinlar”;
- A. K. Avliyoqulov** – III bob. “Mexanikada saqlanish qonunlari”, VI bob. “Termodinamika”.

#### Taqrizchilar:

- Sh. Usmanov** – O‘zRFA Fizika-texnika institutining katta ilmiy xodimi, f-m.f.n.
- B. Nurillayev** – Nizomiy nomidagi TDPU kafedra mudiri, dotsent, pedagogika fanlari nomzodi,
- Z. Sangirova** – RTM bosh metodisti,
- B. Saidxo‘jayeva** – Toshkent viloyati, Pskent tumani 5-maktab fizika o‘qituvchisi, O‘zbekistonda xizmat ko‘rsatgan Xalq ta‘limi xodimi.
- F. Norqobilov** – Toshkent shahar, Sergeli tumani, 303-maktab o‘qituvchisi,
- Z. Tajibayeva** – P.F. Borovskiy nomli tibbiyot kolleji o‘qituvchisi,
- N. Berdirasulov** – Toshkent shahar, Sergeli tumani 104-maktab o‘qituvchisi,

#### SHARTLI BELGILAR:

- | – fizik kattaliklarga ta‘rif; asosiy qonunlar;
-  – muhim formulalar;
- \* – bu mavzular fizikani chuqur o‘rganishga ishtiyoqi bo‘lgan o‘quvchilar uchun mo‘ljallangan;
-  – o‘quvchi tomonidan bajariladigan amaliy ish;
-  – mavzu matnini o‘qib chiqqandan so‘ng, qo‘yilgan savollarga javob bering;

**Respublika maqsadli kitob jamg‘armasi mablag‘lari hisobidan chop etildi**

ISBN 978-9943-4867-6-8

© N. Sh. Turdiyev va boshq. 2017  
© “Niso Poligraf” nashriyoti  
(original-maket), 2017

## 1-mavzu. FIZIKANING TADQIQOT METODLARI

Fizikada tabiatdagi jarayon va hodisalarni o'rganishda o'ziga xos tadqiqot metodlari mavjud.

Fizika eksperimental fan hisoblanadi. Shu bois tajriba o'tkazish jarayoni alohida sharoitni talab qiladi. Bunda o'rganilayotgan jarayonga tashqi ta'sir ko'rsatilmasligiga harakat qilinadi.

Bundan tashqari, jarayonlarga tegishli fizik parametrlar orasidagi bog'lanishni matematik ifodalar orqali beriladi. Shunga ko'ra fiziklar jarayonlarning bundan keyingi borishini yoki oldin qanday bo'lganligini juda aniq aytib berishga muvaffaq bo'ldilar. Buyuk italyan fizigi Galileo Galiley shunday deb yozgan edi: "Tabiat kitobi"ni tushunish uchun uning yozilgan tilini bilishing kerak. Bu til – matematikadir.

Kuzatishlardan ko'pgina hodisalar uchun ma'lum bir qonuniyatlar mavjud ekanligi taxmin qilinadi. Bunday taxminlar *ilmiy gipoteza* deyiladi.

Gipotezani tekshirish uchun, olimlar tajriba (eksperiment) o'tkazishadi. Buning uchun tabiiy sharoitga yaqinlashtirilgan *maxsus sharoitlar* yaratiladi.

Gipotezani shakllantirish va eksperiment o'tkazish hamda uning natijalarini tushuntirish uchun, mazkur jarayon yoki hodisaning modeli tuziladi. Biror bir jarayonning *modeli* deyilganda uning ixchamlashgan, tartibga solingan, muhim jihatlari ajratib ko'rsatilgan holati tushuniladi. Bunga misol sifatida moddiy nuqta va ideal gaz tushunchalarini misol qilib aytish mumkin.

Eksperiment o'tkazish jarayonida tashqi ta'sirlardan to'la qutulib bo'lmaydi. Shunga qaramasdan, olingan natijaga ko'ra ideal sharoitda qanday natija chiqishini aytib berish mumkin bo'ladi. Bu ideal vaziyat *ilmiy ideallashtirish* deyiladi. Aynan mana shu hodisalar tashqaridan qaralganda murakkabga o'xshasa-da, lekin ular bo'ysunuvchi qonunlar sodda bo'lishini ko'rsatadi.

Fizik jarayonlar borishi haqidagi gipoteza tasdiqlansa, u *fizik qonunga* aylanadi.

Mexanikaning asosiy mazmunini buyuk ingliz olimi Isaak Nyuton tomonidan shakllantirilgan uchta qonun, butun olam tortishish qonuni, elastiklik va ishqalanish kuchlariga doir qonuniyatlar tashkil etadi. Gaz jarayonlari uchun uning bosimi, hajmi va temperaturasi orasidagi bog'lanishni ifodalaydigan qonunlar ochildi. Tinch holatda turgan zaryadlangan zarralar orasidagi o'zaro ta'sir fransuz fizigi Sharl Kulon tomonidan ochilgan qonunga bo'ysunadi.

Keng qamrovli hodisalarni tushuntiradigan qonunlar to'plami *ilmiy nazariya* deyiladi. Masalan, Nyuton qonunlari mexanikaning klassik nazariyasini tashkil etadi. Ingliz fizigi D.K.Maksvell tomonidan shakllantirilgan qonunlar elektromagnitizm uchun klassik nazariya mazmunini tashkil etadi.

Ilmiy nazariya o'z ichiga qonunlar bilan birgalikda bu qonunlarni shakllantirishda foydalanilgan fizik kattaliklar va tushunchalarning ta'riflarini ham oladi.

Eng muhimi, fizik nazariyadagi barcha aniqlanadigan kattaliklar *tajribada o'lchana oladigan* bo'lishi kerak.

Barcha fizik qonunlar va nazariyalar haqiqatga yaqin bo'lishi kerak. Chunki nazariyani yaratishda har doim jarayon va hodisaning modelidan foydalaniladi. Shunga ko'ra qonun va nazariyalarning *qo'llanilish chegarasi* bo'ladi, Masalan, klassik mexanika qonunlari faqat yorug'lik tezligidan juda kichik tezlikda harakatlanadigan jismlar uchun o'rinli bo'ladi. Elementar zarralar tezlatgichlarida bu isbotlangan. Klassik mexanika, shuningdek, juda kichik massali zarralar (elektron) harakatini to'g'ri ifodalay olmaydi.

Yangidan topilgan fizik nazariyalar avvalgilarini bekor qilmaydi, balki uni to'ldiradi va aniqlashtiradi. Yangi fizik nazariyaga qo'yilgan muhim talablardan biri *moslik prinsipidir*. Bu degani belgilangan chegarada yangi nazariya, avvalgi nazariya bilan mos tushishi kerak.



1. Nima sababdan fizik nazariyadagi barcha aniqlanadigan kattaliklar tajribada o'lchana oladigan bo'lishi kerak?
2. Gipoteza qachon fizik qonunga aylanadi?

# I bob. KINEMATIKA

## 2-mavzu. MEXANIK HARAKAT TURLARI. HARAKATLARNING MUSTAQILLIK PRINSIPI

7-sinfda siz turli mexanik harakatlar bilan tanishgansiz. Ularni birgalikda eslaylik:

**1. To‘g‘ri chiziqli tekis harakat.** Bunday harakatda jismning harakat trayektoriyasi to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘ladi. Harakat tezligining kattaligi va yo‘nalishi o‘zgarmaydi. Bosib o‘tilgan yo‘l  $s = v \cdot t$  formula bilan aniqlanadi.

**2. To‘g‘ri chiziqli notekis harakat.** Bunday harakatda jismning harakat trayektoriyasi to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘ladi. Harakat tezligining kattaligi o‘zgaradi, lekin yo‘nalishi o‘zgarmaydi. Bosib o‘tilgan yo‘l  $s = v_{o'rt} \cdot t$  formula bilan aniqlanadi. Bunda  $v_{o'rt}$  –jismning o‘rtacha tezligi.

**3. To‘g‘ri chiziqli tekis tezlanuvchan (sekinlanuvchan) harakat.** Bunday harakatda jism harakat trayektoriyasi to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘ladi. Harakat tezligining kattaligi bir tekisda ortib (kamayib) boradi, ya‘ni teng vaqtlar ichida bir xil kattalikka ortadi (kamayadi), lekin yo‘nalishi o‘zgarmaydi. Bosib o‘tilgan yo‘l  $s = v_0 \cdot t \pm \frac{at^2}{2}$  formula bilan aniqlanadi (“+”) ishora tekis tezlanuvchan,  $a > 0$ , (“-”) ishora tekis sekinlanuvchan ( $a < 0$ ) bo‘lganda qo‘yiladi).

**4. Egri chiziqli tekis harakat.** Egri chiziqli harakatning xususiy holi sifatida aylana bo‘ylab tekis harakatni olish mumkin. Bunday harakatda har doim tezlik yo‘nalishi uzluksiz o‘zgarib, trayektoriyaga urinma bo‘ylab yo‘nalgan bo‘ladi. Harakatning asosiy parametrlari:  $v$  –chiziqli tezlik;  $\omega$  –burchak tezlik;  $T$  –aylanishlar davri;  $\nu$  –aylanishlar chastotasi;  $S_{yoy}$  –yoy uzunligi;  $s$  –bosib o‘tilgan yo‘l.

Shuni ta’kidlash joizki, yuqorida keltirilgan harakatlarda jism faqat bitta harakatda qatnashgan hollar o‘rganilgan. Hayotda ko‘pincha jismlar bir

vaqtning o'zida bir nechta harakatda qatnashadi. Masalan, daryo bo'ylab harakatlanayotgan kema, poyezd vagoni ichida yurib ketayotgan odam, uchib ketayotgan samolyotdan tashlangan yuk va h.k. Bunda daryoda harakatlanadigan kema o'z dvigatelining tortish kuchi tufayli bir yo'nalishda  $v_1$  tezlik bilan harakatlansa, suv uni  $v_2$  tezlik bilan oqim yo'nalishida harakatlantiradi. Bu misollarda jismning ikkita harakatda qatnashayotganligi ko'rinib turibdi.

Shunday savol tug'iladi. Kemaga o'z dvigatelining tortish kuchi tufayli berilgan  $v_1$  tezlik daryoning oqish tezligiga bog'liqmi? Uchib ketayotgan samolyotdan tashlangan yukning tushish vaqti samolyot tezligiga bog'liqmi?

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, kemaning tezligi suvning oqish tezligiga, samolyotdan tashlangan yukning tushish vaqti samolyot tezligiga bog'liq emas!

Bundan shunday xulosa kelib chiqadi.

**Jism qatnashayotgan harakatlar mustaqil bo'lib, ularning harakat tezligi (tezlanishi) bir-biriga bog'liq emas. Bunga harakatlarning mustaqillik prinsipi deyiladi.**

Shunga ko'ra istalgan murakkab harakatga, oddiy harakatlarning yig'indisi deb qarash mumkin. Bu harakatlar bir-biriga ta'sir ko'rsatmaydi. Agar ulardan biri o'z harakatini o'zgartirsa yoki butunlay to'xtatsa, boshqasiga buning ta'siri bo'lmaydi. Aynan mana shu prinsip asosida biz o'rganayotgan jarayondagi vektor kattaliklarni alohida tashkil etuvchilarga ajratamiz. Ularni koordinata o'qlariga proyeksiyalash ham shu prinsipga asoslangan. Tezlik vektorlarini qo'shib natijaviy tezlikni chiqarish ham shu prinsip asosida bo'ladi. Shunga asosan bir nechta harakatda qatnashgan jism harakati uchun quyidagilarni yozamiz:

$$\begin{aligned}\vec{s}_{umum.} &= \vec{s}_1 + \vec{s}_2 + \vec{s}_3 + \dots + \vec{s}_n, \\ \vec{v}_{umum.} &= \vec{v}_1 + \vec{v}_2 + \vec{v}_3 + \dots + \vec{v}_n \\ \vec{a}_{umum.} &= \vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \vec{a}_3 + \dots + \vec{a}_n\end{aligned}\tag{1.1}$$

$$\vec{s} = \vec{s}_0 + \vec{v}_{um} t + \frac{a_{um} t^2}{2}.$$

Ularga mos ravishda kattaliklarning  $x$  va  $y$  o'qlariga bo'lgan proyeksiyalari quyidagicha bo'ladi:

$$s_x = s_{0x} + v_x t + \frac{\alpha_x t^2}{2}, \quad s_y = s_{0y} + v_y t + \frac{\alpha_y t^2}{2}. \quad (1.2)$$

### Masala yechish namunasi

Teploxodning tinch suvdagi tezligi 70 km/soat. U oqim bo‘ylab bir-biridan 36 km uzoqlikda joylashgan pristanlar oralig‘ini qancha vaqtda bosib o‘tadi? Daryo oqimining oqish tezligi 2 km/soat.

Berilgan:

$$s = 36 \text{ km}$$

$$v_{\text{tep.}} = 70 \text{ km/soat}$$

$$v_{\text{daryo.}} = 2 \text{ km/soat}$$

Topish kerak

$t = ?$

Formulasi va yechilishi:

$$s = v \cdot t; \quad v = v_{\text{tep.}} + v_{\text{daryo.}}$$

$$s = (v_{\text{tep.}} + v_{\text{daryo.}}) \cdot t;$$

$$\text{Bundan } t = \frac{s}{v_{\text{tep.}} + v_{\text{daryo.}}}; \quad t = \frac{36 \text{ km}}{(70+2) \text{ km/soat}} = 0,5 \text{ soat.}$$

Javobi: 0,5 soat.



1. Qanday hollarda tezlik vektori tashkil etuvchilarga ajratiladi?
2. Harakatlarning mustaqillik prinsipi nimadan iborat?
3. Nima sababdan jism bir vaqtda bir necha harakatda qatnashayotgan bo‘lsa, harakatlar bir-biriga ta’sir ko‘rsatmaydi?

## 3-mavzu. JISMLARNING VERTIKAL HARAKATI

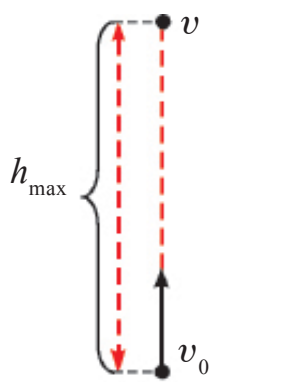
Biror jismni qo‘limizda ushlab turib, so‘ng uni qo‘yib yuborsak, jism tortish kuchi natijasida to‘g‘ri yer sirtiga tomon harakatlanadi. Jismning bunday harakati *pastga qarab vertikal harakat* deyiladi. Bunday harakatlar bilan siz 7-sinfda tanishgansiz. Bu mavzuda uni biz harakatlarning mustaqillik prinsipi nuqtayi nazaridan ko‘rib chiqamiz.

Jism vertikal harakatlanganda unga bitta yoki bir nechta kuchlar (og‘irlik kuchi, havoning qarshilik kuchi, Arximed kuchi) ta’sir qiladi. Jismning yuqoriga tik (vertikal) harakatida masalani soddalashtirish maqsadida havoning *qarshilik kuchini* va *Arximed kuchini* hisobga olmaymiz.

Jismni yuqoriga vertikal yo‘nalishda  $v_0$  boshlang‘ich tezlik bilan uloqtirib, uning harakatini kuzataylik (1.1-rasm). Agar jism faqat shu  $v_0$  tezlik bilan yuqoriga harakatlanganda u  $t$  vaqt ichida  $h_1 = v_0 \cdot t$  balandlikka ko‘tarilgan bo‘lar edi. Ammo yerning tortish kuchi ta’sirida shu  $t$  vaqt ichida jismning ko‘tarilish balandligi  $h_2 = gt^2/2$  ga kamayadi. U holda jismning ko‘tarilishi



mumkin bo'lgan balandlik  $h = h_1 - h_2$  ga teng bo'ladi, ya'ni jismning harakat tenglamasi



1.1-rasm.

$$h = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

(1.3)

orqali ifodalanadi.

Yuqoriga vertikal otilgan jism harakati tekis sekinlanuvchan harakatdan iborat.

Jismning  $t$  vaqtdan keyingi tezligi

$$v = v_0 - gt$$

(1.4)

ifoda yordamida aniqlanadi. Jism eng baland ko'tarilish nuqtasiga yetganidan so'ng to'xtaydi ( $v = 0$ ) va pastga qarab vertikal harakatini boshlaydi.

(1.4) ifodaning chap tomonini nolga tenglab, jismning ko'tarilishi uchun ketgan vaqtini hisoblash ifodasiga ega bo'lamiz:

$$t_k = \frac{v_0}{g}$$

(1.5)

Jismning maksimal ko'tarilish balandligi ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$h = \frac{v_0 t_k}{2} = \frac{gt_k^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g}$$

(1.6)

Havoning qarshiligi hisobga olinmas darajada kichik bo'lgan sharoitda yuqoriga tik otilgan jismning ko'tarilishi uchun ketgan vaqti uning tushish vaqtiga teng bo'ladi, ya'ni  $t_k = t_t$ . Shuningdek, jism qanday tezlik bilan yuqoriga tik otilsa, u otilgan joyiga xuddi shunday tezlik bilan qaytib tushadi.

Pastga vertikal otilgan jismning harakati tekis tezlanuvchan harakatdan iborat bo'ladi. Bunda jismning  $t$  vaqtdan keyingi tezligi

$$v = v_0 + gt$$

(1.7)

ifoda yordamida aniqlanadi. Pastga vertikal otilgan jism harakati tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$h = v_0 t_t + \frac{gt_t^2}{2}$$

(1.8)

Jismning vertikal harakat qonuniyatlarini birinchi bo‘lib buyuk italiyan olimi G. Galiley tajribalar asosida o‘rgandi. O‘tkazilgan tajribalar asosida jismlarning vertikal tushishida ikkita qonuniyat borligi aniqlandi. Birinchidan, jismning vertikal tushishi to‘g‘ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatdan iborat, ikkinchidan, hamma jism erkin tushish vaqtida doimiy tezlanish bilan harakatlanadi.

Jismning erkin tushishi tekis tezlanuvchan harakat bo‘lganligi inobatga olinsa, bu harakat uchun ham to‘g‘ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatning barcha tenglamalari o‘rinli bo‘ladi, faqat ularda  $a$  tezlanishni  $g$  erkin tushish tezlanishi bilan,  $s$  yo‘lni esa  $h$  balandlik bilan almashtirish kerak (1-jadval).

Erkin tushish tekis tezlanuvchan, (yuqoriga tik otilgan jism tekis sekinlanuvchan) harakatda bo‘lganligi uchun jism harakatining o‘rtacha tezligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$v_{\text{ort}} = \frac{v_0 + v}{2} \quad (1.9)$$

### Masala yechish namunasi

1. Balandligi 20 m bo‘lgan binodan tushayotgan jismning boshlang‘ich tezligi 15 m/s. Uning yerga to‘qnashish paytidagi tezligi nimaga teng?

<p>Berilgan:</p> <p><math>h = 20 \text{ m}</math></p> <p><math>v_0 = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}</math></p> <p><math>g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}</math></p> <hr/> <p>Topish kerak</p> <p><math>v - ?</math></p>	<p>Formulasi:</p> $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$	<p>Yechilishi:</p> $v = \sqrt{(15^2 + 2 \cdot 10 \cdot 20) \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ <p style="text-align: right; margin-top: 20px;"><i>Javobi:</i> <math>25 \frac{\text{m}}{\text{s}}</math></p>
---	--	--

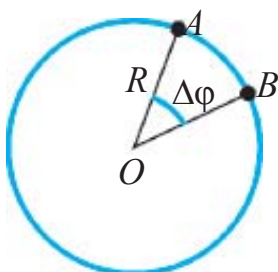
*1-jadval*

<b>Tekis tezlanuvchan harakat tenglamalari</b>	<b>Erkin tushishdagi harakat tenglamalari</b>
$v = v_0 + at$ agar $v_0 = 0$ bo‘lsa, $v = at$	$v = v_0 + gt$ agar $v_0 = 0$ bo‘lsa, $v = gt$
$s = v_0 t + \frac{at^2}{2};$ agar $v_0 = 0$ bo‘lsa, $s = \frac{at^2}{2}$	$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2};$ agar $v_0 = 0$ bo‘lsa, $h = \frac{gt^2}{2}$

$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$	$h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}$
Agar $v_0 = 0$ bo'lsa, $v = \sqrt{2as}$	Agar $v_0 = 0$ bo'lsa, $v = \sqrt{2gh}$

1. Yuqoriga vertikal otilgan jism harakati qanday mustaqil harakatlardan iborat?
2. Yuqoriga vertikal otilgan jism harakat tenglamasida nega tezlanish minus ishorada olingan?
3. Jism yuqoriga ko'tarilayotganda uning tezlanishi o'zgaradimi?
1. Yuqoriga tik otilgan jismning ko'tarilish vaqti bilan tushish vaqti tengligini isbotlang.
2. Jismni yuqoriga qanday tezlik bilan otsak, u otilgan joyiga xuddi shunday tezlik bilan qaytib tushishini isbotlang.

#### 4-mavzu. AYLANA BO'YLAB NOTEKIS HARAKAT. BURCHAK TEZLANISH. TANGENSIAL TEZLANISH



1.2-rasm.

Siz 7-sinfda aylana bo'ylab tekis harakat bilan tanishgansiz. Mazkur mavzuda aylana bo'ylab notekis harakatni o'rganamiz. Aylana bo'ylab tekis harakatga tegishli fizik kattaliklarni eslab ko'raylik (1.2-rasm).

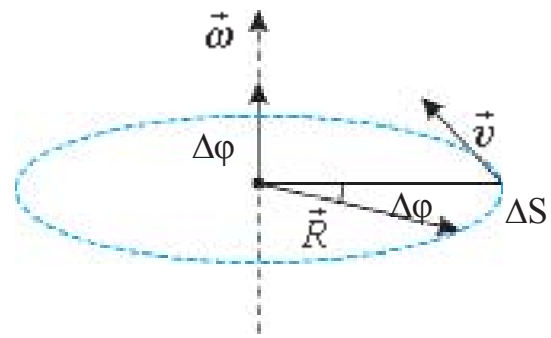
1. Aylana bo'ylab tekis harakatlanayotgan moddiy nuqtaning vaqt birligi ichida yoy bo'ylab bosib o'tgan yo'lga son jihatdan teng bo'lgan kattalikka chiziqli tezlik deyiladi va quyidagicha ifodalanadi.

$$v = \frac{\tilde{s}_{AB}}{t}. \quad (1.10)$$

2. Aylana bo'ylab tekis harakatda aylana radiusi burilish burchagining shu burilish uchun ketgan vaqtga nisbati burchak tezlik deyiladi:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}. \quad (1.11)$$

Burchak tezlik ham, chiziqli tezlik kabi vektor kattalik hisoblanadi. Uning yoʻnalishi oʻng vint (parma) qoidasiga binoan aniqlanadi. Bunda oʻng vint kallagining aylanish yoʻnalishi moddiy nuqta aylanishi bilan mos kelsa, uning uchining yoʻnalishi burchak tezlik vektori yoʻnalishi bilan mos tushadi (1.3-rasm).



1.3-rasm.

Koʻpgina hollarda aylanma harakat qiluvchi jismlar oʻz aylanish tezligini oʻzgartiradi. Masalan, mashina joyidan qoʻzgʻalib, maʼlum bir tezlikka erishguncha yoki tormozlanib toʻxtaguncha uning gʻildiraklari shunday harakatlanadi.

**Aylana boʻylab harakatlanayotgan jismning burchak tezligi vaqt davomida oʻzgarib turadigan harakat oʻzgaruvchan aylanma harakat deyiladi.**

Oʻzgaruvchan aylanma harakatlar orasida burchak tezligi ixtiyoriy teng vaqt oraligʻida teng miqdorda oʻzgarib turadigan harakatlar ham uchraydi. Masalan, bekatga yaqinlashayotgan yoki undan uzoqlashayotgan avtobusning gʻildiragi tekis oʻzgaruvchan aylanma harakat qiladi. Bunday harakatlarda burchak tezlikning oʻzgarish jadalligi burchak tezlanish deb ataluvchi fizik kattalik bilan tavsiflanadi.

**Burchak tezlik oʻzgarishining shu oʻzgarish uchun ketgan vaqtga nisbati bilan oʻlchanadigan kattalikka burchak tezlanish deyiladi.**

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}. \quad (1.12)$$

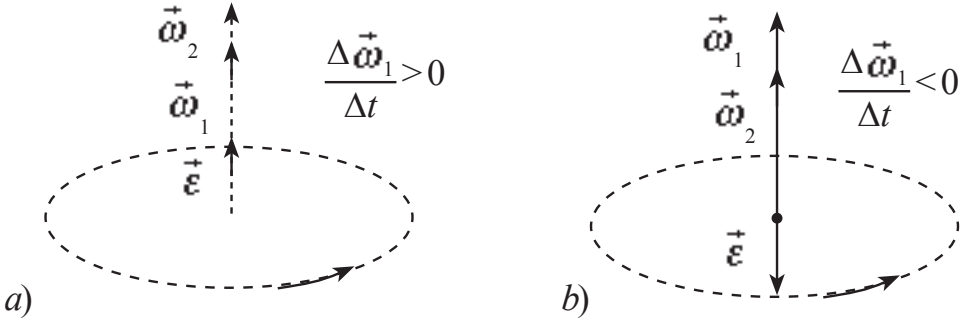
Tekis oʻzgaruvchan aylanma harakatning burchak tezlanishi vaqt davomida oʻzgarmaydi, chunki uning burchak tezligi ham teng vaqt oraligʻlarida teng miqdorga oʻzgaradi. Agar harakatlanayotgan moddiy nuqtaning boshlangʻich burchak tezligi  $\omega_0$ ,  $\Delta t$  vaqt oʻtgandan keyingi burchak tezligi  $\omega$  boʻlsa, burchak tezligining oʻzgarishi  $\Delta\omega = \omega - \omega_0$  boʻladi. U holda (1.12) tenglama quyidagi koʻrinishda yoziladi:

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} \quad (1.13)$$

Bundan burchak tezlanishining birligi  $[\varepsilon] = \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$  kelib chiqadi. (1.13) ifodadan ixtiyoriy vaqtdagi burchak tezlikni aniqlash formulasi kelib chiqadi:

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon \Delta t. \quad (1.14)$$

Burchak tezlik harakat davomida bir tekisda ortib borsa, aylanma harakat tekis tezlanuvchan bo‘ladi ( $\varepsilon > 0$ ) (1.4-a rasm). Aylanma harakatning burchak tezligi aylanish jarayonida bir tekis kamayib borsa, bunday aylanma harakat tekis sekinlanuvchan deyiladi va  $\varepsilon < 0$  bo‘ladi (1.4-b rasm).



1.4-rasm.

Aylanma harakatda burchak tezlik vektor kattalik bo‘lganligi uchun uning burchak tezlanishi ham vektor kattalikdir. Chunki, (1.13) tenglikdagi  $\Delta t$  skalyar kattalik.  $\omega > \omega_0$  bo‘lganda,  $\varepsilon > 0$  bo‘lib,  $\vec{\varepsilon}$  burchak tezlik vektori bilan bir tomonga,  $\omega < \omega_0$  bo‘lganda,  $\varepsilon < 0$  bo‘lib, burchak tezlikka teskari yo‘nalgan bo‘ladi.

Tekis o‘zgaruvchan aylanma harakatning tenglamalarini hosil qilish uchun tekis o‘zgaruvchan to‘g‘ri chiziqli harakat tenglamalaridagi bosib o‘tgan  $s$  yo‘lni burilish burchagi  $\varphi$  bilan, tezlik  $v$  ni burchak tezlik  $\omega$  bilan va tezlanish  $a$  ni burchak tezlanish  $\varepsilon$  bilan almashtirish kifoya. Mazkur harakatlarning o‘zaro taqqoslangan tenglamalari quyidagi jadvalda keltirilgan:

To‘g‘ri chiziqli tekis o‘zgaruvchan harakat ( $a = \text{const}$ )	Tekis o‘zgaruvchan aylanma harakat ( $\varepsilon = \text{const}$ )
$s = v_{\text{o'rt}} \cdot t$	$\varphi = \omega_{\text{o'rt}} \cdot t$
$v_{\text{o'rt}} = \frac{v_0 + v}{2}$	$\omega_{\text{o'rt}} = \frac{\omega_0 + \omega}{2}$
$v = v_0 + a \cdot t$	$\omega = \omega_0 + \varepsilon \cdot t$

$$s = v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a \cdot s$$

agar  $v_0 = 0$  bo'lsa,

$$v = a \cdot t \text{ va } v = \sqrt{2a \cdot s}$$

agar  $a < 0$  bo'lsa,

$$v = v_0 - a \cdot t$$

$$s = v_0 \cdot t - \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$v_0^2 - v^2 = 2a \cdot s$$

$$\varphi = \omega_0 \cdot t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$$

$$\omega^2 - \omega_0^2 = 2\varepsilon \cdot \varphi$$

agar  $\omega_0 = 0$  bo'lsa,

$$\omega = \varepsilon \cdot t \text{ va } \omega = \sqrt{2\varepsilon \cdot \varphi}$$

agar  $\varepsilon < 0$  bo'lsa,

$$\omega = \omega_0 - \varepsilon \cdot t$$

$$\varphi = \omega_0 \cdot t - \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$$

$$\omega_0^2 - \omega^2 = 2\varepsilon \cdot \varphi$$

Aylanma harakatda moddiy nuqtaning chiziqli tezligining son qiymati o'zgaradigan hollar ham uchraydi. Bunday paytda moddiy nuqtaning chiziqli tezligi o'zgarishi bilan bog'liq tezlanish vujudga keladi. Bu tezlanish tezlikning son qiymati o'zgarishi tufayli hosil bo'lganligidan, uning yo'nalishi tezlik yo'nalishi bilan mos tushadi. Shunga ko'ra uni urinma, ya'ni *tangensial tezlanish* deb ataymiz va uning ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$\vec{a}_\tau = \frac{\Delta \vec{v}}{t}. \quad (1.15)$$

Shunday qilib, aylanma harakatlanayotgan moddiy nuqtaning chiziqli tezligi ham o'zgarsa, uning umumiy tezlanishi

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n \text{ yoki } a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} \quad (1.16)$$

ifoda orqali aniqlanadi. Bu yerda:  $a_\tau = \varepsilon R$  ga teng.



1. Tekis o'zgaruvchan harakatning burchak tezlanishi deb qanday fizik kattalikka aytiladi? U qanday birlikda o'lchanadi?
2. Burchak tezlik yo'nalishi qanday aniqlanadi?
3. Normal yoki tangensial tezlanishi bo'lmagan egri chiziqli harakat mavjudmi?
4. G'ildirak tekis sekinlanuvchan harakat qilib 1 min. davomida chastotasini 300 1/min. dan 180 1/min gacha kamaytirdi. G'ildirakning burchak tezlanishini va shu davrdagi to'la aylanishlar sonini toping.

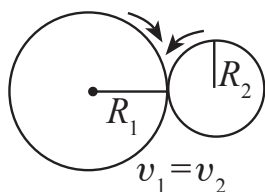
## 5-mavzu. AYLANMA VA ILGARILANMA HARAKATNI O‘ZARO UZATISH

Kundalik turmushda harakatlanuvchi transport vositalarining harakati kuzatilsa, ularning dvigateli bir xilda ishlab tursa-da, ular turlicha tezlikda harakatlanishi kuzatiladi. Avtomobil tekis yo‘lda katta tezlik bilan qiyalikka chiqishda, botqoqli joylarda sekin yuradi. Xuddi shunday to‘qimachilikda, sanoatda ishlatiladigan dastgohlarda ham ularning turli qismlari turlicha tezlikda aylanayotganligini kuzatish mumkin. Kundalik turmushda ishlatiladigan tikuv mashinasida ham aylanma harakat va uni borib-keluvchi (ilgarilanma) harakatga aylantirib beruvchi mexanizmlar ishlatiladi (1.5-rasm).

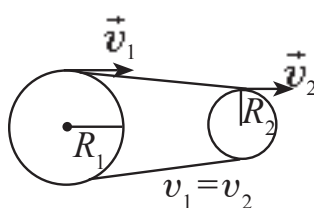


1.5-rasm.

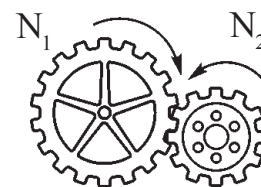
Bunday mexanizmlarda aylanma harakatni uzatishning friksion, tasmali va tishli g‘ildirak kabi usullari mavjud bo‘lib, mazkur mavzuda siz ular bilan tanishasiz.



1.6-rasm.



1.7-rasm.



1.8-rasm.

**Friksion usulda harakatni uzatish.** Aylanma harakatni friksion usulda uzatish uchun har xil diametrli ikki g‘ildirak bir-biriga kuch bilan siqib turiladi. Ulardan biri soat strelkasining yo‘nalishi bo‘yicha aylansa, ikkinchisi ishqalanish kuchi ta‘sirida harakatga kelib, soat strelkasining aylanishiga qarama-qarshi yo‘nalishida aylanadi (1.6-rasm).

Friksion uzatish usulidan, uzatiladigan quvvat uncha katta bo‘lmagan hollardagina foydalaniladi. Bu harakatda g‘ildiraklar bir-biriga nisbatan sirpanmaydi, shu sababli gildiraklar gardishlarining chiziqli tezliklarining modullari son jihatdan o‘zaro teng bo‘ladi:  $v_1 = v_2$  yoki

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_1}. \quad (1.17)$$

**Harakatni tasmali uzatish.** Aylanma harakatni tasmali uzatishda ikkita g'ildirak bir-biriga tarang tortilgan tasma bilan birlashtiriladi (1.7-rasm). Bunda uzatish ishqalanish hisobiga amalga oshiriladi. Harakat uzatuvchi shkiv (g'ildirak)ni yetaklovchi va harakatni qabul qiluvchi shkiv (g'ildirak) yetaklanuvchi shkiv deyiladi. Tasmali uzatishda ham aylanayotgan g'ildiraklarning chiziqli tezliklarining modullari o'zaro teng:  $v_1 = v_2$ .

Burchak tezliklari esa g'ildiraklarning radiuslari orqali o'zaro quyidagi munosabatda bo'ladi:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_1}. \quad (1.18)$$

**Harakatni tishli g'ildiraklar orqali uzatish.** Har xil diametri ikkita tishli g'ildirakning tishlarini bir-biriga kiygizish orqali aylanma harakatni uzatish usuli tishli uzatish deb ataladi (1.8-rasm). Birinchi g'ildirakdagi tishlar soni  $N_1$  bo'lib, sekundiga  $v_1$  marta aylansin, u bilan tishlashgan ikkinchi g'ildirak esa  $N_2$  ta tishga ega bo'lib, sekundiga  $v_2$  marta aylansin. Tishlashish nuqtasida vaqt birligi ichida birinchi g'ildirakning  $N_1 \cdot v_1$  tishi o'tganda, ikkinchisining  $N_2 \cdot v_2$  tishi o'tadi. Ikkala g'ildirakning vaqt birligi ichida tishlashish nuqtasidan o'tgan tishlar soni teng bo'ladi, ya'ni:

$$N_1 \cdot v_1 = N_2 \cdot v_2. \quad (1.19)$$

Bundan, bir-biriga tishlashgan g'ildiraklardan har birining aylanish chastotasi uning tishlari soniga teskari proporsional bo'ladi:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{v_2}{v_1}. \quad (1.20)$$

1.9-rasmda yetaklovchi va yetaklanuvchi vallar bir tomonga va qarama-qarshi tomonga aylantiradigan holda tasmalar ulangan holatlari keltirilgan.



1.9-rasm.

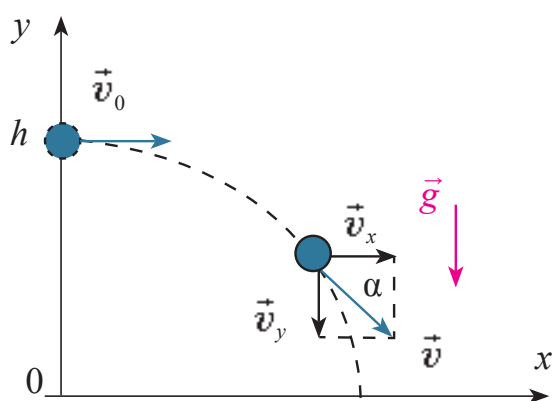




1. Aylanma harakatni friksion uzatishning qanday afzalliklari va kamchiliklari bor?
2. Aylanma harakatni tasmali uzatishda ishlatiladigan mexanizmlarga misollar keltiring?
3. Aylanma harakatni tishli uzatish qanday amalga oshiriladi?

## 6-mavzu. GORIZONTAL OTILGAN JISM HARAKATI

Balandligi  $h$  ga teng bo'lgan stol ustida to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanayotgan sharcha (zoldir)ning harakatini kuzataylik. Dastlab sharcha o'z inersiyasi bilan stolning ustki qismida to'g'ri chiziqli harakat qiladi.



1.10-rasm.

Sharcha stolning chetidan yerga yetib kelguncha ikkita harakatda qatnashadi. Ya'ni, dastlabki yo'nalishda o'z harakatini davom ettirayotganligi hamda vertikal yo'nalishda harakatlanib, pastga tushayotganligini ko'ramiz. Sharchaning bu harakati biror balandlikdan gorizontal otilgan jismning harakatiga misoldir. Bu harakatni tavsiflash uchun XOY koordinata sistemasini tanlab olib,

uni otilish nuqtasiga bog'laymiz (1.10-rasm). Havoning qarshiligi hisobga olinmas darajada kichik bo'lganda, jism gorizontal yo'nalishda o'zgarmas  $v_0$  tezlik bilan tekis harakat qiladi. Shuning uchun istalgan  $t$  vaqtdan keyingi gorizontal yo'nalishdagi ko'chishi yoki uchish uzoqligi quyidagicha hisoblanadi:

$$x = s = v_0 \cdot t. \quad (1.21)$$

Jism tezligining  $x$  va  $y$  o'qlardagi proyeksiyalari quyidagicha ifodalanadi:

$$v_x = v_0, \quad v_y = -g \cdot t. \quad (1.22)$$

Jism vertikal yo'nalishda esa  $h$  balandlikdan boshlang'ich tezliksiz tekis tezlanuvchan harakat qilib erkin tushadi. Shuning uchun istalgan  $t$  vaqtdan keyingi vertikal yo'nalish bo'yicha vaziyati quyidagicha hisoblanadi:

$$y = h - \frac{gt^2}{2}. \quad (1.23)$$

Gorizontal otilgan jismning XOY tekislikdagi harakat trayektoriyasining tenglamasi (1.21) va (1.23) ifodalarga ko'ra quyidagicha bo'ladi:

$$y = h - \frac{g}{2v_0^2} x^2. \quad (1.24)$$

(1.24) ifoda parabola tenglamasini ifodalaydi. Demak, gorizontal otilgan jism parabola chizig'i bo'ylab harakat qiladi.  $h$  balandlikdan otilgan jismning uchish vaqti

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (1.25)$$

ifoda yordamida aniqlanadi. U holda jismning uchish uzoqligi

$$s = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (1.26)$$

ko'rinishni oladi.

Gorizontal otilgan jism bir vaqtning o'zida gorizontal yo'nalishda tekis va vertikal yo'nalishda tekis tezlanuvchan harakat qilib, erkin tushadi. Harakatning oxiridagi ( $t$  vaqt o'tgandan keyin) gorizontal va vertikal yo'nalishidagi tezliklar mos ravishda  $v_x = v_0$  va  $v_y = g \cdot t$  bo'ladi. U holda jismning yerga tushishidagi tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2$$

yoki

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}. \quad (1.27)$$

Egri chiziq bo'ylab harakatlanayotgan jismning ko'chishi uning bosib o'tgan yo'lga teng bo'lmaydi. Shuningdek, gorizontal otilgan jismning harakati davomida tezlik vektorining moduli va yo'nalishi uzliksiz o'zgarib turadi.

## Masala yechish namunasi

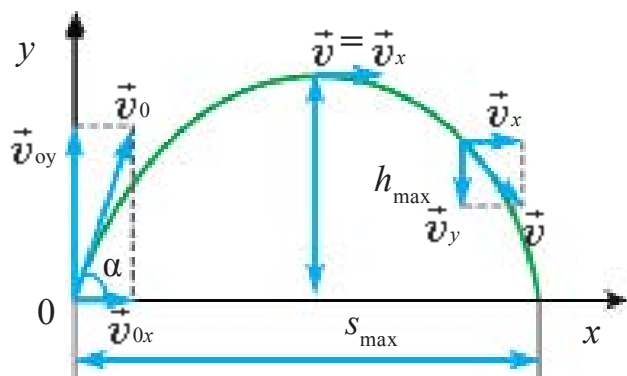
1. Jism 35 m balandlikdan 30 m/s tezlik bilan gorizontol otildi. Uning yerga tushishdagi tezligini toping.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$h=35\text{ m}$ $v_0=30\text{ m/s}$ $g\approx 10\text{ m/s}^2$	$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$	$v = \sqrt{(30\text{ m/s})^2 + 2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 35\text{ m}} =$ $= 40\text{ m/s}.$
Topish kerak $v - ?$		Javobi: 40 m/s.



1. Gorizontol otilgan jism qanday harakatlarda qatnashadi?
2. Gorizontol otilgan jismning trayektoriyasi qanday chiziqdan iborat?
3. Gorizontol otilgan jism tezligining gorizontol va vertikal tashkil etuvchilaridan qaysi biri jism harakati davomida o'zgarmaydi?
4. Kundalik turmushdan mavzuga doir qo'shimcha misollar keltira olasizmi?
5. Gorizontol yo'nalishda boshlang'ich 10 m/s tezlik bilan otilgan jismning uchish uzoqligi, otish balandligiga teng bo'ldi. Jism qanday balandlikdan otilgan?

## 7-mavzu. GORIZONTGA QIYA OTILGAN JISM HARAKATI



1.11-rasm.

Gorizontga nisbatan biror burchak ostida qiyalatib otilgan jism harakatini kuzatsak, uning avval gorizontol yo'nalishda otilgan nuqtasidan uzoqlashayotganligini hamda vertikal yo'nalishda ko'tarilayotganligini ko'ramiz. Demak, gorizontga qiya otilgan jism bir vaqtning o'zida gorizontol va vertikal yo'nalishlar bo'ylab harakatlanar

ekan. Gorizontol yo'nalishda jism tekis harakatlanadi. U vertikal yo'nalishda maksimal balandlikka ko'tarilguncha tekis sekinlanuvchan, so'ngra pastga qarab tekis tezlanuvchan harakat qiladi (1.11-rasm).

Gorizontga burchak ostida otilgan jismning harakat trayektoriyasi parabola ko‘rinishida bo‘ladi. Jism uchish jarayonida bir vaqtning o‘zida gorizont va vertikal yo‘nalishlarda harakatlanayotganligi uchun jismning  $v_0$  boshlang‘ich tezligini gorizont ( $v_{0x}$ ) va vertikal ( $v_{0y}$ ) tashkil etuvchilarga ajratamiz:

$$\begin{cases} v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha, \\ v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha. \end{cases} \quad (1.28)$$

Hisoblarni soddalashtirish uchun havoning qarshiligini hisobga olmaymiz. Jismning istalgan  $t$  vaqtdan keyingi gorizont yo‘nalishdagi ko‘chishi quyidagi

$$s_x = v_{0x} \cdot t = v_0 \cdot t \cdot \cos \alpha \quad (1.29)$$

tenglikdan aniqlanadi.

Jismning istalgan  $t$  vaqtdagi gorizont va vertikal yo‘nalishdagi tezligi quyidagi tengliklardan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} v_x &= v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha, \\ v_y &= v_{0y} - gt = v_0 \cdot \sin \alpha - gt. \end{aligned} \quad (1.30)$$

Gorizontga qiyalatib otilgan jismning harakati davomida tezligining gorizont tashkil etuvchisi o‘zgarmasa-da, tezlikning vertikal tashkil etuvchisi ko‘tarilishda tekis kamayib boradi va trayektoriyaning eng yuqori nuqtasida nolga teng bo‘ladi. Demak, gorizontga burchak ostida otilgan jism trayektoriyasining eng yuqori nuqtasida minimal tezlikka ega bo‘ladi:

$$v_{\min} = v_0 \cdot \cos \alpha. \quad (1.31)$$

Shundan so‘ng, jism shu nuqtadan  $v_{0x}$  tezlik bilan gorizont otilgan jism kabi harakat qiladi.

Jism trayektoriyasining eng yuqori ko‘tarilish nuqtasida  $v_y = 0$  yoki  $v_0 \sin \alpha - gt = 0$  munosabatdan ko‘tarilish vaqtini aniqlaymiz:

$$t_k = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}. \quad (1.32)$$

Jismning maksimal ko‘tarilish balandligi quyidagicha bo‘ladi

$$h_{\max} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} \quad (1.33)$$

Jismning pastga qarab harakatlanish (tushish) vaqti, uning yuqoriga ko'tarilish vaqtiga teng, ya'ni  $t_k = t_t$ . Bundan jismning umumiy uchish vaqti:

$$t = \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \quad (1.34)$$

Gorizontga burchak ostida otilgan jism gorizonttal yo'nalishda tekis harakat qiladi. Shu bois jismning uchish uzoqligi tezlikning faqat gorizonttal tashkil etuvchisiga bog'liq bo'ladi. Uchish uzoqligini hisoblash uchun uchish vaqtining ifodasini  $s_x = v_{0x} \cdot t = v_{0x} \cdot t \cdot \cos \alpha$  ifodaga qo'yamiz va

$$s_x = v_{0x} \cdot t = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

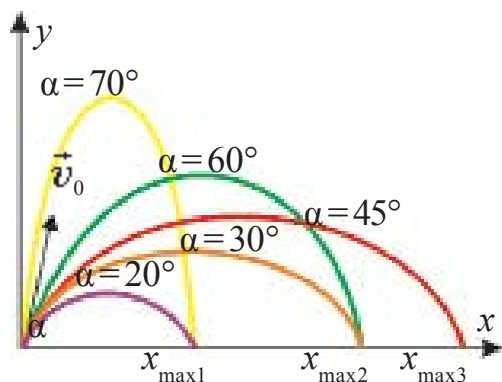
yoki

$$s = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \quad (1.35)$$

ega bo'lamiz. Bu ifodadan ko'rinadiki, gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning uchish uzoqligi otilish burchagiga bog'liq. 1.12-rasmda jismning uchish uzoqligi va ko'tarilish balandligining otilish burchagiga bog'liqligi keltirilgan. Rasmdan ko'rinadiki burchak ortib borishi bilan ko'tarilish balandligi ham ortib boradi.

Jismning uchish uzoqligi dastlab otilish burchagi ortishi bilan ortadi va  $45^\circ$  ga teng bo'lganda maksimal qiymatga erishadi. So'ngra burchak ortishi bilan uchish uzoqligi kamayadi.

Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakat trayektoriyasining tenglamasini keltirib chiqaramiz. Buning uchun



1.12-rasm.

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

tenglamaga (1.29) tenglamadan

$t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$  vaqtni topib qo'ysak, trayek-

toriya tenglamasi quyidagi ko'rinishda ekanligi kelib chiqadi:

$$y = x \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{g \cdot x^2}{2 v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \quad (1.36)$$

Demak, gorizontga qiya otilgan jism koordinata boshidan o'tuvchi parabola bo'ylab harakatlanar ekan, chunki  $x=0$  da  $y=0$  bo'ladi. Bu tenglamadagi  $x^2$  oldidagi koeffitsiyentning manfiy ishorali bo'lganligi parabola shoxlarining pastga qarab yo'nalganligini anglatadi.

Real sharoitlarda havoning qarshiligi uchish uzoqligiga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Masalan, 100 m/s bilan otilgan snaryad vakuumda 1000 m ga uchib borsa, havoda 700 m ga boradi. Tajribalar, otilish burchagini 30–40° qilib olinsa, otilgan jism eng uzoq masofaga borishini ko'rsatadi.

### Masala yechish namunasi

1. Koptok 10 m/s tezlik bilan gorizontga 30° qiyalatib otildi. U qancha balandlikka ko'tariladi?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$v_0 = 10 \text{ m/s}$ $\alpha = 30^\circ$ $g = 9,81 \text{ m/s}^2$	$h_{\max} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$	$h_{\max} = \frac{\left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \cdot 1/4}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 1,27 \text{ m.}$
Topish kerak $h - ?$		<i>Javobi: 1,27 m.</i>



1. Basketbolchi to'pni to'rga tushirish uchun o'zining bo'yini hisobga oladimi?

2. Gorizontga qiya otilgan jism havo qarshiligi hisobga olinganda qanday trayektoriya bo'ylab harakatlanadi?

3. O'q-yoy otish musobaqasida qatnashayotgan sportchi kamon o'qini gorizontga nisbatan qanday burchak ostida otishi kerak?

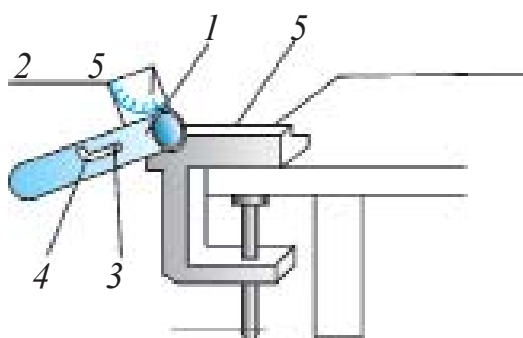


Hovlida yoki vannada vodoprovod kraniga shlang ulab, suvni turli burchak ostida sepib ko'ring. Natijani tahlil qiling.

## 8-mavzu. LABORATORIYA ISHI: GORIZONTGA QIYA OTILGAN JISM HARAKATINI O'RGANISH

**Ishning maqsadi.** Jismning uchish uzoqligining otilish burchagiga bog'liqligini tekshirish.

**Kerakli asbob va jihozlar.** Ballistik to'pponcha, metall sharcha, o'lchov lentasi, 2–3 varaq oq va qora qog'oz (kopirovka).



1.13-rasm.

### **Ishni bajarish tartibi.**

1. Ballistik to'pponcha laboratoriya stoli chetiga o'rnatiladi (1.13-rasm).

2. Ballistik to'pponchaning qiyalik burchagini  $30^\circ$  qilib tutqichga mahkamlanadi (*Qiyalik burchagi to'pponchaga mahkamlangan transportir yordamida aniqlanadi*).

3. Tutqich orqaga tortiladi va uni stvol ilgagiga kiritiladi.

4. Metall sharcha stvol ichiga joylashtiriladi.

5. Tutqichni ilgakdan chiqarib yuboriladi va sharchaning tushish joyi aniqlanadi.

6. Tajriba yuqoridagidek kamida 3 marta takrorlanadi.

7. Ballistik to'pponchaning qiyalik burchagini  $45^\circ$  ga qo'yib tajribani takrorlanadi.

8. Hisoblangan kattaliklar qiymati quyidagi jadvalga yoziladi.

Otilish burchagi	Tajriba	$l$ , uchish uzoqligi, (m)	$l_{o'rt}$ (m)	$\Delta l$ , (m)	$\Delta l_{o'rt}$ (m)
$30^\circ$	1-tajriba				
	2-tajriba				
	3-tajriba				
$45^\circ$	1-tajriba				
	2-tajriba				
	3-tajriba				



1. Gorizontga nisbatan qiya otilgan jism harakatining trayektoriyasi qanday bo'ladi?
2. Gorizontga nisbatan qiya otilgan jismning uchish uzoqligi qanday kattaliklarga bog'liq?
3.  $v_0$  boshlang'ich tezlik bilan burchak ostida otilgan jismning tushayotgan paytdagi tezligi qanday bo'ladi va gorizont bilan qanday burchak tashkil qiladi?
4. Tajribada olingan natijalarga ko'ra uchish uzoqligi va uchish vaqtining qiymati otilish burchagiga bog'liqligini tahlil qiling.

### 1-mashq

1. Motorli qayiq daryoda manzilga yetib borish uchun 1,8 soat, qaytib kelish uchun esa 2,4 soat vaqt sarfladi. Agar sol jo'natilsa, manzilga qancha vaqtda yetib boradi? (Javobi: 14,4 soat).

2. Metrodagi eskalator odamni 30 s da yuqoriga olib chiqadi. Agar odam va eskalator birgalikda harakat qilsa, 10 s da ko'tariladi. Eskalator tinch tursa odam qancha vaqtda yuqoriga chiqadi? (Javobi: 15 s).

3. Jism 80 m balandlikdan erkin tushmoqda. Tushishning oxirgi sekundidagi ko'chishni toping. Harakat davomidagi o'rtacha tezligini aniqlang. Jismning boshlang'ich tezligini nolga teng deb hisoblang. (Javobi: 35 m, 20 m/s).

4. Agar vertikal yuqoriga otilgan jism yo'lning oxirgi 1/4 qismini 3 s da bosib o'tgan bo'lsa, u qancha vaqt ko'tarilgan? Uning boshlang'ich tezligi qanday bo'lgan? (Javobi: 60 m/s, 6 s).

5. Agar boshlang'ich tezliksiz erkin tushayotgan jism oxirgi sekundda 75 m yo'lni o'tgan bo'lsa, u qanday balandlikdan tushgan? Harakatning oxiridagi tezligi nimaga teng? (Javobi: 320 m, 80 m/s).

6. Ikki sharcha bir nuqtadan 20 m/s boshlang'ich tezlik bilan 1 sekund vaqt intervali bilan yuqoriga vertikal otildi. Birinchi sharcha otilgandan qancha vaqt o'tgach, sharlar uchrashadi? (Javobi: 2,5 s).

7. Maxovik aylanganda gardishidagi nuqtalar tezligi 6 m/s ulardan o'qqa 1,5 sm yaqin masofada bo'lgan nuqtalar tezligi esa 5,5 m/s bo'lsa, maxovikning radiusi qancha? (Javobi: 18 sm).



8. Mexanik harakat I g'ildirakdan II g'ildirakka tasma orqali uzatiladi. Agar II g'ildirakning burchak tezligi  $100 \pi \text{s}^{-1}$ , g'ildiraklarning radiuslari mos ravishda 30 va 10 sm bo'lsa, I g'ildirak minutiga necha marta aylanadi? (Javobi: 300 marta).

9\*. Magnitofon o'ragichi 4 m/s tezlik bilan 40 s da tasmani o'rab oldi. Agar o'ragichning boshlang'ich radiusi 2 sm, oxirgi radiusi 6 sm bo'lsa, tasmaning qalinligini aniqlang. (Javobi: 0,063 mm).

10.  $h$  balandlikdan  $v_0$  boshlang'ich tezlik bilan gorizontol otilgan jism borib tushgan nuqtasiga aynan tushishi uchun uni  $h/3$  balandlikdan qanday gorizontol tezlik bilan otish kerak? (Javobi:  $v = \sqrt{3} v_0$ ).

### I bobni yakunlash yuzasidan test savollari

- 1. Motorli qayiqning daryo oqimi bo'ylab suzgardagi qirg'oqqa nisbatan tezligi 6 m/s, oqimga qarshi suzgarda esa 4 m/s. Daryo oqimining tezligi (m/s) nimaga teng?**  
A) 0,5;                      B) 1;                      C) 2,5;                      D) 5.
- 2. Jism 15 m/s tezlik bilan vertikal pastga qarab tashlandi. U 2 s o'tgach qanday tezlikka erishadi (m/s)?**  
A) 25;                      B) 35;                      C) 30;                      D) 45.
- 3. Jism qanday tezlik bilan vertikal otilsa, u 6 s dan so'ng otilgan joyiga qaytib tushadi (m/s)?**  
A) 20;                      B) 35;                      C) 30;                      D) 40.
- 4. Yuqoriga tik otilgan jismning tezligi 2 s o'tgach, ikki marta kamaydi. U qanday tezlik bilan otilgan?**  
A) 30;                      B) 40;                      C) 50;                      D) 60.
- 5. Massalari 100 g va 150 g bo'lgan ikki metall sharcha bir xil tezlik bilan tik yuqoriga otildi. Ularning qaysi biri balandroq ko'tariladi? Havoning qarshiligini hisobga olmang.**  
A) massasi kichik bo'lgan sharcha;  
B) massasi katta bo'lgan sharcha;  
C) ikkalasi bir xil balandlikkacha ko'tariladi;  
D) berilgan ma'lumotlar yetarli emas.

6. Aylanma harakat 50 ta tishi bo'lgan g'ildirakdan 150 ta tishi bo'lgan g'ildirakka uzatilmoqda. Birinchi g'ildirak 2 s davomida bir marta to'liq aylanib chiqsa, ikkinchi g'ildirakning aylanish davri qancha?  
 A) 3 s;                      B) 7,5 s;                      C) 5 s;                      D) 6 s.
7. Egri chiziqli tekis harakatda quyidagi kattaliklarning qaysi biri o'zgarmaydi?  
 A) oniy tezlik moduli;                      B) tezlanish moduli;  
 C) o'rtacha tezlik moduli;                      D) tezlanish vektori.
8. Egri chiziqli tekis harakatda tezlanish vektorining yo'nalishi qanday?  
 A) trayektoriyaning egrilik radiusi bo'yicha markazga;  
 B) trayektoriyaga urinma;  
 C) harakat trayektoriyasi bo'yicha;  
 D) egri chiziq radiusi bo'yicha markazdan tashqariga.
9. 125 m balandlikdagi minoradan jism 30 m/s tezlik bilan gorizonttal yo'nalishda otildi. Jismning uchish uzoqligini aniqlang.  
 A) 300 m;                      B) 120 m;                      C) 240 m;                      D) 150 m.
10. Jism yerdan gorizontga nisbatan  $30^\circ$  burchak ostida 20 m/s boshlang'ich tezlik bilan otildi. Boshlang'ich tezlik vektorining gorizonttal va vertikal tashkil etuvchilarini aniqlang (m/s).  
 A) 10 va 14,1;                      B) 17,3 va 10;                      C) 14,1 va 10;                      D) 20 va 10.

### I bobda o'rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar

Ilmiy kuzatish	Ilmiy tadqiqot metodi bo'lib tizimli, faol, maqsadga yo'naltirilgan bo'ladi.
Gipoteza	Biror-bir jarayon, hodisa haqida taxminiy aytilgan fikr.
Tajriba (eksperiment)	Gipotezaning to'g'riligini tekshirish uchun maxsus sharoitlarda o'tkaziladi.
Model	Ixchamlashgan, tartibga solingan, muhim jihatlari ajratib ko'rsatilgan holat.
Ilmiy ideallashtirish	Olingan natijaga ko'ra ideal sharoitda qanday natija chiqishini aytib berish.

Ilmiy nazariya	Keng qamrovli hodisalarni tushuntiradigan qonunlar to'plami.
Moslik prinsipi	Belgilangan chegarada yangi nazariyaning, oldingi nazariya bilan mos tushishi.
Egri chiziqli tekis harakat	Harakat trayektoriyasi egri chiziqdan iborat bo'lgan, tezligining kattaligi o'zgarmaydigan, lekin yo'nalishi trayektoriyaga urinma ravishda o'zgaradigan harakat.
Harakatlarning mustaqillik prinsipi yoki superpozitsiyasi	Jism qatnashayotgan harakatlar mustaqil bo'lib, ularning harakat tezligi (tezlanishi) bir-biriga bog'liq emasligi.
Yuqoriga qarab vertikal harakat	Yer tortish kuchi yo'nalishiga qarama-qarshi harakat. Harakat tenglamasi $h = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2}$ .
Pastga qarab vertikal harakat	Yer tortish kuchi yo'nalishidagi harakat. Harakat tenglamasi $h = v_0 \cdot t + \frac{gt^2}{2}$ .
O'zgaruvchan aylanma harakat	Burchak tezligi vaqt davomida o'zgarib turadigan aylanma harakat.
Burchak tezlanish	Burchak tezlik o'zgarishining shu o'zgarish uchun ketgan vaqtga nisbati bilan o'lchadigan kattalik $\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ .
Aylana bo'ylab tekis o'zgaruvchan harakatda ixtiyoriy vaqtdagi burchak tezlikni aniqlash formulasi	$\omega = \omega_0 + \varepsilon\Delta t$ .
Tangensial tezlanish	Tezlikning son qiymati o'zgarishi tufayli hosil bo'ladi $\vec{a}_\tau = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ .
Egri chiziqli harakatning to'la tezlanishi	$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$ , $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$ .

Friksion usulda harakatni uzatish	Turli radiusli ikki g'ildirak bir-biriga ta'sir (tegish) sirtlari orqali uzatiladigan harakat.
Harakatni tasmali uzatish	Harakat bir g'ildirakdan ikkinchisiga tarang tortilgan tasma orqali uzatiladi.
Harakatni tishli g'ildiraklar orqali uzatish	Har xil diametri ikkita tishli g'ildirakning tishlarini bir-biriga kiyg'izish orqali aylanma harakatni uzatish.
Gorizontal otilgan jismning uchish uzoqligi va yerga urilishdagi tezligi	$s = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}.$
Gorizontga burchak ostida otilgan jismning minimal tezligi	$v_{\min} = v_0 \cdot \cos\alpha.$
Gorizontga burchak ostida otilgan jismning ko'tarilish balandligi	$h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}.$
Gorizontga burchak ostida otilgan jismning uchish vaqti	$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}.$
Gorizontga burchak ostida otilgan jismning uchish uzoqligi	$s = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}.$
Gorizontal otilgan jismning harakat trayektoriyasi tenglamasi	$y = h - \frac{g}{2v_0^2} x^2.$
Gorizontga burchak ostida otilgan jismning harakat trayektoriyasi tenglamasi	$y = x \cdot \operatorname{tg}\alpha - \frac{g \cdot x^2}{2v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}.$

## II bob. DINAMIKA

### 9-mavzu. DINAMIKA QONUNLARI

Bizni o‘rab turgan muhitdagi jismlarning harakati mexanika qonunlariga bo‘ysunadi.

Jism harakatining o‘zgarish sabablarini XVI asr oxiri va XVII asr boshida ilk bor tajribalar vositasida batafsil o‘rgangan olim Galiley edi. Galiley jism harakatini o‘zgartirish sababi haqida quyidagicha yozgan edi:

**Agar jismga boshqa hech qanday jismlar ta’sir etmasa, jism Yerga nisbatan o‘zining tinch holatini yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi.**

Galiley tomonidan o‘rnatilgan bu qonun mexanikaning asosiy qonunlarini tarkib toptirishda birinchi qadam bo‘ldi.

Bu qonunlarni ochish uchun Nyutonga hech qanday murakkab asbob-uskunalar zarur bo‘lmagan. Buning uchun oddiy tajribalar yetarli bo‘lgan. Bunday eng katta qiyinchilik jismlarning turli-tuman harakatlari ichidan eng muhimini, eng umumiysini ko‘ra olishdan iborat edi.

Dinamika grekcha “dynamis” so‘zidan olingan bo‘lib “kuch” degan ma’noni bildiradi. Agar biz qandaydir jismning harakatga kelganini ko‘rsak, unga ta’sir qilayotgan boshqa bir jismni ham ko‘ramiz. Boshqa jism, harakatga kelgan jismni tortishi, itarishi yoki unga masofadan turib ta’sir qilishi mumkin (masalan, magnitning temir sharga ta’siri). Yerdan biror balandlikka ko‘tarib qo‘yilgan jism qo‘yib yuborilsa pastga tushadi. Bu tajribalarning barchasida **jism tezligining o‘zgarishi (ya’ni tezlanish) har doim boshqa bir jismning ta’siri tufayli vujudga keladi.** Bu ibora Nyuton mexanikasining eng muhim xulosasi hisoblanadi.

Jismlarning bir-biri bilan o‘zaro ta’sirlashish jarayoniga – **o‘zaro ta’sir** deyiladi. Fizikada barcha o‘zaro ta’sirlar albatta juft bo‘ladi. Ya’ni, har qanday ta’sir aks ta’sirni vujudga keltiradi.

Lekin bunday xulosaga darhol kelinmagan. Buyuk mutafakkir Aristotel jism harakatining o'zgarishi sababini ochishga harakat qildi. Uning yozishicha, "Agar jismga itaruvchi kuch ta'sir etmay qolsa, harakatlanuvchi jism to'xtab qoladi". Yerga nisbatan bo'lgan tinch holatni jismning tabiiy holati deb tushuntirgan.

O'sha davrlarda Yerni Olamning markazi deb qarashganligi tufayli, muhim bir sabab bo'lmasa, jism o'zining tabiiy tinch holatiga qaytadi deb tushuntirishgan. Haqiqatan ham, tekis asfalt yo'lda ketayotgan avtomobilning benzini tugab qolsa, dvigateli o'chadi. Avtomobil biroz yurib to'xtaydi. Xuddi shunday xulosani velosipedga, ko'ldagi qayiqqa ham qo'llash mumkin.

Olib borilgan kuzatishlar va xulosalar asosida dinamikaning birinchi qonuni topilgan edi. Uni quyidagicha ifodalanadi:

**Inersial sistema deb ataluvchi shunday sanoq sistemalar mavjudki, undagi jism boshqa jismlardan yetarli darajada uzoq joylashgan bo'lsa, tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatda bo'ladi.**

Bu qonun bir tomondan, inersial sanoq sistemasiga ta'rif bersa, ikkinchi tomondan, haqiqatan ham, shunday sistemalar mavjudligini tekshirish imkoniyatini beradi. Mexanikaning birinchi qonuni, inersial sanoq sistemasini alohida maxsus o'ringa qo'yadi.

Aylanayotgan qattiq jismning har bir nuqtasi tezlanish bilan harakatlanadi. Istalgan bo'lakchanning tezlanishi jismdagi boshqa qismlarning ta'siri tufayli bo'ladi. Boshqacha aytganda, qattiq jismni tashkil etgan bo'lakchalar "erkin jism" bo'la olmaydi va unga Nyutonning birinchi qonunini tatbiq etib bo'lmaydi.

Shunday qilib, jismlarning tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis harakat holatidan chiqish sababi boshqa jismlarning ta'siri ekanligini bilib oldik. Jismlarning bir-biriga bo'lgan ta'siri kuch bilan xarakterlanadi.

**Nuytonning ta'biricha, mexanikada, jismlarning bir-biriga ta'siri natijasida tezlanish olishiga sabab bo'ladigan miqdoriy o'lchamga kuch deyiladi.**

Bu kuchga sifat jihatidan berilgan ta'rifdir. Bu bilan mexanikada ikkita tasdiqni kiritdik:

- 1) jismlarda tezlanish, kuch ta'siri tufayli bo'ladi;
- 2) tezlanish beruvchi kuch boshqa jismlarning ta'siri tufayli bo'ladi.

Kuch tushunchasi ikkita jismga tegishlidir. Kuch vektor kattalik bo'lib yo'nalishga ega. Kuchni miqdoriy jihatdan aniqlash uchun uni o'lchash kerak. Buning uchun uni boshqa bir etalon kuch bilan solishtiriladi.

**Tabiati jihatidan qanday bo'lishidan qat'i nazar, kuchlarning jismga bir vaqtdagi ta'siri uning tezligini o'zgartirmasa (ya'ni, unga tezlanish bermasa), moduli jihatidan teng va qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi.**

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, jismning olgan tezlanishi unga qo'yilgan kuchdan tashqari jismning xossalariga ham bog'liq. Demak, bu xossani aniqlashtirib olish zarur. Mexanikada bu xossa **jism massasi** bilan ta'riflanadi.

Sizga 7-sinfdan ma'lumki, jismga qo'yilgan kuchning jism olgan tezlanishiga nisbati o'zgarmas kattalikdir

$$\frac{F}{a} = \text{const.}$$

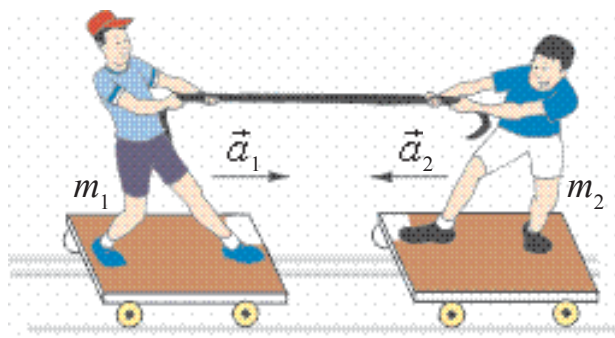
**Jismga tegishli  $\frac{F}{a}$  nisbat bilan o'lchanadigan kattalikka inert massa deyiladi.**

*Massa* – jismning inertlik xossasini belgilaydi, ya'ni uning kuch ta'sirida qanchalik tezlanish olish qobiliyatini xarakterlaydi.

Massa tushunchasi kiritilganidan so'ng, dinamikaning ikkinchi qonuni quyidagicha tavsiflanadi:

**Jismning olgan tezlanishi qo'yilgan kuchga to'g'ri, jismning massasida teskari proporsional bo'ladi:**

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (2.1)$$



2.1-rasm.

Bu ifoda tabiatning shunday bir fundamental formulasiki, unga ulkan osmon jismlarining harakati ham, shamol uchirgan mayda qum zarrasining harakati ham bo'ysunadi.

Yuqorida aytilganidek, o'zaro ta'sir har doim juft bo'ladi. Masalan, 2.1-rasmda *Alisher Bahodirga* arqon

orqali ta'sir qilsa, *Bahodir* ham *Alisherga* aks ta'sir qiladi. Natijada *Alisher* ham, *Bahodir* ham tezlanish oladi.

Mazkur tajriba va shunga o'xshash hodisalarni kuzatib, dinamikaning uchinchi qonuni chiqariladi:

**Ta'sir har doim aks ta'sirni vujudga keltiradi. Ular son qiymati jihatidan bir-biriga teng bo'lib, bir to'g'ri chiziq bo'ylab qarama-qarshi yo'nalgan:**

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}. \quad (2.2)$$

Bu kuchlar turli jismlarga qo'yilganligidan, bir-birini muvozanatlay olmaydi. Ya'ni, o'zaro ta'sirlashuvchi jismlar bu kuchlar ta'sirida alohida-alohida tezlanish oladi:

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2}.$$

**Masala yechish namunasi.**  $F$  kuch ta'sirida  $m_1$  massali jism  $2 \text{ m/s}^2$  tezlanish oladi.  $m_2$  massali jism esa, shu kuch ta'sirida  $5 \text{ m/s}^2$  tezlanish oladi. Bu jismlar o'zaro ulansa, ular shu kuch ta'sirida qanday tezlanish bilan harakatlanadi?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$a_1 = 2 \text{ m/s}^2$ $a_2 = 5 \text{ m/s}^2$ $m_1; m_2.$	$F = m_1 \cdot a_1; \quad F = m_2 \cdot a_2$ $m_1 \cdot a_1 = m_2 \cdot a_2; \quad m_1 = \frac{a_2}{a_1} m_2$ $F = (m_1 + m_2) \cdot a;$	$a = \left( \frac{2 \cdot 5}{2+5} \right) \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{10 \text{ m}}{7 \text{ s}^2} = 1,43 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$
Topish kerak $a - ?$	$m_2 a_2 = \left( \frac{a_2}{a_1} m_2 + m_2 \right) \cdot a$ $a = \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2}$	Javobi: $1,43 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$



1. Dinamika qonuni bo'yicha Galiley aytgan fikrda qanday xatolik bor edi?
2. Inert massa deganda nimani tushunamiz?
3. O'zingizga ma'lum bo'lgan o'zaro ta'sirlarni ayting va misollar keltiring.
4. O'zaro ta'sir natijasida nega jismlar har doim ham tezligini o'zgartirmaydi?



---

## 10-mavzu. GALILEYNING NISBIYLIK PRINSIPI. INERSIAL VA NOINERSIAL SANOQ SISTEMALARI

Nisbiylik prinsipining ochilishiga asosiy sabablardan biri, Yerning harakati, aniqrog'i uning o'z o'qi atrofida aylanishi haqidagi gipoteza bo'ldi. Shunday savol tug'iladi: agar Yer o'z o'qi atrofida aylanadigan bo'lsa, nega biz uni Yer sirtida o'tkazilgan eksperimentlarda sezmaymiz? Bu muammo ustidagi muhokamalarda qatnashgan o'rta asrda yashab ijod qilgan Nikolay Oreme (XIV asr), Olovuddin Ali al-Qushchi (XV asr)lar quyidagi xulosaga keldilar: Yerning aylanishi uning ustida o'tkazilgan tajribalarga ta'sir qilmaydi.

Faraz qilaylik, siz sinfdoshlaringiz bilan birgalikda ulkan kemanding ichida, tashqi oynalari qoraytirilgan xonasida o'tiribsiz. Shunda sinfdoshlardan biri hozir kema tinch turibdimi yoki harakatdami, degan savolni berdi. Tashqi palubaga chiqmasdan, buni qanday aniqlash mumkin? Bolalardan biri: "Kelinglar, tajriba o'tkazib ko'ramiz. Stoldagi buyumlardan birini tepadan pastga tashlab ko'ramiz. Agar kema harakatsiz bo'lsa, u vertikal tushadi. Harakatda bo'lsa, tushish davrida kemanding poli oldinga ketib qolib, ozgina orqaga tushadi", deb taklif qildi. Turli narsalar tashlab ko'rilganda hammasi polga qarab tik holda aynan bir joyga tushdi. Demak, kema tinch turibdi, degan xulosaga kelindi. Tashqi palubaga chiqib qaralsa, kema bir tekisda chayqalmasdan suzib ketayotgan ekan! Demak, mexanik tajribalarni tinch turgan sinf xonasida o'tkazilsa ham, to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan vagon yoki kema ichida o'tkazilsa ham bir xil kechar ekan.

Bunga birinchi bo'lib Galiley o'z e'tiborini qaratgan edi. Galiley ham siz faraz qilgandek, ulkan kema ichida kuzatilayotgan mexanik jarayonlar, agar kema to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan bo'lsa, xuddi tinch turganda qanday kechsa, shunday borishini yozib qoldirgan. Bunda sanoq sistemasi sifatida Yer emas, balki harakatlanayotgan vagon yoki kema olinadi.

**Tinch holatda turgan yoki nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan sanoq sistemalari *inersial sanoq sistemalari* deyiladi.**

Bir tekis oqayotgan daryoda kema oqim bo'ylab suzib ketayotgan bo'lsa, sanoq sistemasi sifatida qirg'oqni yoki suvni olish mumkin. Xuddi shunday, to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan poyezd vagonida poyezd bo'ylab harakatlanayotgan odam uchun sanoq sistemasi sifatida vagonni yoki Yerni

olish mumkin. Odamning vagonga nisbatan tezligi  $v$ , vagonning Yerga nisbatan tezligi  $u$  bo'lsin. Agar odam vagonning harakat yo'nalishi bilan bir xil yo'nalishda harakatlansa, uning Yerga nisbatan tezligi  $u+v$  bo'ladi. Harakat qarama-qarshi yo'nalishda bo'lsa,  $u-v$  bo'ladi. Bunga **Galileyning tezliklarni qo'shish qoidasi** deyiladi.

Tajribalar inersial sanoq sistemalarida soatlar bir xil davr bilan yurishini ko'rsatdi.

Jismlarning ko'chishi sanoq sistemalarida bir xil bo'lmaydi. Chunki harakatlanayotgan vagon ichidagi odamning vagonga nisbatan ko'chishi Yerga nisbatan ko'chishidan kichik bo'ladi. Jism massasini tinch holatda turgan vagon ichida o'lchanganda ham, to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan vagonda o'lchaganda ham bir xil chiqadi.

Shunday qilib, inersial sanoq sistemalarida vaqt, massa, tezlanish va kuch *bir xil (invariant)* bo'ladi.

Tinch holatda turgan sanoq sistemasida kuch  $F$  ga, massa  $m$  ga, tezlanish  $a$  ga teng bo'lsa, to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan sistemada mos ravishda  $F'$ ,  $m'$  va  $a'$  bo'ladi.  $F=F'$ ;  $m=m'$  va  $a=a'$  bo'lganligi tufayli, Nyutonning ikkinchi qonuni  $F=F'=ma$  yoki  $F'=m'a'$  kabi ifodalanadi. Bundan Nyuton qonunlari barcha inersial sanoq sistemalarida o'rinli bo'lishi kelib chiqadi.

**Galileyning nisbiylik prinsipini** umumiy holda quyidagicha ta'riflash mumkin:

**Barcha inersial sanoq sistemalarida hamma mexanik jarayonlar bir xilda kechadi.**

Lekin shunday bir narsani esdan chiqarmaslik kerak. Biz bilamizki, to'g'ri chiziqli tekis harakat kamdan kam uchraydi. Bu degani inersial sanoq sistemalari juda kam mavjud bo'ladi. Shunga ko'ra har doim inersial sistemaga yaqin bo'lgan sistemalar mavjud ekanligini esda tutishimiz kerak. Yerni biz inersial sanoq sistemasida deb qaraymiz. Xolbuki, u o'z o'qi atrofida va Quyosh atrofida aylanadi. Aylanma harakatda har doim tezlanish mavjud. Shunga qaramay Yerni inersial sanoq sistemasiga kiritamiz. Buning sababi shundaki, bu tezlanish juda kichik. Masalan, bu tezlanish ekvatorida  $0,035 \text{ m/s}^2$  ga teng bo'lib, erkin tushish tezlanishiga nisbatan juda ham kichik. Shunga ko'ra, uni hisobga olmasdan, harakatni tekis deb qarash mumkin. Yerning Quyosh atrofida aylanishidagi tezlanish bundan ham kichik. Shunga ko'ra Yerni inersial sanoq sistemasiga kiritamiz. Xuddi

shunday, Yerga nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan poyezdni ham inersial sanoq sistemasiga kiritisa bo'ladi.

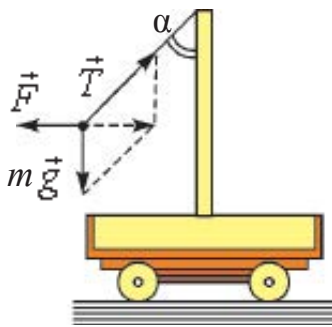
Yuqorida ta'kidlanganidek, to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan sistemalarda Nyuton qonunlari o'rinli bo'ladi. Agar sanoq sistemasi egri chiziqli yoki tezlanish bilan harakatlanayotgan bo'lsa-chi? Bunday sistemalar **noinersial sanoq sistemalari** deyiladi. Qanday qilib noinersial sanoq sistemalarida Nyuton qonunlaridan foydalanish mumkin? Undan foydalanish uchun tezlanish hosil bo'lish sababini eslaylik. Tezlanish hosil bo'lish sababi – bu kuch. Demak, Nyutonning ikkinchi qonunidan foydalanish uchun jismga boshqa jismlar tomonidan ta'sir qilayotgan kuchlar bilan birgalikda **inersiya kuchini** kiritamiz. Inersiya kuchi jismga boshqa jismlar tomonidan emas, balki sanoq sistemasi tezlanish bilan harakatlanishi tufayli ta'sir qiladi. U holda Nyutonning ikkinchi qonuni quyidagi

$$m\vec{a}_{nis} = \vec{F} + \vec{F}_i \quad (2.3)$$

ko'rinishida bo'ladi.

Inersiya kuchining ifodasini topish uchun tezlanishning absolyut qiymati  $\vec{a}_{ab}$  va tezlanishning nisbiy qiymati  $\vec{a}_{nis}$  ning ayirmasidan foydalanamiz. U holda inersiya kuchi ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$\vec{F}_i = m(\vec{a}_{ab} - \vec{a}_{nis}). \quad (2.4)$$



2.2-rasm.

Aytilganlarni misolda qaraylik. Kichik bir aravachada ustun o'rnatilgan bo'lib, unga 2.2-rasmda ko'rsatilganidek mayatnik osilgan. Aravacha Yerga nisbatan  $\vec{a}_{ab}$  doimiy tezlanish bilan harakatlanmoqda. Mayatnik aravachaga nisbatan qo'zg'almas:  $a_{nis} = 0$ . Mayatnikka  $m\vec{g}$ ,  $m\vec{a}_i$  va  $\vec{T}$  kuchlar ta'sir qiladi.  $\vec{T}$  – mayatnik osilgan ipning taranglik kuchi. Lekin bu kuchlar mayatnikka tezlanish bermaydi. Nyutonning ikkinchi qonuni bajarilishi uchun unga inersiya kuchi  $\vec{F}_i = -m\vec{a}_i$  ni kiritish kerak. U holda

$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_i = 0.$$

Demak, Nyutonning ikkinchi qonuni shartli ravishda bajariladi. Mayatnikning og'ish burchagi  $\operatorname{tg}\alpha = \frac{a_i}{g}$ .



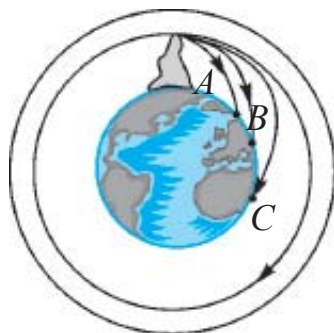
1. Inersial sanoq sistemalari deganda nimani tushunamiz?
2. Inersial sanoq sistemalarida qanday fizik kattaliklar bir xil bo'ladi?
3. Nyutonning uchinchi qonuni inersial sanoq sistemalari uchun o'rinlimi?

## 11-mavzu. GRAVITATSION MAYDONDA HARAKAT

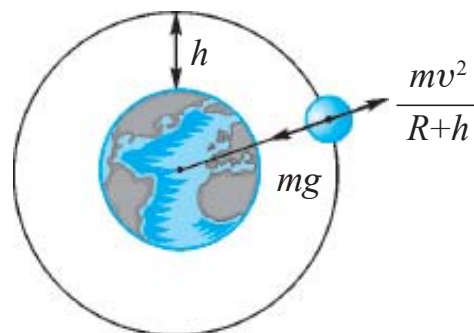
Siz 7-sinfda Yer o'z atrofida doimiy tortishish maydoni hosil qilishini va shu maydon orqali jismlarni o'ziga tortib turishini bilib olgansiz. Demak, Yerdan bo'ladigan barcha harakatlarga tortishish maydoni o'z ta'sirini ko'rsatadi.

Faraz qilaylik, tog' cho'qqisiga chiqib, undan gorizontaal yo'nalishda  $v_0$  tezlik bilan bironta jism uloqtirildi. Jism uchib borib, A nuqtaga tushadi. Unda uning ko'rinishi Nyuton tomonidan chizilgan 2.3-rasmga o'xshash bo'ladi.

Jism tezligi oshirib borilsa, B va C nuqtalarga tushadi. Tezlikning ma'lum bir qiymatidan boshlab jism Yerga tushmasdan, Yer atrofida aylana bo'ylab harakatga keladi. Bu jism endi Yerning sun'iy yo'ldoshi bo'lib qoladi. Sun'iy yo'ldoshning harakati, tortishish maydonidagi harakat bo'ladi. *Nima sababdan yo'ldosh Yerga tushmaydi? Qanday tezlikda bu holat kuzatiladi?* Avvalo, yo'ldoshga ta'sir etayotgan kuchlarni olib qaraylik. Yo'ldoshga doimo Yerning tortish kuchi ta'sir etadi. Bundan tashqari, unga havoning qarshilik kuchi ta'sir qiladi. Qarshilik kuchi kam bo'lishi uchun uni atmosferaning eng yuqori qatlamlariga olib chiqish kerak.



2.3-rasm.



2.4-rasm.

Amalda Yer yuzasidan 300–400 km balandlikda havoning qarshiligi deyarli yo'q. Demak, bunday balandlikda Yerning tortish kuchini

yoʻldoshiga berilgan tezlik tufayli vujudga kelgan markazdan qochma kuch kompensasiyalaydi (2.4-rasm).

U holda:

$$mg = \frac{mv^2}{R_{yer} + h} \text{ dan } v^2 = g(R_{yer} + h).$$

$h$  balandlikni Yer radiusi  $R_{yer}$  ga nisbatan hisobga olmasa ham boʻladigan hol uchun  $R_{yer} + h \approx R_{yer}$  va

$$\boxed{v^2 = g \cdot R_{yer}} \quad (2.5)$$

Uni hisoblash uchun  $R_{yer} \approx 6400$  km,  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup> deb olinsa,  $v$  ning qiymati:

$$v = 7,91 \text{ km/s}$$

ga teng boʻladi.

Bu tezlik **birinchi kosmik tezlik** deyiladi.

Shunday tezlik bilan harakatlangan Yerning sunʼiy yoʻldoshi

$$T_1 = \frac{2\pi R_{yer}}{v_1} = 84 \text{ min } 12 \text{ s da Yer atrofini bir marta aylanib chiqadi.}$$

Amalda bir marta aylanib chiqish uchun ketgan vaqt hisoblab chiqilgan vaqtdan katta boʻladi. Bunga sabab yoʻldosh orbitasining radiusi bilan Yer radiusining bir-biridan farq qilishidir.

Shunday qilib katta radiusli orbitalarda harakatlanadigan yoʻldoshlarning tezligi Yer sirtiga yaqin orbitalarda harakatlanadigan yoʻldoshlarning tezligidan kichik boʻladi.

Bunday yoʻldoshlarning aylanish davri:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi R_{yer}}{v_1} \sqrt{\left(\frac{r}{R_{yer}}\right)^3} = T_1 \sqrt{\left(\frac{r}{R_{yer}}\right)^3}. \quad (2.6)$$

Bunda:  $T_1$  – Yer sirtiga yaqin orbitalarda harakatlanadigan yoʻldoshlarning aylanish davri.

Istalgan balandlikda aylanayotgan yoʻldoshning aylanish davri formulasidan foydalanib sunʼiy yoʻldosh Yerdan maʼlum balandlikdagi bir nuqtada “qimirlamasdan” turishi kerak boʻlgan balandlikni topish mumkin. Demak, yoʻldoshning aylanish davri 24 soatga teng boʻlishi uchun qanday balandlikda harakatlanishi kerak? Hisoblashlar shuni koʻrsatadiki, balandlik

**$h = 6,6 R_{\text{Yer}}$  ya'ni taxminan 42000 km ga teng bo'lishi kerak!**

Bunday orbita *geostatsionar* orbita deyiladi.

Bizning sayyoramizda insoniyat tarixida birinchi marta sobiq SSSRda 1957-yil 4-oktabrda Yerning sun'iy yo'ldoshi uchirildi. Yo'ldosh shar shaklida bo'lib, diametri 58 sm, massasi 83,6 kg edi. Yo'ldosh yer atrofini 1400 marta aylanib chiqib, umumiy holda 60 million km masofani bosib o'tdi. 1961-yil 12-aprelda inson birinchi marta kosmosga chiqdi. Birinchi kosmonavt Yuriy Alekseyevich Gagarin sobiq SSSR fuqarosi edi. Keyinchalik, 1969-yil 20-iyulda amerikalik astronomlar Neyl Armstrong va Edvin Oldrinlar birinchi bo'lib Oyga qo'nishdi.

Quyosh sistemasiga kiruvchi sayyoralarga borish uchun kosmik kemaga *ikkinchi kosmik tezlik* berilishi kerak. Uning son qiymati 11,2 km/s ga teng.

Olis yulduzlarga borish uchun esa Quyosh sistemasining tortish kuchini yengib chiqib ketish kerak. Buning uchun kosmik kema *uchinchi kosmik tezlikka* ega bo'lishi kerak. Uning qiymati 16,7 km/s ga teng.

Kosmosni zabt etgan fazogirlar orasida bizning vatandoshlarimiz V. Jonibekov va o'zbek millatiga mansub S. Sharipov ham bor.



1. Nima sababdan Yer, o'zining atrofida harakatlanayotgan sun'iy yo'ldoshni tortib olmaydi?
2. Oyni ham birinchi kosmik tezlik bilan harakatlanayotgan yo'ldosh deb qarash mumkinmi?
3. Sun'iy yo'ldoshning yer yuzidan balandligi ortishi bilan uning tezligi qanday o'zgaradi?

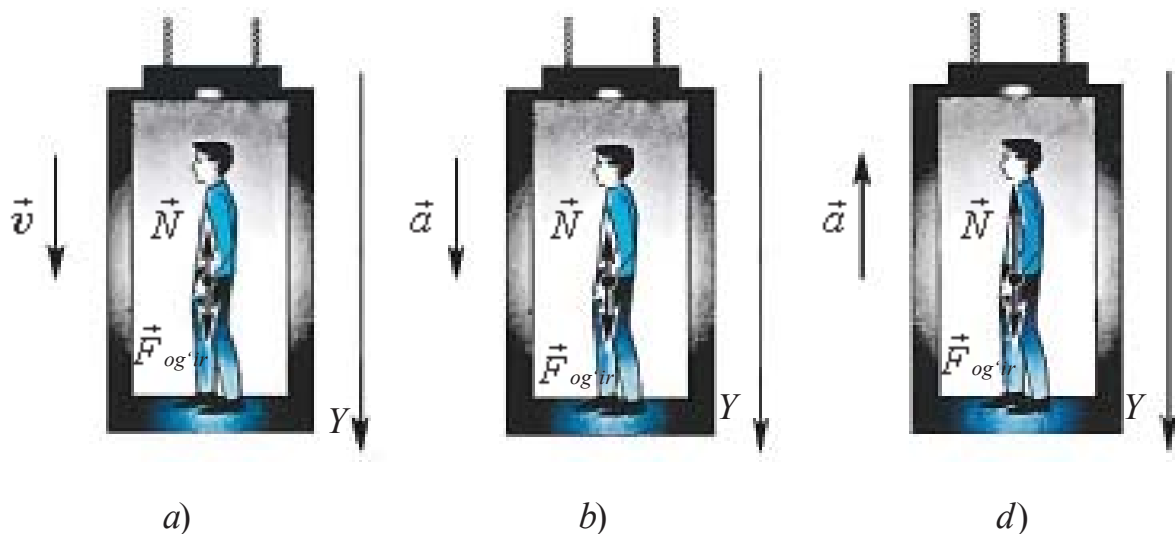
---

## 12-mavzu. JISM OG'IRLIGINING HARAKAT TURIGA BOG'LIQLIGI

Hozirgi kunda ko'pgina ma'muriy binolar, turarjoylar ko'p qavatli qilib qurilgan. Yuqori qavatlarga chiqish va tushish uchun liftlardan foydalaniladi. Liftda chiqayotgan va tushayotgan odam harakatini qaraylik.

1. Massasi  $m$  bo'lgan odam liftda turibdi. Lift pastga yoki yuqoriga o'zgarmas  $\vec{v} = \text{const}$  tezlik bilan harakatlanayotgan holda (2.5-a rasm.) odamning lift poliga (tayanchga) beradigan ta'siri (og'irligi)  $P = mg$  bo'ladi.

Boshqacha aytganda, lift o'zgarmas tezlik bilan harakatlenganda jism og'irligi lift tinch holatda turganda qanday bo'lsa, shundayligicha qoladi.



2.5-rasm.

2. Lift pastga  $\vec{a}$  tezlanish bilan tushmoqda (2.5-b rasm.). U holda Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra

$$\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}. \quad (2.7)$$

Bunda  $\vec{N}$  –lift polining reaksiya kuchi,  $m$ –jism massasi.

Nyutonning uchinchi qonuniga ko'ra jism og'irligi  $\vec{P} = -\vec{N}$ . Shunga ko'ra (2.7) ni hisobga olib yozamiz

$$\vec{P} + m\vec{g} = m\vec{a}.$$

Jismning harakat paytidagi natijaviy og'irligi

$$\vec{P} = m (\vec{g} - \vec{a}) \quad (2.8)$$

bo'ladi.

Bundan ko'rinadiki, lift pastga tomon  $a$  tezlanish bilan harakatlansa, odamning og'irligi  $ma$  ga kamayar ekan. Agar liftni ushlab turuvchi tros keskin bo'shatilsa, lift pastga tomon  $a = g$  tezlanish bilan harakatlanadi va odamning og'irligi

$$P = m(g - a) = 0$$

bo'ladi.

**Jismning tayanchga yoki osmaga ko'rsatadigan kuchi nolga teng bo'ladigan, ya'ni og'irligi yo'qoladigan holatga vaznsizlik deyiladi.**

Demak, jism vaznsizlik holatiga o'tishi uchun pastga tomon  $g=9,81 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan harakatlanishi kerak. Bundan jismlar erkin tushayotganda vaznsizlik holatida bo'lishi kelib chiqadi. Qisman vaznsizlik holati arg'imchoq uchayotganda, sakrashning tushish qismida, qiyalikdan inersiyasi bilan sakragan mototsiklchida kuzatiladi. Bu juda qisqa vaqt davom etadi. Yerning sun'iy yo'ldoshlarida, orbital stansiyalarda istiqomat qiluvchi kosmonavtlar uzoq muddat vaznsizlik holatida bo'ladi. Bunday paytda inson organizmida qon aylanishi va oziqlanish tizimi buziladi. Orbital stansiyalarda vaznsizlik holatining zararli oqibatlarini tugatish uchun maxsus choralar ko'riladi.

3. Lift yuqoriga tomon  $\vec{a}$  tezlanish bilan ko'tarilmoqda (2.5-d rasm). Bunda odamning lift poli (tayanch)ga ko'rsatadigan og'irligi

$$\vec{P} = m(\vec{g} + \vec{a}) \quad (2.9)$$

ga teng bo'ladi.

Bundan ko'rinadiki, lift yuqoriga tomon tezlanish bilan ko'tarilsa, odamning og'irligi  $ma$  qiymatga ortadi. Bu holatga **ortiqcha yuklama** deyiladi.

Yuklamani, jismning harakat davridagi og'irligining, tinch holatdagi og'irligiga nisbati bilan topiladi:

$$n = \frac{m(g+a)}{mg} = 1 + \frac{a}{g}. \quad (2.10)$$

Bu holatda to'la yuklama tayanchga tushadi. Lekin odam gavdasi bo'ylab qisman yuklanishlar hosil bo'ladi. Masalan, odam boshining og'irligi uning bo'yniga, bosh, bo'yin, yelka va qo'llarning og'irligi esa belga va h. k. oyoqlarga tushadi. Agar liftning tezlanishi  $0,3-1 \text{ m/s}^2$  atrofida bo'lsa, inson uni sezmaydi. Lekin tovushdan tez uchuvchi samolyotlarda, raketaning ko'tarilishida tezlanish  $100 \text{ m/s}^2$  gacha boradi. Bu holatga tushgan uchuvchilar va kosmonavtlarning aytishicha, og'irlik ularni o'rindiqqa mahkamlab tashlaydi, qo'llarni ko'tarish juda og'irlik qiladi, qovoqni ko'tarib, ko'zni ochish haddan tashqari mashaqqatli bo'ladi.



### Masala yechish namunasi

Lift pastga qarab  $4,5 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan tushmoqda. Undagi jism og'irligi necha marta kamayadi?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$a=4,5 \text{ m/s}^2$ $g=10 \text{ m/s}^2$	$P=m(g-a)$ $F=mg \quad n=\frac{F}{P}$ $n=\frac{mg}{m(g-a)}=\frac{g}{g-a}$	$n=\frac{10}{(10-4,5)} \frac{\text{kg}\cdot\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\text{kg}\cdot\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}=\frac{10}{5,5}=1,82$
Topish kerak $n=?$		Javobi: 1,82 marta.



1. Samolyotdan sakragan parashutchi: a) parashut ochilgunga qadar erkin tushishda; b) parashut ochilgan lahzada; d) parashutda bir tekisda tushayotgan paytida qanday holatda bo'ladi?
2. Agar yuqoriga ko'tarilayotgan yoki tushayotgan lift tormozlana boshlasa, undagi odam qanday holatda bo'ladi?
3. Jism gorizontol yo'nalishda tezlanuvchan harakatlansa, uning og'irligi o'zgaradimi?

---

## 13-mavzu. JISMNING BIR NECHA KUCH TA'SIRIDAGI HARAKATI

Nyutonning ikkinchi qonunini o'rganishda jismga faqat bitta kuch ta'sir etayotgan hol ko'rib chiqilgan edi. Nyutonning uchinchi qonunini o'rganishda jismlar ta'sirlashganda bir nechta kuchlar o'zaro ta'sirlashishini ko'rdik.

Kundalik turmushda ham jismga faqat bitta kuch ta'sir etadigan hol kuzatilmaydi. Harakatlanayotgan jismlarga tortuvchi kuchdan tashqari ishqalanish kuchi ham ta'sir qiladi. Gorizontol sirtida turgan  $m$  massali jismga  $F_t$  tortuvchi kuch ta'sir qilayotgan bo'lsin. Bu paytda unga  $F_{ish}$  ishqalanish kuchi ham ta'sir qiladi. Agar  $F_t > F_{ish}$  bo'lsa, jism harakatga keladi. Bunda jismning olgan tezlanishini aniqlash uchun qaysi kuchdan foydalanamiz? Bunda *teng ta'sir etuvchi kuch* tushunchasidan foydalaniladi. Teng ta'sir etuvchi kuch deyilganda jismga qo'yilgan barcha kuchlarning geometrik yig'indisi, ya'ni natijaviy kuch tushuniladi. Mazkur holda

$$\vec{F} = \vec{F}_t + \vec{F}_{ishq.} \text{ bo'ladi.}$$

Tortuvchi kuch va ishqalanish kuchlarining vektor yig'indisini koordinata o'qlariga proyeksiyalar bilan almashtirib, algebraik yig'indisi olinadi. U holda jismga ta'sir etuvchi kuchlar o'zaro qarama-qarshi yo'nalganligidan uning moduli

$$F = F_t - F_{ish}$$

bilan aniqlanadi.

Jismning olgan tezlanishi Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra

$$\alpha = \frac{F_t - F_{ishq}}{m} \quad (2.11)$$

bilan aniqlanadi.

Jismga bir nechta kuchlar ta'sir etadigan hol uchun ikkita masalani ko'rib chiqaylik.

1. Qiya tekislikka qo'yilgan jismning muvozanat sharti va tushish tezlanishini qaraylik (2.6-rasm). Bunda  $\alpha$  – qiya tekislikning qiyalak burchagi. Qiya tekislik bilan unga qo'yilgan taxtacha orasidagi ishqalanish ko'effitsiyenti  $\mu$  ga teng.

Qiya tekislikda turgan taxtachaga og'irlik kuchi  $m\vec{g}$ , normal reaksiya kuchi  $\vec{N}$  va qiya tekislik bo'ylab yuqoriga yo'nalgan tinch holatdagi ishqalanish kuchi  $\vec{F}_{ishq.}$  ta'sir qiladi.

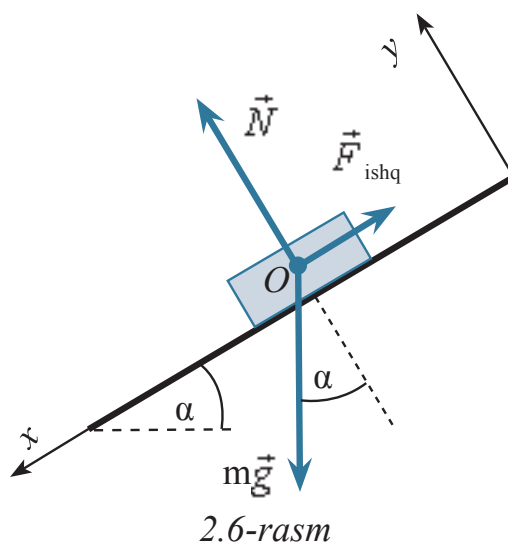
$x$  o'qini qiya tekislik bo'ylab pastga yo'naltiramiz,  $y$  – o'qini tekislikka perpendikulyar yo'naltiramiz.

Qiya tekislikda jism muvozanatda qolishi uchun unga ta'sir qiluvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'lishi kerak:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{ishq.} = 0.$$

Bundan koordinata o'qlariga bo'lgan proyeksiyalar uchun tenglamalar sistemasini yozaylik:

- 1)  $x$  o'qi yo'nalishi bo'yicha  $mg \sin\alpha - \vec{F}_{ishq.} = 0$ ;
- 2)  $y$  o'qi yo'nalishi bo'yicha  $-mg \cos\alpha + N = 0$ .



2.6-rasm

Jism qiya tekislikda muvozanatda qolishi uchun  $\vec{F}_{ishq.}^+ \geq mg \cdot \sin\alpha$  tengsizlik bajarilishi kerak.

Birinchi tenglamaga ko'ra  $\vec{F}^+ = mg \cdot \sin\alpha$ ,  $N$  ikkinchi tenglamaga ko'ra  $N = mg \cdot \cos\alpha$  bo'ladi. Bu ifodalarni  $\vec{F}_{ishq.}^+ = \mu N$  tenglikni hisobga olsak,  $mg \sin\alpha \leq \mu mg \cos\alpha$  tengsizlik bajariladi. Bundan  $\tan\alpha \leq \mu$  kelib chiqadi.

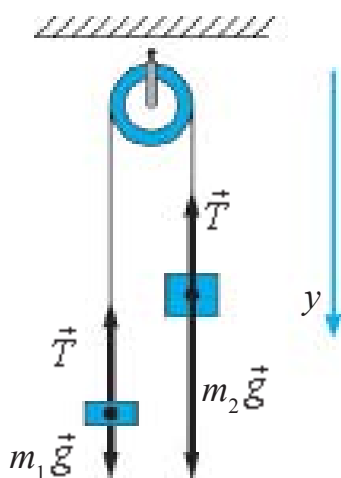
Shunday qilib,  $\tan\alpha \leq \mu$  shart bajarilganda taxtacha qiya tekislikda muvozanatda qoladi.

Agar  $\tan\alpha \geq \mu$  bo'lsa, jism qiya tekislik bo'ylab pastga qarab tezlanish bilan harakatlanadi. Tezlanishni topish uchun  $ma = mg \cdot \sin\alpha - \mu mg \cdot \cos\alpha$  tenglamani tuzamiz. Tenglikning ikkala tomonini  $m$  ga qisqartirib,

$$a = g (\sin\alpha - \mu \cos\alpha) \quad (2.12)$$

ga ega bo'lamiz.

2. Massasi hisobga olinmas darajada kichik bo'lgan ko'chmas blokka  $m_1$  va  $m_2$  massali yuklar osilgan (2.7-rasm). Agar  $m_2 > m_1$  bo'lsa, yuklarning harakatlanish tezlanishi va ipning tarangligi topilsin. Blokdagi ishqalanish kuchi va ipning massasi hisobga olinmasin.



2.7-rasm.

Har bitta yukka ikkita kuch ta'sir qiladi: og'irlik kuchi va ipning taranglik kuchi.

Blokning va ipning massasi hamda ishqalanishni hisobga olmaslik haqidagi talab shuni anglatadiki, ipning har ikkala tomondagi tarangligi bir xil bo'ladi. Uni  $T$  bilan belgilab olamiz.

Yuklar uchun Nyutonning ikkinchi qonuni tenglamasini yozib olamiz:

Ip cho'zilmas bo'lganligidan, yuklarning ko'chish moduli va shunga muvofiq, tezlik va tezlanishlari teng bo'ladi. Yuklarning tezlanish modulini  $a$  bilan

belgilaymiz. U holda  $y$  o'qini pastga yo'naltirib, unga bo'lgan proyeksiyalar uchun tenglamalar sistemasini yozamiz:

$$\begin{cases} m_1g - T = -m_1a, \\ m_2g - T = m_2a. \end{cases}$$

Ikkinchi tenglamadan birinchi tenglamani ayiramiz

$$g (m_2 - m_1) = a (m_2 + m_1).$$

Bundan

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g. \quad (2.13)$$

Birinchi tenglamadan ikkinchi tenglamani ayirib  $T = m_1(g + a)$  ni, ikkinchidan birinchini ayirib,  $T = m_2(g - a)$  ni hosil qilamiz. Bu – tezlanish bilan biri pastga, ikkinchisi yuqoriga harakatlanayotgan jismlarning og'irligi. Yuklar tezlanish bilan harakatlanayotganligi sababli massalari turlicha bo'lsa-da, og'irliklari bir xil bo'ladi. Tezlanish uchun topilgan ifodani ipning istalgan tomoni uchun yozilgan ifodasiga qo'ysak,

$$T = 2 \frac{m_2 m_1}{m_2 + m_1} g \quad (2.14)$$

ga ega bo'lamiz. Shu ifoda bilan har bir yukning og'irligi topiladi.

$$P_1 = P_2 = 2 \frac{m_2 m_1}{m_2 + m_1} g. \quad (2.15)$$



1. Jismga qo'yilgan teng ta'sir etuvchi kuch qanday aniqlanadi?
2. Kuchlarning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari bilan ishlash, vektorlarni qo'shishga nisbatan qanday afzalliklarga ega?
3. Jismga bir nechta kuch ta'sir qilganda uning muvozanatda bo'lish sharti qanday aniqlanadi?
4. Blokdagi iplarga osilgan yuklarning og'irligi harakat davrida nega teng bo'lib qoladi?

## 2-mashq

1. Uyning tomi gorizontga nisbatan  $30^\circ$  ni tashkil etadi. Tom ustida yurgan odam oyoq kiyimining tagcharmi bilan tom usti orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti qancha bo'lganda, u sirpanmasdan yura oladi? (*Javobi*: 0,58).

2. Qo'zg'almas blok orqali o'tkazilgan arqonning uchlariga 50 g va 75 g li yuklar osilgan. Arqon va blok massasi hisobga olinmaydigan darajada kichik. Arqonni cho'zilmas deb olib, yuklarning harakatlanish tezlanishini va arqonning taranglik kuchini toping. (*Javobi*:  $1,96 \text{ m/s}^2$ ; 0,6 N).

3. Arava ustida suyuqlik quyilgan idish qo'yilgan. Arava gorizont yo'nalishda  $a$  tezlanish bilan harakatlanmoqda. Suyuqlik sirti barqaror holatda bo'lganida, gorizont bilan qanday burchak tashkil qiladi? (*Javobi*:  $\alpha = \text{tg} \alpha$ ).

4. O'zgarimas kuch ta'sirida harakat boshlagan jism birinchi sekundda 0,5 m yo'l bosdi. Agar jismning massasi 25 kg bo'lsa, ta'sir etuvchi kuch nimaga teng? (*Javobi: 25 N*).

5. O'zgarimas kuch ta'sirida harakat boshlagan 50 g massali jism 2 sekundda 1 m yo'l bosdi. Ta'sir etuvchi kuch nimaga teng? (*Javobi: 0,025 N*).

6. Liftdagi suv solingan chelakda jism suzib yuribdi. Agar lift yuqoriga (pastga)  $a$  tezlanish bilan harakatlansa, jismning botish chuqurligi o'zgaradimi?

7. Massasi  $M$  bo'lgan silindrga ip o'ralgan. So'ngra silindrni pastga tashlab yuborilib, ipni yuqoriga tortib turiladi. Bunda silindrning massa markazi ipning yoyilishi davrida aynan bir xil balandlikda qoldi. Ipng taranglik kuchi nimaga teng.

8. Gorizontall joylashgan taxtachada yuk turibdi. Yuk va taxtacha orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,1. Taxtachaga gorizontall yo'nalishda qanday  $\alpha$  tezlanish berilsa, uning ustidagi yuk sirpanib tushadi? (*Javobi: 1 kg*).

9. Qog'oz varaq ustida to'g'ri silindr turibdi. Silindr balandligi 20 sm va asosining diametri 2 sm. Qog'ozni qanday minimal tezlanish bilan tortilsa, silindr ag'darilib tushadi. (*Javobi:  $a = 0,1 \text{ m/s}^2$* ).

10. Massasi 6 t bo'lgan, yuk ortilmagan avtomobil  $0,6 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan harakatlana boshladi. Agar u o'sha tortish kuchida joyidan  $0,4 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan qo'zg'alsa, unga ortilgan yukning massasi qancha bo'lgan? (*Javobi: 3 t*).

## II bobni yakunlash yuzasidan test savollari

1. **Gapni to'ldiring. Tinch holatda turgan yoki to'g'ri chizikli tekis harakatlanayotgan sanoq sistemalari ... deyiladi.**

- A) ... nisbiy sanoq sistemalari;                      B) ... inersial sanoq sistemalari;  
C) ... noinersial sanoq sistemalari;                D) ... absolyut sanoq sistemalari.

2. **Massasi 10 kg bo'lgan jism 20 N kuch ta'sirida qanday harakat qiladi?**

- A) 2 m/s tezlik bilan tekis;  
B)  $2 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan tezlanuvchan;  
C)  $2 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan sekinlanuvchan;  
D) 20 m/s tezlik bilan tekis.

3.  **$1 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilayotgan liftda 50 kg massali odam turibdi. Odamning og'irligi qanchaga teng (N)?**

- A) 50;                      B) 500;                      C) 450;                      D) 550.

4. **Qo'zg'almas blokka arqon orqali massalari  $m_1$  va  $m_2$  bo'lgan yuklar osilgan. Ular qanday tezlanish bilan harakatlanadi?  $m_1 < m_2$  deb olinsin.**  
 A)  $a = \frac{m_2 + m_1}{m_2 - m_1} g$ ;      B)  $a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g$ ;      C)  $a = \frac{m_1 - m_2}{m_2 + m_1} g$ ;      D)  $a = 0$ .
5. **Liftning qanday harakatida undagi jismda yuklama vujudga keladi?**  
 A) Yuqoriga o'zgarmas tezlik bilan;  
 B) Pastga o'zgarmas tezlik bilan;  
 C) Yuqoriga o'zgarmas tezlanish bilan;  
 D) Lift harakatsiz bo'lganda.
6. **Yo'ldoshning *geostatsionar* orbitasi deyilganda nima tushuniladi?**  
 A) Yo'ldoshning Yer sirtidan minimal orbitasi;  
 B) Yo'ldoshning Yer sirtidan maksimal orbitasi;  
 C) Yo'ldoshning Yer sirtidan ma'lum balandlikda siljimasdan turish orbitasi;  
 D) Yo'ldoshda kosmonavtlar kuzatuvlar olib boradigan orbita.
7. **Dinamometr uchlariga ikkita 60 N dan bo'lgan qarama-qarshi kuchlar qo'yilsa, dinamometr necha nyutanni ko'rsatadi?**  
 A) 15;      B) 30;      C) 60;      D) 120.
8. **3 N va 4N kuchlar bir nuqtada qo'yilgan. Kuch yo'nalishlari orasidagi burchak  $90^\circ$ . Teng ta'sir etuvchi kuch moduli qanday (N)?**  
 A) 1;      B) 5;      C) 7;      D) 1.

## II bobda o'rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar

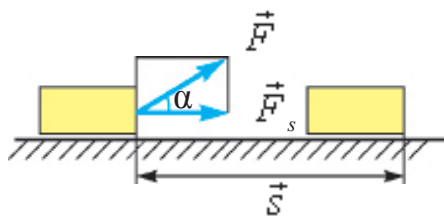
Dinamikaning birinchi qonuniga Galiley bergan ta'rif	Agar jismga boshqa hech qanday jismlar ta'sir etmasa, jism Yerga nisbatan o'zining tinch holatini yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatni saqlaydi.
Dinamikaning birinchi qonuni	Inersial sistema deb ataluvchi shunday sanoq sistemalari mavjudki, undagi jism boshqa jismlardan yetarli darajada uzoq joylashgan bo'lsa, tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatda bo'ladi.
Kuch	Jismlarning bir-biriga ta'siri natijasida tezlanish olishga sabab bo'ladigan miqdoriy o'lchamga.

Inert massa	Jismga tegishli $\frac{F}{a}$ nisbat bilan o'lchanadigan kattalik.
Dinamikaning ikkinchi qonuni	Jismning olgan tezlanishi qo'yilgan kuchga to'g'ri, jismning massasiga teskari proporsional bo'ladi: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ jism massasining uning tezlanishiga ko'paytmasi jismga teng ta'sir etuvchi kuchga teng: $F = m\vec{a}$ .
Dinamikaning uchinchi qonuni	Ta'sir har doim aks ta'sirini vujudga keltiradi. Ular son qiymati jihatidan bir-biriga teng bo'lib, bir to'g'ri chiziq bo'ylab qarama-qarshi yo'nalgan: $\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$ .
Inersial sanoq sistemalari	Nisbatan tinch holatda turgan yoki to'g'ri chizikli tekis harakatlanayotgan sanoq sistemalari.
Noinersial sanoq sistemalari	Egri chizikli yoki tezlanish bilan harakatlanayotgan sanoq sistemalar.
Inersiya kuchi	Sanoq sistemasi tezlanish bilan harakatlanishi tufayli hosil bo'lgan kuch.
Birinchi kosmik tezlik	Yerning sun'iy yo'ldoshi bo'lib qolishi uchun jism ega bo'lishi kerak bo'lgan tezlik – 7,91 km/s.
Ikkinchi kosmik tezlik	Quyosh sistemasiga kiruvchi sayyoralarga borish uchun kerak bo'ladigan tezlik – 11,2 km/s.
Uchinchi kosmik tezlik	Quyosh sistemasining tortish kuchini yengib chiqib ketish uchun kerak bo'ladigan tezlik – 16, 7 km/s.
$\vec{a}$ tezlanish bilan vertikal harakatlanayotgan jism og'irligi	$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$ – pastga tushayotgan jism og'irligi. $\vec{P} = m(\vec{g} + \vec{a})$ – yuqoriga ko'tarilayotgan jism og'irligi.
Vaznsizlik	Jismning tayanchga yoki osmaga ko'rsatadigan kuchi nolga teng bo'ladigan, ya'ni og'irligi yo'qoladigan holat.
Yuklama	$n = \frac{P}{mg} = \frac{g+a}{g}$ .

## III bob. MEXANIKADA SAQLANISH QONUNLARI

### 14-mavzu. ENERGIYA VA ISH. ENERGIYANING SAQLANISH QONUNI. JISMNING QIYA TEKISLIK BO‘YLAB HARAKATLANISHIDA BAJARILGAN ISH

Energiya – turli shakldagi harakatlar va o‘zaro ta’sirlarning miqdoriy o‘lchovidir (u grekcha *energeia* – ta’sir so‘zidan olingan). Energiya tabiatdagi harakatlarning shakliga qarab, turlicha bo‘ladi. Masalan, mexanik, issiqlik, elektromagnit, yadro energiyalari va hokazolar. O‘zaro ta’sir natijasida bir turdagi energiya boshqasiga aylanadi. Lekin bu jarayonlarning barchasida, birinchi jismdan ikkinchisiga berilgan energiya (qanday shaklda bo‘lishidan qat’iy nazar) ikkinchi jism birinchisidan olgan energiyaga teng bo‘ladi.



3.1-rasm.

Nyutonning ikkinchi qonunidan ma’lumki, jismning mexanik harakatini o‘zgartirish uchun unga boshqa jismlar tomonidan ta’sir bo‘lmog‘i kerak. Boshqacha aytganda, bu jismlar o‘rtasida energiyalar almashuvi ro‘y beradi. Mexanikada ana shunday energiya almashuvini tavsiflash

uchun *mexanik ish* tushunchasi kiritilgan va u fizikada *A* harfi bilan belgilanadi.

**Mexanik ish. Kuchning shu kuch ta’siri yo‘nalishida ro‘y bergan ko‘chishga skalyar ko‘paytmasiga teng bo‘lgan kattalik mexanik ish deyiladi, ya’ni**

$$A = (\vec{F} \cdot \vec{s}) = F \cdot s \cdot \cos \alpha. \quad (3.1)$$

Bu yerda:  $\alpha$  – kuch  $\vec{F}$  va ko‘chish  $\vec{s}$  orasidagi burchak (3.1-rasm).

Agar  $\cos \alpha = \frac{F_s}{F}$ ;  $F_s = F \cdot \cos \alpha$  ekanligini e’tiborga olsak, (3.1) quyidagi ko‘rinishni oladi:



$$A = F \cdot s \cdot \cos\alpha = F_s \cdot s. \quad (3.2)$$

bu yerda  $F_s$  – kuchning ko‘chish yo‘nalishiga proyeksiyasi.

(3.2) ifodaga asoslanib, quyidagicha xulosa chiqarish mumkin: agar  $\alpha < \frac{\pi}{2}$  bo‘lsa,  $0 < \cos\alpha < 1$  – kuchning ishi musbat, kuch va ko‘chish yo‘nalishi mos keladi;

agar  $\alpha > \frac{\pi}{2}$  bo‘lsa,  $-1 < \cos\alpha < 0$  – kuchning ishi manfiy, kuch va ko‘chish yo‘nalishi qarama-qarshi bo‘ladi;

agar  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  bo‘lsa,  $\cos 90^\circ = 0$  bo‘lib, kuchning bajargan ishi nolga teng, kuch ko‘chish yo‘nalishiga tik bo‘ladi.

Ish additiv (*additiv* – lotincha *yig‘indi*) kattalikdir (fizikada additiv so‘zi – sistemadagi fizik kattalik umumiy holda yaxlit hisoblanib, u shu kattalikni tashkil etuvchi qismlarning yig‘indisidan iborat degan ma‘noni anglatadi).

Agar jismga bir nechta kuch ta‘sir etayotgan bo‘lsa,

$$F_s = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} + \dots + F_{sn}$$

bo‘ladi, unda to‘la ish, bu kuchlarning teng ta‘sir etuvchisi bajaradigan ishga tengdir.

$$A = F_s \cdot [\Delta s] = F_{s1} \cdot [\Delta s_1] + F_{s2} \cdot [\Delta s_2] + F_{s3} \cdot [\Delta s_3] + \dots + F_{sn} [\Delta s_n]$$

yoki

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n.$$

**Ishning birligi.** Ishning SI dagi birligi Joule (J):

$$[A] = [F] \cdot [s] = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J}. \quad (3.3)$$

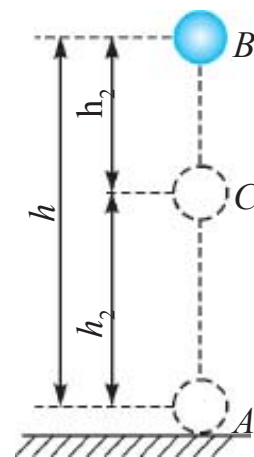
Ishning SI dagi birligi sifatida 1 N kuchning jismni 1 m masofaga ko‘chirishda bajargan ishi qabul qilingan.

**Og‘irlik kuchining ishi.** Yer sirtida yaqin balandliklarda jismga Yer tomonidan  $P = mg$  og‘irlik kuchi ta‘sir etadi. Yer sirtidan  $h$  balandlikdagi  $B$  nuqtadan Yer sathidan hisoblangan  $h_2$  balandlikdagi  $C$  nuqtaga o‘tishda jismning ko‘chishi  $h_1 = h - h_2$  ga teng (3.2-rasm). Bunda og‘irlik kuchining bajargan ishi quyidagicha ifodalanadi:

$$A = Ph_1 = mg(h - h_2) = mgh - mgh_2. \quad (3.4)$$

Bu yerda:  $P$ –jismning og‘irligi,  $m$ –uning massasi,  $g$ –erkin tushish tezlanishi,  $h$ –vertikal bo‘ylab,  $h_1$  va  $h_2$  sathlar orasidagi masofa.

Og‘irlik kuchining bajargan ishi yo‘lning shakliga bog‘liq bo‘lmasdan, faqat tushish balandligiga bog‘liq. Shuning uchun ham og‘irlik kuchi ta‘sirida bajariladigan ishlar trayektoriya shakliga emas, balki jismning boshlang‘ich va oxirgi holatiga bog‘liq. Bunday kuchlarga *potensial* yoki *konservativ* kuchlar deyiladi. Bu kuchlarning maydoni esa *potensial maydon* deyiladi.



3.2-rasm.

Jism pastga harakatlanganda og‘irlik kuchi va ko‘chish yo‘nalishi mos tushganligi sababli bajarilgan ish musbat, yuqoriga harakatlanganda esa, ular qarama-qarshi yo‘nalganligidan manfiy bo‘ladi. Shuning uchun og‘irlik kuchi ta‘sirida jism ko‘chib, yana boshlang‘ich vaziyatiga qaytgan holatdagi umumiy ish nolga teng bo‘ladi.

**Sistemaning to‘la mexanik energiyasi deb, uning kinetik va potensial energiyalarining yig‘indisiga aytiladi.** Masalan Yer sirtidan  $h$  balandlikda Yerga nisbatan  $v$  tezlik bilan harakatlanayotgan  $m$  massali jismning to‘la mexanik energiyasi

$$E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + mgh. \quad (3.4)$$

**To‘la mexanik energiya jismlarning o‘zaro ta‘siri vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi:**

$$E = E_k + E_p = \text{const.} \quad (3.5)$$

Bunda *mexanik energiyaning saqlanish qonuni* deyiladi.

O‘tkazilgan ko‘plab tajribalar, nazariy xulosalar energiya saqlanish qonunining qat‘iy bajarilishini ko‘rsatadi. Faqatgina tabiatda energiyaning bir turdan boshqasiga (masalan, mexanik energiyadan issiqlik energiyasiga) aylanishi ro‘y beradi. Shuning uchun ham bu qonunga energiyaning saqlanish va aylanish qonuni ham deyiladi. U tabiatning asosiy qonunlaridan bo‘lib, nafaqat makroskopik, balki mikrojismlar sistemasi uchun ham o‘rinlidir.

**Energiya hech qachon yo‘qolmaydi ham, yo‘qdan paydo bo‘lmaydi ham u faqat bir turdan boshqa turga aylanishi mumkin.**

**Yopiq sistemada to‘la energiya saqlanadi.**

Misol uchun,  $h$  balandlikdan tushayotgan jismning potensial energiyasi uning og‘irlik kuchiga bog‘liq bo‘lib, tajriba qaysi vaqtda o‘tkazilishiga mutlaqo bog‘liq emas.

**Foydali ish ko‘effitsiyenti.** Mashina va dvigatellarning o‘ziga sarflayotgan energiyaning qancha qismi foydali ishga aylanishini ko‘rsatadigan kattalik kiritilgan.

**Foydali ishning to‘la ishga nisbati foydali ish ko‘effitsiyenti (FIK) deb ataladi va  $\eta$  harfi bilan belgilanadi.**

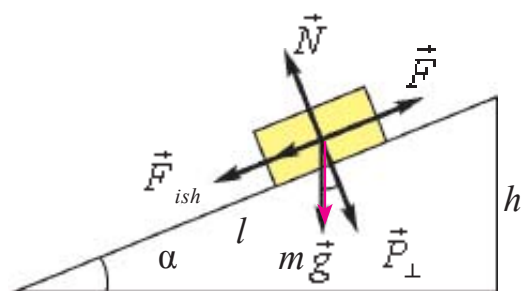
Agar foydali ishni  $A_f$  to‘la ishni  $A_t$  bilan belgilasak, u holda FIK formulasi quyidagicha yoziladi:

$$\eta = \frac{A_f}{A_t} \cdot 100\%. \quad (3.6)$$

FIK birdan (100% dan) katta bo‘lmaydi. Mashina va dvigatellarda ishqalanish kuchining ishi tufayli to‘liq energiyaning bir qismi isrof bo‘ladi va shu sababli FIK har doim birdan kichik bo‘ladi.

Qiya tekislik va jism yuqoriga tortilganda bajarilgan ishni ko‘rib chiqaylik. Mexanikaning oltin qoidasiga muvofiq kuchdan necha marta yutilsa, yo‘ldan shuncha marta yutqiziladi.

Qiya tekislik ham ishdan yutuq bermaydi. Qiyalik burchagini kamaytirib yukni ko‘tarishga sarflanadigan kuchdan yutiladi. Lekin ko‘chish masofasi ortganligi sababli bajarilgan ish o‘zgarmaydi.



3.3-rasm

Uzunligi  $l$ , balandligi  $h$  bo‘lgan qiyalikda og‘irligi  $P$  bo‘lgan yuqoriga harakatlanayotgan jismni qaraylik (3.3-rasm). Bunda jismga  $F_{ish}$  ishqlanish kuchi, qiya tekislikka parallel bo‘lgan  $F_t$  yuqoriga tortuvchi kuch, qiya tekislikka perpendikulyar yo‘nalgan  $P_{\perp}$  kuch va

tekislikka perpendikulyar kuchga qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan  $N$  kuch (tekislikning reaksiya kuchi) ta‘sir etadi.

Agar ishqalanish kuchi hisobga olinmasa,

$$A_s = A_1 = mgh \quad (3.7)$$

ga teng bo'ladi. Lekin ishqalanish hisobga olinsa,

$$A_t = A_1 + A_2 \quad (3.8)$$

va

$$A_2 = F_{\text{ish}} \cdot l = \mu N \cdot l = \mu mg \cdot \cos \alpha \cdot \frac{h}{\sin \alpha} = \mu mg \cdot ctg \alpha \quad (3.9)$$

bo'ladi. Unda  $A_t$  quyidagi ko'rinishni oladi:

$$A_t = mgh + \mu mgh \cdot ctg \alpha = mgh(1 + \mu \cdot ctg \alpha). \quad (3.10)$$

Foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta = \frac{A_f}{A_t} = \frac{mgh}{mgh(1 + \mu \cdot ctg \alpha)} = \frac{1}{1 + \mu \cdot ctg \alpha}. \quad (3.11)$$

Yukka ta'sir etadigan tortish kuchi

$$\vec{F} = \vec{F}_p + \vec{F}_{\text{ish}} = \vec{P} \cdot \sin \alpha + \mu \vec{N} \cos \alpha = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha). \quad (3.12)$$



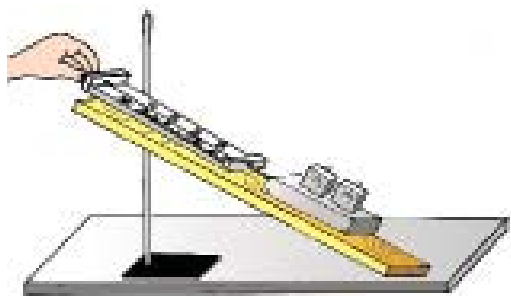
1. Mexanik ish qanday aniqlanadi?
2. Og'irlik kuchining ishi nimaga teng?
3. Tabiatda energiyaning saqlanish qonuni har doim bajariladimi?
4. Qiya tekislik ishdan yutuq beradimi?

---

## 15-mavzu. LABORATORIYA ISHI: QIYA TEKISLIKDA FOYDALI ISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH

**Ishning maqsadi:** Qiya tekislik va undan nima maqsadda foydalanilishini o'rganish. Dinamometrda jismlar vaznini o'lchash ko'nikmasini shakllantirish. Foydali va to'la ish hamda foydali ish koeffitsiyenti haqidagi bilimlarni amalda mustahkamlash. Xatoliklarni hisoblash ko'nikmalarini shakllantirish.

**Kerakli asboblari:** uzun yupqa taxta, qisqichli shtativ, yog'och brusok, yuklar to'plami, dinamometr.



3.4-rasm.

***Ishning bajarilishi:***

1) yupqa taxta shtativga mahkamlanadi. So'ngra qiya tekislikning uzunligi  $l$  va balandligi  $h$  o'lchab olinadi;

2) dinamometr yordamida yog'och brusokning vazni  $P$  aniqlanadi;

3) brusokni qiya tekislikka qo'yib, dinamometr yordamida qiya tekislik bo'ylab  $F$  kuch bilan yuqoriga qarab bir tekisda (siltashsiz) tortiladi;

tekisda (siltashsiz) tortiladi;

4)  $A_t = F \cdot l$  yordamida to'la,  $A_f = P \cdot h$  yordamida foydali ishlar hisoblanadi.

5)  $\eta = \frac{A_f}{A_t}$  ifoda yordamida qiya tekislikning foydali ish koeffitsiyenti hisoblanadi.

***Tajriba kamida uch marta takrorlanadi va natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.***

No	$l$ , (m)	$h$ , (m)	$F$ , (N)	$P$ , (N)	$A_t$ , (J)	$A_f$ , (J)	$\eta$ , (%)
1							
2							
3							

Tajribani turli xil qiya tekisliklar (turli xil  $h$  balandliklar) uchun o'tkazib, foydali ish koeffitsiyentining qiya tekislik burchagiga bog'liqligi haqida xulosalar chiqariladi.



1. Qiya tekislik qanday qurilma va u qanday maqsadda ishlatiladi?
2. Foydali va to'la ishlar qanday aniqlanadi?
3. Foydali ishning to'la ishdan kam bo'lishiga sabab nima?
4. Foydali ish koeffitsiyentining qiya tekislik burchagiga bog'liqligini qanday tushuntirasiz?

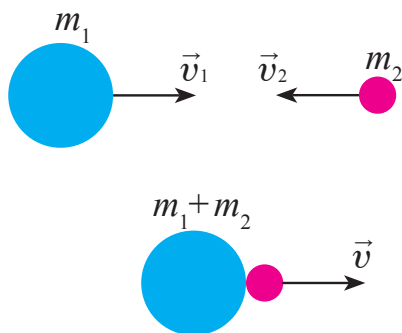
## 16-mavzu. JISMLARNING ABSOLYUT ELASTIK VA NOELASTIK TO‘QNASHISHI

**To‘qnashish deb, ikki yoki undan ko‘p jismlarning juda qisqa vaqt davomidagi ta’sirlashuviga aytiladi.**

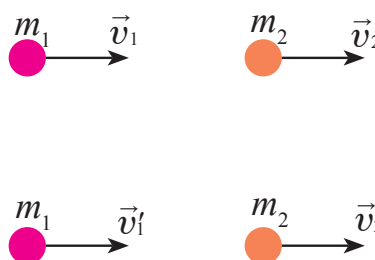
To‘qnashish tabiatda juda ko‘p uchraydi. Bilyard sharlarining to‘qnashuvi, odamning yerga sakrashi, bolg‘acha bilan mixning qoqilishi, futbolchining to‘p tepishi va hokazolar to‘qnashishga misol bo‘ladi.

To‘qnashish natijasida jismlarning deformatsiyalanishiga qarab ular ikki turga: absolyut elastik va absolyut noelastik to‘qnashishlarga bo‘linadi.

**Absolyut noelastik to‘qnashish. Absolyut noelastik to‘qnashish deb, ikkita deformatsiyalanadigan sharlarning to‘qnashib, birga yoki bir xil tezlik bilan harakatlanishiga aytiladi.** To‘qnashuvdan so‘ng sharlar birlashib, harakat qilishi mumkin. Plastilin yoki loydan yasalgan sharchalarning to‘qnashuvi bunga misol bo‘la oladi (3.5-rasm).



3.5-rasm.



3.6-rasm.

$m_1$  massali jismning to‘qnashishdan oldingi tezligi  $\vec{v}_1$ ,  $m_2$  massali jismning to‘qnashishdan oldingi tezligi  $\vec{v}_2$  bo‘lsin. To‘qnashishdan keyingi tezlik  $\vec{v}$  bo‘lsa, impulsning saqlanish qonunini tatbiq etib quyidagini olamiz:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}.$$

Bundan

$$\vec{v} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}. \quad (3.13)$$

Absolyut noelastik to‘qnashishda mexanik energiyaning saqlanish qonuni bajarilmay, uning bir qismi sharlarning ichki energiyasiga aylanadi.

**Absolyut elastik to‘qnashish deb, ikkita deformatsiyalanmaydigan sharlarning to‘qnashishiga aytiladi. Bunda sharlarning to‘qnashishdan oldingi kinetik energiyalari, to‘qnashishdan keyin ham to‘lalgicha kinetik energiyaga aylanadi.**

Absolyut elastik to‘qnashishda impulsning va kinetik energiyaning saqlanish qonunlari bajariladi.

$m_1$  va  $m_2$  massali sharlarning to‘qnashishgacha tezliklari mos ravishda  $\vec{v}_1$  va  $\vec{v}_2$  to‘qnashishdan keyin esa  $\vec{v}'_1$  va  $\vec{v}'_2$  bo‘lsin. Ularning harakat yo‘nalishlarini hisobga olib o‘ng tomonga yo‘nalgan harakatni musbat, chap tomonga yo‘nalganini esa manfiy ishora bilan olamiz (3.6-rasm). Shu hol uchun impulsning va kinetik energiyaning saqlanish qonunlari quyidagicha bo‘ladi:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 \quad (3.14)$$

$$\frac{m_1 \cdot v_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot v_2^2}{2} = \frac{m_1 \cdot v_1'^2}{2} + \frac{m_2 \cdot v_2'^2}{2}$$

Yuqoridagi formulalarni birgalikda yechib,  $v'_1$  va  $v'_2$  tezliklarni topish mumkin:

$$v'_1 = \frac{2m_2 v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2}, \quad v'_2 = \frac{2m_1 v_1 + (m_2 - m_1)v_2}{m_1 + m_2}. \quad (3.15)$$



1. Absolyut noelastik to‘qnashish deb qanday to‘qnashishga aytiladi?
2. Absolyut noelastik to‘qnashishda energiyaning saqlanish qonuni bajariladimi?
3. Absolyut elastik to‘qnashish deb qanday to‘qnashishga aytiladi?

### Masala yechish namunasi

O‘zgarmas  $F$  kuch ta‘sirida vagon 5 m yo‘lni bosib o‘tdi va 2 m/s tezlik oldi. Agar vagonning massasi 400 kg va ishqalanish koeffitsiyenti 0,01 bo‘lsa, kuch bajargan  $A$  ish aniqlansin.

Berilgan:  
 $F = \text{const}$ ;  
 $s = 5 \text{ m}$ ;  
 $v = 2 \text{ m/s}$   
 $m = 400 \text{ kg}$ ;  
 $\mu = 0,01$   
 Topish kerak  
 $A = ?$

Yechilishi:

Kuchning bajargan ish:  $A$ , vagonni ko'chirishdagi ish  $A_0$  ga va unga kinetik energiya  $E_k$  berish uchun bajarilgan ishlarning yig'indisiga teng

$$A = A_0 + E_k.$$

Bu yerda:  $F_{\text{ishq}} = \mu P$ .  $P = mg$  ekanligini e'tiborga

olsak,  $A_0 = F_{\text{ishq}} \cdot s = \mu mgs$ . O'z navbatida, vagon olgan kinetik energiya

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Shunday qilib,  $F$  kuch bajargan ish  $A = \mu mgs + \frac{mv^2}{2}$ .  
 Berilganlardan foydalanib

$$A = 0,01 \cdot 400 \cdot 9,8 \cdot 5 \text{ J} + \frac{1}{2} \cdot 400 \cdot 4 \text{ J} = 996 \text{ J}.$$

Javobi:  $A = 996 \text{ J}$ .

### 3-mashq

1.  $0,3 \text{ m/s}$  tezlik bilan harakatlanayotgan  $20 \text{ t}$  massali vagon  $0,2 \text{ m/s}$  tezlik bilan harakatlanayotgan  $30 \text{ t}$  massali vagonni quvib yetadi. Agar to'qnashish noelastik bo'lsa, ular o'zaro urilgandan keyin vagonlarning tezligi qanday bo'ladi? (Javobi:  $v = 0,24 \text{ m/s}$ ).

2. Odam massasi  $2 \text{ kg}$  bo'lgan jismni  $1 \text{ m}$  balandlikka  $3 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan ko'targanda qancha ish bajaradi? (Javobi:  $A = 26 \text{ J}$ ).

3. Massasi  $6,6 \text{ t}$  bo'lgan kosmik kema orbita bo'ylab  $7,8 \text{ m/s}$  tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, uning kinetik energiyasi nimaga teng bo'ladi? (Javobi:  $E_k = 200 \text{ GJ}$ ).

4.  $5 \text{ m}$  balandlikdan erkin tushayotgan  $3 \text{ kg}$  massali jismning yer sirtidan  $2 \text{ m}$  balandlikdagi potensial va kinetik energiyalari nimaga teng? (Javobi:  $E_p = 60 \text{ J}$ ;  $E_k = 90 \text{ J}$ ).

5. Koptokni yerdan qaytib  $2h$  balandlikka ko'tarilishi uchun uni  $h$  balandlikdan pastga qanday boshlang'ich tezlik  $v_0$  bilan tashlash kerak? To'qnashish absolyut elastik deb hisoblansin. (Javobi:  $v_0 = \sqrt{2gh}$ ).

6. Massasi  $1 \text{ kg}$  bo'lgan moddiy nuqta aylana bo'ylab  $10 \text{ m/s}$  tezlik bilan tekis harakatlanmoqda. Davrning to'rtidan bir ulushida, davrning yarmida, butun davrda impulsning o'zgarishini toping. (Javobi:  $14 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ ;  $20 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ ;  $0$ ).



7. Massasi 0,5 kg bo'lgan jism 4 m/s tezlikda yuqoriga vertikal otildi. Jism maksimal balandlikka ko'tarilishida og'irlik kuchining ishini, potensial energiyasining va kinetik energiyasining o'zgarishini toping. (*Javobi: 4 J; 4 J; -4 J*).

8. Massalari 1 kg va 2 kg bo'lgan noelastik sharlar bir-biriga tomon, mos ravishda, 1 va 2 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. To'qnashgandan keyin sistema kinetik energiyasining o'zgarishini toping (*Javobi: 3 J*).

9. Massasi 15 t bo'lgan trolleybus joyidan 1,4 m/s<sup>2</sup> tezlanish bilan qo'zg'aldi. Qarshilik koeffitsiyenti 0,02. Dastlabki 10 m yo'lda tortish kuchi bajargan ishni va qarshilik kuchi bajargan ishni toping. Bunda trolleybus qancha kinetik energiya olgan? (*Javobi: 240 kJ, -30 kJ, 210 kJ*).

10. Chana balandligi 2 m va asosi 5 m bo'lgan tepalikdan tushadi va tepalik asosidan 35 m gorizontal yo'lni bosib o'tib to'xtaydi. Ishqalanishni butun yo'l davomida bir xil deb hisoblab, ishqalanish koeffitsiyentini toping. Shunga o'xshash usul bilan tajribada, masalan, gugurt qutisi va chizg'ich orasidagi ishqalanish koeffitsiyentini toping. (*Javobi: 0,05*).

### III bobni yakunlash yuzasidan test savollari

- 1. ... turli shakldagi harakatlar va o'zaro ta'sirlarning miqdoriy o'lchovidir. Gapni to'ldiring.**  
A) Energiya; B) Potensial energiya;  
C) Kinetik energiya; D) Elektr energiya.
- 2. Energiyaning SI dagi birligi nima?**  
A) Vatt; B) Joul; C) Kaloriya; D) N · m.
- 3. ... kuchning shu kuch ta'sirida ro'y bergan ko'chishga skalyar ko'paytmasiga teng bo'lgan kattalik. Gapni to'ldiring.**  
A) Energiya; B) Potensial energiya;  
C) Kinetik energiya; D) Mexanik ish.
- 4. Energiya hech qachon yo'qolmaydi ham, yo'qdan paydo bo'lmaydi ham u faqat bir turdan boshqasiga aylanishi mumkin. Bu nimaning ta'rifi?**  
A) Nyutonning birinchi qonuni; B) Nyutonning ikkinchi qonuni;  
C) Energiyaning saqlanish qonuni; D) Nyutonning uchinchi qonuni.

- 5. Foydali ishning to'la ishga nisbati nimani anglatadi?**  
 A) Energiyani; B) Potensial energiyani;  
 C) Kinetik energiyani; D) FIKni.
- 6. Sistemaning ... deb, uning kinetik va potensial energiyalarining yig'indisiga aytiladi. Gapni to'ldiring.**  
 A) ... energiyasi; B) ... to'la mexanik energiyasi;  
 C) ... kinetik energiyasi; D) ... mexanik ishi.
- 7. ... to'qnashish deb, ikki yoki undan ko'p jismlarning juda qisqa vaqt davomidagi ta'sirlashuviga aytiladi. Gapni to'ldiring.**  
 A) Absolyut elastik; B) Absolyut noelastik;  
 C) To'qnashish; D) Ko'chish.
- 8. ... to'qnashish deb, ikkita deformatsiyalanadigan sharlarning to'qnashishiga aytiladi. Gapni to'ldiring.**  
 A) Absolyut elastik; B) Absolyut noelastik;  
 C) To'qnashish; D) Ko'chish.
- 9. ... to'qnashish deb, ikkita deformatsiyalanmaydigan sharlarning to'qnashishiga aytiladi. Gapni to'ldiring.**  
 A) Absolyut elastik; B) Absolyut noelastik;  
 C) To'qnashish; D) Ko'chish.
- 10. Jismning boshlang'ich va oxirgi holatiga bog'liq bo'ladigan kuchlarga ... kuchlar deyiladi. Nuqtalar o'rniga to'g'ri javobni qo'ying.**  
 A) ... og'irlik; B) ... musbat;  
 C) ... potensial yoki konservativ; D) ... manfiy.

### III bobda o'rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar

Energiya	Turli shakldagi harakatlar va o'zaro ta'sirlarning miqdoriy o'lchovi. Uning SI dagi birligi 1 J.
Mexanik ish	Kuchning shu kuch ta'sirida ro'y bergan ko'chishga skalyar ko'paytmasiga teng bo'lgan kattalik. $A = F \cdot s \cdot \cos\alpha$ .
Sistemaning to'la mexanik energiyasi	Sistemaning kinetik va potensial energiyalarining yig'indisi.
Energiyaning saqlanish qonuni	Energiya hech qachon yo'qolmaydi ham, yo'qdan paydo bo'lmaydi ham, u faqat bir turdan boshqasiga aylanadi.
Foydali ish koeffitsiyenti	Foydali ishning to'la ishga nisbati: $\eta = \frac{A_f}{A_t} \cdot 100\%$ .
To'qnashish	Ikki yoki undan ko'p jismlarning juda qisqa vaqt davomidagi ta'sirlashuvi.
Absolyut elastik to'qnashish	Ikkita deformatsiyalanmaydigan sharlarning to'qnashishi.
Absolyut noelastik to'qnashish	Ikkita deformatsiyalanadigan sharlarning to'qnashib, birga yoki bir xil tezlik bilan harakatlanishi.

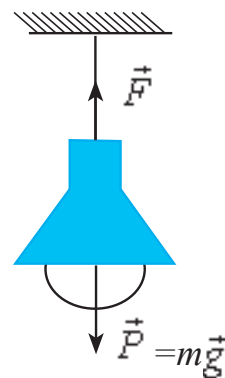
## IV bob. STATIKA VA GIDRODINAMIKA

### 17-mavzu. JISMLARNING MUVOZANATDA BO‘LISH SHARTLARI

Uyning shiftiga osilgan qandil misolida qo‘yilgan kuchlarni qaraylik (4.1-rasm).

Buning uchun, avvalo, 6-sinfda o‘rganilgan jismlarning massa markazi haqidagi tushunchani eslaylik. *Massa markazi* deyilganda jismning barcha massasi mujassam bo‘lgan xayoliy nuqta tushuniladi.

Shunga ko‘ra jismga ta‘sir etayotgan kuchlarni massa markaziga nisbatan olamiz. Osib qo‘yilgan lampaga pastga yo‘nalgan og‘irlik kuchi  $\vec{P}$  ta‘sir qiladi. Natijada uni tutib turuvchi ip tarang bo‘lib tortiladi. Ipda hosil bo‘lgan taranglik kuchi  $\vec{F}$  va og‘irlik kuchi  $\vec{P}$  massa markazidan o‘tuvchi to‘g‘ri chiziqda yotadi va yo‘nalishi jihatidan qarama-qarshi bo‘ladi. Bu kuchlar son qiymati jihatidan teng bo‘ladi. Bu kuchlarni vektorlarni qo‘shish qoidasiga binoan qo‘shilsa, natijaviy kuch nolga teng bo‘ladi. Shunga ko‘ra lampa muvozanatda qo‘ladi.

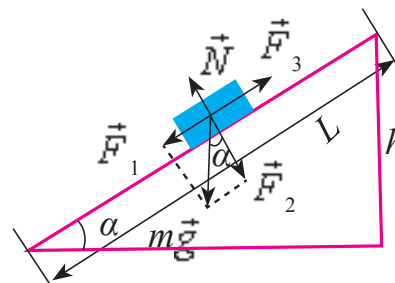


4.1-rasm.

Biror-bir jism qiya tekislikda muvozanatda turgan holni ko‘raylik (4.2-rasm). Bunda jismga qo‘yilgan kuchlarni massa markaziga nisbatan qaraylik. Jismga avvalo og‘irlik kuchi  $m\vec{g}$  ta‘sir qiladi.

Bu kuchni  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  tashkil etuvchilarga ajrataylik.

Bunda  $\vec{F}_1$  kuch jismni qiya tekislik bo‘ylab pastga sirpantirishga harakat qiladi.  $\vec{F}_2$ -kuch qiya tekislik yuzasiga beradigan bosim kuchini hosil qiladi. Bu kuch yuza tomonidan jismga reaksiya kuchi  $\vec{N}$  hosil bo‘lishiga olib keladi. Jism sirpanishiga qarama-qarshi yo‘nalishda ishqalanish kuchi  $\vec{F}_3$  ta‘sir qiladi.



4.2-rasm.

Bu holda ham jismga ta'sir etayotgan barcha kuchlarning vektor yig'indisi nolga teng bo'ladi.

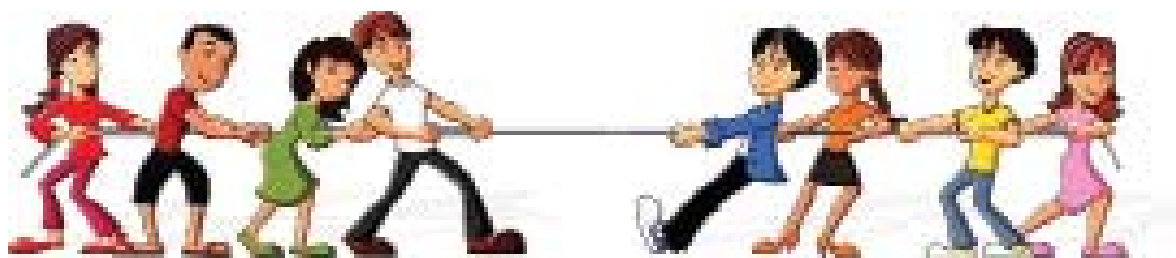
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{N}_1 + \vec{F}_3 = 0.$$

Yuqoridagilardan kelib chiqib quyidagi xulosani chiqarish mumkin:

**Aylanish o'qiga ega bo'lmagan jism yoki jismlar sistemasi muvozanatda qolishi uchun unga ta'sir etayotgan kuchlarning vektor yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak.**

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = 0.$$

**Muvozanat turlari.**

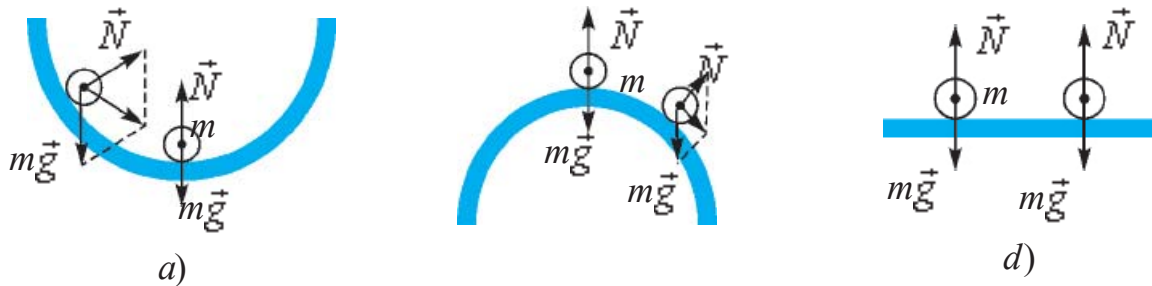


4.3-rasm.

Agar biror jism muvozanatda turgan bo'lsa, uni doimo shunday holatda qoladi deb bo'lmaydi (4.3-rasm). Chunki real sharoitlarda unga tashqaridan tasodifiy turtkilar berilib turiladi. Bunday turtkilardan jismlarni to'la xoli qilishning imkoni yo'q. Muhimi shunday turtkilardan so'ng jism muvozanatda qoladimi yoki muvozanat buziladimi shuni bilish kerak. Buning uchun tashqi turtki vositasida muvozanat vaziyatidan chetlashgan jismga ta'sir etuvchi natijaviy kuch yo'nalishini aniqlash kerak. Hosil bo'ladigan natijaviy kuch yo'nalishiga ko'ra muvozanat uch turda bo'ladi.

**1. Turg'un muvozanat.** Jismni muvozanat holatidan chetga chiqarilganda, uni dastlabki vaziyatiga qaytaruvchi kuch hosil bo'ladigan muvozanatga *turg'un muvozanat* deyiladi (4.4-a rasm). Bunda yarim sfera ichiga qo'yilgan sharcha muvozanat vaziyatidan chetlashtirilganda, unga ta'sir etayotgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi uni yana muvozanat holatiga qaytaradi.

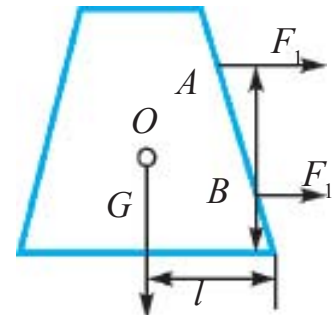
**2. Turg'unmas muvozanat.** Jismni muvozanat holatidan chetga chiqarilganda, uni dastlabki vaziyatidan uzoqlashtiruvchi kuch hosil bo'ladigan muvozanatga *turg'unmas muvozanat* deyiladi (4.4-b rasm). Bunda yarim sfera ustiga qo'yilgan sharcha muvozanat vaziyatidan chetlashtirilganda, unga ta'sir etayotgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi uni muvozanat holatidan yanada chetlashtiradi.



4.4-rasm.

**3. Farqsiz muvozanat.** Jismni muvozanat holatidan chetga chiqarilganda, uning holatini o'zgartiradigan hech qanday kuch hosil bo'lmasa *farqsiz muvozanat* deyiladi (4.4-d rasm). Gorizontalsirt ustiga qo'yilgan sharchaga tashqi turtki berilganda, joyidan siljiydi. Lekin unga ta'sir etayotgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'ladi.

4.5-rasmda keltirilgan jismga o'g'irlik markazidan quyida joylashgan B nuqtaga  $F_1$  kuch ta'sir ettirilsa ( $F_1 > F_{\text{ishq.}} \cdot F_{\text{ishq.}}$  – ishqalanish kuchi), jism ilgarilanma harakatga keladi. Kuch kattaligini o'zgartirmagan holda uni A nuqtaga ko'chirilsa, jism qiyshaya boshlaydi. Og'irlik markazidan pastga yo'nalgan G vektor bilan jism pastki asosi konturining chetki nuqtasi orasidagi masofa  $l$  kamaya boshlaydi. Kuch ta'sir ettirish davom etsa, G vektor jism asosini chegaralovchi kontur ichidan chiqadi va jism ag'dariladi.



4.5-rasm.

Shunday qilib jismning turg'unligi (barqarorligi):

- 1) jism og'irligiga;
- 2) jism asosi yuzining kattaligiga;
- 3) ag'daruvchi kuchning og'irlik markazidan qanchalik quyiga qo'yilganligiga bog'liq.

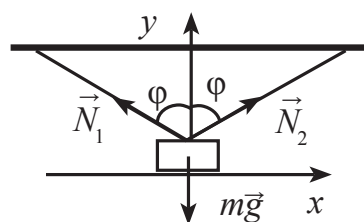
$$F_1 = \frac{mgl}{h}. \quad (4.1)$$

### Masala yechish namunasi

1. Massasi 10 kg bo'lgan jism ikkita cho'zilmas arqonga osilgan. Ular o'zaro  $60^\circ$  burchak hosil qilgan holda muvozanatda qoladi. Arqonlarning taranglik kuchlarini hisoblang.

Berilgan:  
 $m = 10 \text{ kg}$   
 $\varphi = 60^\circ$

Topish kerak  
 $N_1 = ?; N_2 = ?$



Yechilishi:

Chizmaga ko'ra, yukka ta'sir etuvchi barcha  $\vec{N}_1$ ,  $\vec{N}_2$  va  $m\vec{g}$  kuchlar bir nuqtada kesishadi.

Shunga ko'ra, muvozanat sharti ikkita tenglama bilan aniqlanadi.

$$N_1 \sin \varphi - N_2 \sin \varphi = 0;$$

$$N_1 \cos \varphi + N_2 \cos \varphi - mg = 0.$$

Ular bilan matematik o'zgartirishlar amalga oshirilganidan so'ng

$$N_1 = N_2; 2 N_1 \cos \varphi = mg; N_1 = N_2 = \frac{mg}{2 \cos \varphi};$$

$$N_1 = N_2 = \frac{10 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cos 60^\circ} = 100 \text{ N}.$$

Javobi: 100 N.



1. Jismlarning massa markazi joylashgan nuqta yo'nalishida kuch ta'sir ettirilsa, nima kuzatiladi?
2. Aylanish o'qiga ega bo'lmagan jismlarga ta'sir etayotgan kuchlarning vektor yig'indisi nolga teng bo'lsa, nima kuzatiladi?
3. Muvozanat turlariga turmush va texnikadan misollar keltiring.

## 18-mavzu. MOMENTLAR QOIDASIGA ASOSLANIB ISHLAYDIGAN MEXANIZMLAR

6-sinfda Siz oddiy mexanizmlardan richag, qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas bloklar, chig'iriy va lebyodka bilan tanishgansiz. Ularning ishlashiga e'tibor berilsa, barchasida aylanish o'qlari mavjud bo'ladi.

Bunday jismlarning muvozanatda bo'lishi uchun ularga ta'sir etayotgan kuchlarning vektor yig'indisi nolga teng bo'lishi yetarli emasligi ham aytilgan edi. Bunda kuch qo'yilgan nuqtaning, aylanish o'qidan qanday uzoqlikda bo'lishiga ham bog'liq bo'ladi.

Kuch qo'yilgan nuqtadan, aylanish o'qigacha bo'lgan eng qisqa masofaga **kuch yelkasi** deb ataladi. Bunda, kuch va yelka har doim o'zaro perpendikulyar bo'ladi.

**Kuchning kuch yelkasiga ko'paytmasiga kuch momenti deyiladi:**

$$M = F \cdot l,$$

Kuch momenti birligi  $[M] = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$ .

Jism kuch momenti ta'sirida aylanish o'qi atrofida buriladi. Bunda jismga ta'sir etayotgan kuch momenti, juft kuch ta'siriga o'xshash bo'ladi. **Juft kuch** deyilganda, yo'nalishi qarama-qarshi, kattaliklari teng, lekin bir o'qda yotmaydigan kuchlar tushuniladi.

Bunga misol tariqasida avtomobil rulining burilishini keltirish mumkin (4.6-rasm). Aylanish o'qi rulning o'rtasida bo'lib, unga juft  $F_1$  kuchlar ta'sir etadi.

Natijaviy kuch momenti rulni bir tomonga burovchi momentlarni o'zaro qo'shib topiladi:

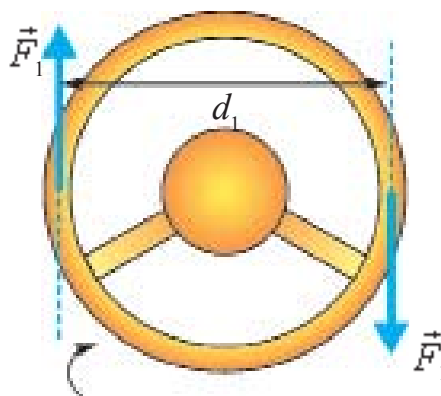
$$M = F_1 \frac{d_1}{2} + F_1 \frac{d_1}{2} = F_1 d_1.$$

Agar aylanish o'qiga ega bo'lgan jismga bir nechta kuchlar ta'sir etayotgan bo'lsa, bu kuchlarning momentlarini o'zaro qo'shish orqali natijaviy moment topiladi. Bunda jismni soat strelkasi yo'nalishida aylantiruvchi kuch momentlarini musbat ishorada, soat strelkasi yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda aylantiruvchi kuch momentlarini manfiy ishorada olinadi.

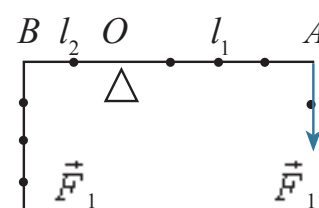
4.7-rasmda masshtabli chizg'ichning  $O$  nuqtasidan shtativga osilib, undan turli uzoqlikda qo'yilgan yuklar keltirilgan. Bunda  $A$  nuqtaga osilgan yuklar og'irligi  $F_1$  ga, aylanish o'qidan uzoqligi  $l_1$  ga teng bo'lib chizg'ichni soat strelkasi yo'nalishida harakatlantiruvchi momentni hosil qiladi.  $B$  nuqtaga osilgan yuklar og'irligi  $F_2$  ga, aylanish o'qidan uzoqligi  $l_2$  ga teng bo'lib, chizg'ichni soat strelkasi yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda aylantiruvchi kuch momenti hosil qiladi. Natijaviy kuch momentini topish uchun jismga ta'sir etuvchi kuch momentlarining ishorasini hisobga olib qo'shamiz:

$$M = F_2 l_2 + (-F_1 l_1) = F_2 l_2 - F_1 l_1.$$

Bundan ko'rinadiki, jism muvozanatda qolishi uchun  $M = 0$  bo'lishi kerak.



4.6-rasm.



4.7-rasm.



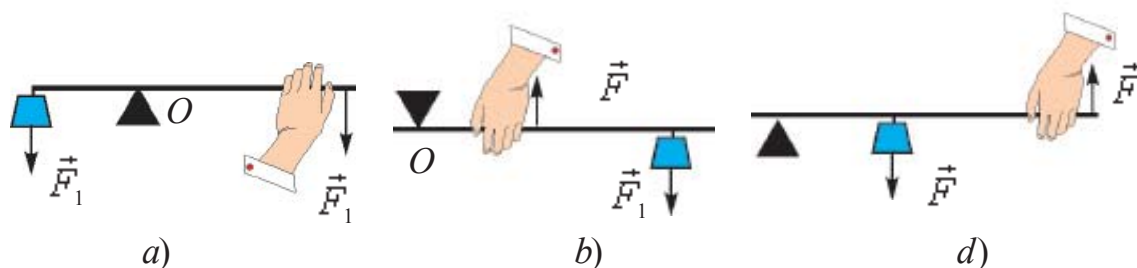
Shunga ko‘ra aylanish o‘qiga ega bo‘lgan jismlarning muvozanat sharti quyidagicha bo‘ladi:

**Aylanish o‘qiga ega bo‘lgan jismga ta‘sir etayotgan kuch momentlarining vektor yig‘indisi nolga teng bo‘lganda jism muvozanatda qoladi:**

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 + \dots + \vec{M}_n = 0. \quad (4.2)$$

Bu qoida Arximed tomonidan topilgan bo‘lib, *momentlar qoidasi* deb yuritiladi. **Momentlar qoidasiga asoslanib ishlaydigan oddiy mexanizmlarga** richag, ko‘chmas va ko‘char bloklar, chig‘iriq, vint (domkrat) larning ishlash tamoyili momentlar qoidasiga asoslangandir.

**Richag.** Amaliyotda richagning uch turi ishlatiladi (4.8-rasm).



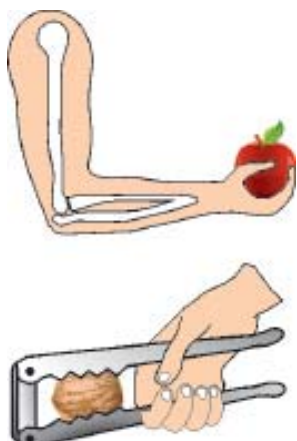
4.8-rasm.

*Ikki yelkali richagda* (4.8-a rasm) tayanch richagning kuchlar qo‘yilgan nuqtalari oralig‘ida bo‘ladi.

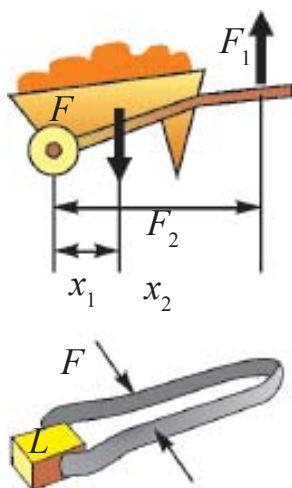
*Bir yelkali richagda* (4.8-b rasm) tayanch richagning bir uchiga joylashtirilgan bo‘lib, yukni richagning ikkinchi uchiga qo‘yiladi. Tutib turuvchi kuchni tayanch va yuk qo‘yilgan nuqtalar oralig‘iga jo‘ylashtiriladi. Ularda kuchlar antiparallel yo‘nalgan bo‘ladi. Inson qo‘li, yong‘oq chaqadigan qisqich ularga misol bo‘la oladi (4.9-rasm).

*Richagning uchinchi turida* (4.8 d-rasm) tayanch richagning bir uchiga joylashtirilgan bo‘lib, yukni tayanch va tutib turuvchi kuch qo‘yilgan nuqtalar oralig‘iga qo‘yiladi. Ularda ham kuchlar antiparallel yo‘nalgan bo‘ladi. Zambilg‘altak, otashkurak ularga misol bo‘la oladi (4.10-rasm).

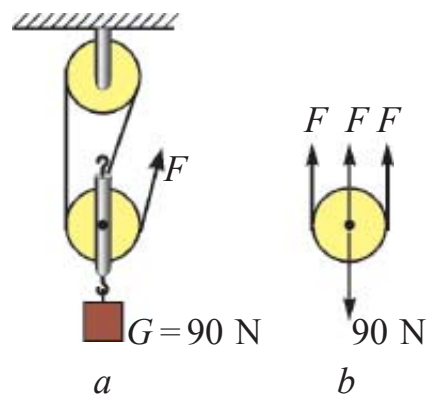
**Bloklar.** Turmush va texnikada bloklardan foydalanishda ko‘char va ko‘chmas bloklar majmuasidan foydalaniladi. Majmuada bloklar o‘zaro ulanib, *darajali polispast* hosil qilinadi.



4.9-rasm.



4.10-rasm.



4.11-rasm.

4.11-rasmda mana shunday **darajali polispast** keltirilgan. Darajali polispastda osilgan yuk og'irligi bloklarga o'ralgan arqonlarga taqsimlanadi.

$$F = \frac{P}{n} \quad (4.3)$$

Shunga ko'ra polispastda yuk nechta arqonga taqsimlansa, yukni ko'tarish uchun kerak bo'ladigan kuch shuncha marta kam bo'ladi.



1. Jismga ta'sir etuvchi kuch momentlari qanday qoida asosida qo'shiladi?
2. Aylanish o'qiga ega bo'lgan jismning muvozanatiga doir misollar keltiring.
3. Polispastda ko'chmas bloklar soni ortib borsa, uning kuchni orttirib berish kattaligi qanday o'zgaradi?

## 19-mavzu. AYLANMA HARAKAT DINAMIKASI

Siz ko'pgina jangari filmlarni tomosha qilganingizda, haydovchi avtomobil rulini keskin yon tomonga burganida mashina ag'darilib ketganligini ko'rgansiz. Sirkda motosiklchining devor bo'ylab yurganligini ham ko'rganlar bor.

Shunday tajriba o'tkazib ko'raylik. Chelak ichiga ozgina suv solib, uni vertikal tekislikda aylantiraylik. Chelak aylanish davomida yuqori nuqtadan o'tayotganda chelakdagi suv to'kilmadan o'tadi.

Yuqorida keltirilgan misollardan mashinani ag‘daruvchi, motosiklchini devorga siqib turuvchi va chelakdagi suv og‘irligini muvozanatlovchi kuch mavjudligi kelib chiqadi.

Bu kuch qanday hosil bo‘ladi va uning kattaligi nimalarga bog‘liq?

Buning uchun aylana bo‘ylab tekis harakat qilayotgan jismda markazga intilma kuch mavjud bo‘lishini eslaylik:

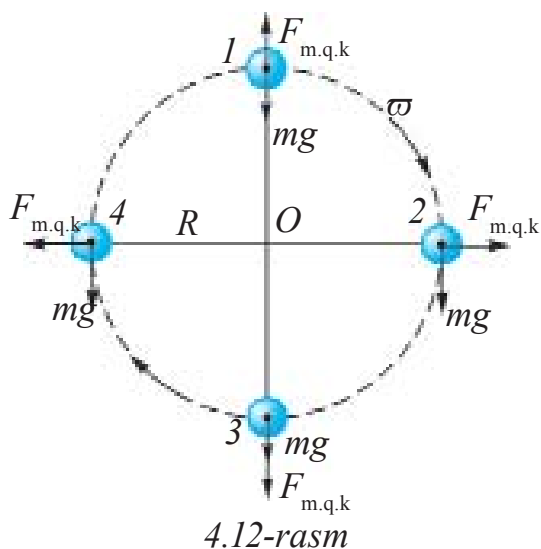
$$F_{mi.k} = \frac{mv^2}{R}. \quad (4.4)$$

Nyutonning uchinchi qonuniga ko‘ra:

$$F_{m.i.k.} = F_{m.q.k.}$$

markazdan qochma kuch  $\vec{F}_{m.q.k.}$  ham paydo bo‘ladi.

Mana shu markazdan qochma kuch keskin burilgan mashinani ag‘daradi va aylanayotgan chelakning to‘nkarilgan holatida suvning to‘kilishiga yo‘l qo‘ymaydi.



4.12-rasmda  $R$  radiusli aylana bo‘ylab harakatlanayotgan jisimga ta‘sir etuvchi kuchlar ko‘rsatilgan. Birinchi holatda markazdan qochma kuch  $\vec{F}_{m.q.k.}$  og‘irlik kuchi  $m\vec{g}$  ga qarama-qarshi yo‘nalganligi tufayli jism og‘irligi kamayadi:

$$P_1 = mg - \frac{mv^2}{R}. \quad (4.5)$$

Uchinchi holatda jismning og‘irlik kuchi va markazdan qochma kuch pastga, ya‘ni bir tomonga yo‘nalgan. Shunga

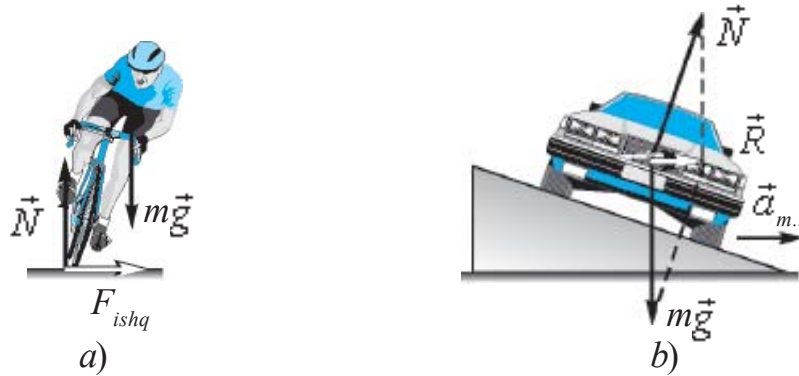
ko‘ra, jism og‘irligi ortadi:

$$P_2 = mg + \frac{mv^2}{R}. \quad (4.6)$$

Markazdan qochma kuchni aylanuvchi jismlarda hamda jism harakati davomida burilishi zarur bo‘lgan hollarda hisobga olinadi.

Xuddi shunday yo‘lning burulish qismlarida markazga intilma kuch ta‘sirida vertikal holatdan og‘ish kuzatiladi. Bu holat avariya olib

kelmasligi uchun velosipedchi yoki mototsiklchilar aylanish markazi tomon biroz og'ib harakatlanishlari zarur (4.13 a-rasm). Avtomobilda bu kuchni muvozanatlash uchun yo'ning bir tomonini biroz ko'tarib quriladigan bo'ldi (4.13 b-rasm). Tramvay va poyezdlarning relslari yo'ning qayrilish joylarida tashqi aylanasi biroz ko'tarilib quriladi.



4.13-rasm.

### Masala yechish namunasi

Jism biror balandlikdan tushib, halqa bo'ylab harakatlanadi. Halqaning radiusi qanday bo'lganda jism halqaning  $T$  nuqtasidan tushib ketmaydi. Jismning  $T$  nuqtadagi tezligi 30 m/s.

Berilgan:

$$v = 30 \text{ m/s}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

Topish kerak

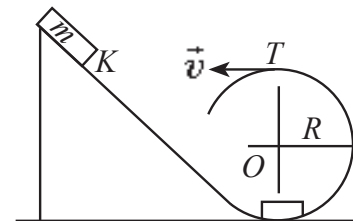
$R - ?$

Yechilishi:

Jism  $T$  nuqtadan tushib ketmasligi uchun  $F_{og'ir.} = F_{m.q.k}$  shart bajarilishi kerak.

$$mg = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow g = \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{v^2}{g};$$

$$R = \frac{30^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{10 \text{ m/s}^2} = 90 \text{ m.}$$



Javobi: 90 m.



1. Markazdan qochma kuch ta'siriga asosanib ishlaydigan qanday asboblarni bilasiz?

2. Yo'ning burilish qismlarida nima sababdan avtomobillarning yurish tezligi cheklanadi?

3. Mashina haydovchisi keskin burilish joyiga yaqinlashganda nima qilishi lozim? Nima uchun haydovchi namgarchilik bo'lganda, yo'lda to'kilgan barglar ko'p bo'lgan vaqtda va yaxmalakda nihoyatda ehtiyot bo'lishi kerak?

## 20-mavzu. SUYUQLIK VA GAZLAR HARAKATI, OQIMNING UZLUKSIZLIK TEOREMASI. BERNULLI TENGLAMASI

Siz tinch holatda turgan suyuqlik va gazlarning idish devoriga bosim berishi haqida bilib olgansiz. Tabiatda va turmushda suyuqlik tinch holatdan tashqari, harakatda ham bo'ladi. Ariq, kanal, daryolar va vodoprovod quvurlarida oqayotgan suvda qanday kuchlar vujudga keladi? Buni o'rganish uchun ariqda oqayotgan suv yuzasi holatini bir eslab ko'raylik. Suv mo'l, keng kanalda sekin oqayotgan suvning o'rta qismi bir tekisda, taxminan bitta chiziq bo'ylab, harakat qiladi. Buni suvda birga oqib kelayotgan cho'plar harakatini kuzatib ishonch hosil qilish mumkin (4.14-rasm). Bunday oqim **qatlamli** yoki **laminar oqim** deyiladi. Tog'dan tushib kelayotgan ariq suvi tez oqadi. Unga tashlangan mayda cho'plar, barglar harakati kuzatilsa, ko'pchilik joylarida girdob, ya'ni uyurma ko'rinishidagi harakatlar hosil bo'ladi (4.15-rasm.) Bunday oqimga **turbulent** oqim deyiladi. Demak, suyuqlik biror-bir nayda oqqanda suyuqlikning nay devorlariga ishqalanishi tufayli qatlamlarning siljishi nayning o'rta qismida tezroq, chetki qismlarida sekinroq bo'lar ekan.

Ishqalanishni hisobga olmagan holda, suyuqlikning ko'ndalang kesim yuzasi o'zgaradigan nay bo'ylab oqishini qaraylik (4.16-rasm)

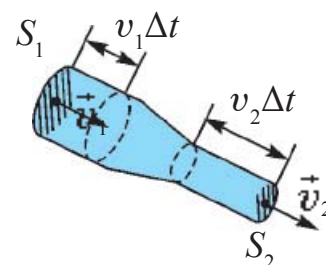
Suyuqlik nayning  $S_1$  yuzaga ega bo'lgan qismiga  $v_1$  tezlik bilan kirib,  $S_2$  yuzali qismidan  $v_2$  tezlik bilanchiqib ketadi. Kichik bir  $\Delta t$  vaqt ichida  $S_1$  yuzadan  $m_1$  massali suyuqlik,  $S_2$  yuzadan  $m_2$  massali suyuqlik oqib o'tadi. Massaning saqlanish qonuniga asosan  $m_1 = m_2$ . Massalar o'rniga suyuqlik zichligi  $\rho$  va hajmi  $V$  orqali ifodasini qo'ysak  $\rho_1 S_1 v_1 \Delta t = \rho_2 S_2 v_2 \Delta t$ . Suyuqlikning siqilmasligi hisobga olinsa,  $\rho_1 = \rho_2$  bo'ladi. U holda



4.14-rasm.



4.15-rasm.



4.16-rasm.

$S_1 v_1 \Delta t = S_2 v_2 \Delta t$  bo'ladi. Tenglikning ikkala tomonini  $\Delta t$  ga bo'lib yuborsak,

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \quad (4.7)$$

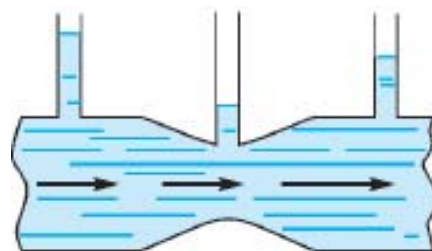
ga ega bo'lamiz. Olingan natijani quyidagicha ta'riflash mumkin:

**Turli kesim yuzali nayda oqayotgan siqilmas suyuqlik tezliklarining moduli, suyuqlik kesim yuzalariga teskari proporsional bo'ladi.** Bunga siqilmas suyuqlik uchun *oqim uzluksizligi* tenglamasi deyiladi.

Shunday qilib, oqim nayining keng qismida suyuqlik tezligi kichik, tor joyida esa katta bo'ladi. Vodoprovod shlangidan suv sepyatganda suvni uzoqroqqa sepish uchun shlang uchi qisiladi.

Harakatlanuvchi suyuqliklarda bosimning taqsimlanishini qaraylik.

Tepa qismida ingichka o'lchov naylari ulangan, turli yuzali nay bo'ylab suyuqlik oqayotgan bo'lsin (4.17-rasm). Suyuqlik statsionar oqimida har bir o'lchov naylari bo'ylab suyuqlik ko'tariladi. Suyuqlik ustunlarining balandliklariga ko'ra nayning devorlariga berayotgan bosimi haqida fikr yuritish mumkin. Tajribalar shuni ko'rsatadiki nayning keng qismidagi bosim, uning tor qismiga nisbatan katta bo'ladi. Oqim uzluksizligi tenglamasiga muvofiq nayning keng qismida oqim tezligi kichik, tor qismida katta bo'ladi. Bundan quyidagi xulosani olamiz:



4.17-rasm.

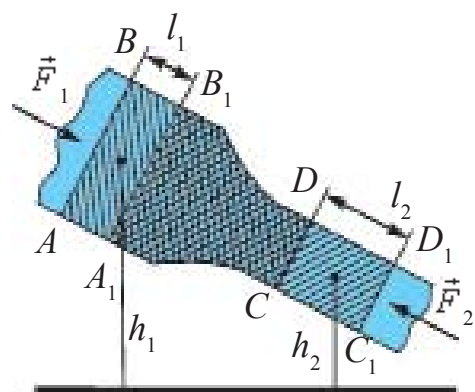
***Suyuqlikning oqim tezligi katta bo'lgan joylarida uning bosimi kichik va aksincha oqim tezligi kichik bo'lgan joylarida katta bo'ladi.***

Suyuqlik bosimining oqim tezligiga bog'liqligining matematik ifodasini 1738-yilda D. Bernulli aniqlagan edi.

Bernulli tenglamasini suyuqlik oqimiga mexanik energiyaning saqlanish qonunini qo'llab chiqarish mumkin.

Suyuqlik oqayotgan ko'ndalang kesim yuzasi o'zgaradigan nayni gorizontga nisbatan qiya holda o'rnataylik (4.18-rasm.)

Nayning keng qismidagi  $AB$  yuzasidan boshlab ma'lum bir suyuqlik hajmini ajratib qaraylik. Bu hajm oqib o'tishi uchun  $t$  vaqt kerak bo'lsin. Suyuqlik siqilmas bo'lganligidan shu vaqt davomida nayning tor qismidagi  $CD$  yuzasidan ham shuncha hajmdagi suyuqlik



4.18-rasm.

oqib o'tadi. Suyuqlikning  $AB$  yuzasini  $S_1$ , undan oqib o'tish tezligini  $v_1$  va  $CD$  yuzasini  $S_2$ , undan oqib o'tish tezligini  $v_2$  bilan belgilaylik. Bosim kuchlari  $F_1$  va  $F_2$  hamda ajratib olingan hajmdagi suyuqlik og'irlik kuchi ta'sirida  $t$  vaqt davomida o'ng tomonga siljiydi. Bunda bajarilgan ish

$$A = A_1 + A_2 = F_1 l_1 - F_2 l_2 = p_1 S_1 v_1 \Delta t + p_2 S_2 v_2 \Delta t.$$

Suyuqlikning statsionar oqimida  $A_1 B_1$  va  $CD$  oraliqda (4.18-rasmda shtrixlangan yuza) gi suyuqlikning energiyasi o'zgarmaydi, ya'ni  $ABB_1 A_1$  hajmni egallagan suyuqlik ko'chib,  $CDD_1 C_1$  hajmni egallaydi. Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra tashqi kuchlarning bajarilgan ishi energiya o'zgarishiga teng:

$$\Delta E = \Delta E_k + \Delta E_p = \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (S_2 l_2 h_2 - S_1 l_1 h_1).$$

$S_2 l_2 = S_1 l_1 = \Delta V$  ekanligi hisobga olinib  $\Delta V$  ga qisqartirilsa

$$p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho g h_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}. \quad (4.8)$$

Bu ideal suyuqlik yoki gaz oqimi uchun **Bernulli tenglamasi** deyiladi.

Agar  $h_1 = h_2$  bo'lsa,

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} \text{ bo'ladi.}$$

### Masala yechish namunasi

Tubida tiqin bilan berkitilgan, kichik tirqishi bo'lgan idishga 1 m balandlikda suv quyilgan. Suv yuzasiga massasi 1 kg va yuzasi  $100 \text{ sm}^2$  bo'lgan porshen qo'yilgan. Idish devori va porshen oralig'idan suv sizib o'tmaydi. Tiqin olingan zahoti suv tirqishdan qanday tezlik bilan otilib chiqadi?

Berilgan:

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$S = 100 \text{ sm}^2$$

$$h = 1 \text{ m}$$

Topish kerak

$$v = ?$$

Yechilishi:

Bernulli tenglamasidan foydalanamiz. Suv oqimining bosimi atmosfera bosimi  $p_0$  ga teng. Tirqishdan boshlab  $h$  balandlikdagi porshen tagidagi bosim  $p_0 + \frac{mg}{S}$  ga teng.

Bernulli tenglamasiga ko'ra

$$p_0 + \frac{\rho v^2}{2} = p_0 + \rho g h + \frac{mg}{S}.$$

$$\text{Bundan } v = \sqrt{2gh + \frac{2mg}{\rho S}} \approx 4,9 \text{ m/s.}$$

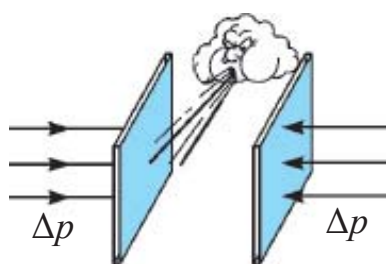
Javobi: 4,9 m/s.



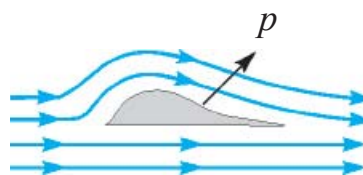
1. *Suyuqlikning dinamik bosimi deganda nimani tushunasiz?*
2. *Laminar va turbulent oqimlar qanday ta'riflanadi?*
3. *O'zingiz yashaydigan joyda oquvchi suvlar qanday ko'rinishda oqishini ta'riflab bering.*
4. *Nima sababdan suyuqlik tezligi ortsa, uning bosimi kamayadi?*

## 21-mavzu. HARAKATLANAYOTGAN GAZLAR VA SUYUQLIKLARDA BOSIMNING TEZLIKKA BOG'LIQLIGIDAN TEXNIKADA FOYDALANISH

Suyuqlik tinch holatda turganiga nisbatan harakat holatida bosim o'zgarishini ko'rdik. Bu bosim **dinamik bosimga** bog'liq deyiladi. Dinamik bosim suyuqlik yoki gazning tezligiga bog'liq bo'lishini kuzatish uchun quyidagicha tajriba o'tkazaylik. Ikki varaq qog'oz olib, tik holatda ushlaylik. So'ngra qog'oz orasiga puflaylik (4.19-rasm). Shunda qog'ozlar bir-biriga tomon intilib yaqinlashadi. Buning sababi shundaki, qog'ozlar orasidagi havo puflash natijasida harakatga keladi va u joydagi bosim kamayadi. Qog'ozlarning tashqi tomonidagi bosim, ichki qismidagidan katta bo'lib qolganligi tufayli, qog'ozlarni siquvchi kuch paydo bo'ladi. Bir tomonga harakatlanayotgan ikkita kema ba'zan hech qanday sababsiz to'qnashib ketganligi kuzatilgan. Buning sababini ham xuddi ikkita qog'oz varag'i orasiga puflanganida bosimlar farqi hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi.



4.19-rasm.



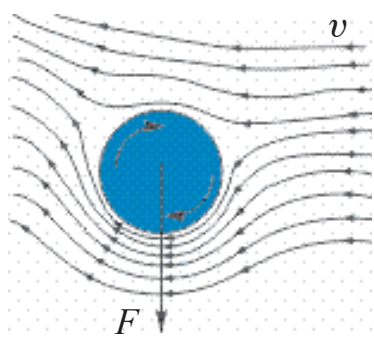
4.20-rasm.

**1. Samolyot qanotini ko'taruvchi kuch.** Samolyotlarning parvozi ham aynan shu hodisani o'rganish tufayli amalga oshirildi. Buni samolyot qanotining maxsus tuzilishi bilan tushuntiriladi (4.20-rasm).

Samolyot qanoti "suyri" shaklida yasilib, unga kelib urilayotgan shamol, qanotning ostki va ustki tomonidan o'tadi. Ustki qismida shamol o'tishi kerak



boʻlgan yoʻl pastki qismidan koʻproq. Shu sababli ustki qismida shamol tezligi pastkisidan kattaroq boʻlishi kerak. Demak, shamol tezligi katta boʻlgan joydagi bosim  $p_1$  shamol tezligi kichik boʻlgan ostki qismidagi bosim  $p_2$  dan kichik boʻladi. Natijada pastdan yuqoriga yoʻnalgan bosimlar farqi  $p = p_2 - p_1$  hosil boʻladi. Oqim turbulent boʻlsa, bosimlar farqi katta boʻladi. Shu bosimlar farqi tufayli samolyot qanotini koʻtaruvchi kuch hosil boʻladi.



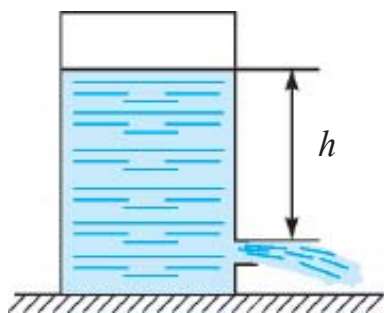
4.21-rasm.

**2. Magnus effekti.** Futbol maydonida burchakdan tepilgan toʻpning burilib darvozaga kirganini televizorda yoki stadionda kuzatganlar koʻp. Toʻpning burilishiga nima majbur qiladi? Bunga sabab shuki, toʻpning oʻrtasiga emas, balki biroz chetrogʻiga tepgan usta futbolchi uni toʻgʻri harakati davomida aylanishiga majbur qiladi. Natijada toʻpning chap va oʻng tomonidagi havo

oqimining tezligi oʻzgaradi va bosimlar farqi hosil boʻlib, toʻpni darvoza tomonga buradi. Bunga *Magnus effekti* deyiladi (4.21-rasm).

### 3. Idishdagi tirqishdan otilib chiqayotgan suyuqlik tezligini hisoblash.

Bernulli tenglamasidan foydalanib, suyuqlik sirtidan  $h$  chuqurlikda boʻlgan idish tirqishidan otilib chiqayotgan suyuqlik tezligini hisoblash mumkin (4.22-rasm).



4.22-rasm.

Idishdagi suyuqlikning ustki yuzasidagi bosim, atmosfera bosimi  $p_0$  ga teng. Suyuqlik tezligi  $v_0 = 0$ . Suyuqlik chiqadigan tirqish oldidagi bosim ham  $p_0$  ga teng. Tirqishdan chiquvchi suyuqlik tezligini  $v$  bilan belgilab, bu ikkita joy uchun 4.9-formulani qoʻllaymiz:

$$p_0 + \frac{\rho v^2}{2} = p_0 + \rho gh, \text{ bundan}$$

$$v = \sqrt{2gh}. \quad (4.10)$$

Bunga ideal suyuqlik uchun *Torrichelli formulasi* deyiladi.

### Masala yechish namunasi

Boʻyi 5 m boʻlgan sisternada yerdan 50 sm balandlikda joʻmrak oʻrnatilgan. Joʻmrak ochilsa, undan suyuqlik qanday tezlik bilan otilib chiqadi?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$H=5\text{ m}$ $h=50\text{ sm}=0,5\text{ m}$	$v = \sqrt{2g(H-h)}$	$v = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (5\text{ m} - 0,5\text{ m})} =$
Topish kerak $v-?$		$= \sqrt{20 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} 4,5} \approx 9,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ <i>Javobi:</i> $\approx 9,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$



1. Uyda qog'ozdan turli ko'rinishdagi varrak yasang. Qaysi varrakda ko'taruvchi kuch katta bo'lishini asoslashga urinib ko'ring.

2. Jismoniy tarbiya darsida futbol to'pini burchakdan tepib, burilishiga erishib ko'ring.



1. Varrak qanday kuchlar ta'sirida yuqoriga ko'tariladi?

2 4.22-rasmdagi idishdan otilib chiqayotgan suyuqlik tezligi tirqish yuzasiga bog'liqmi?

3. Ko'pgina avtomobillarning tashqi ko'rinishini nega uchburchak, to'rtburchak yoki shunga o'xshash shaklda yasalmaydi?

4. Magnus effektidan yana qaysi joylarda foydalanish mumkin?

### 3-mashq

1. Arqonni osilmaydigan qilib tortish mumkinmi?

2. Massasi  $1,2 \cdot 10^3\text{ kg}$  bo'lgan truba yerda yotibdi. Uning bir uchidan ko'tarish uchun qanday kuch kerak? (*Javobi:*  $\approx 6 \cdot 10^3\text{ N}$ ).

3. Massasi  $1,35\text{ t}$  bo'lgan avtomobil g'ildiraklari o'rnatilgan o'qlar bir-biridan  $3\text{ m}$  uzoqlikda joylashgan. Avtomobilning massa markazi oldingi o'qdan  $1,2\text{ m}$  uzoqlikda joylashgan. Avtomobilning har bir o'qiga qo'yilgan kuchlarni aniqlang.

4. Kub shaklidagi jismni ag'darish uchun uning ustki qirrasiga qanday kuch bilan ta'sir etish kerak? Bunda kubning polga ishqalanish koeffitsiyentining minimal qiymati qanchaga teng bo'lishi kerak? Kubning tomoni  $a$  ga, massasi  $M$  ga teng.

5. Asosi kvadratdan iborat bo'lgan baland bo'yli taxtacha gorizonta tekislikda turibdi. Faqat chizg'ichdan foydalanib taxtacha va tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyentini qanday aniqlash mumkin?

6. Jismga kattaligi  $100\text{ N}$  dan bo'lgan uchta kuch ta'sir qilmoqda. Agar birinchi va ikkinchi kuchlar orasidagi burchak  $60^\circ$ , ikkinchi va uchinchi

kuchlar orasidagi burchak  $90^\circ$  bo'lsa, kuchlarning teng ta'sir etuvchisini toping. (*Javobi*: 150 N).

7. Uzunligi 10 m bo'lgan kir quritish arqonida og'irligi 20 N bo'lgan kostum osilib turibdi. Kostum ilingan kiyim ilgich arqonning o'rtasida bo'lib, arqon mahkamlangan nuqtalardan o'tgan gorizontaal chiziqdan 10 sm pastda joylashgan. Arqonning taranglik kuchini toping. (*Javobi*: 500 N).

8. Vertikal devorga arqon bilan osib qo'yilgan yashik 4.23-rasmda ko'rsatilganidek qola oladimi?

9. Uzunligi 10 m, massasi 900 kg bo'lgan rels ikkita parallel tross bilan ko'tarilmoqda. Troslardan biri relsning uchiga, ikkinchisi boshqa uchidan 1 m narida joylashgan. Troslarning taranglik kuchlarini toping. (*Javobi*: 4 kN; 5 kN).

10. Bir jinsli og'ir metall sterjen buklandi va bir uchidan erkin osib qo'yildi. Agar bukilish burchagi  $90^\circ$  bo'lsa, sterjenning osilgan uchi vertikal bilan qanday burchak tashkil qiladi? (*Javobi*:  $\operatorname{tg}\alpha = 1/3$ ).

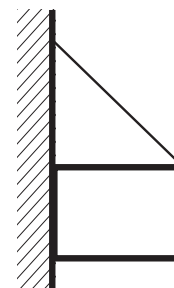
11. Daryo suvi uning qaysi joyida tez oqadi: suvning sirtqi qismidami yoki ma'lum bir chuqurlikdami; daryoning o'rtasidami yoki qirg'oqqa yaqin joyidami?

12. Suv keltirish tarmog'i teshilib, undan tepaga suv otilib chiqib boshladi. Agar tirqish yuzasi  $4 \text{ mm}^2$ , suvning otilib chiqish balandligi 80 sm bo'lsa, bir sutkada qancha suv isrof bo'ladi? (*Javobi*: 1380 l).

13. Suv osti kemasi 100 m chuqurlikda suzmoqda. O'quv mashqi vaqtida unda kichik tirqish ochildi. Agar tirqishning diametri 2 sm bo'lsa unga suv qanday tezlik bilan kiradi? Tirqish orqali bir soatda qancha suv kiradi? Kema ichidagi bosim atmosfera bosimiga teng. (*Javobi*: 44,3 m/s;  $50 \text{ m}^3$ ).

14. O't o'chirish uchun ishlatiladigan suv quvuridagi suv sarfi 60 l/min. Agar quvurdan chiqqan suv yuzasi  $1,5 \text{ sm}^2$  bo'lsa, 2 m balandlikda suv yuzasi qanchaga teng bo'ladi?

15. Nima sababdan pishgan tuxumga qarab uzilgan o'q uni teshib o'tadi, lekin xom tuxumni parchalab yuboradi?

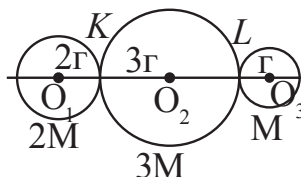


4.23-rasm.

## IV bobni yakunlash yuzasidan test savollari

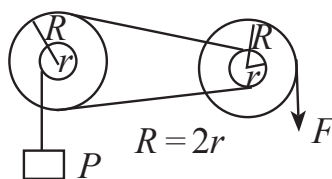
1. Massalari  $2M$ ,  $3M$  va  $M$  bo'lgan doira shaklidagi jismlar rasmda ko'rsatilganidek o'rnatilgan. Ularning og'irlik markazi qaysi nuqtada joylashgan?

- A) KL nuqtalar orasida;  
 B) L nuqtasida;  
 C) M nuqtasida;  
 D) LM nuqtalar orasida.



2. Rasmda keltirilgan sistema muvozanatda turibdi.  $F$  kuch  $R$  ning qancha qismiga teng.

- A)  $1/2$ ;  
 B)  $1/4$ ;  
 C)  $1/8$ ;  
 D) 2.

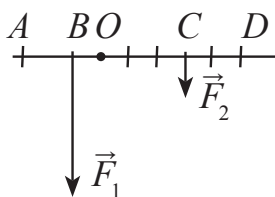


3. Kuch yelkasi – bu....

- A) richag uzunligi;  
 B) richagning aylanish o'qidan oxirigacha bo'lgan masofa;  
 C) kuch vektori yo'nalishidan aylanish o'qigacha bo'lgan eng qisqa masofa;  
 D) richagga ta'sir etuvchi juft kuchlar orasidagi eng qisqa masofa.

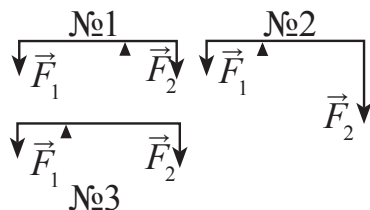
4. Rasmda richagga ta'sir etuvchi  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  kuchlar keltirilgan.  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  kuchlarning yelkalarini ko'rsating.

- A)  $OA$ ;  $OD$ ;  
 B)  $BD$ ;  $CA$ ;  
 C)  $AB$ ;  $CD$ ;  
 D)  $OB$ ;  $OC$ .



5. Rasmda keltirilgan richaglardan qaysi biri muvozanatda bo'ladi?

- A) Faqat 1;  
 B) Faqat 2;  
 C) Faqat 3;  
 D) Faqat 1 va 3.



6. Kuch momenti qanday birlikda o'lchanadi?

- A) Nyuton metr ( $N \cdot m$ );  
 B) Joul (J);  
 C) Vatt sekund ( $W \cdot s$ );  
 D) Joul/sekund (J/s).

7. “Turli yuzali nayda oqayotgan siqilmas suyuqlik tezliklarining moduli, suyuqlik yuzalariga teskari proporsional bo‘ladi”. Bu tasdiqning nomi nima?

- A) Oqim uzluksizligi tenglamasi;                      B) Torrichelli tenglamasi;  
C) Bernulli tenglamasi;                                      D) Magnus qoidasi.

8. Torrichelli formulasini ko‘rsating.

- A)  $v = \sqrt{2gR}$ ;                      B)  $v = \sqrt{gh}$ ;  
C)  $v = \sqrt{2gh}$ ;                      D)  $p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = \text{const.}$

9. Bernulli tenglamasini ko‘rsating.

- A)  $v = \sqrt{2gR}$ ;                      B)  $v = \sqrt{gh}$ ;  
C)  $v = \sqrt{2gh}$ ;                      D)  $p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = \text{const.}$

10. Bo‘yi 5 m bo‘lgan sisterna tagiga jo‘mrak o‘rnatilgan. Jo‘mrak ochilsa undan suyuqlik qanday tezlik bilan otilib chiqadi?

- A) 9,5 m/s;                      B) 95 sm/s;                      C) 9,8 m/s;                      D) 10 m/s.

#### IV bobda o‘rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar

Turg‘un muvozanat	Jismni muvozanat holatidan chetga chiqarilganda, uni dastlabki vaziyatiga qaytaruvchi kuch hosil bo‘ladigan muvozanat.
Turg‘unmas muvozanat	Jismni muvozanat holatidan chetga chiqarilganda, uni dastlabki vaziyatidan uzoqlashtiruvchi kuch hosil bo‘ladigan muvozanat.
Farqsiz muvozanat	Jismni muvozanat holatidan chetga chiqarilganda, uning holatini o‘zgartiradigan hech qanday kuch hosil bo‘lmaydigan muvozanat.
Kuch momenti	Kuchning kuch yelkasiga ko‘paytmasi: $M = F \cdot l$
Aylanish o‘qiga ega bo‘lgan jismning muvozanatda qolishi sharti	Jismga ta’sir etayotgan kuch momentlarining vektor yig‘indisi nolga teng bo‘lganda jism muvozanatda qoladi: $\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 + \dots + \vec{M}_n = 0$ .
Ikki yelkali richag	Tayanch richagning kuchlar qo‘yilgan nuqtalari oralig‘ida bo‘ladi.

Bir yelkali richag	Tayanich richagning bir uchiga joylashtirilgan bo'lib, yuk richagning ikkinchi uchiga qo'yiladi.
Darajali polispast	Ko'char va ko'chmas bloklar majmuasi $F = \frac{P}{n}$ . $P$ –yuk og'irligi; $F$ –tortuvchi kuch.
Laminar oqim	Suyuqlikning qatlam-qatlam bo'lib oqishi.
Turbulent oqim	Suyuqlikning uyurmali ko'rinishdagi harakati.
Oqim uzluksizligi tenglamasi	Turli yuzali nayda oqayotgan siqilmas suyuqlik tezliklarining moduli, suyuqlik yuzalariga teskari proporsional bo'ladi: $S_1v_1 = S_2v_2$ .
Bernulli tenglamasi	$p_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$ . Suyuqlikning oqim tezligi katta bo'lgan joylarida uning bosimi kichik va aksincha oqim tezligi kichik bo'lgan joylarida bosimi katta bo'ladi.
Dinamik bosim	Suyuqlikning harakati natijasida vujudga keladigan bosimi.
Magnus effekti	Aylanma harakat qilayotgan jism tomonlarida gaz yoki suyuqlik bosimlari farqi paydo bo'lishi natijasida jismning harakat yo'nalishini o'zgarishi.
Torrichelli formulasi	$v = \sqrt{2gh}$ ; $v$ –suvning oqish tezligi; $h$ –balandlik.

## V bob. MEXANIK TEBRANISHLAR VA TO‘LQINLAR

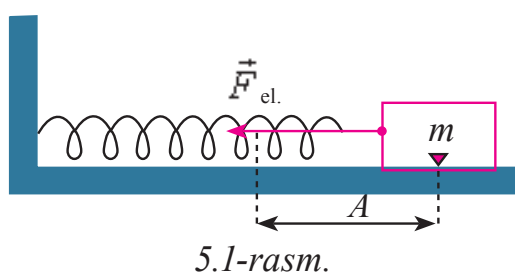
### 22-mavzu. GARMONIK TEBRANISHLAR

Turmushda uchraydigan harakatlarning baʼzilari teng vaqt oraligʻida takrorlanib turadi. Bunday harakatlar *davriy* harakatlar deyiladi. Davriy harakatlar orasida jismning muvozanat vaziyati atrofida goh bir tomonga, goh ikkinchi tomonga qiladigan harakati koʻp uchraydi. Jismning bunday harakati *tebranma harakat* yoki qisqacha *tebranishlar* deyiladi.

Muvozanat vaziyatidan chiqarilgan jismning oʻz-oʻzidan ichki kuchlar taʼsirida qiladigan tebranishlari *xususiy (erkin) tebranishlar* deyiladi. Tebranayotgan jismning muvozanat vaziyatidan uzoqlashish masofasi uning *siljishi* ( $x$ ) deyiladi. Muvozanat vaziyatdan eng katta chetlashishga *tebranish amplitudasi* ( $A$ ) deyiladi.

Mexanik tebranishlarni kuzatish uchun prujina uchiga mahkamlangan yukning tebranishlari bilan tanishaylik (5.1-rasm). Bu rasmdagi prujinaga mahkamlangan yuk gorizontol sterjenda ishqalanishsiz harakatlana oladi, chunki sharchaning ogʻirlik kuchini sterjenning reaksiya kuchi muvozanatlaydi.

Prujinaning elastiklik koeffitsiyenti  $k$ , massasi hisobga olinmas darajada kichik. Tizimning massasi yukda, bikrligi esa prujinada toʻplangan deb hisoblash mumkin.



Agar muvozanat holatida turgan yukni oʻng tomonga  $A$  masofaga choʻzib, qoʻyib yuborsak, yuk choʻzilgan prujinada (5.1-rasm) hosil boʻlgan elastiklik kuchi

$$F_{el} = -kA \quad (5.1)$$

ta'sirida muvozanat vaziyati tomon harakat qila boshlaydi. Vaqt o'tgan sari yukning siljishi  $A$  dan kamaya boradi, lekin yukning tezligi esa osha boradi. Yuk muvozanat vaziyatiga yetib kelgach, uning siljishi ( $x$ ) nolga teng bo'lganligi uchun elastiklik kuchi nolga teng bo'lib qoladi. Lekin yuk *inersiyasi* tufayli chap tomonga qarab harakatlana boshlaydi. Prujinada hosil bo'lgan elastiklik kuchining moduli ham orta boradi. Lekin elastiklik kuchi doim yukning siljishiga teskari yo'nalganligi uchun, u yukni tormozlay boshlaydi. Natijada yukning harakati sekinlasha borib, nihoyat u to'xtaydi. Endi yuk siqilgan prujinada hosil bo'lgan elastiklik kuchi ta'sirida yana muvozanat holati tomon harakat qila boshlaydi.

Davriy ravishda tebranayotgan tizimning vaqt davomida qaysi qonun bo'yicha o'zgarayotganligini aniqlash uchun voronkaga qum to'ldirib, uni ip bilan osib, tebrantirib yuboraylik. Voronkaning tebranish jarayonida uning tagidagi karton qog'ozni bir tekis torta boshlasak, qumning qog'ozidagi izning sinusoida shaklida ekanligiga guvoh bo'lamiz. Bundan quyidagi xulosa kelib chiqadi: *Davriy tebranayotgan jismning siljishi vaqt o'tishi bilan sinuslar yoki kosinuslar qonuni bo'yicha o'zgaradi.* Bunda siljishning eng katta qiymati amplituda  $A$  ga teng bo'ladi:

$$x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (5.2)$$

bu yerda:  $\omega_0$  – tebranayotgan sistemaning parametrlariga bog'liq bo'lgan siklik chastotasi,  $\varphi_0$  – boshlang'ich faza.  $(\omega_0 t + \varphi_0)$  esa tebranish boshlanganidan  $t$  vaqt o'tgandagi tebranish fazasi.

Matematikadan ma'lumki,  $\sin \alpha = \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)$ ; shuning uchun (5.2) ni

$$x = A \cos\left(\omega_0 t + \varphi_0 - \frac{\pi}{2}\right) \quad (5.3)$$

deb ham yozish mumkin.

**Vaqt davomida parametrlari sinus yoki kosinuslar qonuni bo'yicha o'zgaradigan tebranishlar *garmonik tebranishlar* deyiladi.**

Demak, muvozanat vaziyatidan chiqarilgan prujinali mayatnik garmonik tebranar ekan. Sistema garmonik tebranishi uchun: 1) jism muvozanat vaziyatidan chiqarilganda unda tizimni muvozanat vaziyatiga qaytaruvchi ichki kuchlar hosil bo'lishi; 2) tebranayotgan jism inertlikka ega bo'lib, unga ishqalanish va qarshilik kuchlari ta'sir qilmasligi shart. Bu shartlar tebranma harakatning ro'y berish shartlari deyiladi.



Garmonik tebranishlarning asosiy parametrlari:

a) tebranish davri  $T$  – bir marta to‘liq tebranish uchun ketgan vaqt:

$$T = \frac{t}{N}; \quad (5.4)$$

b) tebranish chastotasi  $\nu$  – 1 sekunda ro‘y beradigan tebranishlar soni:

$$\nu = \frac{N}{t}; \quad (5.5)$$

Birligi  $[\nu] = s^{-1} = \text{Hz}$ ;

c) siklik chastota –  $2\pi$  sekunddagi tebranishlar soni:

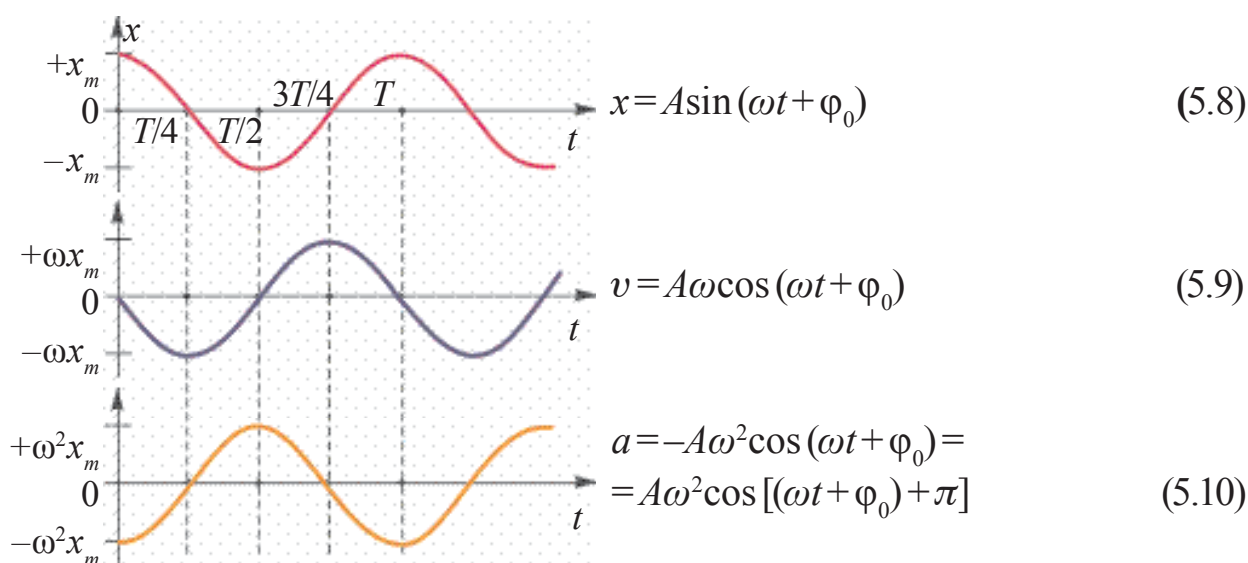
$$\omega = \frac{2\pi}{T}. \quad (5.6)$$

Garmonik tebranishlar tenglamasi (5.2)ni (5.5) va (5.6) larni hisobga olib quyidagi ko‘rinishlarda yozish mumkin.

$$x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right) = A \sin(2\pi\nu t + \varphi_0). \quad (5.7)$$

Siljishi vaqt davomida sinus yoki kosinuslar qonuni bo‘yicha o‘zgaradigan garmonik tebranishlarni miqdor jihatidan tavsiflovchi kattaliklarning aksariyati (tezlik, tezlanish, kinetik va potensial energiyalari) ham garmonik o‘zgaradi.

Buni quyidagi grafik va tenglamalarda ko‘rishimiz mumkin:



5.2-rasm.

### Masala yechish namunasi

**1-masala.** Nuqta garmonik tebranma harakat qilmoqda. Maksimal siljishi va tezligi mos ravishda 0,05 m va 0,12 m/s ga teng. Maksimal tezlanishini toping va siljish 0,03 m ga teng bo‘lgan momentda nuqtaning tezlik va tezlanishini toping.

Berilgan:  
 $A = 0,05 \text{ m}$   
 $v_{\max} = 0,12 \text{ m/s}$

Formulasi va yechilishi:

Topish kerak

$a_{\max}$  -?

$v$  -?

$a$  -?

$$x = A \sin(\omega t + \varphi), \quad a_{\max} = \frac{v_{\max}^2}{A};$$

$$v = v_{\max} \sqrt{1 - \left(\frac{x}{A}\right)^2} = \frac{v_{\max}}{A} \sqrt{A^2 - x^2}$$

$$v = \omega A \cos \omega t; \quad a = -\omega^2 A \sin \omega t = -\omega^2 x;$$

$$a = -\frac{v_{\max}^2}{A^2} x = -\frac{(0,12)^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{(0,05)^2} \cdot 0,03 = -(7,3 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2)$$

$$a_{\max} = \frac{(12)^2 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{5 \cdot 10^{-2}} = 29 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2;$$

$$v = \frac{0,12 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,05} = \sqrt{(0,05^2 - 0,03^2) \text{ m}^2} \approx 9,6 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$



1. Davriy harakat deb qanday harakatga aytiladi? Davriy harakatga turmushdan va texnikadan misollar keltiring.

2. Garmonik tebranish harakat tenglamasini yozing.

3. Garmonik tebranishning siljishi, amplitudasi, davri, chastotasi deb nimaga aytiladi?

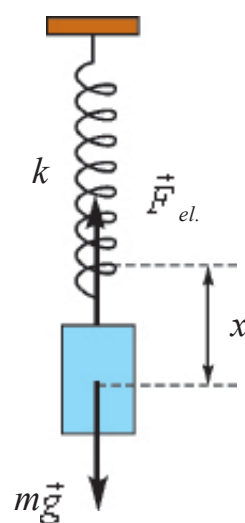
## 23-mavzu. PRUJINALI VA MATEMATIK MAYATNIKLAR

Davriy tebranma harakat qiladigan jism yoki jismlar sistemasi **mayatnik** deyiladi. Tabiatda uchraydigan aksariyat tebranma harakatlar: prujinali va matematik mayatniklarning harakatiga o'xshash bo'ladi.

Bikrligi  $k$  bo'lgan prujinaga osilgan  $m$  massali yukdan iborat tizimga **prujinali mayatnik** deyiladi (5.3-rasm). Osilgan yuk ta'sirida prujina  $x_0$  masofaga cho'ziladi. Uning muvozanat sharti

$$ma = -kx_0 \quad (5.11)$$

bilan aniqlanadi. Prujinani biroz  $x$  ga cho'zib, qo'yib yuborsak, yuk vertikal yo'nalishda tebranma harakatga keladi.



5.3-rasm.

Tajriba yordamida yuk siljishining vaqtga bogʻliqligi

$$x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

qonun boʻyicha oʻzgarishini aniqlagan edik. Garmonik tebranayotgan jismning tezlanishini (5.10) dan  $a = -\omega_0^2 x$  ekanligini hisobga olsak, (5.10) tenglik quyidagi koʻrinishga keladi:

$$-\omega_0^2 x + \frac{k}{m} x = 0.$$

Bu tenglikdan

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (5.12)$$

ga ega boʻlamiz.

Demak, garmonik tebranayotgan jismning siklik tebranish chastotasi tebranish sistemasiga kiruvchi jismlarning parametrlariga bogʻliq ekan. (5.12) prujinali mayatnikning siklik (davriy) chastotasini topish formulasi deyiladi.

Tebranish davrining taʼrifiga koʻra  $T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{2\pi\nu} = \frac{2\pi}{\omega_0}$  dan

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}},$$

yaʼni

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (5.13)$$

Prujinali mayatnikning tebranish davri osilgan yuk massasidan chiqarilgan kvadrat ildizga toʻgʻri, prujina bikrligidan chiqarilgan kvadrat ildizga teskari proporsional boʻladi.

Prujinali mayatnikda energiya almashinishlarini qaraylik. Mayatnikning kinetik energiyasi prujinaning massasi hisobga olinmaganda,

$E_k = \frac{mv^2}{2}$  yukning kinetik energiyasiga teng boʻladi. Avvalgi mavzuda tezlik  $v = A\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$  ifoda bilan aniqlanishi koʻrsatilgan edi. U holda mayatnikning kinetik energiyasi

$$E_k = \frac{1}{2} mA^2 \omega_0^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (5.14)$$

ga teng boʻladi.

Prujinali mayatnikning potensial energiyasi prujinaning deformatsiya energiyasiga teng, yaʼni:

$$E_p = \frac{kx^2}{2} = \frac{1}{2}kA^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi_0). \quad (5.15)$$

Ko'pincha sistemaning to'la energiyasi  $E_t = E_k + E_p$  ni bilish katta ahamiyatga ega:

$$E_t = E_k + E_p = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi_0) + \frac{1}{2}kA^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi_0)$$

Agar  $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$  ekanligini hisobga olsak,

$$E_t = \frac{1}{2}kA^2[\cos^2(\omega_0 t + \varphi_0) + \sin^2(\omega_0 t + \varphi_0)] \quad (5.16)$$

yoki

$$E_t = \frac{1}{2}kA^2 = \text{const} \quad (5.17)$$

ekanligi kelib chiqadi.

E'tibor bering, prujinali mayatnikning to'la energiyasi vaqtga bog'liq bo'lmagan doimiy kattalik ekan, ya'ni mexanik energiyaning saqlanish qonuni bajarilishi kuzatiladi.

Cho'zilmas va vaznsiz ipga osilgan hamda muvozanat vaziyati atrofida davriy tebranma harakat qiluvchi moddiy nuqta **matematik mayatnik** deyiladi.

Mayatnik turg'un muvozanat vaziyatida bo'lganda moddiy nuqtaning og'irligi ( $P=mg$ ) taranglik kuchi  $T$  ni muvozanatlaydi (5.4-rasm). Chunki ularning modullari teng bo'lib, bir to'g'ri chiziq bo'ylab, qarama-qarshi tomonga yo'nalgan. Agar mayatnikni  $\alpha$  burchakka og'dirsak,  $mg$  va  $T$  kuchlar o'zaro burchak tashkil qilib yo'nalganligi uchun bir-birini muvozanatlay olmaydi. Bunday kuchlarning qo'shilishidan mayatnikni muvozanat vaziyatiga **qaytaruvchi kuch** vujudga keladi.

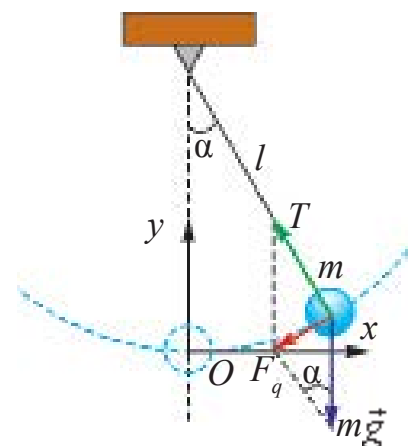
Mayatnikni qo'yib yuborsak, mayatnik qaytaruvchi kuch ostida muvozanat vaziyati tomon harakat qila boshlaydi. 5.4-rasmdan

$$F_q = P \sin\alpha = mg \cdot \sin\alpha \quad (5.18)$$

ekanligini ko'ramiz.

Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra,  $F_q$  kuch moddiy nuqtaga  $a$  tezlanish beradi. Shuning uchun

$$-mg \sin\alpha = ma. \quad (5.19)$$



5.4-rasm.

Juda kichik og'ish burchaklarida ( $\alpha \leq 6^\circ \div 8^\circ$ ) bo'lganligi va  $F_q$  kuch doim siljishga qarama-qarshi yo'nalganligi uchun (5.19) ni

$$ma \approx -mg \cdot \frac{x}{e} \quad (5.20)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Agar moddiy nuqtaning (sharchaning) tebranish jarayonidagi siljishini  $x$  harfi bilan belgilasak hamda  $a = -\omega_0^2 x$  munosabat e'tiborga olinsa,  $-\omega_0^2 x = mg \frac{x}{l}$ .

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (5.21)$$

bo'ladi. Tebranish davrining ta'rifiga ko'ra,  $T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{2\pi\nu} = \frac{2\pi}{\omega_0}$  bo'lgani uchun:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (5.22)$$

Matematik mayatnik tebranish davrini aniqlovchi bu formula **Gyugens formulasi** deb ataladi. Bundan matematik mayatnikning quyidagi qonunlari kelib chiqadi:

1) matematik mayatnikning og'ish burchagi ( $\alpha$ ) kichik bo'lganda tebranish davri uning tebranish amplitudasiga bog'liq emas.

2) matematik mayatnikning tebranish davri unga osilgan yukning massasiga ham bog'liq emas.

3) matematik mayatnikning tebranish davri uning uzunligidan chiqarilgan kvadrat ildizga to'g'ri proporsional va erkin tushish tezlanishidan chiqarilgan kvadrat ildizga teskari proporsional ekan.

Bunda matematik mayatnikning tebranishi

$$x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

ifoda bilan belgilanadi.

Shuni ta'kidlash lozimki, tebranish amplitudasi yoki og'ish burchagi katta bo'lganda, matematik mayatnikning tebranishi garmonik bo'lmay qoladi.

Chunki,  $\sin \alpha \approx \frac{x}{l}$  ga teng bo'lmaydi va mayatnik harakat tenglamasining yechimi sinus yoki kosinus ko'rinishida bo'lmay qoladi.

### Masala yechish namunasi

**1-masala.** Birinchi mayatnikning tebranish davri 3 s ikkinchisining 4 s ga teng. Ular uzunliklari yig'indisiga teng bo'lgan mayatnikning tebranish davrini toping.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$T_1 = 3 \text{ s}$ $T_2 = 4 \text{ s}$ $l = l_1 + l_2$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}; T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}; T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}};$	$T = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ s.}$
Topish kerak $T = ?$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l_1 + l_2}{g}} \cdot l_1 = \frac{T_1^2 \cdot g}{4\pi^2}$ va $l_2 = \frac{T_2^2 \cdot g}{4\pi^2}; T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$	Javobi: 5 s.



1. Prujinali mayatnikning siklik chastotasini ikki marta oshirish uchun uning qaysi parametrini necha marta o'zgartirish kerak?
2. Matematik mayatnik osilgan ipning og'ish burchagi qaysi qonun bo'yicha o'zgaradi?
3. Qanday shart bajarilganda, matematik mayatnik tebranishlari garmonik bo'ladi?

## 24-mavzu. LABORATORIYA ISHI: MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA ERKIN TUSHISH TEZLANISHINI ANIQLASH

**Ishning maqsadi:** Erkin tushish tezlanishini matematik mayatnik yordamida aniqlash usulini o'rganish.

**Kerakli asbob va jihozlar.** Matematik mayatnik, laboratoriya universal shtativ, sekundomer, o'lchov lentasi.

### **Ishni bajarish tartibi:**

1. Ipni imkoni boricha uzunroq holatda mahkamlab, uning uzunligi o'lchanadi. Shar radiusi  $r$  aniqlanadi. Olingan natija jadvalga yoziladi.

$$l_1 = (l_{ip} + r)m.$$

2. Sharchani muvozanat vaziyatidan uncha katta bo'lmagan ( $6^\circ - 8^\circ$ ) burchakka og'dirib, u harakatga keltiriladi. Shu onda sekundomer ishga tushiriladi.

3. Matematik mayatnikning tebranishlar soni sanaladi. Mayatnik  $N_1 = 20$  marta tebranganda sekundomer to'xtatiladi.

4. Sekundomerning ko'rsatishi qayd etiladi va jadvalga yoziladi.

5.  $T = \frac{t}{n}$  dan tebranish davri aniqlanadi.

6.  $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$  ifodaga ko'ra erkin tushish tezlanishi hisoblanadi.

7. Mayatnik ipining uzunligini o'zgartirmasdan tebranishlar soni  $N_2=30$  ta va  $N_3=40$  ta hollari uchun tajriba yuqoridagidek takrorlanadi.

8. Olingan natijalar asosida mayatnik tebranish davri va erkin tushish tezlanishining qiymatlari aniqlanib, jadvalga yoziladi.

9. Olingan natijalar asosida quyidagi jadval to'ldiriladi.

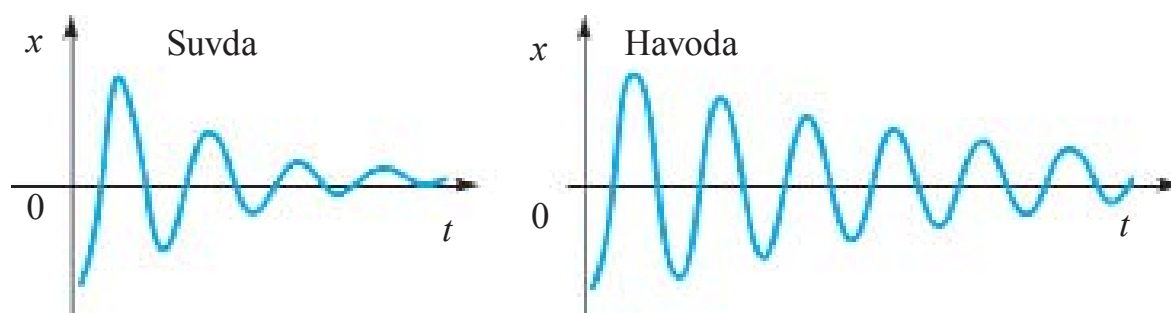
$l_i,$ m	$N_i$	$t_i,$ s	$t_i,$ s	$g_i,$ m/s <sup>2</sup>	$\bar{g},$ m/s <sup>2</sup>	$\Delta g,$ m/s <sup>2</sup>	$\Delta \bar{g},$ m/s <sup>2</sup>	$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{g}}{\bar{g}} \cdot 100\%$
	20							
	30							
	40							



1. Nima sababdan mayatnikning tebranish davri mayatnik sharcha massasiga bog'liq bo'lmaydi?
2. Nima sababdan Yerning turli geografik kengliklarida mazkur tajriba o'tkazilsa natija turlicha chiqadi?
3. Matematik mayatnik sharchasining o'lchamlari o'zgartirilsa, uning tebranish davri qanday o'zgaradi?

## 25-mavzu. MAJBURIY TEBRANISHLAR. TEXNIKADA REZONANS

Biror muhitda sodir bo'layotgan erkin tebranishlar so'nuvchan bo'ladi (5.5-rasm). Chunki tebranish davrida tebranuvchi jism muhit tomonidan ishqalanish tufayli qarshilikka uchraydi.



5.5-rasm.

Shu sababli erkin tebranishlardan amalda foydalanilmaydi.

Tebranishlar soʻnmasligi uchun ishlatilgan energiyani davriy tarzda toʻldirib turish kerak. Buning uchun tebranuvchi sistemaga tashqi kuch vositasida davriy taʼsir koʻrsatib turish kerak. Mana shunday tashqaridan kuch taʼsir etib turadigan qurilmaning sodda maketi 5.6-rasmda keltirilgan. Prujinaga osilgan yukni pastga tortib, qoʻyib yuborilsa, u tebranma harakat qiladi. Bu paytda prujina osilgan temir oʻzakning dastagi aylantirilsa, tebranishlar soʻnmaydi. **Tashqaridan davriy ravishda taʼsir etib turadigan kuch taʼsirida sodir boʻladigan tizimning tebranishlariga *majburiy tebranishlar* deyiladi.**

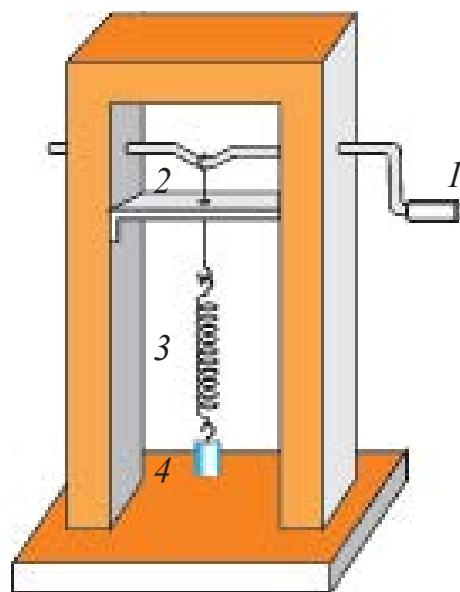
Bu majburiy tebranishlarni hosil qiluvchi davriy oʻzgaruvchi tashqi kuchga *majburlovchi kuch* deyiladi.

Majburiy tebranishlarga kundalik turmushdan koʻplab misollar keltirish mumkin. Siz sevib tinglaydigan radiodagi, magnitofondagi, televizordagi radiokarnaylarning *membranasi* undan oʻtuvchi majburlovchi tok taʼsirida tebranadi. Uyingiz yoki sinfingiz yonidan ogʻir yuk ortgan mashinalar oʻtib qolsa deraza oynalari zirillaganini eshitasiz. Eski beton qurilmalar (fundament, ustun)ni parchalovchi, togʻ jinslarini koʻchiruvchi zirillab (titrab) ishlaydigan *pnevmatik bolgʻalar* ham davriy ravishda taʼsir etuvchi tashqi kuch taʼsirida ishlaydi. Majburiy tebranishlardan foydalanish yoki zararli hollarda yoʻqotish uchun ularni oʻrganish kerak. 5.6-rasmdagi qurilmadan foydalanib, tashqi majburlovchi kuchning tebranuvchi sistemada hosil boʻladigan tebranishlarga taʼsirini oʻrganamiz.

Yuk (4) bogʻlangan prujina (3)ning uchi ilmoq (2)li sim uchiga osilgan. Ilmoq uchi halqa shaklida bolib, temir oʻzak (1) ning yoy shaklida bukilgan qismida sirpanadi. Temir oʻzakni aylantira boshlasak, yukli prujina tebrana boshlaydi.

Oʻzak dastagini tezroq aylantirsak, yukning tebranishlari avvaliga biroz orqada qolib, keyin tenglashadi. Shunda *tebranishlar barqaror* boʻladi.

Bunda oʻzak vaqt birligi ichida necha marta aylansa, yukli prujina ham shuncha marta aylanadi. Demak, **tebranuvchi siste-**



5.6-rasm.

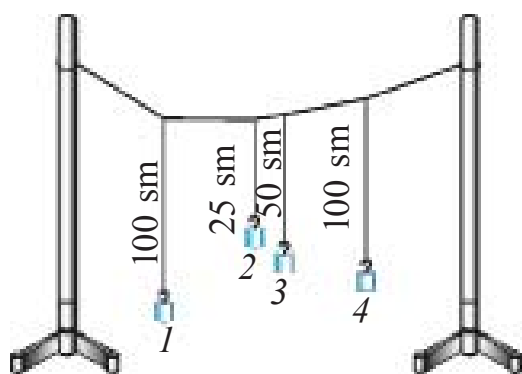


**mada sodir bo‘ladigan majburiy tebranishlar majburlovchi kuch chastotasiga teng bo‘lar ekan.**

Majburiy tebranishlar *so‘nmaydigan tebranishlardir.*

### **Rezonans hodisasi**

Endi tebranuvchi sistemada sodir bo‘layotgan tebranishlar amplitudasining majburlovchi kuchga qanday bog‘liq bo‘lishini ko‘rib chiqaylik. Buning uchun oddiygina tajriba o‘tkazamiz. 4–5 m uzunlikdagi ipni xonaning bir uchidan ikkinchi uchiga biroz osiltirib tortamiz.



5.7-rasm.

Ularga 3–4 ta turli uzunlikdagi iplarga osilgan yuklarni bog‘laymiz (5.7-rasm).

Birinchi yuk osilgan ipning uzunligini to‘rtinchi yuk osilgan ip uzunligi bilan bir xil qilib tanlaymiz. Birinchi mayatnikni muvozanat vaziyatdan chetga chiqarib, qo‘yib yuborsak, u tebrana boshlaydi. Uning tebranishi umumiy bog‘langan ip orqali boshqa mayatniklarga o‘tib, ular ham asta-sekin tebranma harakatga keladi.

Mayatniklarda barqaror tebranishlar vujudga kelgandan so‘ng ikkinchi, uchinchi va to‘rtinchi mayatniklar tebranishiga e‘tibor bersak, to‘rtinchi mayatnik amplitudasi eng katta ekanligiga ishonch hosil qilamiz. To‘rtinchi va birinchi mayatniklar uzunligi bir xil bo‘lganligi tufayli, ularning erkin tebranishlar davri (chastotasi) o‘zaro teng bo‘lib chiqadi.

Demak, *majburiy tebranishlarda majburlovchi kuch chastotasi, tebranuvchi sistemaning xususiy tebranishlari chastotasiga teng bo‘lganda tebranishlar amplitudasi eng katta bo‘ladi, ya‘ni rezonans ro‘y beradi.*

**Tashqi majburlovchi kuch chastotasi, tebranuvchi sistemaning xususiy chastotasiga teng bo‘lganda, tebranishlar amplitudasining keskin ortib ketish hodisasiga rezonans deyiladi.**

Rezonans davrida amplitudaning ortib ketishiga sabab majburlovchi kuch yo‘nalishi bilan tebranuvchi jism harakat yo‘nalishining o‘zaro mos kelishidir.

Rezonans hodidasidan texnikada va turmushda keng foydalaniladi. Soatlarda, barcha turdagi qo‘ng‘iroqlarda, sirenalarda, pnevmatik bolg‘alarda rezonans hodidasidan foydalaniladi.

Lekin rezonans hodisasi ba‘zi hollarda zararlidir.

Masalan, daryo ustiga qurilgan osma ko'prikdan odam o'tayotgan paytda u tebranib turadi. Undan o'tayotgan odamning sekin yoki tez yurishiga qarab ko'priknining tebranishi kattalashishi yoki sekinlashishi mumkin. Agar qadam bosish chastotasi, ko'priknining xususiy chastotasiga mos kelib qolsa, ko'priknini tutib turuvchi tortqilar uzilib ketishi mumkin.

Rezonans zararli bo'lgan hollarda uning oqibatini kamaytirish maqsadida tegishli choralar ko'riladi. Korxonalarda dastgohlardagi qismlarning aylanishi natijasida rezonans bo'lmasligi uchun bino poydevori og'ir va katta qilib quriladi. Avtomobillardagi tebranishlarni tez so'ndirish uchun *amortizatorlar* o'rnatiladi.

**Avtotebranishlar.** So'nmaydigan majburiy tebranishlarning bo'lishi uchun tashqi davriy kuch ta'sir etib turishi kerak. Lekin sistemadagi tebranishlar tashqi davriy kuch ta'sirisiz ham so'nmaydigan bo'lishi mumkin. Agar erkin tebrana oladigan sistemaning ichida energiya manbayi bo'lsa va bu manbadan tebranuvchi jismga yo'qotgan energiyaning o'rnini qoplash uchun zarur energiyaning kelib turishini sistemaning o'zi rostlab tura olsa, bunday sistemada so'nmaydigan tebranishlar yuzaga keladi.

Mayatnikli, oddiy soat bunday tipdagi sistemaning eng sodda misolidir. Bu sistema ma'lum energiya zahirasiga, ya'ni yerdan qandaydir balandlikka ko'tarilgan yukning potensial energiyasiga yoki siqilgan prujina energiyasiga ega.

Energiya manbayidan ta'minlanishi tufayli so'nmaydigan tebranishlar hosil qiladigan sistemalar *avtotebranishli sistemalar* deb ataladi. Elektr qo'ng'iroq, insonning yuragini va o'pkasini ham avtotebranishli sistema deb qarash mumkin.

**Sistemada tashqi davriy kuch ta'sirisiz ichki manba ta'sirida bo'la oladigan so'nmas tebranishlar avtotebranishlar deb ataladi.**

Majburiy tebranishlar chastotasi tashqi kuch chastotasi bilan bir xil bo'ladi. Avtotebranishlarning chastotasi va amplitudasi sistemaning shaxsiy xususiyatlari bilan belgilanadi. Avtotebranishlar amplitudasi shu tebranishlarni yuzaga keltirgan dastlabki qisqa vaqtli ta'sir (turtki) kattaligiga bog'liq emas.



1. Erkin tebranishlarni so'nmaydigan tebranishlarga aylantirish uchun nima qilish kerak?

2. Qanday tebranishlarga majburiy tebranishlar deyiladi?

3. Rezonans hodisasi qanday sharoitda vujudga keladi?
4. Rezonans foydali yoki zararli bo'ladigan hollar uchun misol keltiring.



Koptokni olib, basketbolchilardek yerga urib o'ynang. Koptokning harakati qanday harakatga kiradi? Koptokning yerga to'qnashish chastotasini va sapchish balandligini o'zgartiring. Qaysi holda koptokning harakati barqaror bo'lishiga e'tibor bering.

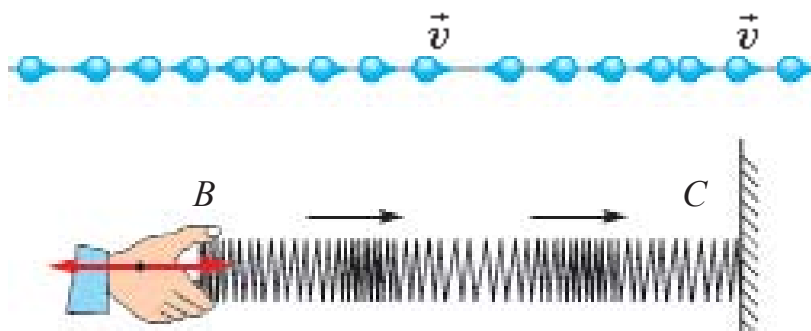
## 26-mavzu. MEXANIK TO'LQINLARNING MUHITLARDA TARQALISHI. ULTRA VA INFRATOVUHLARDAN TURMUSHDA VA TEXNIKADA FOYDALANISH

Bizga ma'lumki, biror jismning muhitdagi tebranma harakati shu jism turgan muhitga uzatiladi. Agar tebranish havoda bo'lsa, o'zining harakatini havo zarrachalariga uzatadi. Havo zarrachalarining tebranma harakati barcha yo'nalishda havo bo'ylab tarqaladi. Bu hodisa suyuqliklarda ham, qattiq jismlarda ham ro'y beradi. Vakuumda mexanik to'lqinlar tarqalmaydi.

Tebranishning muhitda vaqt bo'yicha tarqalish jarayoniga **to'lqin** deyiladi.

Umuman olganda, mexanik to'lqinlar ikki xil bo'ladi: bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar.

To'lqin tarqalayotgan muhitda zarralarning tebranish yo'nalishi, to'lqin tarqalish yo'nalishi bilan bir o'qda bo'lsa, bunday to'lqinga **bo'ylama to'lqin** deyiladi.

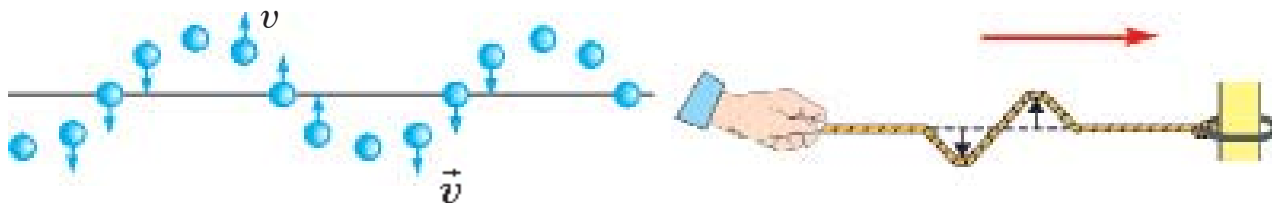


5.8-rasm.

Bo'ylama to'lqinlar tarqalganda muhit siqilish va kengayish deformatsiyasiga uchraydi (5.8-rasm). Suyuqlik va gazlarda bunday deformatsiya muhit zarralarining zichlashishi yoki siyraklashishi orqali bo'ladi. Bo'ylama to'lqinlar barcha muhitlar: qattiq, suyuq va gazsimon muhitlarda tarqalishi mumkin.

Bo'ylama to'qlinlarga misol tariqasida elastik sterjendagi to'qlin yoki havoda tarqalgan tovushni keltirish mumkin.

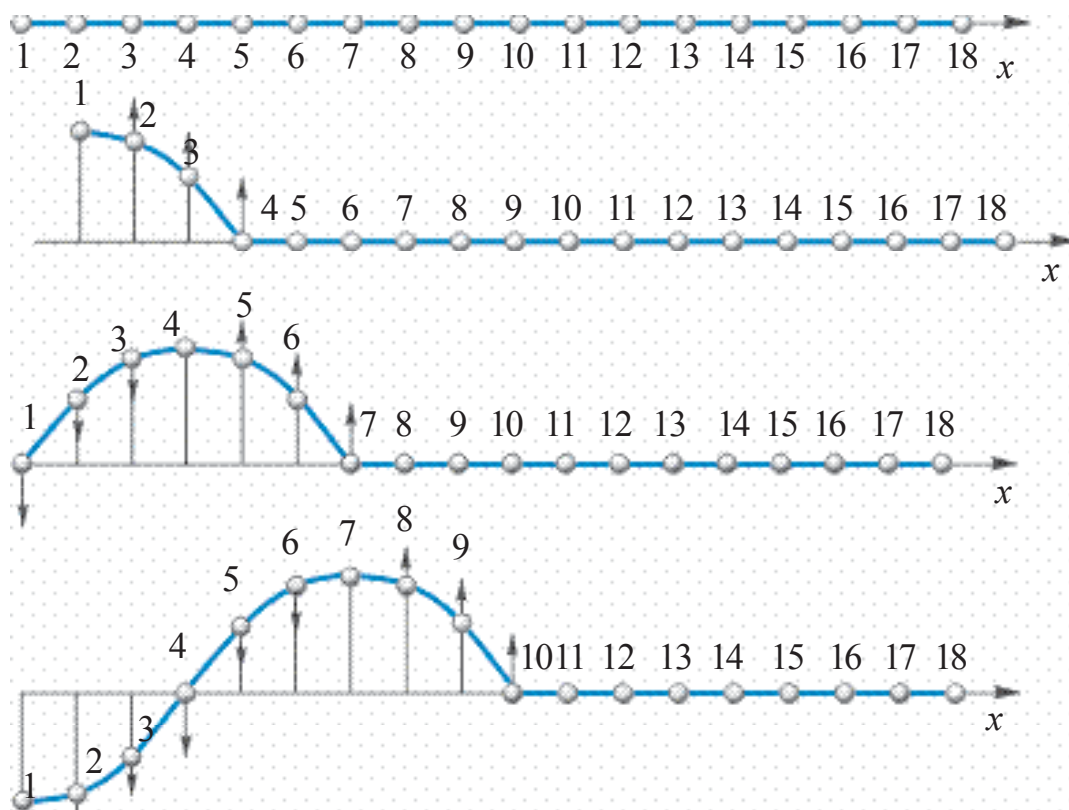
To'qlin tarqalayotgan muhitda zarralarning tebranish yo'nalishi, to'qlin tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lsa, bunday to'qlinga **ko'ndalang to'qlin** deyiladi.



5.9-rasm.

Ko'ndalang to'qlinlar tarqalganda muhitning bir qatlami, ikkinchisiga nisbatan siljiydi. Bunday to'qlinlar tarqalganda muhitda do'nglik va chuqurliklar hosil bo'ladi (5.9-rasm). Qattiq jismlardan farqli ravishda, suyuqlik va gazlar qatlamlarning siljishiga nisbatan elastiklik xususiyatiga ega emas. Shunga ko'ra ko'ndalang to'qlinlar faqat qattiq jismlarda tarqala oladi.

Ko'ndalang to'qlinning nuqtadan nuqtaga tebranishni uzatish jarayonini batafsil qaraylik. 5.10-rasmda ko'ndalang to'qlinning har  $\frac{1}{4} T$  vaqtdagi holati keltirilgan.



5.10-rasm.

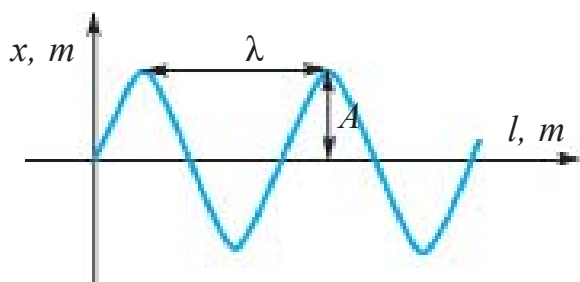
5.10-rasmda zarralarning qandaydir momentdagi holati raqamlangan sharchalar ko‘rinishida berilgan. Sharchalar bir-biriga yaqin joylashganligidan ular orasida o‘zaro ta’sir mavjud. Agar birinchi sharchani tebranma harakatga keltirsak, ya’ni uni yuqoriga va pastga harakatlanishga majbur qilsak, sharchalar orasidagi o‘zaro ta’sir tufayli qolganlari ham uning harakatini takrorlaydi. Lekin ularning harakati oldingisiga nisbatan kechikkan (faza jihatidan siljigan) holda bo‘ladi.

Masalan, to‘rtinchi shar, birinchi shardan  $\frac{1}{4}$  tebranishga orqada bo‘ladi. Yettinchi shar harakati, birinchi shardan  $\frac{1}{2}$  ta tebranishga, o‘ninchisi  $\frac{3}{4}$  ta tebranishga orqada qoladi. O‘n uchinchi shar birinchi shardan bitta to‘liq tebranishga orqada qoladi, ya’ni u bilan bir xil fazada tebranadi.

**Ikkita bir-biriga eng yaqin oraliqda joylashgan va bir xil fazada tebranayotgan nuqtalar orasidagi masofaga to‘lqin uzunligi deyiladi.**

To‘lqin uzunligi grekcha  $\lambda$  (“lambda”) harfi bilan belgilanadi. Birinchi va o‘n uchinchi shar, ikkinchi va o‘n to‘rtinchi, uchinchi va o‘n beshinchi sharlar orasidagi masofa bitta to‘lqin uzunligiga teng deyiladi.

Demak, bir davr ichida to‘lqin tarqalgan masofa to‘lqin uzunligiga teng bo‘ladi:



5.11-rasm.

$$\lambda = vT.$$

Bunda  $v$  – to‘lqin tarqalish tezligi (5.11-rasm). Tebranish davrining chastotaga bog‘liqligi  $\nu = \frac{1}{T}$  e‘tiborga olinsa,  $\lambda = \frac{v}{\nu}$  bo‘ladi. Birligi  $[\lambda] = 1 \text{ m}$ .

Hovuzga yoki tinch shamolsiz vaqtda suv yuzasiga tosh tashlansa, tosh tushgan nuqtadan boshlab hamma tomonga tebranishlar tarqala boshlaydi. Bu to‘lqinlar aylana shaklida bo‘lib, do‘ngliklar va chuqurliklardan iborat bo‘ladi.

Tor tebranishlarining, shu tor bo‘ylab tarqalishi oddiy to‘lqinga misol bo‘ladi.

Undagi tebranishning tarqalish tezligi  $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$  va shuning uchun:

a) tarqalish tezligi torning taranglik kuchi  $T$  va uning chiziqli zichligi  $\rho = \frac{m}{l}$  ga bog‘liq;

b) muhitning elastikligi qancha katta bo'lsa, tebranishlarning tarqalish tezligi shuncha katta bo'ladi.

**Tovush va uning tabiati.** Elastik muhitda tarqalayotgan to'liqlarning chastotasi 20 Hz dan (ba'zi adabiyotlarda 16 yoki 17 Hz) 20000 Hz gacha bo'lsa, bunday mexanik to'liqlarni inson eshitish organi sezadi. Bunday to'liqlar—***tovush to'liqlari*** yoki ***tovush*** deb ataladi. Chastotasi 20 Hz dan kichik bo'lgan to'liqlar infratovush deb ataladi va buni inson sezmaydi.

Chastotasi 1 Hz dan  $10^{13}$  Hz gacha bo'lgan to'liqlarni xususiyatini o'rganadigan fizikaning bo'limiga *akustika* deyiladi.

Tovush bo'ylama to'liq bo'lib, muhitning zichligiga, uning xususiyatiga bog'liq bo'lgan tezlik bilan tarqaladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, muhitning harorati doimiy bo'lganda bosimning o'zgarishi zichlikning o'zgarishiga to'g'ri proporsional va  $\frac{P}{\rho} = \text{const}$  bo'lgani uchun gazlarda tovushning tarqalish tezligi bosimga bog'liq bo'lmay qoladi.

Lekin gazlarda tovushning tarqalish tezligi uning temperaturasiga bog'liq.

Qattiq jismlarda esa, ham bo'ylama, ham ko'ndalang to'liqlar tarqaladi, shuning uchun tovushning bo'ylama tezligi  $v_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ , ko'ndalang to'liq tarqalish tezligi  $v_k = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$  formula bilan hisoblanadi.

Bu yerda:  $E$ —muhit uchun Yung moduli,  $G$ —siljish moduli. Qattiq jismlarda bo'ylama to'liqlarning tarqalish tezligi ko'ndalang to'liqlarning tarqalish tezligidan deyarli ikki marta katta, chunki  $E > G$ .

**Shuning uchun yer qimirlashini ikki marta sezamiz, chunki yer qimirlash markazidan biz turgan joyga bo'ylama to'liq avvalroq, ko'ndalang to'liq esa keyinroq yetib keladi.**

Inson qulog'ining tovushni sezish va eshitish sohasi chastotasi 16 Hz dan 20000 Hz bo'lgan tovushlarga to'g'ri keladi.

**Chastotasi 20 kHz dan yuqori bo'lgan tovush to'liqlari *ultratovushlar* deyiladi.** Ultratovushlar o'ziga xos xossalarga ega bo'lib, xususan, ular yorug'lik nurlari kabi fazoda ingichka nur ko'rinishida tarqaladi.

Ultratovushlar quyidagi sohalarda keng qo'llaniladi:

- 1) ultratovushlar metallar ichidagi yoriqlarni, suv ostidagi buyumlarni, shu jumladan, dengiz baliqlarining galasi joylashgan joylarni aniqlashda;
- 2) qattiq, suyuq va gaz holatida jismlarning fizik xossalarini o'rganishda.

- 3) o'ta qattiq va mo'rt jismlarga mexanik ishlov berishda, ularni tozalashda;
- 4) tibbiyotda buyrak, jigar, homila va shu kabi inson ichki a'zolarining holatini o'rganishda foydalaniladi.

Ko'rshapalaklar o'zi chiqarayotgan ultratovushning ro'parasidagi to'siqdan qaytgan qismini qabul qilib, to'siqni sezadi va borib urilmaydi.



1. Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar bir-biridan nimasi bilan farqlanadi?
2. Bo'ylama to'lqinlar tarqalganda muhit qanday deformatsiyaga uchraydi?
3. To'lqin uzunligini qanday aniqlash mumkin?

### 5-mashq

1. Matematik mayatnik 1 min 40 s ichida 50 marta tebrandi. Mayatnikning tebranish davri va siklik chastotasini toping. (Javobi: 2 s,  $\pi \frac{1}{5}$ ).

2. Tebranma harakat tenglamasi  $x=0,06\cos 100\pi t$  ko'rinishda berilgan. Tebranma harakat amplitudasi, chastotasi va davrini toping. (Javobi: 6 sm, 50 Hz, 20 ms).

3. Nuqta garmonik tebranma harakat qiladi. Eng katta siljish  $A=10$  sm, tezlikning eng katta qiymati  $v_m=20$  sm/s. Tebranishlarning siklik chastotasi va nuqtaning maksimal tezlanishi topilsin. (Javobi: 2 rad/s; 0,4 m/s<sup>2</sup>).

4. Nuqta amplitudasi  $A=0,1$  m, davri  $T=2$  s bo'lgan garmonik tebranma harakat qilmoqda. Siljish  $x=0,06$  m bo'lgan momentdagi tezlik va tezlanish topilsin. (Javobi: 0,25 m/s; 0,6 m/s<sup>2</sup>)

5. Davrning qanday bo'lagida nuqtaning tezligi uning maksimal qiymatining yarmiga teng bo'ladi? Garmonik tebranishlarning boshlang'ich fazasi nolga teng. (Javobi:  $\frac{1}{12} T$ ).

6. Moddiy nuqta amplitudasi  $A=5$  sm bo'lgan garmonik tebranma harakat qiladi. Agar nuqtaga  $F=0,2$  N elastik kuch ta'sir etsa, nuqtaning kinetik, potensial va to'la energiyasi topilsin.

7. Bikrligi 100 N/m, yukining massasi 10 g bo'lgan prujinali mayatnikning tebranishlar chastotasi qanday (Hz)? (Javobi: 16 Hz).

8. Agar prujinali mayatnik prujinasining yarmi kesib tashlansa, uning tebranishlari chastotasi qanday o'zgaradi?

9. Matematik mayatnikning uzunligi 2,5 m, unga osilgan sharchaning massasi 100 g. Tebranish davri qanday (s)? (Javobi: 3,14 s).

10. Tubida kichik teshigi bor suvli chelak arqonga osilgan holda tebranmoqda. Suvning kamayishi bilan tebranish davri qanday o'zgaradi?

11. Bir xil vaqt oralig'ida birinchi mayatnik 50 marta, ikkinchi mayatnik 30 marta tebrandi. Agar ularning biri ikkinchisidan 32 sm qisqa bo'lsa, mayatniklarning uzunligini toping.

12. Massasi 20 kg bo'lgan o'quvchi arg'imchoq uchmoqda. Arg'imchoq muvozanat vaziyatidan maksimum 1 m ga og'ayotgan va minutiga 15 marta tebranayotgan bo'lsa, tebranish davrining  $1/12$  qismidagi kinetik va potensial energiyasini toping

## V bobni yakunlash yuzasidan test savollari

1. Tebranishlar amplitudasi 2 marta orttirilsa, uning davri qanday o'zgaradi?

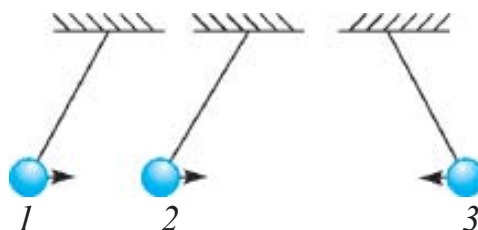
- A) 2 marta ortadi;                      B) 2 marta kamayadi;  
C) 4 marta ortadi;                      D) o'zgarmaydi.

2. Matematik mayatnik uzunligi 16 marta kamaysa, uning erkin (xususiy) tebranishlar davri qanday o'zgaradi?

- A) 16 marta kamayadi;                      B) 16 marta ortadi;  
C) 4 marta ortadi;                      D) 4 marta kamayadi.

3. Sharchalar o'zaro qanday fazada tebranmoqda?

- A) 1 va 3 qarama-qarshi, 2 va 3 fazasi bir xil;  
B) 1 va 2 qarama-qarshi, 2 va 3 bir xil;  
C) 1 va 2 bir xil, 2 va 3 qarama-qarshi;  
D) 1 va 2 qarama-qarshi, 1 va 3 bir xil.



4. Bo'ylama to'lqinlar qanday muhitlarda tarqaladi? 1–qattiq jismlarda; 2–suyuqliklarda; 3–gazsimon moddalarda.

- A) faqat 1;                      B) faqat 2;                      C) faqat 3;                      D) 1, 2 va 3 da.

5. Gapni to'ldiring. "Tebranishlar tarqalayotgan muhitda birday fazada tebranayotgan ikki nuqta orasidagi eng... deyiladi".

- A) ... yaqin masofa to'lqin uzunligi;  
B) ... katta siljish amplituda;  
C) ... uzoq masofa to'lqin uzunligi;  
D) ... katta tebranishlar soni chastota.



6. **Gapni to'ldiring. "Ko'ndalang to'liqlar ... to'liqlaridir".**  
 A) ... siqilish; B) ... kengayish;  
 C) ... siqilish-kengayish; D) ... siljish.
7. **Muhitda tarqalayotgan to'liqning davri 10 s, to'liq uzunligi 5 m bo'lsa, to'liqning tarqalish tezligi nimaga teng bo'ladi?**  
 A) 0,5 m/s; B) 2 m/s; C) 50 m/s; D) 5 m/s.
8. **Agar moddiy nuqta tebranishlari amplitudasi 4 sm bo'lsa, uning bir to'la tebranish davomida bosib o'tgan yo'li qanday (sm) bo'ladi?**  
 A) 0; B) 4; C) 8; D) 16.
9. **Siklik chastota deb nimaga aytiladi?**  
 A) 1 sekunddagi tebranishlar soniga;  
 B) bitta tebranish uchun ketgan vaqtga;  
 C) 2 sekunddagi tebranishlar soniga;  
 D) burchak tezlikning 1 sekunddagi o'zgarishiga.
10. **Bikrligi 160 N/m bo'lgan prujinaga 400 g yuk osildi. Hosil bo'lgan mayatnikning tebranish chastotasi qanday (Hz)?**  
 A) 1,6; B) 3,2; C) 5,4; D) 20.

### V bobda o'rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar

Tebranma harakat	Har qanday takrorlanuvchi harakat.
Tebranishlar davri	Bir marta to'la tebranish uchun ketgan vaqt. $[T] = 1 \text{ s}$ .
Erkin tebranishlar	Faqat boshlang'ich berilgan energiya hisobiga sodir bo'ladigan tebranishlar.
Tebranayotgan jismning siljishi	Tebranayotgan jismning istalgan lahzada muvozanat vaziyatiga nisbatan joylashgan o'rnini ko'rsatuvchi kattalik.
Tebranishlar chastotasi	Vaqt birligi ichidagi tebranishlar soni. $\nu = 1/T$ ; $[\nu] = 1/\text{s} = 1 \text{ Hz}$ .
Prujinali mayatnik	Bikrligi $k$ bo'lgan prujinaga $m$ massali yuk osilib, erkin tebrana oladigan sistema: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

Matematik mayatnik	Choʻzilmas, vaznsiz ipga osilgan, oʻlchamlari ip uzunligiga nisbatan hisobga olmas darajada kichik boʻlgan sharchadan iborat tebranuvchi sistema. $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
Soʻnuvchi tebranishlar	Vaqt oʻtishi bilan amplitudasi kamayib boruvchi tebranishlar. Erkin tebranishlar – soʻnuvchi tebranishlardir.
Rezonans hodisasi	Tashqi majburlovchi kuch chastotasi tebranuvchi sistemaning erkin (xususiy) tebranishlari chastotasiga teng boʻlganda tebranishlar amplitudasining keskin ortib ketishi.
Boʻylama toʻlqinlar	Toʻlqin tarqalayotgan muhit zarralarining tebranish yoʻnalishi bilan toʻlqin tarqalish yoʻnalishi oʻzaro mos tushadigan toʻlqinlar. Qattiq, suyuq va gazsimon muhitlarda tarqaladi.
Koʻndalang toʻlqinlar	Toʻlqin tarqalayotgan muhit zarrachalarining tebranish yoʻnalishi bilan toʻlqin tarqalish yoʻnalishi oʻzaro perpendikulyar boʻlgan toʻlqinlar. Ular faqat qattiq jismlarda tarqaladi.
Toʻlqin uzunligi	Toʻlqinning bir davr ichida bosib oʻtgan masofasi: $\lambda = vT$ . Birligi $[\lambda] = 1 \text{ m}$ .

## VI bob. TERMODINAMIKA ASOSLARI

### 27-mavzu. ISSIQLIK JARAYONLARINING QAYTMASLIGI. TERMODINAMIKA QONUNLARI

Termodinamik jarayonda sistema boshlang'ich holatdan oraliq holatlar orqali oxirgi holatga o'tadi. Bu o'tish qaytar va qaytmas bo'lishi mumkin.

**Qaytar jarayon deb, sistema biror holatga o'tganda oxirgi holatdan boshlang'ich holatga o'sha oraliq holatlar orqali teskari ketma-ketlikda o'tishiga aytiladi.**

Masalan, ishqalanishsiz bo'ladigan barcha sof mexanik jarayonlar qaytar jarayonga misol bo'ladi. Jumladan, uzun ilgakka osilgan og'ir mayatnikning tebranishi qaytar jarayonga yaqin bo'ladi. Bu holda kinetik energiya amalda to'la potensial energiyaga aylanadi. Shuningdek, teskarisi ham o'rinli. Muhitning qarshiligi kichik bo'lganligi sababli tebranish amplitudasi sekin kamayadi va tebranish jarayoni uzoq davom etadi.

**Ma'lum qarshilikka uchraydigan yoki issiq jismdan sovuq jismga issiqlik uzatish bilan ro'y beradigan har qanday jarayon qaytmas bo'ladi. Amalda barcha real jarayonlar qaytmas jarayonlardir.** Yuqoridagi keltirilgan mayatnik misolidagi jarayon ham qaytmasdir, chunki ishqalanishni yo'qotib bo'lmaydi. Shu sababli mexanik energiyaning bir qismi hamma vaqt issiqlikka aylanadi va qaytmas bo'lib atrof-muhitga sochilib ketadi, demak, atrofdagi jismlarda o'zgarish sodir bo'ladi, shuning uchun jarayon qaytmas deyiladi.

Shuningdek, issiq jismdan sovuq jismga issiqlik miqdorining uzatilish jarayoni ham qaytmas jarayonlarga misol bo'la oladi.

Umuman, tabiatda qaytar jarayonlar mavjud emas. Real jarayonlarning hammasi qaytmasdir. Qaytar jarayonlar ideallashtirilgan tushunchadir.

**Ichki energiya.** Termodinamik sistema ko'plab molekulalar va atomlardan tashkil topganligi sizga ma'lum. U ichki energiyaga ega, ya'ni molekulalar doimo harakatda bo'lganligi uchun kinetik energiyaga ega. Shu bilan birga modda molekulalari orasida o'zaro ta'sir kuchi bo'lganligi sababli molekulalar o'zaro ta'sir potensial energiyasiga ega bo'ladi.

**Termodinamik sistemaning ichki energiyasi deb, uning barcha molekulalarining tartibsiz harakat kinetik energiyalari va ularning o'zaro ta'sir potensial energiyalarining yig'indisiga aytiladi.**

Jismning ichki energiyasini mexanik energiya bilan almashtirmaslik kerak, chunki mexanik energiya jismning boshqa jismlarga nisbatan harakatiga va joylashuviga bog'liq bo'lsa, shu jismning ichki energiyasi jismni tashkil etuvchi zarralarning harakatiga va bir-biriga nisbatan joylashuviga bog'liqdir.

Ichki energiya termodinamik sistemaning bir qiymatli funksiyasidir, ya'ni sistemaning har bir holatiga ichki energiyaning aniq bir qiymati to'g'ri kelib, u sistema bu holatga qanday qilib kelib qolganiga mutlaqo bog'liq emas. Agar gaz qizitilsa, molekula va atomlarning tezliklari ham ortadi. Bu esa ichki energiyaning ortishiga olib keladi. Agar bosim yoki solishtirma hajm o'zgartirilsa, bu ham ichki energiyaning o'zgarishiga olib keladi, chunki molekulalar orasidagi masofa o'zgaradi. Demak, ularning o'zaro ta'sir potensial energiyalari ham o'zgaradi.

Odatda, sistemaning ichki energiyasi  $T=0$  K da nolga teng deb hisoblanadi, lekin bu muhim ahamiyatga ega emas. Chunki sistema bir holatdan ikkinchisiga o'tganda ichki energiyaning o'zgarishi  $\Delta U$  ahamiyatga ega bo'ladi.

**Termodinamikaning birinchi qonuni.** Buning uchun qizdirilayotgan choynak misolini ko'raylik. Choynak olayotgan issiqlik miqdori  $Q$  ichidagi suvning qizishiga, ya'ni suvning ichki energiyasi ortishiga  $\Delta U$  va suv bug'lari choynak qopqog'ini ko'targanda tashqi kuchlarga qarshi (qopqoqning og'irlik kuchi) bajariladigan  $A$  ishga sarflanadi. Bu jarayon uchun energiyaning saqlanish va aylanish qonuni

$$Q = \Delta U + A \quad (6.1)$$

ko'rinishga ega bo'ladi. Bu termodinamikaning birinchi qonunining matematik ko'rinishidir.

**Termodinamik sistemaga beriladigan issiqlik miqdori uning ichki energiyasini orttirishi va tashqi kuchlarga qarshi bajargan ishning yig'indisiga teng.**

Agar sistemaga issiqlik miqdori berilayotgan bo'lsa,  $Q$  musbat, agar sistemadan issiqlik miqdori olinayotgan bo'lsa,  $Q$  manfiy ishora bilan olinadi. Shuningdek, agar sistema tashqi kuchlarga qarshi ish bajarayotgan bo'lsa,  $A$  ish musbat, tashqi kuchlar sistema ustida ish bajarayotgan bo'lsa,  $A$  ish manfiy bo'ladi.

Termodinamikaning birinchi qonuni birinchi tur abadiy dvigatel (lotincha "perpetuum mobile") yasash mumkin emasligini ko'rsatadi. Birinchi tur "perpetuum mobile"ga asosan teng miqdorda energiya sarflamasdan ish bajara oladigan mashina qurish haqida fikr yuritiladi. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni bo'lgan termodinamikaning birinchi qonunida esa tabiatda ro'y beradigan barcha jarayonlarda energiya o'z-o'zidan paydo bo'lmaydi va yo'qolmaydi, faqat bir ko'rinishdan boshqasiga aylanishi mumkin, deb qayd etiladi. Termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha ham ta'riflanadi:

**Sistema bir holatdan ikkinchi holatga o'tganda ichki energiyaning o'zgarishi tashqi kuchlarning ishi ( $A'$ ) va sistemaga berilgan issiqlik miqdori ( $Q$ ) ning yig'indisiga teng:**

$$\Delta U = Q + A'. \quad (6.2)$$

Termodinamikaning birinchi qonuni energiyaning saqlanish va aylanish qonunini ifodalasa-da, termodinamik jarayonning ro'y berish yo'nalishini ko'rsata olmaydi. Misol uchun birinchi qonun, issiqlik miqdorining issiq jismdan sovuq jisimga o'tish imkoniyati qanday bo'lsa, sovuq jismdan issiq jisimga o'tish imkoniyati ham shunday deb ko'rsatadi. Aslida esa "Tabiatda o'z-o'zidan qanday jarayonlar ro'y berishi mumkin", degan savol tug'iladi. Bunga termodinamikaning ikkinchi qonuni javob beradi.

**Termodinamikaning ikkinchi qonuni.** Bu qonun ta'rifining bir nechta shakllari mavjud bo'lib, ularning eng soddasi Klauzius ta'rifini keltiramiz.

|| **Issiqlik o'z-o'zidan past temperaturali jismdan yuqori temperaturali jisimga o'tmaydi.**

Amalda cheksiz katta bo'lgan okean suvlaridagi issiqlik o'z-o'zidan temperaturasi suvnikidan pastroq bo'lgan jisimgagina o'tishi mumkin. Issiqlikni temperaturasi past jismdan temperaturasi yuqori jisimga o'tkazish uchun qo'shimcha ish bajarish kerak. Shu bilan birga, issiqlik miqdori

ishga to'la aylanmay, uning bir qismi atrof-muhitni qizdirishga sarflanadi. Shu nuqtayi nazardan ikkinchi qonunning Plankning quyidagi ta'rifi ham e'tiborga molik: **tabiatda issiqlik miqdori to'laligicha ishga aylanadigan jarayon bo'lishi mumkin emas.**

Issiqlik ishga aylanishi uchun isitkich va sovitkich bo'lishi kerak. Barcha issiqlik mashinalarida isitkichdan sovitkichga beriladigan energiyaning bir qismigina foydali ishga aylanadi. Unda issiqlik mashinalarining FIK qanday kattaliklarga bog'liq va uni oshirish uchun nima qilmoq kerak degan savol tug'iladi. Bu savolga termodinamikaning ikkinchi qonunning Karno ta'rifi javob beradi: **ideal issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti issiqlik beruvchi va issiqlik oluvchilarning temperaturalari farqi bilangina aniqlanadi.**

Termodinamika qonunlari amalda qanday issiqlik mashinalari yasash mumkinligi va ularning FIKni orttirish uchun nimalarga e'tibor berish zarurligi haqida yo'llanma beradi.

**Ikkinchi tur "perpetuum mobile".** Ikkinchi tur "perpetuum mobile" okean suvlaridagi ulkan miqdordagi energiyadan ish bajarmasdan foydalanish mumkin degan g'oyaga asoslangan. Termodinamikaning ikkinchi qonuni esa **issiqlik miqdori faqat issiq jismdan sovuq jismga o'z-o'zidan o'tishi mumkin, teskarisi uchun esa qo'shimcha ish bajarish zarur deb ta'kidlaydi.** Bu esa ikkinchi tur "perpetuum mobile"ni yasash mumkin emasligini ko'rsatadi.

Agar ikkinchi tur "perpetuum mobile"ni yasash mumkin bo'lganda edi insoniyat juda ulkan energiya manbayiga ega bo'lardi. Okeanlarda mavjud  $10^{21}$  kg suvning temperaturasini  $1^{\circ}\text{C}$  ga pasaytirishga erishilsa, bu  $10^{24}$  J issiqlik miqdori ajratib olishga imkon beradi. Shuncha energiya beruvchi ko'mirni temir yo'l sostaviga yuklasak, uning uzunligi  $10^{10}$  km ni tashkil etadi. Bu esa qariyb Quyosh sistemasining diametriga teng masofadir.



- 1. Termodinamikaning birinchi qonuni jarayonning ro'y berish yo'nalishini ko'rsata oladimi?*
- 2. Termodinamikaning ikkinchi qonuni ta'riflarini ayting.*
- 3. Termodinamika ikkinchi qonunining ahamiyati nimada?*
- 4. Tabiatda issiqlik miqdori to'laligicha ishga aylanadigan jarayon bo'lishi mumkinmi?*
- 5. Issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti nimalarga bog'liq?*

## 28-mavzu. ADIABATIK JARAYON. ISSIQLIK MASHINASINING FOYDALI ISH KOEFFITSIYENTI. KARNO SIKLI

### Adiabatik jarayon.

**Atrof-muhit bilan issiqlik miqdori almashmasdan ro‘y beradigan jarayonga adiabatik jarayon deyiladi.**

Adiabatik jarayonga tez ro‘y beradigan jarayon misol bo‘ladi. Misol uchun gaz tez siqilganda bajarilgan ish uning temperaturasining, ya‘ni ichki energiyasining ortishiga olib keladi. Temperatura ortishi natijasida atrofga issiqlik miqdori tarqalishi uchun esa ma‘lum vaqt kerak. Shuning uchun ham  $Q=0$ . Ichki yonish dvigatelida yonilg‘i aralashmasining yonishi adiabatik jarayonga misol bo‘ladi.

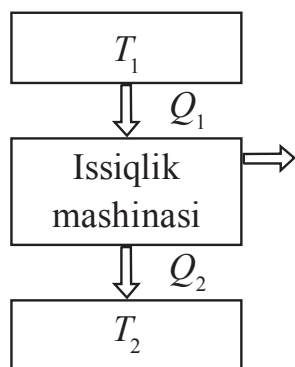
Adiabatik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\Delta U + A = 0 \quad \text{yoki} \quad A = -\Delta U, \quad (6.3)$$

ya‘ni adiabatik jarayonda ish ichki energiyaning o‘zgarishi hisobiga bajariladi.

**Issiqlik mashinasi deb, yoqilg‘ining ichki energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradigan mashinalarga aytiladi.**

Issiqlik mashinasining ish prinsipi 6.1-rasmda ko‘rsatilgan. Bir siklda  $T_1$  temperaturali isitkichdan  $Q_1$  issiqlik miqdori olinib,  $T_2$  temperaturali sovitkichga  $Q_2$  issiqlik miqdori qaytariladi va  $A = Q_1 - Q_2$  miqdordagi ish bajariladi. 6.2-rasmda issiqlik mashinasining tuzilishi ko‘rsatilgan. Har qanday dvigatel uchta qismdan iborat: ishchi modda (gaz yoki bug‘), isitkich va sovitkich. Isitkichdan  $Q_1$  issiqlik miqdori olgan ishchi modda kengayib ish bajaradi. Yoqilg‘ining yonishi natijasida isitkichning temperaturasi  $T_1$  o‘zgarmas bo‘lib qoladi.

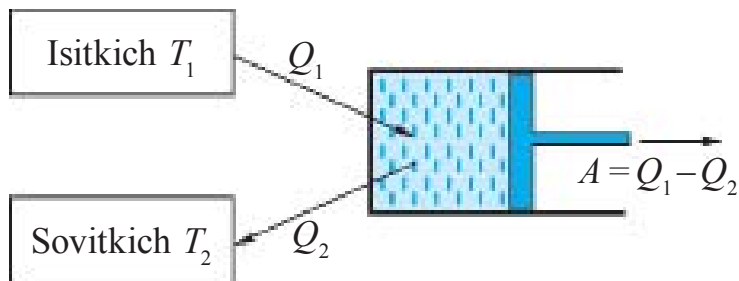


6.1-rasm.

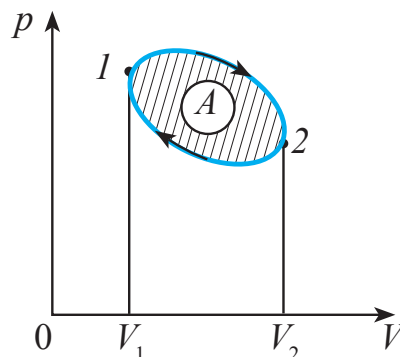
Siqilishda ishchi modda  $Q_1$  issiqlik miqdorini  $T_2$  temperaturali sovitkichga uzatadi. Issiqlik dvigateli siklik ravishda ishlashi kerak.

**Aylanma jarayon yoki sikl deb sistema bir qancha holatlardan o‘tib, dastlabki holatiga qaytadigan jarayonga aytiladi** (6.3-rasm). Soat strelkasi aylanishi bo‘ylab ro‘y beradigan jarayon (gaz oldin kengayib, keyin siqiladi) to‘g‘ri sikl, soat strelkasi aylanishiga teskari yo‘nalishda (gaz oldin siqilib,

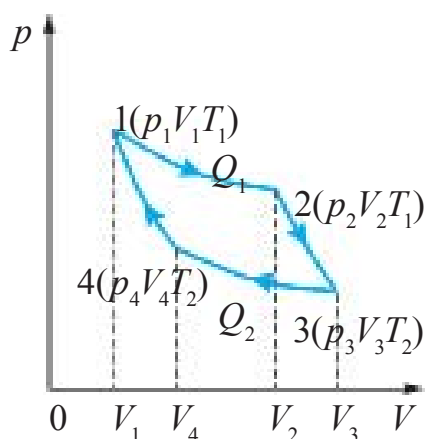
keyin kengayadi) ro'yi beradigan jarayon esa teskari sikl deyiladi. Issiqlik mashinalari to'g'ri sikl, sovitkichlar esa teskari sikl asosida ishlaydi. Sikl tugaganda ishchi modda o'zining dastlabki holatiga qaytadi, ya'ni uning ichki energiyasi boshlang'ich qiymatiga ega bo'ladi.



6.2-rasm.



6.3-rasm.



6.4-rasm.

**Karno sikli–navbatma-navbat o‘zaro almashinib turuvchi ikki izotermik va ikki adiabatik jarayondan iborat qaytar aylanma issiqlik jarayonidir.** (6.4-rasm).

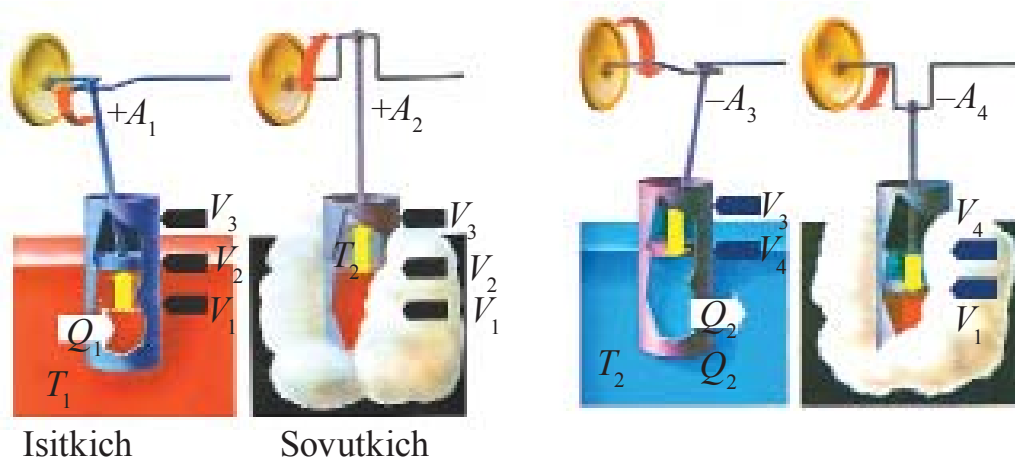
Karno sikli deb ataladigan ikkita izotermik va ikkita adiabatik jarayonlardan iborat siklni 6.5-rasmda keltirilgan kolenchatli val va shatun o‘rnatilgan porshenli silindr misolida ko‘rib chiqamiz.

1. Silindrdagi porshen eng pastki holatida, gaz hajmi  $V_1$  ni tashkil etadi. Silindrni  $T_1$  temperaturali isitkichli idishga joylashtirilgan. Boshlang‘ich holatdagi gazning temperaturasi  $T_1$ , bosimi  $p_1$  va hajmi  $V_1$  bo‘lsin, ushbu jarayonni 6.4-rasmdagi  $pV$  diagrammada gazning boshlang‘ich holatini 1 deb belgilaymiz.  $T_1$  temperaturali isitkichdan silindrga  $Q_1$  issiqlik miqdori beriladi va gazning isitkichdan olayotgan issiqlik miqdori hisobiga uning izotermik ravishda hajmi  $V_2$  gacha kengayishi amalga oshadi. Nihoyat, gazning ikkinchi holatdagi parametrlari  $p_2, V_2, T_1$  bo‘ladi. Bu holatda gaz  $A_1$  ish bajaradi. 6.4-rasmdagi  $pV$  diagrammada gazning izotermik kengayishi 1–2 izoterma bilan ko‘rsatilgan.

2. Kengayishning ikkinchi adiabatik bosqichida  $Q_1$  issiqlik miqdori kamaytirilsa-da, porshen  $V_2$  dan  $V_3$  gacha kengayadi. Gaz ichki energiyasi hisobiga porshen  $A_2$  ish bajariladi, gazning temperaturasi pasayadi.



6.4-rasmdagi  $pV$  diagrammada gazning adiabatik kengayishi 2–3 adiabata bilan ko‘rsatilgan, gazning bu holatdagi parametrlari  $p_3, V_3, T_2$  bo‘ladi.



6.5-rasm.

3. Gazning izotermik siqilishini amalga oshirish uchun silindr  $T_2$  sovutkichga joylashtiriladi va porshen siqiladi, gaz hajmi  $V_3$  dan  $V_4$  gacha kamaytirila boshlaydi. Bu jarayon izotermik bo‘lishi uchun  $A$  ish batamom issiqlikka aylanib, gaz  $Q_2$  issiqlik miqdorini sovutkichga uzatadi, 6.5-*b* rasmdagi  $pV$  diagrammada gazning izotermik siqilishi 3–4 izoterma bilan ko‘rsatilgan, gazning bu holatdagi parametrlari  $p_4, V_4, T_2$  bo‘ladi.

4. Siklning oxirgi qismida gaz adiabatik siqilib, porshen gaz hajmini  $V_4$  dan  $V_1$  gacha kamaytiradi. Bunda bajarilgan ish gaz temperaturasi boshlang‘ich darajasiga ko‘tarish uchun sarflanadi va sistemaning ichki energiyasi ortadi. 6.5-rasmdagi  $pV$  diagrammada gazning adiabatik siqilishi 4–1 adiabata bilan ko‘rsatilgan, gazning bu holatdagi parametrlari  $p_1, V_1, T_1$  bo‘ladi, ya‘ni boshlang‘ich holatdagi qiymatini egallaydi.

Shunday qilib, ideal gaz o‘zining dastlabki holatiga qaytadi va ichki energiyasini to‘la tiklaydi. Sikl davomida ideal gaz isitkichdan  $Q_1$  issiqlik miqdorini oladi va sovutkichga  $Q_2$  issiqlik miqdori beradi. Termodinamikaning birinchi qonuniga muvofiq,  $Q_1 - Q_2$  issiqlik miqdori ish bajarishga sarflanadi va bu ish son qiymati jihatidan sikl o‘rab turgan yuzaga teng.

**Issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti.** Issiqlik mashinasining yoki Karno siklining foydali ish koeffitsiyenti (FIK) deb quyidagi kattalikka aytiladi:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}. \quad (6.4)$$

Agar issiqlik mashinasining bajargan ishi hisobga olinsa, ya'ni  $A=Q_1-Q_2$  bo'lsa, unda

$$\eta = \frac{A}{Q_1}. \quad (6.5)$$

Shuningdek, Karno siklining FIK ni isitkichning  $T_1$  va sovitkichning  $T_2$  temperaturalari orqali ham ifodalash mumkin:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \quad (6.6)$$

**Demak, ideal issiqlik mashinasining FIK ishchi moddaning turiga bog'liq bo'lmay, balki isitkichning va sovitkichning temperaturalari bilangina aniqlanadi.**

(6.6) ifodadan yana quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

- 1) issiqlik mashinasining FIK ni ko'tarish uchun isitkichning temperaturasini oshirish, sovitkichning temperaturasini esa pasaytirish kerak;
- 2) issiqlik mashinasining FIK doimo birdan kichik bo'ladi.

(6.6) ga muvofiq Karno FIK to'g'risida teoremasini yozgan. Isitkichning va sovitkichning berilgan temperaturalarida istalgan dvigatelning FIK Karno siklining FIK dan katta bo'lmaydi.



1. *Issiqlik mashinasi deb qanday qurilmaga aytiladi?*
2. *Karno sikli deb nimaga aytiladi?*
3. *Issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti (FIK) qanday aniqlanadi?*
4. *FIK ishchi moddaning turiga bog'liqmi?*
5. *Issiqlik mashinasining FIK ni oshirish uchun nima qilish kerak?*

## 29-mavzu. INSON HAYOTIDA ISSIQLIK DVIGATELLARINING AHAMIYATI. ISSIQLIK DVIGATELLARI VA EKOLOGIYA

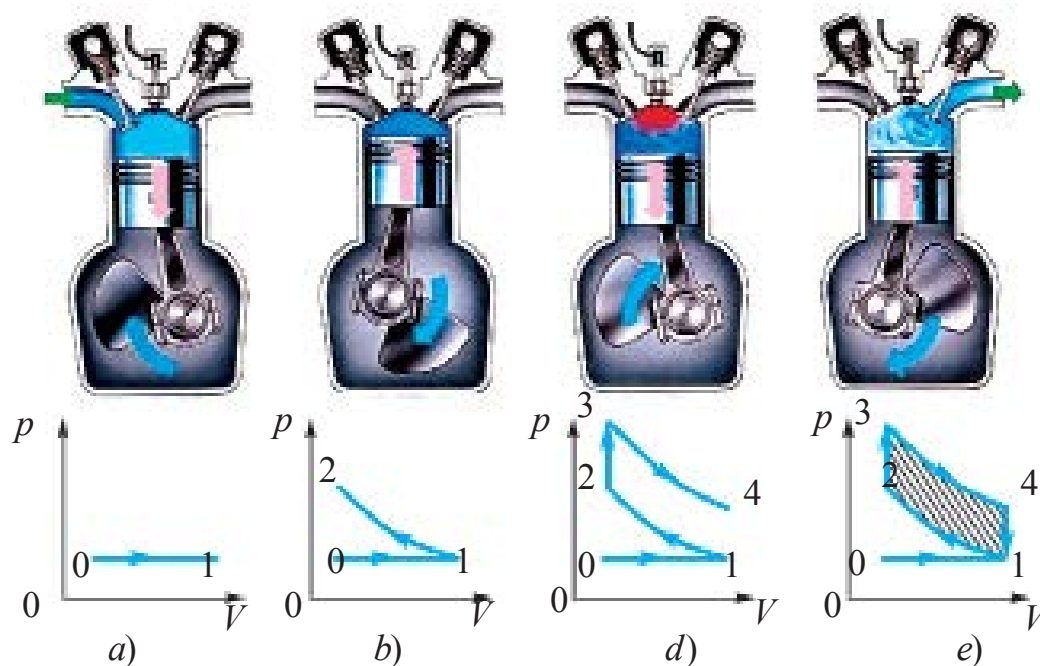
**Issiqlik dvigatellari.** Issiqlik dvigatellariga bug‘ mashinasi, bug‘ turbinasi, ichki yonuv dvigateli, reaktiv dvigatellar kiradi.

**Bug‘ mashinasi.** Bug‘ mashinalari va bug‘ turbinalarida isitkich vazifasini bug‘ qozoni, ishchi modda vazifasini bug‘, sovitkich vazifasini esa atmosfera yoki ishlatilgan bug‘ni sovitish qurilmasi–kondensator bajaradi.

**Ichki yonuv dvigateli.** Ichki yonuv dvigatelida isitkich va ishchi modda vazifasini yonilg‘i, sovitkich vazifasini esa atmosfera o‘taydi.

Odatda, yonilg‘i sifatida benzin, spirt, kerosin va dizel yoqilg‘isi ishlatiladi. Maxsus qurilma (masalan, benzinli dvigatellarda karburator) yordamida yonilg‘i va havo aralashma ko‘rinishida tayyorlanib, silindrga uzatiladi. Silindrda esa aralashma yonadi. Yonish mahsulotlari esa atmosferaga chiqarib tashlanadi. Endi ba‘zi turdagi dvigatellarga batafsil to‘xtalamiz.

**Karburatorli dvigatel.** To‘rt taktli karburatorli dvigatelning ish prinsipi va ishchi diagrammasini ko‘raylik (6.6-rasm). Tashqi kuchlar ta‘sirida porshen pastga qarab harakatlanganda (6.6 a-rasm) kiritish klapani ochilib ishchi aralashma silindrga tushadi.



6.6-rasm.

Jarayon atmosfera bosimi ostida izobarik ravishda ro‘y beradi. Porshen eng quyi holatga yetganida kiritish klapani yopilib, birinchi takt (so‘rish takti) tugaydi: grafikda jarayon 0–1 to‘g‘ri chiziq bilan ko‘rsatilgan. Ikkinchi (siqish) takti ham (6.6-*b* rasm) tashqi kuch ta‘sirida ro‘y beradi.

Har ikkala klapan ham yopiq va gaz adiabatik ravishda qiziydi. Bu grafikda 1–2 chiziqqa to‘g‘ri keladi. Uchinchi takt ish jarayonida chaq nab yonish (6.6-*d* rasm). Porshen eng yuqori holatga yetganida o‘t oldiruvchi svecha uchquni aralashmani yoqadi va gazning bosimi keskin ortadi. Grafikda bu 2–3 izoxorik jarayonga mos keladi. Klapan yopiq turib, porshen pastga qarab harakatlanadi, ya‘ni adiabatik ravishda kengayadi. 3–4 chiziq ishchi yo‘li taktiga to‘g‘ri keladi (6.6-*d* rasm). Ko‘rinib turibdiki, bu taktda gazning bosimi pasayadi, hajmi ortadi, temperaturasi pasayadi. Bu holda bajarilgan ish musbat bo‘lib, u gaz ichki energiyasining kamayishi hisobiga bajariladi. To‘rtinchi chiqarish takti 6.6-*e* rasmda tasvirlangan. Porshen eng pastga yetganida chiqarish klapani ochilib, yonish mahsulotlari chiqarish moslamasi orqali atrof-muhitga chiqarib tashlanadi. Gazning bosimi pasayadi va takt oxirida atmosfera bosimiga teng bo‘lib qoladi. Grafikda bu izoxorik jarayon 4–1 chiziq bilan ko‘rsatilgan. Porshen maxovik energiyasi hisobiga yuqori holatiga qaytadi va takt tugaydi.

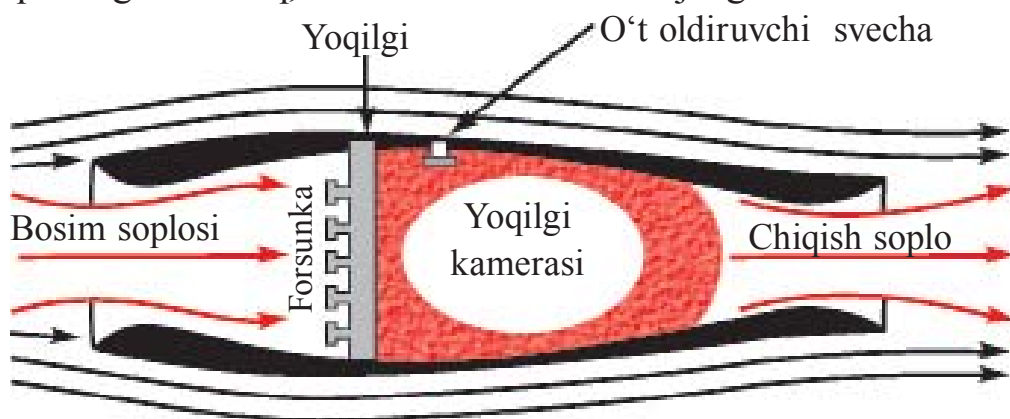
Ko‘rilgan yopiq jarayonda bajarilgan ish jarayonlar chiziqlari bilan ajratilgan, shtrixlangan shaklning yuzasiga teng bo‘ladi. Grafikni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, 3–4 qismdagi kengayish 1–2 qismdagi siqilishga nisbatan kattaroq bosimda ro‘y beradi. Aynan shuning natijasida dvigatel foydali ish bajaradi. 3–2 va 4–1 izoxorik jarayonlarda ( $V=\text{const}$ ) ish nolga teng va yuqorida qayd etilganidek, foydali ish adiabatik kengayish va siqilishlarning farqlari bilan aniqlanadi.

Amalda ichki yonuv dvigatellarining FIK 20–30% ni tashkil etadi. Ularning FIK ni orttirish uchun esa aralashmani ko‘proq siqish kerak. Lekin ichki yonish dvigatellarida yonilg‘i aralashmasini juda qattiq siqish mumkin emas, chunki siqilgan yonilg‘i qizib, o‘z-o‘zidan yonib ketishi mumkin. Bu esa dvigatelning ish prinsipini buzadi.

**Dizel.** Nemis muhandisi Dizel yuqoridagi qiyinchiliklardan holi va FIK ancha yuqori bo‘lgan dvigatelni yaratdi. Dizellarda siqish darajasi ancha yuqori bo‘lib, uning oxirida havoning temperaturasi, yoqilg‘i o‘z-o‘zidan o‘t olishi uchun yetarli darajada baland bo‘ladi. Yoqilg‘i esa karburatorli

dvigatellarnikidek birdaniga emas, balki asta-sekin, porshen harakatining biror qismi davomida yonadi. Yoqilg'ining yonish jarayoni ishchi bo'shliqning hajmi ortib borishi davomida ro'y beradi. Shuning uchun ham gazlarning bosimi ish davomida o'zgarmay qoladi. Shunday qilib, dizelda aralashmaning yonish jarayoni o'zgarmas bosimda ro'y beradi. Karburatorli dvigatellarda esa bu jarayon o'zgarmas hajmda ro'y berar edi. Dizel, karburatorli dvigatelga qaraganda tejamkorroq bo'lib, FIK ham ancha yuqori, qariyb 40% ni tashkil qiladi. Uning quvvati ham ancha katta bo'lishi mumkin. Shu bilan birga, ancha arzon yoqilg'ida ham ishlayveradi. Dizellar statsionar qurilmalarda, temir yo'l, havo va suv transportlarida keng qo'llaniladi. Hozirgi paytda kichik quvvatli dizellar avtomashina va traktorlarda ham ko'p ishlatilmoqda.

**Reaktiv dvigatel.** 6.7-rasmda reaktiv dvigatelning sxematik tuzilishi keltirilgan. Uning ish prinsipi quyidagicha. Samolyot uchganda qarshisidan kelayotgan havo oqimi soplo orqali o'tib, forsunka sochayotgan yoqilg'i bilan aralashib, ishchi yoqilg'ini hosil qiladi. So'ngra yonish kamerasiga tushadi va o't oldiruvchi svecha yordamida yonadi. Ishchi aralashmaning yonishi natijasida hosil bo'lgan gazlar katta tezlik bilan chiqarish tirqishi—soplo orqali chiqarib tashlanadi. Aralashmaning yonishi bosimning keskin ortishiga olib keladi va natijada soplodan chiqadigan gazning tezligi dvigatelga kirayotgan gazning tezligidan juda katta bo'ladi. Aynan shu tezliklar farqi natijasida impulsning saqlanish qonuniga muvofiq, reaktiv tortish kuchi vujudga keladi.



6.7-rasm.

Hozirgi issiqlik mashinalarining FIK 40% dan (ichki yonuv dvigatellari) 60% gacha (reaktiv dvigatellar) bo'lishi mumkin. Shuning uchun ham olimlar mavjud dvigatellarni takomillashtirish yo'lida tinimsiz izlanishlar olib borishmoqda. Shu bilan birga, ichki yonuv dvigatellarining tinimsiz ko'payib borayotganligi tabiatga va atrof-muhitga katta xavf tug'dirmoqda. Ekologik toza dvigatellarni yaratish bugungi kunning eng dolzarb muammolaridan biridir.

**Tabiatni muhofaza qilish.** Tabiatning oliy mahsuli bo'lmish inson, qolaversa boshqa jonzoqlar ham shu tabiatning bir qismidir. Ular yashashi va rivojlanishi uchun esa zarur ne'matlar—toza havo, toza suv va toza mahsulotlar kerak. Biz nafas oladigan havo Yer atmosferasini tashkil qiluvchi gazlarning aralashmasidir. Uning tarkibida kislorod, azot, vodorod va boshqa tabiiy gazlardan tashqari chang, tutun, tuz zarralari va boshqa aralashmalar mavjud. Bundan tashqari, havo tarkibida sanoat chiqindilari ham bo'ladi.

Issiqlik dvigatellarining ko'p miqdorda ishlatilishi ham atrof-muhitga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Hisob-kitoblarga qaraganda, hozirgi paytda Yer yuzida har yili 2 milliard tonna ko'mir va 1 milliard tonna neft yoqiladi. Bu esa Yerdagi temperaturaning ko'tarilishiga va natijada muzliklarning erib, okeanlardagi suv sathining ko'tarilishiga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, atmosferaga 120 million tonna kul va 60 million tonnagacha zaharli gaz chiqarib tashlanadi.

Dunyodagi 200 milliondan ortiq avtomobil har kuni atmosferani uglerod (II) oksid, azot va uglevodorodlar bilan zaharlaydi. Issiqlik va atom elektr stansiyalari quvvatlarining ortishi bilan suvga bo'lgan ehtiyoj ham ortib boradi. Shuning uchun hozir havo va suv havzalarining ifloslanishidan saqlanishning bevosita va bilvosita usullaridan foydalaniladi. Bevosita usul—bu turli tutunlar va gazlarni tozalab chiqarish; atmosferani kam ifloslantiradigan yoqilg'ilar—tabiiy gaz, oltingugurtsiz neft va boshqalardan foydalanish; benzinsiz yuradigan avtomobil dvigatellarini yaratish va hokazolar.

Bilvosita usullar atmosferaning pastki qatlamidagi zaharli moddalar konsentratsiyasining keskin kamayishiga olib keladi. Bular chiqindi chiquvchi manbalarning balandligini orttirish, meteorologik sharoitlarini hisobga olib aralashmalarni havoga sohib yuborishning turli usullaridan foydalanish va hokazolar.



- 1. Issiqlik dvigatellariga nimalar kiradi?*
- 2. Karburatorli dvigatelning ish prinsipini tushuntiring.*
- 3. Ichki yonish dvigateli FIK ni oshirishning qanday qiyinchiligi bor?*
- 4. Dizelning ish prinsipini tushuntiring.*
- 5. Reaktiv dvigatelning ish prinsipini tushuntiring.*
- 6. Tabiatni muhofaza qilish uchun qanday chora-tadbirlar ko'rilmogda?*

### Masala yechish namunasi

Foydali ish koeffitsiyenti 0,4 ga teng bo'lgan Karno siklida gazning izotermik ravishda kengayishda bajarilgan ish 8 J bo'lsa, gazning izotermik ravishda siqilishidagi ish aniqlansin.

Berilgan:	Formulasi va yechilishi:
$\eta = 0,4$	Siklning $pV$ -diagrammasini tuzamiz $\eta=0,4$ ; 1–2 o'tish gazning izotermik kengayishini; 3–4 o'tish esa izotermik siqilishini ko'rsatadi.
$A = 8 \text{ J}$	
$T = \text{const}$	
Topish kerak	
$A_s - ?$	

Karno siklining FIK quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

bu yerda:  $Q_1$ –gazning isitkichdan olgan issiqlik miqdori,  $Q_2$ –gazning sovitkichga bergan issiqlik miqdori. Izotermik kengayishda bajarilgan  $A_k$  ish gazning isitkichdan olgan  $Q_1$  issiqlik miqdoriga, izotermik siqilishdagi  $A_s$  ish esa gazning sovitkichga bergan  $Q_2$  issiqlik miqdoriga teng bo'ladi, ya'ni  $Q_1 = A_k$ ;  $Q_2 = A_s$ .

Unda siklning FIK quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\eta = \frac{A_k - A_s}{A_k}.$$

Bundan  $A_s$  ni topib, berilganlarni o'rniga qo'yib hisoblaymiz:

$$A_s = (1 - 0,4) \cdot 8 \text{ J} = 4,8 \text{ J}. \quad \text{Javobi: } A_s = 4,8 \text{ J}.$$

### 6-mashq

1. Temperaturasi  $20^\circ\text{C}$  ga ortganda 200 g geliyning ichki energiyasi qanchaga o'zgaradi? (Javobi:  $\Delta U = 12,5 \text{ kJ}$ ).

2. 320 g kislorodni 10 K ga izobarik qizdirilganda qancha ish bajariladi? (Javobi:  $A = 830 \text{ J}$ ).

3.  $15^\circ\text{C}$  temperaturali 1,5 kg suv bo'lgan idishga  $100^\circ\text{C}$  temperaturali 200 g suv bug'i kiritildi. Bug' kondensatsiyalangandan keyin umumiy temperatura qanday bo'ladi? (Javobi:  $t = 89^\circ\text{C}$ ).

4. Massasi 290 g bo'lgan havoni 20 K ga izobarik qizdirganda u qancha ish bajargan va bunda unga qancha issiqlik miqdori berilgan? (Javobi: 1,7 kJ; 5,8 kJ).

5. 800 mol gazni 500 K ga izobarik qizdirishda unga 9,4 MJ issiqlik miqdori berildi. Bunda gaz bajargan ishni va uning ichki energiyasi qancha ortganini aniqlang. (*Javobi:* 3,3 MJ; 6,1 MJ).

6. Temperaturasi 27° C bo'lgan 160 g kislorod izobarik qizdirilganda uning hajmi ikki marta ortdi. Gazning kengayishida bajarilgan ishni, kislorodni qizdirishga ketgan issiqlik miqdorini, ichki energiya o'zgarishini toping. (*Javobi:* 12,5 kJ; 44,2 kJ; 31,7 kJ).

7. Ideal issiqlik mashinasi qizdirgichining temperaturasi 117° C, sovitkichiniki 21° C. Mashinaning 1 s da qizdirgichdan olayotgan issiqlik miqdori 60 kJ ga teng. Mashinaning FIK ini, 1 s da sovitkichga berilayotgan issiqlik miqdorini va mashinaning quvvatini hisoblang. (*Javobi:* 23 %; 146 kJ; 14 kW).

8. Ideal issiqlik mashinasida qizdirgichdan olinayotgan har bir kilojoul energiya hisobiga 300 J ish bajariladi. Agar sovitkichning temperaturasi 280 K bo'lsa, mashinaning FIK ini va qizdirgichning temperaturasini aniqlang. (*Javobi:* 30 %; 400 K).

9. 110 kW quvvatga erishadigan va bir soatda 28 kg dizel yonilg'i sarflaydigan traktor dvigatelining FIK ini toping. (*Javobi:* 34 %).

10. Agar mototsikl 108 km/soat tezlik bilan harakatlanib, 100 km yo'l bosganida 3,7 l benzin sarflansa, dvigatelning FIK 25 % bo'lsa, mototsikl dvigateli erishgan o'rtacha quvvat qanday bo'ladi? (*Javobi:* 8,9 kW).



## VI bobni yakunlash yuzasidan test savollari

1. **Termodinamikaning birinchi qonunini ko'rsating.**  
 A)  $\Delta U = Q + A$ ;    B)  $Q = \Delta U + A$ ;    C)  $Q = \Delta U - A$ ;    D)  $\Delta U = Q - A$ .
2. **Gapni to'ldiring. Atrof-muhit bilan issiqlik miqdori almashmasdan ro'y beradigan jarayonga ... jarayon deyiladi.**  
 A) ... izotermik;    B) .. izoxorik;    C) ... adiabatik;    D) ...izobarik.
3. **Gapni to'ldiring. Karno siklining foydali ish koeffitsiyenti ...**  
 A) ... birga teng;    B) ... birdan katta;  
 C) ... nolga teng;    D) ... birdan kichik.
4. **Issiqlik miqdori o'z-o'zidan past temperaturali jismdan yuqori temperaturali jismga o'tmaydi. Bu ta'rif nimani ifodalaydi?**  
 A) Termodinamikaning I qonuni;    B) Termodinamik muvozanatni;  
 C) Termodinamikaning II qonuni;    D) Termodinamik jarayon.
5. **Gapni to'ldiring. Yoqilg'ining ichki energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradigan mashinaga ... deyiladi.**  
 A) ... issiqlik dvigateli;    B) ... issiqlik mashinasi;  
 C) ... reaktiv dvigateli;    D) ... bug' turbinasi.

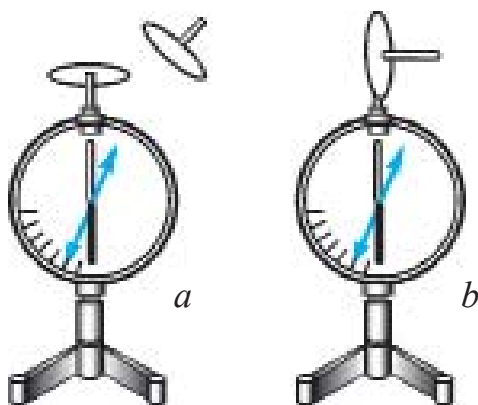
## VI bobda o'rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar

Termodinamik sistema	O'zaro va tashqi jismlar bilan ta'sirlashadigan hamda energiya almashadigan moddalar va jismlar majmuasi.
Temperatura	Makroskopik sistemaning termodinamik muvozanat holatini xarakterlovchi fizik kattalik.
Makroskopik sistema	Juda ko'p sondagi atom va molekulalardan tashkil topgan sistema.
Termodinamik muvozanat	Sistemaning makroskopik parametrlari ancha uzoq vaqtgacha o'zgarmay turadigan jarayon.
Termodinamik jarayon	Termodinamik sistemaning hech bo'lmaganda birorta parametrining o'zgarishi.
Qaytar jarayon	Sistemaning oxirgi holatdan boshlang'ich holatga o'sha oraliq holatlar orqali, teskari yo'nalishda atrof-muhitda hech qanday o'zgarish ro'y bermasdan o'tishi.

Qaytmas jarayon	Ma'lum qarshilikka uchraydigan yoki issiq jismdan sovuq jisimga issiqlik uzatish bilan ro'y beradigan har qanday holat.
Ichki energiya	Moddaning barcha molekulalarning betartib harakat kinetik energiyalari va ularning o'zaro ta'sir potensial energiyalarining yig'indisi
Termodinamikaning birinchi qonuni	$Q = \Delta U + A$ $Q$ – issiqlik miqdori; $\Delta U$ – ichki energiya o'zgarishi; $A$ – bajarilgan ish.
Termodinamikaning ikkinchi qonuni	Issiqlik miqdori o'z-o'zidan past temperaturali jismdan yuqori temperaturali jisimga o'tmaydi.
Adiabatik jarayon	Atrof-muhit bilan issiqlik miqdori almashmasdan ro'y beradigan jarayon.
Issiqlik mashinasi	Yoqilg'ining ichki energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradigan mashinalar.
Aylanma jarayon yoki sikl	Sistemaning bir qancha holatlardan o'tib, o'zining dastlabki holatiga qaytadigan jarayon.
Karno sikli	Navbatma-navbat o'zaro almashinib turuvchi ikki izotermik va ikki adiabatik jarayonlardan iborat qaytar aylanma issiqlik jarayoni.
Issiqlik mashinasining foydali ish ko'effitsiyenti	$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ , $Q_1$ – isitkichdan olingan issiqlik miqdori, $Q_2$ – sovutkichga berilgan issiqlik miqdori.

## VII bob. ELEKTRODINAMIKA

### 30-mavzu. ZARYADNING SAQLANISH QONUNI. NUQTAVIY ZARYADNING MAYDONI. ELEKTR MAYDON KUCHLANGANLIGINING SUPERPOZITSIYA PRINSIPI



7.1-rasm.

**Zaryadlarning saqlanish qonuni.** Jismlar elektrlanganda ulardagi umumiy zaryad miqdori o'zgaradimi? Bu savolga javob topish uchun quyidagi tajribani o'tkazaylik (7.1 *a*-rasm).

Elektrometr olib, uning sterjeniga metall disk o'rnatamiz. Disk ustiga qalin movut o'rab, uning ustidan izolatsiya dastali boshqa diskni ishqalaylik. Bunda elektrometr strelkasi og'adi. Bu esa movutda va unga ishqalangan diskda elektr zaryadlari hosil

bo'lganligini ko'rsatadi.

Tajribani davom ettiramiz. Movutga ishqalangan diskni ikkinchi elektrometr sterjeniga tekizamiz (7.1-*b* rasm). Bunda ikkinchi elektrometr strelkasi ham buriladi. Strelkaning og'ish burchagi birinchi elektrometr strelkasining og'ish burchagiga teng bo'ladi. Bu esa har ikkala disk son qiymati jihatidan teng miqdorda zaryadlanganligini ko'rsatadi. Agar har ikkala elektrometr sterjenlarini metall o'tkazgich bilan tutashtirilsa, har ikkala elektrometr strelkasi nol holatga kelganligini ko'ramiz. Bu hodisa elektrometrlar (disklar) son qiymati jihatidan teng, lekin ishoralari turlicha bo'lgan zaryadga ega bo'lganliklarini ko'rsatadi. Shu sababli bu zaryadlarning yig'indisi nolga teng chiqdi.

Elektrlanishga oid o'tkazilgan barcha tajribalar shuni ko'rsatadiki, yagona jismni zaryadlab bo'lmas ekan. Jismni zaryadlash uchun albatta, ikkinchi jismning bo'lishi shart. Elektrlanish jarayonida jismlardan biri qancha manfiy zaryad olsa, ikkinchisi shuncha miqdordagi musbat zaryadga ega bo'ladi. Natijada jismlardagi umumiy zaryadlar miqdori o'zgarishsiz saqlanadi.

**Har qanday yopiq sistema ichidagi barcha jismlar zaryadlarining algebraik yig'indisi o'zgarmaydi ya'ni:**

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const.} \quad (7.1)$$

Bu xulosa *elektr zaryadining saqlanish qonuni* deb ataladi.

Zaryadlarning saqlanish qonuni 1750-yilda amerikalik olim va siyosiy arbob Bendjamin Franklin tomonidan kiritilgan.

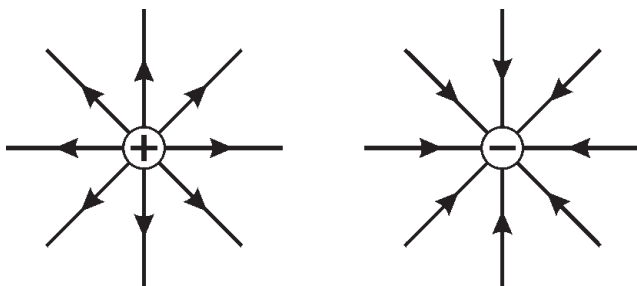
Faradey va Maksvell nazariyasiga ko'ra zaryadlangan jismlar atrofida **elektr maydon** hosil bo'ladi. O'zaro ta'sir shu elektr maydon vositasida amalga oshadi. Bu maydonni qo'l bilan ushlab, ko'z bilan ko'rib bo'lmaydi. Uni faqat ta'sirlariga ko'ra sezish mumkin.

Elektr maydonining zaryadli zarralarga ta'sirini o'rganish shuni ko'rsatadiki, maydonning ta'siri zaryadlangan jism yaqinida kuchli, undan uzoqlashgan sari kuchsizlanib boradi. Elektr zaryadlari hosil qilgan maydonning kuchli yoki kuchsiz ekanligini ko'rsatish uchun elektr maydon kuchlanganligi deb ataluvchi kattalik kiritilgan. **Elektr maydon kuchlanganligi**

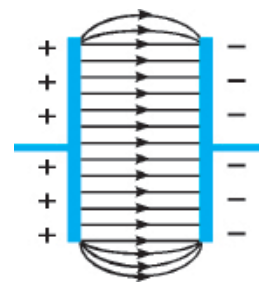
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (7.2)$$

formula bilan aniqlanadi. Bunda  $\vec{E}$ –maydonning biror nuqtasidagi maydon kuchlanganligi;  $q_0$ –maydonning shu nuqtasiga kiritilgan zaryad miqdori;  $|\vec{F}|$ –elektr maydoni tomonidan kiritilgan  $q_0$  zaryadga ta'sir etuvchi kuch.

Elektr maydoni kuch chiziqlari yoki kuchlanganlik chiziqlari yordamida tavsiflanadi (7.2 va 7.3-rasmlar). Elektr maydon kuchlanganligi vektor kattalik bo'lib, kuch chiziqlari yo'nalishida bo'ladi.



7.2-rasm.



7.3-rasm.

Kuchlanganlik birligi  $[E] = \frac{|F|}{|q|} = 1 \frac{N}{C}$  yoki  $1 \frac{V}{m}$ .

Nuqtaviy  $q$  zaryadning  $r$  masofada hosil qilgan maydon kuchlanganligini hisoblaylik:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}; F = k \frac{|q| \cdot |q_0|}{r^2}; E = \frac{k \frac{|q| \cdot |q_0|}{r^2}}{|q_0|} = k \frac{|q|}{r^2};$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2}.$$

(7.3)

Bu yerda:  $r$ —nuqtaviy zaryaddan maydon kuchlanganligi aniqlanadigan nuqtagacha bo'lgan masofa;  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ .

Elektr maydonini asosan zaryadlar tizimi hosil qiladi. Masalan,  $q_1$  va  $q_2$  zaryadlar tizimi hosil qilgan maydonning biror nuqtasiga sinov zaryadini kiritsak, unga har bir zaryad tomonidan  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  kuchlar ta'sir etadi (7.4-rasm). Sinash zaryadiga ta'sir etayotgan bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2. \quad (7.4)$$

U holda  $A$  nuqtadagi maydonning kuchlanganligi quyidagiga teng:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2. \quad (7.5)$$

(7.5) ifoda quyidagicha ta'riflanadi:

**Zaryadlar sistemasining biror nuqtada hosil qilgan elektr maydonining kuchlanganligi, sistemaga kiruvchi har bir zaryadning o'sha nuqtada alohida-alohida hosil qilgan maydon kuchlanganliklarining vektor yig'indisiga teng.**

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n. \quad (7.6)$$

**Bu elektr maydonning superpozitsiya prinsipi deyiladi.**

Superpozitsiya so'zining lug'aviy ma'nosi "qo'shilish yoki ustma-ust tushish" degan ma'noni anglatadi.

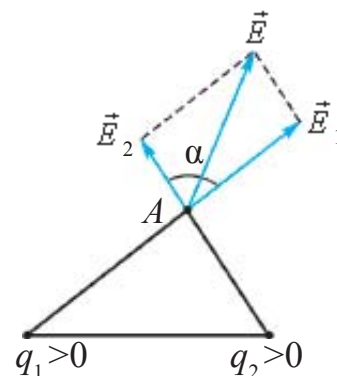
Superpozitsiya prinsipiga ko'ra bir-biridan  $r$  masofada joylashgan ikki nuqtaviy zaryadning biror nuqtadagi maydon kuchlanganligini hisoblaylik (7.4-rasm). Har bir zaryadning qaralayotgan nuqtadagi maydon

kuchlanganligi  $\vec{E}_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2}$  va  $\vec{E}_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2}$  ifodalarga ko'ra aniqlanadi.

Zaryadlarning shu nuqtadagi natijaviy maydon kuchlanganligi superpozitsiya prinsipiga asosan quyidagi ifoda asosida hisoblanadi:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cdot \cos \alpha}. \quad (7.7)$$

Bu yerda:  $E_1$  va  $E_2$  mos ravishda nuqtaviy zaryadlarning qaralayotgan nuqtadagi maydon kuchlanganliklari,  $\alpha$  – maydon kuchlanganlik vektorlari orasidagi burchak.



7.4-rasm.

### Masala yechish namunasi

Zaryadlari 4 nC dan bo'lgan ikkita qarama qarshi ishorada zaryadlangan nuqtaviy zaryadlar bir-biridan 10 sm masofada joylashgan. Birinchi zaryaddan 8 sm, ikkinchi zaryaddan 6 sm masofada joylashgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi nimaga teng?

Berilgan:

$$q_1 = 4 \text{ nC} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$q_2 = -4 \text{ nC} = -4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$r = 10 \text{ sm} = 10 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$r_1 = 8 \text{ sm} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

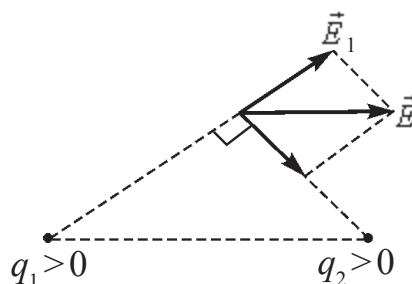
$$r_2 = 6 \text{ sm} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

Topish kerak

$E = ?$

Formulasi va yechilishi:



$$r_1^2 + r_2^2 = r^2 \text{ ekanligidan } \alpha = 90^\circ$$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = k \cdot q \sqrt{\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2}}$$

$$E = 9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-9} \sqrt{\frac{1}{(8 \cdot 10^{-2})^2} + \frac{1}{(6 \cdot 10^{-2})^2}} = 750 \frac{\text{N}}{\text{C}}.$$

Javobi:  $750 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ .



1. Nuqtaviy zaryadning kuzatilayotgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi qanday hisoblanadi?

2. Superpozitsiya so'zining ma'nosi nima?

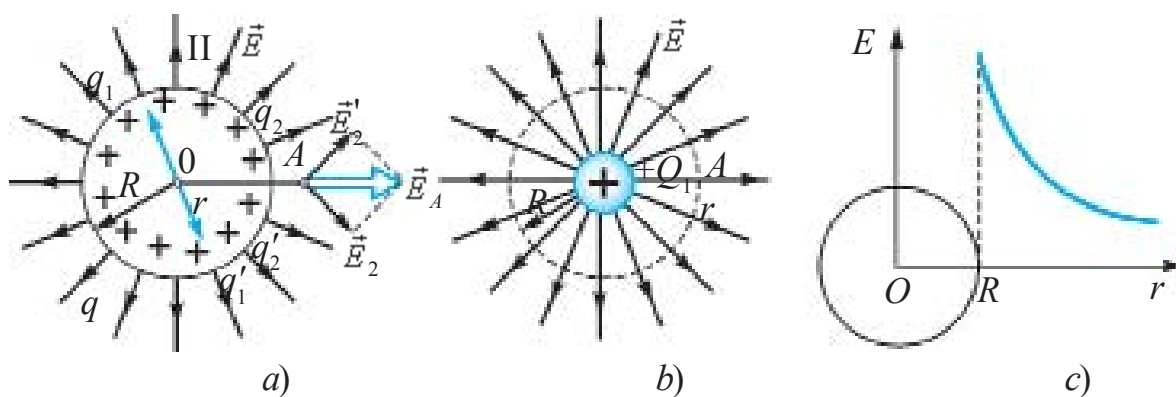
3. Superpozitsiya prinsipini ta'riflang va uning formulasini yozing.

### 31-mavzu. ZARYADLANGAN SHARNING ELEKTR MAYDONI. DIELEKTRIK SINGDIRUVCHANLIK

Radiusi  $R$  ga teng bo'lgan elektr o'tkazuvchi shar  $q$  zaryad bilan zaryadlangan bo'lsin (7.5-a rasm). Zaryadlangan bunday shar (sfera)ning hosil qilayotgan elektr maydon kuchlanganligini uning markazida, sirtida va undan tashqarisida aniqlaylik. Buning uchun biz dastlab  $q$  zaryadni sirt bo'ylab tekis taqsimlangan bir qancha bir xil miqdordagi zaryadlarga ajratamiz, ya'ni  $q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q'_1 + q'_2 + q'_3 + \dots$

Har qanday miqdori bir xil bo'lgan  $q_1$  va  $q'_1$  kabi zaryadlarning sharning markazidagi natijaviy maydoni kuchlanganligi superpozitsiya prinsipiga ko'ra nolga teng bo'ladi. Demak, zaryadlangan sferaning ichida maydon kuchlanganligi nolga teng bo'ladi.

Shardan tashqarida undan  $r$  masofada joylashgan ixtiyoriy  $A$  nuqtadagi maydon kuchlanganligini topaylik.  $OA$  chiziqqa simmetrik joylashgan  $q_2$  va  $q'_2$  zaryadlar juftini ajratib olaylik. Bu zaryadlar  $Or$  o'qi boylab yo'nalgan o'qda kuchlanganlik hosil qiladi. Demak, shar tashqarisidagi nuqtadagi maydon kuchlanganligining kuch chiziqlari, shar markaziga qo'yilgan musbat zaryadlangan nuqtaviy zaryad maydonining kuch chiziqlari bilan mos tushadi (7.5-b, rasm).



7.5-rasm.

Zaryadlangan sharning sirtidagi elektr maydon kuchlanganligi quyidagicha aniqlanadi.

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}.$$

Zaryadlangan shar tashqarisidagi nuqtada hosil qilingan maydon kuchlanganligi bilan nuqtaviy zaryad hosil qilgan maydon bir xilligidan

shar tashqarisidagi ( $r \geq R$ ) nuqtada hosil qilingan maydon kuchlanganligini quyidagi formuladan hisoblash mumkin:

$$E = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0 r^2} = k \cdot \frac{|q|}{r^2}. \quad (7.6)$$

Bunga ko'ra shar sirtidan uzoqlashgan sari maydon kuchlanganligi masofa kvadratiga teskari proporsional ravishda kamayib boradi (7.5-c rasm).

Elektr maydon kuchlanganligi maydon hosil qiluvchi zaryad joylashgan muhitning xossalariga bog'liq. Qarama-qarshi ishorada zaryadlangan ikkita plastina oralig'iga dielektrik kiritilgan holni qaraylik (7.6-rasm).

Dielektrikda erkin elektronlar juda kam. Asosiy elektronlar atom elektron qobigida joylashadi. Plastinadagi elektr zaryadlarining maydoni ta'sirida elektron qobiq deformatsiyalanadi. Natijada atomdagi musbat va manfiy zaryadlarning markazlari ustma-ust tushmaydi. Bu hodisaga *dielektrikning qutblanishi* deyiladi.

Qutblangan atomlar (molekulalar)ning hosil qilgan maydon kuchlanganligi  $\vec{E}'$ , asosiy maydon kuchlanganligi  $\vec{E}_0$  ga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. Natijada umumiy maydon  $\vec{E} = \vec{E}_0 - \vec{E}'$  gacha susayadi. Dielektrik tufayli maydonning necha marta susayganligini ko'rsatadigan kattalikka dielektrikning *dielektrik singdiruvchanligi* deyiladi:

$$\epsilon = \frac{E_0}{E}. \quad (7.7)$$

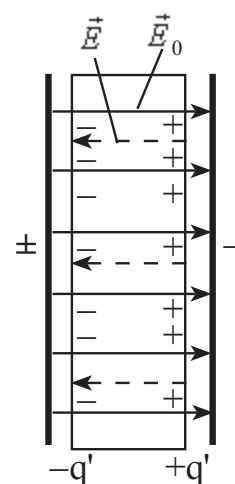
U holda, dielektrik ichida joylashtirilgan nuqtaviy zaryaddan  $r$  masofada turgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi ham  $\epsilon$  marta kamayadi:

$$E = k \frac{|q|}{\epsilon \cdot r^2}. \quad (7.8)$$

Shuningdek, bir jinsli dielektrik ichida joylashgan nuqtaviy zaryadlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchi vakuumdagi ta'sir kuchidan  $\epsilon$  marta kichik bo'ladi va bu ta'sir kuchi quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{\epsilon \cdot r^2}. \quad (7.9)$$

Dielektrik singdiruvchanlik o'lchamsiz kattalikdir.



7.6-rasm.

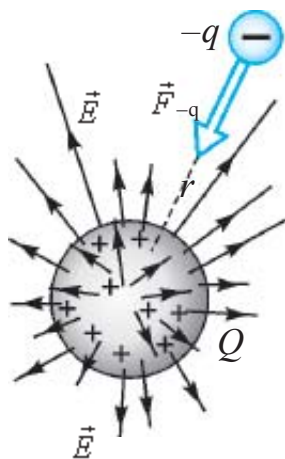




1. Nima sababdan zaryadlangan sharning ichida elektr maydoni nolga teng bo'ladi?
2. Zaryadlangan sharning sirtida va tashqarisida elektr maydoni qanday hisoblanadi?
3. Nima sababdan dielektrik moddalar elektr maydonini susaytiradi?

## 32-mavzu. NUQTAVIY ZARYAD MAYDONINING POTENSIALI. POTENSIALLAR FARQI

Elektr maydonining kuchli yoki kuchsiz ekanligini aniqlash uchun uning maydoniga sinash zaryadi kiritilib, maydon tomonidan unga qanday kuch ta'sir etishi aniqlangan edi. Shuning uchun ham elektr maydon kuchlanganligi maydonning kuch xarakteristikasi hisoblanadi.



7.7-rasm.

Maydonga sinov zaryadi olib kirilishiga asosiy zaryad maydoni qarshilik qiladi (7.7-rasm). Shunga ko'ra maydon kuchlariga qarshi ish bajarish lozim bo'ladi.

Bu bajarilgan ish qanday aniqlanadi?

Bu ish asosiy zaryad va kiritilgan sinov zaryadining o'zaro ta'sir potensial energiyasiga aylanadi:

$$W_{-q} = -k \frac{Qq}{r}. \quad (7.9)$$

Formulada minus ishora qo'yilishi, zaryadlar orasida tortishish kuchi ta'sir qilishini ko'rsatadi.

Qo'zg'almas  $Q$  musbat zaryaddan  $r$  masofada turgan  $+q$  zaryadning potensial energiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$W_{+q} = k \frac{Qq}{r}. \quad (7.10)$$

Formulada musbat ishora qo'yilishi, zaryadlar orasida itarishish kuchi ta'sir qilishini ko'rsatadi.

Potensial energiyaning nol hisobi sifatida formulaga ko'ra cheksiz katta masofa olinadi. Bunday masofada zaryadlar o'zaro ta'sirlashmaydi.

Shunday qilib, elektr maydoni kuch xarakteristikasiga ega bo'lishi bilan birga energetik xarakteristikaga ega bo'ladi. U elektr maydoni potentsiali deb ataluvchi kattalik orqali ifodalanadi.

Nuqtaviy zaryadning elektr maydoni potentsiali deyilganda asosiy va maydonga kiritilgan sinov zaryadlari o‘zaro ta’sir potentsial energiyasini sinov zaryadi miqdoriga nisbati bilan o‘lchanadigan kattalikka aytiladi:

$$\varphi = \frac{W_{-q}}{q}. \quad (7-11)$$

Nuqtaviy  $q$  zaryadning potentsiali quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi = k \frac{q}{\varepsilon \cdot r}. \quad (7.12)$$

Potentsial tushunchasidan foydalanib,  $q_1$  zaryadni maydon hosil qiluvchi  $q$  zaryaddan  $r_1$  uzoqlikdagi nuqtadan  $r_2$  uzoqlikdagi nuqtaga ko‘chirishda bajarilgan ishni topamiz:

$$A = W_1 - W_2 \text{ yoki } A = q_1 \left( k \frac{q}{\varepsilon \cdot r_1} - k \frac{q}{\varepsilon \cdot r_2} \right) = q_1 (\varphi_1 - \varphi_2). \quad (7.13)$$

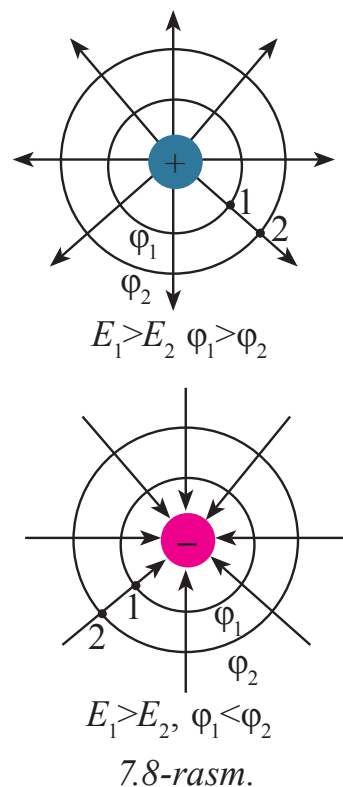
Bu ifodadagi  $\varphi_1 - \varphi_2$  ayirma nuqtalar orasidagi **potentsiallar farqi**dan iborat bo‘lib, unga **elektr kuchlanish** deyiladi va quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2. \quad (7.14)$$

Potentsial va potentsiallar ayirmasining birligi italyan olimi Voltning sharafiga Volt ( $V$ ) deb ataladi.  $\varphi = \frac{W}{q}$  dan  $1V = \frac{1J}{1C}$  ga teng. Ta’rifga ko‘ra 1C zaryadni elektr maydonning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko‘chirishda elektr maydoni 1 J ish bajaradigan nuqtalar potentsiallarining ayirmasi 1 V ga teng bo‘ladi.

Nuqtaviy zaryaddan bir xil uzoqlikda joylashgan nuqtalarning potentsiallari teng bo‘ladi. Agar ushbu nuqtalar birlashtirilib chiqilsa, hosil bo‘lgan sirt **ekvipotentsial sirt** deyiladi.

Nuqtaviy zaryadning ekvipotentsial sirti zaryad atrofida konsentrik aylanalar shaklida joylashadi (7.8-rasm). Maydon kuch chiziqlari ekvipotentsial sirtga doimo perpendikulyar bo‘ladi.



Elektr maydon kuchlanganligi va potentsiallar ayirmasi orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}, \quad (7.15)$$

$d$  – potentsiallari  $\varphi_1$  va  $\varphi_2$  boʻlgan nuqtalar orasidagi masofa. Bundan maydon kuchlanganligi birligi  $1 \frac{\text{V}}{\text{m}}$  kelib chiqadi.

### Masala yechish namunasi

Havoda turgan 5 sm radiusli metall sferaga 30 nC zaryad berildi. Zaryadlangan sfera markazidan 2 sm, sfera sirtida va sfera sirtidan 5 sm uzoqlikdagi nuqtadagi maydon potentsiali topilsin.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$q = 30 \text{ nC} = 30 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ $r = 5 \text{ sm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $r_1 = 2 \text{ sm} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $r_2 = 5 \text{ sm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$	$\varphi_{\text{ichida}} = \varphi_{\text{sirtida}} =$ $= k \frac{q}{r}$  $\varphi_{\text{tashqarisida}} =$ $= k \frac{q}{r + r_2}$	$\varphi_{\text{ichida}} = \varphi_{\text{sirtida}} = 9 \cdot 10^9 \frac{30 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-2}} = 5400 \text{ V};$  $\varphi_{\text{tashqarisida}} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{30 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot 10^{-2}} =$ $= 2700 \text{ V}.$
<b>Topish kerak</b> $\varphi_{\text{ichida}} \text{ — ?}$ $\varphi_{\text{sirtida}} \text{ — ?}$ $\varphi_{\text{tashqarisida}} \text{ — ?}$		<b>Birligi:</b> $[\varphi] = \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{\text{C}}{\text{m}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{C}} = \frac{\text{J}}{\text{C}} = \text{V}.$  <i>Javobi: 5400 V; 2700 V.</i>

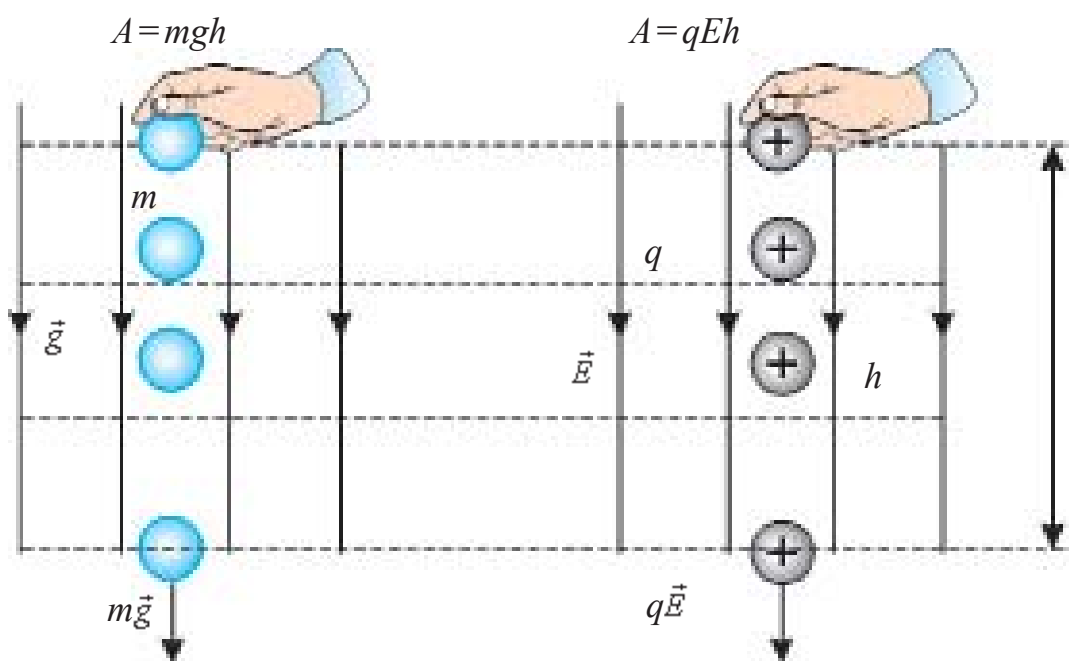


1. Elektrostatik kuchning bajargan ishi bilan maydonda koʻchayotgan zaryad potentsial energiyasi orasidagi bogʻlanishni yozing.
2. Elektr maydonida turgan zaryadning potentsial energiyasi qanday aniqlanadi?
3. Protondan  $5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$  uzoqlikdagi elektr maydon potentsialini toping. Protondan mana shunday uzoqlikda joylashgan orbita boʻylab harakatlanayotgan elektronning potentsial energiyasi nimaga teng boʻladi?

### 33-mavzu. ELEKTROSTATIK MAYDONDA ZARYADNI KO‘CHIRISHDA BAJARILGAN ISH

Mexanikada kiritilgan fizik kattaliklar (ko‘chish, kuch, kuchning bajarilgan ishi, potensial energiya) istalgan fundamental o‘zaro ta’sirlarni, shu jumladan, elektromagnit ta’sirlarni ifodalashda foydalaniladi.

Yerning bir jinsli ( $g = \text{const}$ ) gravitatsion maydonida jismni  $\vec{g}$  bo‘ylab  $h$  masofaga ko‘chirishda (7.9-rasm) og‘irlik kuchining bajarilgan ishi  $A = mgh$  edi.



7.9-rasm

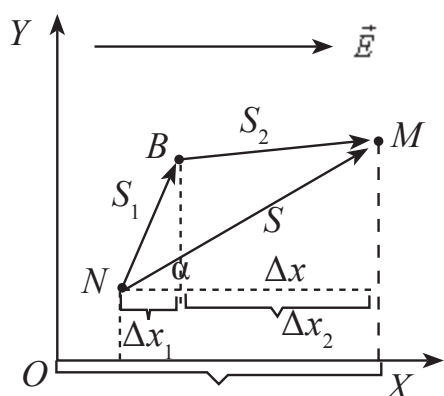
$+q$  zaryadni bir jinsli ( $\vec{E} = \text{const}$ ) elektr maydon kuch chiziqlari bo‘ylab ko‘chirishda bajarilgan ish

$$A_q = qEh \quad (7.16)$$

ga teng bo‘ladi. Bu formula elektr maydon kuchlanganligi bilan ko‘chish yo‘nalishi mos kelganda o‘rinli bo‘ladi.

Ularning yo‘nalishi mos kelmaydigan holni ham qaraylik.

Bir jinsli elektr maydoniga kiritilgan zaryad  $q$  ( $q > 0$ , bo‘lganda) elektr maydon yo‘nalishida yoki unga teskari yo‘nalishda ( $q < 0$ , bo‘lganda) ko‘chshganda elektr maydoni ish bajaradi. Ishni hisoblash uchun dastlab  $X$  o‘qini maydon kuchlanganligi bilan bir yo‘nalishda tanlaymiz (7.10-rasm).



7.10-rasm.

Musbat ishorali zaryadga maydon tomonidan ta'sir etayotgan kuch ham  $X$  o'qi bilan bir tomonga yo'nalgan bo'ladi. Maydondagi zaryad  $\vec{F} = q\vec{E}$  kuch ta'sirida  $s$  yo'l bo'ylab  $N$  nuqtadan  $M$  nuqtaga ko'chgan bo'lsa, uni ko'chirishda elektr kuchining bajargan ishi quyidagicha aniqlanadi:

$$A = F \cdot s \cdot \cos\alpha = q \cdot E \cdot s \cdot \cos\alpha. \quad (7.17)$$

Bu yerda:  $\alpha$  – kuch bilan ko'chish orasidagi burchak.

$\Delta x = x_2 - x_1 = s \cdot \cos\alpha$  ekanligidan (7.17) tenglik quyidagi ko'rinishga keladi:

$$A = qE\Delta x. \quad (7.18)$$

Endi elektrostatik maydonda  $q$  zaryadni  $NBM$  siniq chiziq bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ishni hisoblaylik. Ish skalyar kattalik bo'lganligi uchun  $NBM$  yo'lda bajarilgan ish  $NB$  va  $BM$  yo'llarda bajarilgan ishlarning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi  $A = A_1 + A_2$ .

Zaryadni ko'chirishdagi  $A_1$  va  $A_2$  ishlar xuddi zaryadni  $NM$  yo'l bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ish kabi aniqlanadi, ya'ni:

$$A_1 = qE\Delta x_1 \text{ va } A_2 = qE\Delta x_2. \quad (7.19)$$

$\Delta x_1$  va  $\Delta x_2$  mos ravishda  $s_1$  va  $s_2$  ko'chish vektorlarining  $X$  o'qdagi proeksiyalari. U holda (7.18) ga (7.19) ifoda qo'yilsa, quyidagi ko'rinishga keladi:

$$A = qE(\Delta x_1 + \Delta x_2) = qE\Delta x.$$

Bundan quyidagi xulosa kelib chiqadi. Bir jinsli elektr maydonida zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish ko'chish yo'lining shakliga bog'liq bo'lmay, faqat zaryad ko'chgan nuqtalarning boshlang'ich va oxirgi vaziyatlari (ya'ni  $\Delta x$ )ga bog'liq bo'ladi, bunday maydon *potensial maydon* deyiladi. Demak, elektrostatik maydon – potensial maydon ekan. Shuning uchun elektrostatik maydonda zaryadni yopiq kontur bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ish doimo nolga teng bo'ladi. Bajargan ishi zaryadning harakat trayektoriyasiga bog'liq bo'lmagan kuchga **konservativ kuch** deyiladi.

$E \cdot \Delta x = \varphi_2 - \varphi_1$  ekanligi hisobga olinsa,

$$A = q(U_2 - U_1) \quad (7.20)$$

ga ega bo‘lamiz. Bu formula  $q$  elektr zaryadini elektr maydonida potentsiali  $\varphi_2$  bo‘lgan nuqtadan potentsiali  $\varphi_1$  bo‘lgan nuqtaga ko‘chirishda bajarilgan ishni hisoblash formulasi.

### Masala yechish namunasi

100  $\mu C$  zaryad nuqtaviy zaryad maydon kuchlanganligi 4 kV/m bo‘lgan bir jinsli elektr maydonda 4 sm masofaga ko‘chganda elektrostatik maydon 8 mJ ish bajardi. Maydon kuch chiziqlari va ko‘chish vektori orasidagi burchak qanday bo‘lgan?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$q = 100 \mu C = 100 \cdot 10^{-6} C$	$A = q \cdot E \cdot s \cdot \cos \alpha$	$\cos \alpha = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-2}} = \frac{1}{2}$
$E = 4 \text{ kV/m} = 4 \cdot 10^3 \text{ V/m}$	$\cos \alpha = \frac{A}{q \cdot E \cdot s}$	$\cos \alpha = \frac{1}{2}$
$s = 4 \text{ sm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$		$\alpha = 60^\circ$
$A = 8 \text{ mJ} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ J}$		
Topish kerak		Javobi: $60^\circ$ .
$\alpha - ?$		



1. Potensial maydon deb qanday maydonga aytiladi?
2. Elektrostatik maydonda zaryadni yopiq chiziq bo‘ylab ko‘chirishda bajarilgan ish nimaga teng?
3. 7.20 formuladan foydalanib potentsiallar ayirmasiga ta’rif bering.

## 34-mavzu. ELEKTR MAYDON ENERGIYASI

O‘tkazgichni zaryadlash uchun zaryadlar orasidagi o‘zaro itarish kuchini yengishda ish bajariladi. Bu ish hisobiga, o‘tkazgich energiyaga ega bo‘ladi. Zaryadlangan jismning olgan energiyasi miqdor jihatdan ( $W_{el}$ —bu energiya elektr maydon energiyasi deb ataladi) uni zaryadlashda bajarilgan ishning miqdoriga aynan teng bo‘ladi, ya’ni  $A = W_{el}$ . O‘tkazgichni zaryadlashda bajarilgan ish qanday hisoblanadi? Dastlab jism zaryadlanmagan bo‘lsa, uning potentsiali nolga teng bo‘ladi. Unga  $q$  zaryad berilsa, uning potentsiali noldan  $\varphi$  gacha o‘zgaradi. Jismni zaryadlashda bajarilgan ish:

$$A = q \cdot \varphi_{o'rt} \quad (7.21)$$

ga teng bo'ladi. Jism potensialining o'rtacha qiymati uning boshlang'ich va oxirgi qiymatlarining o'rta arifmetik qiymatiga teng bo'ladi, ya'ni

$$\varphi_{o'rt} = \frac{0 + \varphi}{2} = \frac{\varphi}{2}. \quad (7.22)$$

$\varphi_{o'rt}$  ning qiymatini (7.21) tenglikka qo'yib, qo'yidagi ifodani hosil qilamiz:

$$A = \frac{q\varphi}{2}. \quad (7.23)$$

Demak, jismni zaryadlashda bajarilgan ish uning zaryadi bilan potentsiali ko'paytmasining yarmiga teng bo'lar ekan. Jismni zaryadlashda uning potentsiali  $\varphi = \frac{q}{C}$  formulaga binoan tekis, ya'ni chiziqli o'zgaradi. Bunda  $C$  – o'tkazgichning elektr sig'imi. U holda (7.23) ifodani

$$A = \frac{C \cdot \varphi^2}{2} \quad \text{va} \quad A = \frac{q^2}{2C} \quad (7.24)$$

ko'rinishlarda yozish mumkin. Jumladan,  $A = W_{el}$  munosabatga ko'ra yakka-langani zaryadlangan jismning elektr maydon energiyasini quyidagicha yozamiz:

$$W_{el} = \frac{q \cdot \varphi}{2} = \frac{C \cdot \varphi^2}{2} = \frac{q^2}{2C}. \quad (7.25)$$

Agar zaryadlangan jism kondensatordan iborat bo'lsa, uning elektr maydon energiyasini ( $W_{kon}$ ) hisoblashda (7.25) ifodadagi zaryad miqdorini kondensatorning bitta qoplamasidagi zaryad miqdori bilan, potentsialini esa uning qoplamalari orasidagi potentsiallar ayirmasi bilan almashtirish lozim, ya'ni:

$$W_{kon} = \frac{q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = \frac{C \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (7.26)$$

bo'lganligi uchun zaryadlangan kondensatorning elektr energiyasini aniqlash formulasini

$$W_{kon} = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (7.27)$$

ko'rinishlarda yozish mumkin

Zaryadlangan jismning energiyasi uning atrofida hosil bo'lgan elektr maydonida mujassamlangan bo'lib, energiyaning qiymati elektr maydoni tarqalgan fazoning hajmiga va maydonning kuchlanganligiga bog'liq bo'ladi. Xususiyl holda zaryadlangan yassi kondensatorni qarab chiqaylik. Yassi

kondensator qoplamalaridagi zaryadlar hosil qilgan elektr maydoni uning qoplamalari orasidagi muhitda mujassamlashgan bo'ladi. Fazoning hajmini  $V=sd$  formula orqali hisoblash mumkin.

Zaryadlangan yassi kondensatorning sig'imi  $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$  va kondensator maydon kuchlanganligi bilan qoplamalari orasidagi potentsiallar farqi orasidagi bog'lanish hamda (7.27) formulaga binoan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon \cdot S E^2 d^2}{2d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon \cdot E^2}{2} V. \quad (7.28)$$

**Zaryadlangan yassi kondensatorning energiyasi uning hosil qilgan elektr maydoni kuchlanganligining kvadratiga va shu maydon egallagan fazoning hajmiga to'g'ri proporsional ekan.** Maydonning hajm birligiga to'g'ri kelgan energiyasi *energiyaning hajmiy zichligi* deyiladi. Ta'rifga ko'ra:

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon_0 \epsilon \cdot E^2}{2V} V = \frac{\epsilon_0 \epsilon \cdot E^2}{2}. \quad (7.29)$$

Har bir kondensator nafaqat o'zida zaryad to'plash, shuningdek, energiya to'plash xususiyatiga ham ega. Kondensator olgan energiya qoplamalar orasidagi muhitda bo'ladi. Bu energiyani kondensator uzoq vaqt davomida saqlab bo'lmaydi. Kondensator olgan zaryadini vaqt o'tishi bilan uni o'rab turgan atrof muhitga uzatadi.

Kondensator elektr qarshiligi kichik bo'lgan zanjir orqali zaryadsizlanganda, o'z energiyasini deyarli bir zumda beradi.

### Masala yechish namunasi

Yassi havo kondensatorining sigimi  $0,1 \mu\text{F}$  teng bo'lib,  $200 \text{ V}$  potentsiallar farqiga ega. Kondensatordagi elektr maydon energiyasini hisoblang.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$C=0,1 \mu\text{F}=1 \cdot 10^{-7} \text{ F}$ $U_2-U_1=200 \text{ V}$	$W = \frac{C(U_2-U_1)^2}{2}$	$W = \frac{10^{-7} \cdot 40000}{2} \text{ F} \cdot \text{V}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$
Topish kerak $W=?$		Javobi: 2 mJ.



1. Zaryadlangan jismning olgan energiyasi qanday kattaliklarga bog'liq?
2. Kondensatorni zaryadlashda qanday ish bajariladi?
3. Zaryadlangan kondensator energiyasi qayerda to'planadi?



## 7-mashq

1. Tomonlari 10 sm bo'lgan muntazam uchburchakning ikki uchida  $-4$  nC va  $+4$  nC bo'lgan ikki zaryad joylashgan. Uchburchakning uchinchi uchidagi maydon kuchlanganligi nimaga teng? (*Javobi: 3,6 kV/m*).

2. Dielektrik muhit ichida bir-biridan 6 sm masofada zaryadi 6 nC va  $-8$  nC bo'lgan ikki zaryad joylashgan. Ular o'rtasidagi maydon kuchlanganligi qanday? (*Javobi: 140kV/m*).

3. Qanday nuqtaviy zaryad potentsiallar farqi 100 V bo'lgan ikki nuqta orasida ko'chirilganda, maydon  $5 \mu\text{J}$  ish bajaradi? (*Javobi: 50 nC*).

4. Elektrostatik maydonning biror nuqtasidagi 50nC zaryad  $7,5 \mu\text{J}$  potensial energiyaga ega. Shu nuqtadagi elektr maydon potensialini toping. (*Javobi: 150 V*).

5. Ikkita  $+0,4 \mu\text{C}$  va  $-0,6 \mu\text{C}$  nuqtaviy zaryadlar bir-biridan 12 sm masofada joylashgan. Zaryadlarni tutashtiruvchi kesma o'rtasida elektr maydon potentsiali qanday bo'ladi? (*Javobi:  $-30$  kV*).

6. Zaryadi  $3 \cdot 10^{-8}$  C ga teng bo'lgan ikki nuqtaviy zaryad havoda bir-biridan 50 sm masofada turibdi. Ularni 20 sm gacha yaqinlashtirish uchun qanday ish bajarilishi kerak? (*Javobi:  $10,8 \mu\text{J}$* ).

7. Agar zaryadlangan ikkita parallel plastinka orasidagi masofa 12 sm, potentsiallar ayirmasi 180 V bo'lsa, plastinkalar orasidagi maydon kuchlanganligini aniqlang. (*Javobi: 1500 V/m*).

8. Kuchlanganligi 6000 V/m bo'lgan bir jinsli elektr maydonda bitta kuchlanganlik chizig'ida olingan, orasidagi masofa 2 sm bo'lgan ikki nuqta orasidagi potentsiallar farqi qanday bo'ladi? (*Javobi: 120 V*).

9. Yassi kondensator qoplamalaridagi kuchlanish 150 V, zaryadi  $80 \mu\text{C}$  bo'lsa, kondensatordagi maydon energiyasi nimaga teng? (*Javobi: 6 mJ*).

10. Yassi kondensator  $2 \mu\text{C}$  zaryad olib,  $0,5 \mu\text{J}$  maydon energiyasiga ega bo'ldi. Kondensator sig'imi qanday bo'lgan? (*Javobi:  $16 \mu\text{F}$* ).

11. Yassi kondensatorga  $4 \cdot 10^{-5}$  C zaryad berilganda, uning energiyasi 20 mJ ga teng bo'ldi. Kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanish qanday bo'lgan? (*Javobi: 1000 V*).

12. Dielektrik singdiruvchanligi 4 va kuchlanganligi  $3 \cdot 10^3$  V/m bo'lgan nuqtadagi elektr maydonning energiya zichligini toping. (*Javobi:  $159 \mu\text{J/m}^3$* ).

## VII bobni yakunlash yuzasidan test savollari

1. Maydon kuchlanganligi  $800 \text{ V/m}$  bo'lgan nuqtaga joylashgan  $5 \mu\text{C}$  zaryadga qancha elektrostatik kuch ( $N$ ) ta'sir qiladi?  
A)  $4 \cdot 10^{-2}$ ;                      B)  $4 \cdot 10^{-3}$ ;                      C)  $3,2 \cdot 10^{-5}$ ;                      D)  $1,6 \cdot 10^{-5}$ .
2. Kuchlanganligi  $27,3 \text{ kV/m}$  bo'lgan elektr maydonda harakat qilayotgan elektronning tezlanishi nimaga teng ( $\text{m/s}^2$ )?  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .  
A)  $4,8 \cdot 10^{16}$ ;                      B)  $4,8 \cdot 10^{15}$ ;                      C)  $7,2 \cdot 10^{16}$ ;                      D)  $9,6 \cdot 10^{15}$ .
3.  $1 \cdot 10^{-4} \text{ g}$  massali zaryadlangan tomchi, kuchlanganligi  $100 \text{ N/C}$  bo'lgan bir jinsli elektr maydonda muvozanatda turibdi. Tomchining zaryadini aniqlang ( $C$ ).  
A)  $10^{-8}$ ;                              B)  $10^{-6}$ ;                              C)  $10^{-4}$ ;                              D)  $10^{-3}$ .
4. Radiusi  $2 \text{ sm}$  bo'lgan metall sharga  $1,2 \text{ nC}$  zaryad berildi. Shar sirti yaqinidagi elektr maydon kuchlanganligini toping ( $\text{kV/m}$ ).  
A) 27;                                      B) 18;                                      C) 24;                                      D) 9.
5. Radiusi  $6 \text{ sm}$  bo'lgan metall sharga  $24 \text{ nC}$  zaryad berilgan. Shar markazidan  $3 \text{ sm}$  uzoqlikdagi nuqtada kuchlanganlik qanchaga teng bo'ladi ( $\text{kV/m}$ )?  
A) 45;                                      B) 90;                                      C) 60;                                      D) 0.
6. Radiusi  $12 \text{ sm}$  bo'lgan sharning sirtida  $0,18 \mu\text{C}$  musbat zaryad tekis taqsimlangan. Sharning markazidagi maydon potensialini toping ( $V$ ).  
A) 90;                                      B) 60;                                      C) 120;                                      D) 180.
7. Ikkita nuqtaviy zaryad orasidagi masofani 9 marta kamaytirsak, ularning o'zaro ta'sir potensial energiyasi qanday o'zgaradi?  
A) 9 marta ortadi;                      B) 9 marta kamayadi;  
C) 3 marta ortadi;                      D) 3 marta kamayadi.
8. Nuqtaviy  $q$  zaryad potentsiallar farqi  $100 \text{ V}$  bo'lgan ikki nuqta orasida ko'chirilganda,  $5 \text{ mJ}$  ish bajarilgan.  $q$  zaryad kattaligi ( $\mu\text{C}$ ) qanday bo'lgan?  
A) 20;                                      B) 5;                                      C) 500;                                      D) 50.

## VII bobda o'rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar

Zaryadlarning saqlanish qonuni	Har qanday yopiq sistema ichidagi barcha jismlar zaryadlarining algebraik yig'indisi o'zgarmaydi ya'ni: $q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const}$ .
Elektr maydonining kuch chiziqlari	Elektr maydoniga kiritilgan musbat zaryadga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch yo'nalishini ko'rsatuvchi chiziqlar. Musbat zaryad hosil qilgan elektr maydon kuch chiziqlari zaryaddan chiquvchi, manfiy zaryadniki esa zaryadga kiruvchi bo'ladi.
Elektr maydon kuchlanganligi	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ elektr maydoniga kiritilgan musbat birlik zaryadga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch.
Nuqtaviy $q$ zaryadning $r$ masofada hosil qilgan maydon kuchlanganligi	$E = k \frac{ q }{r^2}$ .
Elektr maydonning superpozitsiya prinsipi	Zaryadlar sistemasining biror nuqtada hosil qilgan elektr maydonining kuchlanganligi, sistemaga kiruvchi har bir zaryadning o'sha nuqtada alohida-alohida hosil qilgan maydon kuchlanganliklarining vektor yig'indisiga teng: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$ .
Zaryadlangan shar (sfera) ichkarisida va sirtidagi nuqtalardagi hosil qilingan maydon kuchlanganligi	$E = 0$ ; $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ .
Dielektrikning qutblanishi	Elektr maydoniga joylashtirilgan modda (muhit) atomlari (molekulalari) elektron qobig'ining elektr maydon ta'sirida deformatsiyalanadi. Natijada atomlar (molekular) da musbat va manfiy zaryad markazlari ustma-ust tushmaydi.

Dielektrik singdiruvchanlik	$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$ .
Dielektrik ichida joylashtirilgan nuqtaviy zaryaddan $r$ masofada turgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi	$E = k \frac{ q }{\varepsilon \cdot r^2}$ .
Qo'zg'almas $Q$ musbat zaryaddan $r$ masofada turgan $+q$ zaryadning potensial energiyasi	$W_{+q} = k \frac{Qq}{r}$ .
Nuqtaviy $q$ zaryadning potentsiali	$\varphi = k \frac{q}{\varepsilon \cdot r}$ .
Elektr kuchlanish	$U = \varphi_1 - \varphi_2$ .
Konservativ kuch	Bajargan ishi zaryadning ko'chish trayektoriyasiga bog'liq bo'lmagan kuch.
Energiyaning hajmiy zichligi	$w = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot E^2}{2}$ .

## VIII bob. O'ZGARMAS TOK QONUNLARI

### 35-mavzu. ELEKTR O'TKAZUVCHANLIK.

#### TOK KUCHINING KUCHLANISHGA BOG'LIQLIGI

8-sinfda elektr toki mavjud bo'lishi uchun 3 ta shart bajarilishi aytilgan edi.

1. Tok manbayi bo'lishi.
2. Tok o'tuvchi zanjirda erkin ko'cha oladigan zaryadli zarralarning bo'lishi.
3. Zanjir berk bo'lishi.

Unda shuningdek qattiq, suyuqlik va gazlarda elektr toki o'tishi qaralganda elektr qarshiligi tushunchasi kiritilgan edi. Elektr toki qanday zaryadli zarralar hisobiga mavjud bo'ladi? Nima sababdan elektr tokining o'tishiga muhit qarshilik ko'rsatadi? Bunday savollarga javob berishdan oldin elektr o'tkazuvchanlik tushunchasini kiritamiz.

**Elektr qarshiligiga teskari bo'lgan kattalikka *elektr o'tkazuvchanlik*  $\left(\frac{1}{R}\right)$  deyiladi.** Birligi nemis olimi E. R. Siemens sharafiga qo'yilgan.

$$\gamma = \frac{1}{R}; \quad (8.1)$$

$$1 \text{ Siemens} = 1\text{S} = \frac{1}{\Omega}.$$

Metallarning elektr o'tkazuvchanligini o'rganishga XX asrning boshida kirishilgan edi. 1901-yilda nemis olimi Karl Rikke juda yaxshi silliqlangan uchta silindrdan (ikkita aluminiy va bitta mis) iborat zanjir tuzadi va undan bir yil davomida tok o'tkazadi (8.1-rasm). Bu vaqt ichida silindrlardan umumiy miqdori  $3,5 \cdot 10^6$  C zaryad o'tadi, lekin bu silindrlar moddasining kimyoviy tarkibi o'zgarishiga olib kelmadi. Tajriba tugab, silindrlar ajratilgach, ularning massalari ham o'zgarmaganligi aniqlandi. Atomlarning

bir-biriga o'tish izlari qattiq jismlardagi oddiy diffuziya natijalaridan ortiq bo'lmadi. Lekin, bu tajriba metallarda aynan qanday zarralar tufayli tok o'tishini tushuntirib bermadi.

Amerikalik fiziklar T. Styuart va R. Tolmenlar quyidagicha tajriba o'tkazganlar. 1916-yilda o'tkazilgan bu tajribada metall o'tkazgich o'ralgan katta diametrli g'altak olinib, uni 500 ayl/min chastota bilan aylanma harakatga keltirilgan va birdaniga to'xtatilgan (8.2-rasm). Bunda g'altakdagi erkin zaryadlar yana biroz vaqt inersiya bilan harakatlanishda davom etganligi uchun qisqa vaqtli tok yuzaga kelgan. Buni tok o'tkazgich uchlariga ulangan sirpanuvchi kontaktlar orqali ulangan galvanometr qayd etgan. Olimlar tok tashuvchi zarralarining  $\frac{q_0}{m}$  solishtirma zaryadini tajribada aniqlashdi. U  $1,8 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$  ga teng chiqib, elektronning solishtirma zaryadiga mos keladi.

Bu ilmiy fakt, metallar elektr o'tkazuvchanligining klassik nazariyasiga asos bo'ldi.

XX asr boshlarida nemis fizigi P. Drude va golland fizigi X. Lorens *metallar elektr o'tkazuvchanligining klassik nazariyasini* yaratishdi. Bu nazariyaning asosiy mazmuni quyidagilardan iborat:

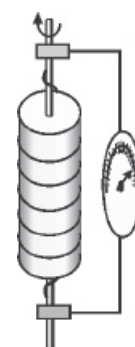
1. Metallarda elektr o'tkazuvchanlikning yuqori bo'lishi, ularda birlik hajmga to'g'ri kelgan erkin elektronlarning ko'pligidir. Masalan, misda erkin elektronlar konsentratsiyasi  $8,4 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}$  ga teng. Elektronlar xuddi gaz kabi panjara ionlari orasidagi fazoni to'ldirib, tartibsiz va to'xtovsiz harakatda bo'ladi. Elektronlarning metallardagi tartibsiz harakat tezligi hisoblanganda taxminan 60–100 km/s ga teng chiqadi. Tashqi elektr maydon yo'qligida, o'tkazgichning istalgan kesim yuzasi orqali o'tuvchi elektronlar harakati xaotik bo'lganligidan elektr toki nolga teng bo'ladi.

2\*. P. Drude va X. Lorenslar o'tkazuvchanlikning elektron nazariyasidan foydalanib zanjirning bir qismi uchun Om qonunini nazariy ravishda keltirib chiqarishdi.

Buning uchun uzunligi  $l$ , elektronlar konsentratsiyasi  $n$  va ko'ndalang kesim yuzi  $S$  bo'lgan o'tkazgichni qaraymiz (8.3-rasm). O'tkazgich uchlariga  $U$  kuchlanish berilsa, hosil bo'lgan maydon kuchlanganligi  $E = \frac{U}{l}$  ta'sirida elektronlar  $a = \frac{eE}{m}$  tezlanish oladi.  $t$  vaqtdan keyin elektronning tezligi



8.1-rasm.



8.2-rasm.

$v = \frac{eEt}{m}$  bo'ladi.  $t$ –elektronlarning ikkita to'qnashishlari oralig'idagi vaqt. To'qnashishlarda elektron tezligi yo'nalishi o'zgaradi, lekin o'rtacha tezlik o'zgarmaydi

$$v_{\text{o'rt}} = \frac{eEt}{2m} \quad (8.2)$$

Tok kuchi ta'rifiga ko'ra

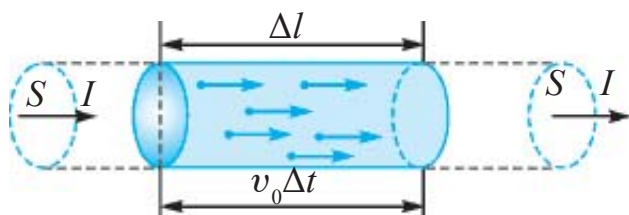
$$I = \frac{q}{t} = \frac{enV}{t} = \frac{enSl}{t} = enSv_{\text{o'rt}} \quad (8.3)$$

Bunda (8.1) hisobga olinsa,

$$I = \frac{ne^2t}{2m_e} \frac{S}{l} U \quad (8.4)$$

ga ega bo'lamiz.

$\gamma = \frac{ne^2t}{2m_e l} \frac{S}{l}$  – ifoda elektr o'tkazuvchanlik deyiladi.  $\gamma = \frac{1}{R}$  o'tkazuvchanlik ekanligi hisobga olinsa,  $R = \frac{2m_e}{ne^2t} \frac{l}{S}$  – elektr qarshiligining ifodasi kelib chiqadi.



8.3-rasm.

Bunda  $\frac{2m_e}{ne^2t} = \rho$  – solishtirma qarshilik deyiladi. Solishtirma qarshilik deyilganda uzunligi 1 m, ko'ndalang kesim yuzasi 1 m<sup>2</sup> bo'lgan o'tkazgich qarshiligi

tushuniladi.

Shunday qilib

**Zanjirning bir qismidan o'tuvchi tok kuchi, o'tkazgich uchlariga qo'yilgan kuchlanishga va o'tkazuvchanlikka to'g'ri proporsional bo'ladi.**

$$I = \gamma \cdot U \quad (8.5)$$

Mazkur bog'lanishni XIX asr boshida tajriba yo'li bilan nemis fizigi G. Om topgan edi. Odatda, bunday bog'lanish

$$I = \frac{U}{R} \quad (8.6)$$

ko‘rinishda ifodalanadi.

8.4-rasmda o‘zgarmas temperaturada ikkita metall o‘tkazgichdan o‘tuvchi tok kuchining o‘tkazgich uchlariga qo‘yilgan kuchlanishga bog‘liqligi keltirilgan.

**O‘tkazgichlar, asboblari va iste‘molchilardan o‘tuvchi tok kuchining kuchlanishga bog‘liqlik grafigi volt-ampere xarakteristikasi deyiladi (VAX).**

Moddalarning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligi bo‘yicha olingan natijalar sanoat va xalq xo‘jaligida ishlatiladigan elektrotexnik mahsulotlarni tayyorlashda

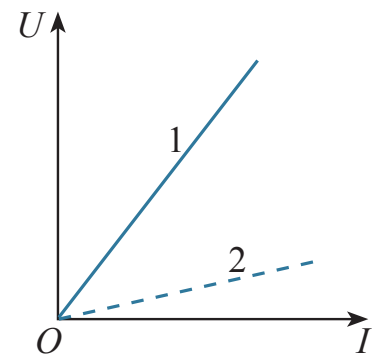
muhim ahamiyat kasb etadi. Tok o‘tkazuvchi kabel uchun, elektr tokini o‘tkazish qobiliyatiga ko‘ra, metall o‘tkazgichlar tanlanadi. Material noto‘g‘ri tanlansa, kuchlanish o‘zgarishi natijasida kabelning qizib ketishi hamda yong‘in chiqishiga sabab bo‘lishi mumkin.

Metallardan eng katta elektr o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lgan material kumush hisoblanadi. Kumushning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligi 20 °C da 63,3 MS/m ga teng. Kumushdan elektr simlarini tayyorlash qimmatga tushib ketishi tufayli elektr o‘tkazish qobiliyati jihatidan keyingi o‘rinda turadigan misdan foydalaniladi. Uning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligi 58,14 MS/m ga teng. Mis o‘tkazgichlar maishiy turmushda va ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi. Erish temperaturasi yuqori bo‘lganligidan u elektr yuklamalariga chidamli va qizigan holda uzoq muddat ishlay oladi.

Ishlatilishiga ko‘ra aluminiy o‘tkazgichlar misdan keyingi o‘rinda turadi. Uning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligi 20°C da 35,71 MS/m ga teng. Uning erish temperaturasi misga nisbatan taxminan ikki barobar kam bo‘lib, yuklamalarga chidamliligi past.

Solishtirma elektr o‘tkazuvchanligi kichik bo‘lgan (nixrom 0,9 MS/m, fexral 0,77 MS/m) qotishmalardan elektr isituvchi asboblarning spirallari tayyorlanadi.

Elektrolitlarda solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik temperaturaga, eritma konsentratsiyasiga, elektrolit tabiatiga bog‘liq. Elektrolit eritmalarning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligi (metallardan farqli ravishda) temperatura ortishi bilan ortadi. Konsentratsiya ortishi bilan elektrolit eritmalarning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligi dastlab ortadi, so‘ngra maksimal qiymatiga erishganidan so‘ng kamaya boshlaydi.



8.4-rasm



Solishtirma qarshilik yoki solishtirma elektr o'tkazuvchanlikni o'lchash uchun *kondyktometr* deb ataluvchi asboblari ishlatiladi. Kondyktometr yordamida suvning, kondensatning yoki bug'ning sifati nazorat qilinadi. Qo'llanilish sohasi—farmakologiya, meditsina, biokimyoy, biofizika, kimyoviy texnologiya, oziq-ovqat sanoati, suvni tozalash va h.k.



1. Metallarda qanday zarralarning tartibli harakati tufayli elektr toki vujudga keladi?
2. Sanoatda faqat elektr o'tkazuvchanligi yuqori bo'lgan materiallar ishlatiladimi?
3. Asbobning volt-ampere xarakteristikasi deyilganda nima tushuniladi?

### 36-mavzu. TOK KUCHI VA TOK ZICHLIGI. ELEKTR TOKINING TA'SIRLARI

Agar o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan istalgan teng vaqtlar ichida teng miqdordagi zaryadlar oqib o'tsa, o'tkazgichdan *o'zgarmas tok* o'tmoqda deyiladi.

O'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan oqib o'tgan zaryad miqdori ( $q$ ) ning shu sarflangan  $t$  vaqt oralig'iga nisbati bilan o'lchanadigan fizik kattalikka *tok kuchi* deyiladi:

$$I = \frac{q}{t}. \quad (8.7)$$

Elektr tokining asosiy xarakteristikalaridan biri *tok zichligi* ( $j$ ) hisoblanadi. Tok zichligi deb, tok kuchi  $I$  ning tok oqib o'tayotgan yo'nalishga perpendikulyar bo'lgan ko'ndalang kesim yuzasi  $S$  ga nisbati bilan o'lchanadigan fizik kattalikka aytiladi:

$$j = \frac{I}{S}. \quad (8.8)$$

Tok zichligi  $\frac{A}{m^2}$  larda o'lchanadi.

Tok kuchini

$$I = nev_{ort}S$$

ko'rinishda ifodalash mumkin. Bunda:  $n$ —zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi;  $e$ —elektron zaryadi;  $v_{ort}$ —zaryadli zarralar tartibli harakatining o'rtacha tezligi;  $S$ —tok o'tayotgan o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi.

U holda tok zichligini

$$j = \frac{I}{S} = \frac{nev_{o'rt}S}{S} = nev_{o'rt} \quad (8.9)$$

$ne$  – ko‘paytma zaryad zichligini xarakterlaydi (birlik hajmdagi zaryad). Shunga ko‘ra  $j = r_e v_{o'rt}$  bo‘ladi.

Tok zichligi vektor kattalik bo‘lib, musbat zarra tezligi  $v_{o'rt}$  yo‘nalishi bilan mos tushadi.

O‘tkazgichdagi tok zichligi, o‘tkazgich qanchalik darajada elektr energiyasi bilan yuklanganligini ko‘rsatadi. O‘tkazgichda ortiqcha isroflarga yo‘l qo‘ymaslik hamda qimmatga tushmaslik uchun undagi tok zichligini optimal holda tanlash kerak bo‘ladi.

Tok zichligi kattaligiga o‘tkazgich materiali ta’sir etmasa-da, texnikada o‘tkazgichning solishtirma qarshiligi va uzunligiga qarab tanlanadi. Maishiy maqsadlarda ishlatiladigan o‘tkazgichlarni tokning tejamkor rejimiga moslab tanlanadi.

Xonadonlarda ishlatiladigan simlar uzun bo‘lmaganligidan, uning tejamkor tok zichligini 6–15 A/mm<sup>2</sup> oralig‘ida olinadi. Xonadondagi suvoq tagiga joylashtirilgan diametri 1,78 mm (2,5 mm<sup>2</sup>) bo‘lgan PVX izolyatsiyali mis o‘tkazgich 30, hatto 50 A tok kuchiga bardosh bera oladi.

Elektr uzatish liniyalarida tejamkor tok zichligi kichik bo‘lib, 1–3,4 A/mm<sup>2</sup> atrofida bo‘ladi. Sanoat chastotasi (50 Hz) da ishlaydigan elektr mashinalari va transformatorlarida bu qiymat 1 dan 10 A/mm<sup>2</sup> gacha boradi.

Suyuqliklarda elektr toki o‘rganilganda elektrodalarda modda miqdori ajralib chiqqanligi bilan tanishsiz. Demak, ayrim muhitlardan elektr toki o‘tganida kimyoviy o‘zgarishlar ro‘y berar ekan. 8-sinfda, shuningdek, elektr toki o‘tganda o‘tkazgichlarning qizishini bilasiz. Demak, elektr tokining issiqlik ta’sirlari ham mavjud. Undan maishiy xizmat, sanoatda keng foydalaniladi.

O‘tkazgichlardan tok o‘tganda uning atrofida magnit maydon bo‘lishini ilk bor daniyalik olim Xans Kristian Ersted 1820-yilda aniqlagan edi. Shundan so‘ng ko‘p o‘tmay fransuz olimi Andre Mari Amper tokli o‘tkazgichlarning o‘zaro ta’sirlashishini ochadi. Keyingi tadqiqotlar tokli o‘tkazgichlar magnit maydoni orqali ta’sirlashishini ko‘rsatdi. Tokning magnit ta’sirini o‘rganish elektrotexnikaning kuchli rivojlanishiga olib keldi. Ta’kidlash joizki, tok metallardan, elektrolitlardan, gazlardan va yarim o‘tkazgichlardan o‘tganda ham tokning magnit ta’siri mavjud bo‘ladi.

Metallardan tok o‘tganda uning kimyoviy ta’siri kuzatilmaydi.

### Masala yechish namunasi

Diametri 1 mm bo'lgan o'tkazgichdan 5 A tok o'tmoqda. O'tkazgichdagi tok zichligini hisoblang.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$D = 1 \text{ mm}$ $I = 5 \text{ A}$	$j = \frac{I}{S}$	$S = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} = 0,785 \text{ mm}^2.$
Topish kerak $j - ?$	$S = \frac{\pi D^2}{4}$	$j = \frac{5 \text{ A}}{0,785 \text{ mm}^2} = 6,37 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}.$ Javobi: $6,37 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}.$



1. Tok kuchi nima?
2. Tok zichligining maishiy xizmatdagi va sanoatdagi ahamiyati nimada?
3. Elektr tokining ta'sirlarini tushuntirib bering.

## 37-mavzu. BUTUN ZANJIR UCHUN OM QONUNI.

### TOK MANBAYINING FOYDALI ISH KOEFFITSIYENTI

O'tkazgichdan tok o'tganda u qiziydi va ma'lum miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Demak, energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra, o'tkazgich bo'ylab erkin elektronlar ko'chganda elektrostatik maydon *ish bajaradi*. Lekin, elektr zanjirida energiya *ajralisa*, energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra, shuncha energiya elektr zanjiriga *kelishi kerak*. Shunday savol tug'iladi: bu zanjirning qaysi qismida ro'y beradi va qanday fizik jarayonlar natijasida energiya elektr zanjiriga beriladi? Dastlab aniqlashtirib olamiz: elektr zanjiridagi energiya manbayi vazifasini elektrostatik maydon bajara oladimi?

Bajara olmaydi, chunki 33-mavzuda ko'rib o'tilganidek elektrostatik maydonda zaryadni *berk* trayektoriya bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ish *nolga* teng. Demak, *faqat* elektrostatik maydon ta'sirida erkin zaryadlar *berk* zanjir bo'ylab harakatlana olmaydi.

Aytilganlardan shu narsa kelib chiqadiki, zanjirning qandaydir bir qismida zaryadlarga *elektrostatik bo'lmagan kuchlar* ta'sir qilishi kerak. Bu kuchlarni *chet kuchlar* deyiladi. Ular zaryadga tok manbayining ichida ta'sir qilib, aynan shu kuchlar energiyani elektr zanjiriga yetkazib beradi.

Tok manbayida chet kuchlar ta'sirida zaryadlarning ajralishi ro'y beradi. Natijada manbaning bir qutbida musbat zaryad, ikkinchi qutbida manfiy zaryad to'planadi. Qutblar orasida potentsiallar farqi vujudga keladi.

Tokning kimyoviy manbalarida chet kuchlar kimyoviy tabiatga ega bo'ladi. Masalan, agar rux va mis elektrodni sulfat kislotaga tushirilsa, ruxning musbat ionlari, misning musbat ionlariga nisbatan elektrodni tez-tez tashlab ketib turadi. Natijada mis va rux elektrodlar orasida potentsiallar farqi vujudga keladi: mis elektrodning potentsiali, ruxnikiga nisbatan katta bo'ladi. Mis elektrod *tok manbayining musbat qutbi*, rux elektrod esa *manfiy qutbi* bo'ladi.

Tok manbayida chet kuchlar erkin zaryadlarni elektrostatik maydon kuchlariga qarshi ko'chirishda  $A_{\text{chet}}$  ish bajaradi.

Bu ish berilgan vaqt ichida zanjir bo'ylab ko'chayotgan  $q$  zaryad miqdoriga proporsional bo'ladi. Shunga ko'ra chet kuchlarning bajargan ishining zaryad miqdoriga nisbati  $A_{\text{chet}}$  ga ham,  $q$  ga ham bog'liq bo'lmaydi. Demak, u tok manbayining xarakteristikasi hisoblanadi. Bu nisbat, ya'ni birlik  $q$  musbat zaryadni berk zanjir bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ishi manbaning *elektr yurituvchi kuchi (EYuK)* deyiladi va  $\mathcal{E}$  harfi bilan belgilanadi:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{chet}}}{q}. \quad (8.9)$$

EYuK kuchlanish kabi voltlarda o'lchanadi.

Agar zanjirdagi tok kuchi  $I$  bo'lsa,  $t$  vaqt ichida zanjirdan  $q = It$  zaryad o'tadi. Shunga ko'ra (1) formulani quyidagicha yozib olamiz

$$A_{\text{chet}} = \mathcal{E} It. \quad (8.10)$$

Bu paytda tok manbayining ichida va tashqi zanjirda

$$Q_{\text{ichki}} = I^2 r t \quad \text{va} \quad Q_{\text{tashqi}} = I^2 R t \quad (8.11)$$

issiqlik miqdori ajralib chiqadi. Bunda  $r$  – manbaning qarshiligi bo'lib, u *ichki qarshilik* deb ataladi.

Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra

$$Q_{\text{tashqi}} + Q_{\text{ichki}} = A_{\text{chet}}. \quad (8.12)$$

(8.9), (8.10) va (8.11) larni (8.12) ga qo'yib, tegishli amallar bajarilganidan so'ng

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \quad (8.13)$$

ga ega bo'lamiz. Bu ifoda **butun zanjir uchun Om qonuni** deyiladi.

$R+r$  ni zanjirning **to'la qarshiligi** deyiladi.

Butun zanjir uchun Om qonunini

$$\mathcal{E} = IR + Ir \quad (8.14)$$

ko'rinishda yozib olamiz. Bu ifodadagi birinchi qo'shiluvchi, manba qutblaridagi  $U$  kuchlanishga teng:

$$IR = U.$$

Manba qutblaridagi **maksimal kuchlanish**  $\mathcal{E}$  ga teng. Bu  $I=0$  bo'lganda bo'ladi. Tashqi zanjirga qarshilik ulanmasdan ochiq qolganda tok kuchi nol bo'ladi. Ushbu holda

$$U_{\max} = \mathcal{E}.$$

Manba qutblarininig orasidagi **minimal kuchlanish** nolga teng. Bu hol qisqa tutashuv ro'y berganda, ya'ni tashqi qarshilik  $R=0$  bo'lganda kuzatiladi. Bu holda tok kuchi maksimal bo'ladi:

$$I_{\text{qt}} = \frac{\mathcal{E}}{r}. \quad (8.15)$$

Uni **qisqa tutashuv toki** deyiladi.

Tashqi zanjirda bajarilgan ish **foydali ish** deyiladi. Uni  $A_f$  bilan belgilaylik. Tokning bajargan ishi formulasidan foydalanib

$$A_f = I^2 R t$$

ni olamiz.

$$A_{\text{chet}} = I^2 R t + I^2 r t$$

bo'lganligidan, foydali ishning chet kuchlar bajargan ishga nisbatini topamiz:

$$\eta = \frac{A_f}{A_{\text{chet}}} = \frac{I^2 R t}{I^2 R t + I^2 r t} = \frac{R}{R+r}. \quad (8.16)$$

Foizlarda ifodalangan bu nisbatni tok manbayining FIK deyiladi.



1. Nima sababdan elektrostatik maydon elektr zanjiridagi energiya manbai vazifasini bajara olmaydi?

2. Chet kuchlar deyilganda nima tushuniladi?

3. Elektr yurituvchi kuch deyilganda nimaning kuchi nazarda tutiladi?

4. Qisqa tutashuv qanday hodisa?

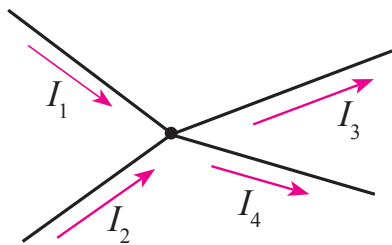
## 38-mavzu. TOK MANBALARINI KETMA-KET VA PARALLEL ULASH

Elektr tokining kimyoviy manbalarining qutblarida hosil bo'ladigan EYuKning qiymati kichik bo'ladi. Masalan, galvanik elementlar turkumiga kiruvchi Daniel elementining EYuK 1,11 V ga, Leklanshe elementiniki 1,4 V ga teng. Kislotali akkumulyatorining zaryadlagan zahoti o'lchangan EYuK 2,7 V bo'lsa, ishqorli akkumulyatorlarniki 1,3 V bo'ladi.

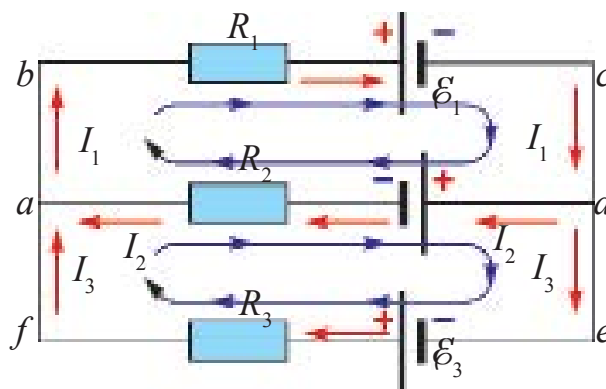
Ko'pgina texnik qurilmalarni ishlatish uchun katta kuchlanish talab qilinadi. Masalan, avtomobil motorini aylantirib ishga tushirib yuborish uchun katta quvvatli 12 V li o'zgarmas tok manbai kerak bo'ladi. Bunday paytlarda elementlar yoki akkumulyatorlarni o'zaro ketma-ket yoki parallel ulash kerak bo'ladi.

Tok manbalarini o'zaro ketma-ket yoki parallel ulashda hosil bo'lgan zanjirlardagi tok kuchi va kuchlanishlarni hisoblashda Kirxgof qoidalaridan foydalaniladi.

Tok o'tkazuvchi simlardan kamida uchtasi uchrashadigan nuqta **tugun** deyiladi. Tugunga kiruvchi tok yo'nalishini musbat, chiquvchi tok yo'nalishini manfiy deb qabul qilinadi (8.5-rasm).



8.5-rasm.



8.6-rasm.

**Kirxgofning birinchi qoidasi.** Tugunga ulangan o'tkazgichlar orqali kiruvchi va undan chiquvchi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng:

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0. \quad (8.17)$$

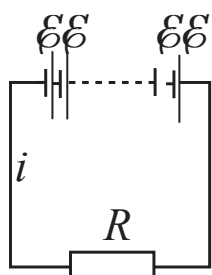
Tarmoqlangan zanjirlarda har doim tok yo'nalishi bo'yicha bir qancha berk yo'llarni ajratib olish mumkin. Bunday berk yo'llar *kontur* deb ataladi. Ajratib olingan konturning turli qismlarida turlicha tok o'tishi mumkin. 8.6-rasmda oddiy tarmoqlangan zanjir keltirilgan.

**Kirxgofning ikkinchi qoidasi.** Berk kontur tarmoqlaridagi kuchlanish tushuvlarining algebraik yig'indisi, konturdagi EYuKlarning algebraik yig'indisiga teng:

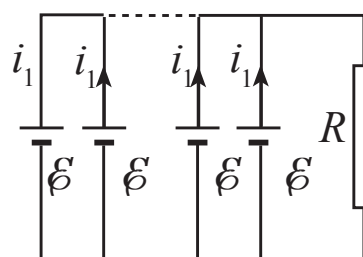
$$\begin{aligned} I_1 R_1 + I_2 R_2 &= -\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2; \\ -I_2 R_2 + I_3 R_3 &= \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2; \\ I_1 + I_2 + I_3 &= 0. \end{aligned} \quad (8.18)$$

Tok manbalarini hisoblashda chet kuchlarning yo'nalishi musbat hisoblanadi.

Mazkur qoidalardan foydalangan holda tok manbalarini ketma-ket va parallel ulab o'rganamiz.



8.7-rasm.



8.8-rasm.

Masalani soddalashtirish uchun ulanuvchi barcha elementlarning EYuKlari  $\mathcal{E}$  ni va ichki qarshiliklari  $r$  ni teng deb olamiz.

1.  $n$  ta elementni ketma-ket ulab batareya tuzaylik (8.7-rasm). Uni tashqi  $R$  qarshilikka ulaylik. Kirxgofning ikkinchi qonunini berk konturga tatbiq qilamiz:

$$n\mathcal{E} = I_1 R + nIr.$$

Bundan

$$I = \frac{n\mathcal{E}}{R+nr}. \quad (8.19)$$

Demak,  $n$  ta elementni ketma-ket ulab, batareya tuzilganda umumiy EYuK  $n$  marta ortadi.

Bunday ulanish tashqi qarshilik, ichki qarshilikdan ko'p marta katta bo'lganida samarasi yuqori bo'ladi. Darhaqiqat,  $R \gg nr$  bo'lganda, (8.19) formuladagi  $nr$  ni  $R$  ga nisbatan hisobga olmasa ham bo'ladi. U holda

$$I \approx \frac{n\mathcal{E}}{R},$$

ya'ni  $n$  ta element ketma-ket ulanganda zanjirdagi tok kuchi, bitta elementga nisbatan  $n$  marta bo'ladi.

2. Batareyani  $n$  ta elementni parallel ulab zanjir tuzaylik (8.8-rasm). Uni tashqi  $R$  qarshilikka ulaylik. Kirxgofning ikkala qonunini berk konturga tatbiq qilamiz.

$$I = nI_1, \quad \mathcal{E} = IR + I_1r$$

Bunda:  $I_1$  – bitta elementdan o'tuvchi tok kuchi. Bundan,

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + \frac{r}{n}}. \quad (8.20)$$

Demak,  $n$  ta elementni parallel ulab, batareya tuzilganda umumiy EYuK o'zgarmaydi, ichki qarshiligi  $n$  marta kamayadi.

Parallel ulash tashqi qarshilik ichki qarshilikka nisbatan kichik bo'lgan hollarda yaxshi samara beradi.  $R \ll r$  bo'lganda (8.25) formulani

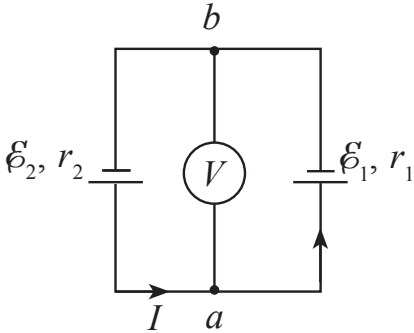
$$I \approx n \frac{\mathcal{E}}{r}$$

ko'rinishda yozib olamiz.

Bundan umumiy tok kuchi, bitta element beradigan tok kuchiga nisbatan  $n$  marta ortishi kelib chiqadi.

Amaliyotda element EYuKlari va ichki qarshiliklari har xil bo'lgan holatlar bo'lishi mumkin.

Dastlab, manbaning bir xil ishoradagi qutblari o'zaro ulangan holni qaraylik. 8.9-rasm-dagi elektr chizmada ichki qarshiliklari  $r_1$  va  $r_2$  hamda EYuK lari  $\mathcal{E}_1$  va  $\mathcal{E}_2$  bo'lgan ikkita



8.9-rasm.



elementning bir xil ishoradagi qutblari o'zaro ulangan hol keltirilgan. Chizmaning  $a$  va  $b$  nuqtalariga ulangan voltmetr nimani ko'rsatadi? Bunda voltmetrning ichki qarshiligi elementlarning ichki qarshiligidan ko'p marta katta deb qaraladi.

Agar  $\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1$  bo'lsa, zanjirdagi tok yo'nalishi 8.9-rasmda ko'rsatilganidek bo'ladi. Voltmetrning ichki qarshiligi katta bo'lganligidan undan o'tuvchi tokni hisobga olmaymiz. Kirxgofning ikkinchi qoidasiga ko'ra, elementlarning ichki qarshiliklaridagi potensial tushuvlari elementlar EYuKlari yig'indisiga teng.

$$Ir_1 + Ir_2 = \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1. \quad (8.21)$$

Bunda minus ishorasi olinishiga sabab, elementlar zanjirda qarama-qarshi yo'nalishdagi toklarni hosil qiladi. Bundan zanjirdan otuvchi tok kuchi

$$I = \frac{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1}{r_1 + r_2} \quad (8.22)$$

ga teng bo'ladi.

Voltmetrning ko'rsatishi

$$U = \mathcal{E}_1 + Ir_1 = \frac{\mathcal{E}_2 r_1 + \mathcal{E}_1 r_2}{r_1 + r_2} \quad (8.23)$$

ga teng bo'ladi.

### Masala yechish namunasi

Ichki qarshiliklari  $0,4 \Omega$  va  $0,6 \Omega$  bo'lgan ikkita tok manbayidan birining EYuK  $2 \text{ V}$ , ikkinchisidiki  $1,5 \text{ V}$  ga teng bo'lib, 8.9-rasmda ko'rsatilganidek ulangan.  $a$  va  $b$  nuqtalar orasidagi kuchlanishni toping.

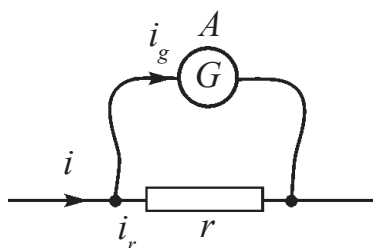
Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$r_1 = 0,6 \Omega$ $r_2 = 0,4 \Omega$ $\mathcal{E}_1 = 2 \text{ V}$ $\mathcal{E}_2 = 1,5 \text{ V}$	$U = \frac{\mathcal{E}_2 r_1 + \mathcal{E}_1 r_2}{r_1 + r_2}$	$U = \frac{1,5 \text{ V} \cdot 0,4 \Omega + 2 \text{ V} \cdot 0,6 \Omega}{0,4 \Omega + 0,6 \Omega} = 1,8 \text{ V}.$
Topish kerak $U = ?$		Javobi: $U = 1,8 \text{ V}.$



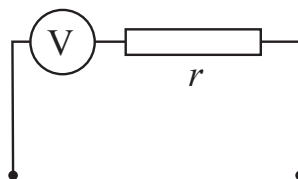
1. Kirxgof qoidalaridan qanday zanjirlarni hisoblashda foydalanish mumkin?
2. Tok manbalarini ketma-ket ulash qanday hollarda foydali bo'ladi?
3. Qanday hollarda tok manbalari parallel ulanadi?

### 39-mavzu. AMPERMETR VA VOLTMETRNING O'LGHASH CHEGARASINI OSHIRISH

Elektr zanjirlarida ishlatiladigan elektr o'lchov asboblari ma'lum chegarada ishlay oladi. Masalan, galvanometr juda sezgir asbob bo'lib juda kichik tok kuchi va kuchlanishni o'lchay oladi. Ularning o'lchash chegarasini oshirish uchun ularga qo'shimcha ravishda qarshiliklar ulanadi.



8.10-rasm.



8.11-rasm.

Galvanometrni ampermetr sifatida ishlatish uchun unga parallel ravishda **shunt** deb ataladigan, kattaligi juda kichik bo'lgan qarshilik ulanadi (8.11-rasm).

Galvanometr qarshiligini  $R$ , shunt qarshiligini  $r$  bilan belgilaylik. Galvanometr va shunt o'zaro parallel ulanganligidan ularning uchlaridagi kuchlanish  $U$  ga teng bo'ladi. U holda galvanometrdan va shunt dan o'tuvchi tok kuchlari

$$I_g = \frac{U}{R} \text{ va } I_r = \frac{U}{r}$$

ga teng bo'ladi. Zanjirdagi umumiy tok kuchi  $I$ , galvanometrdan o'tuvchi tok kuchi  $I_g$  dan  $n$  marta katta bo'lsin:

$$I = n \cdot I_g; \quad \frac{I_r}{I_g} = \frac{R}{r} = n$$

Zanjirdagi tok kuchi  $I = I_g + I_r = I_g n + I_g = I_g (n + 1)$ ,  
yoki

$$\frac{I_g}{I} = \frac{1}{n+1}.$$

Shunday qilib, galvanometrdan o'tuvchi tok kuchi, umumiy tok kuchidan  $(n+1)$  marta kichik bo'ladi. Tok kuchlari ifodalari orqali galvanometr ga ulanadigan shunt qarshiligini topamiz:

$$\frac{U}{R}(n-1) = \frac{U}{r}, \quad \boxed{r = \frac{R}{n-1}} \quad (8.24)$$

Shunday qilib galvanometrغا parallel ravishda qarshiligi  $r$  bo'lgan shunt ulansa, uning *o'lchash chegarasi  $n$  marta ortadi va asbob shkalasining bo'linish darajasi  $(n+1)$  marta ortadi.*

Galvanometrni voltmetr sifatida ishlatish uchun unga ketma-ket ravishda qo'shimcha qarshilik ulanadi (8.11-rasm). Bunda ham galvanometr qarshiligini  $R$ , qo'shimcha qarshiligini  $r$  bilan belgilaylik. Galvanometr va qo'shimcha qarshilik o'zaro ketma-ket ulanganligidan ulardan o'tuvchi tok kuchlari

$I = I_g = I_r$  bo'ladi.  $R$  va  $r$  ketma-ket ulanganligi sababli umumiy kuchlanish

$$U = I(R + r) = IR + I \cdot r$$

bo'ladi. Zanjirdagi umumiy kuchlanish  $U$  ni  $U_g$  ga nisbatini

$$n = \frac{U}{U_g} \text{ deb olamiz.}$$

Bunda  $U_g$  – galvanometrning kuchlanishni o'lchash chegarasi. Umumiy kuchlanish ifodasini har ikkala tomonini  $U_g$  ga bo'lib yuborsak,  $n = 1 + \frac{r}{R}$  bo'ladi. Bundan

$$\boxed{r = R(n-1)} \quad (8.25)$$

Demak, galvanometrغا *ketma-ket holda  $r$  qarshilik ulansa, uning kuchlanishni o'lchash chegarasi  $n$  marta ortar ekan.* Bu holda *asbob shkalasining bo'linish darajasi  $(n+1)$  marta ortadi.*

Odatda, katta qiymatli kuchlanishlarni o'lchaydigan voltmetrlar shu tamoyilda ishlaydi.

### Masala yechish namunasi

1. Qarshiligi  $0,04 \Omega$  bo'lgan shunt ulangan ampermetr tarmoqqa ulanganda  $5 \text{ A}$  ni ko'rsatdi. Ampermetrning ichki qarshiligi  $0,12 \Omega$ . Zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tok kuchini toping.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$r = 0,04 \Omega$	$r = \frac{R}{n-1},$	$n = \frac{0,12\Omega}{0,04\Omega} + 1 = 3 + 1 = 4;$
$I_A = 5 \text{ A}$		
$R_A = 0,12 \Omega$	$n = \frac{R}{r} + 1$	$I = 4 \cdot 5 \text{ A} = 20 \text{ A}.$
Topish kerak	$I = nI_A$	
$I = ?$		<i>Javobi: 20 A.</i>

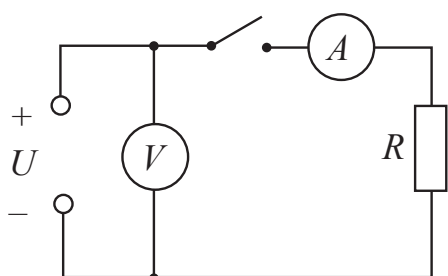


1. Ampermetrga shunt qanday tanlanadi?
2. Voltmetrga ulanadigan qo'shimcha qarshilik qanday tanlanadi?
3. Voltmetrga qo'shimcha qarshilikni parallel ulab qo'yilsa nima bo'ladi?

## 40-mavzu. LABORATORIYA ISHI: TOK MANBAYINING EYuK VA ICHKI QARSHILIGINI ANIQLASH

**Ishning maqsadi:** ampermetr va voltmetr yordamida tok manbayining elektr yurituvchi kuchini va ichki qarshiligini aniqlash.

**Kerakli asboblari:** 1) laboratoriya universal tok manbayi yoki akkumulyator batareyasi; 2) ampermetr; 3) voltmetr; 4) uzib-ulagich; 5) o'tkazgich simlari; 6) 10  $\Omega$ , 20  $\Omega$  li qarshiliklar.



8.12-rasm.

### Ishning bajarilishi.

1. 8.12-rasmda keltirilgan elektr zanjiri yig'iladi. Zanjirga 10  $\Omega$  li qarshilik ulanadi.

2. Uzib-ulagich ochiq holda voltmetr ko'rsatishi  $U_V$  yozib olinadi.  $U_V = \mathcal{E}$  ga teng deb olinadi.

3. Uzib-ulagich ulanadi va ampermetr ko'rsatishi  $I_A$  yozib olinadi.

4. Natijalari jadvalga ko'chiriladi.

Tajriba №	$U_V$ , V	$U_2$ , V	$I_A$ , A	$\mathcal{E}$ , V	$r$ , $\Omega$
1.					
2.					

5. Tok manbayining ichki qarshiligi  $r = \frac{\mathcal{E} - U_2}{I}$  dan hisoblanadi va natijasi jadvalga ko'chiriladi.

6. Zanjirga 20  $\Omega$  lik qarshilik ulanib tajriba takrorlanadi.

7. 1-tajriba va 2-tajribalarda topilgan  $r_1$  va  $r_2$  larni solishtiring.



1. Elektr zanjirning qaysi qismini ichki, qaysi qismini tashqi zanjir deyiladi?
2. Manbaning EYuK deganda nimani tushunamiz?
3. Manbaning ichki qarshiligi nima hisobiga hosil bo'ladi?

## 8-mashq

1. Batareyaning EYuK 1,55 V. Uni qarshiligi  $3 \Omega$  bo'lgan tashqi qarshilikka ulanganda batareya qisqichlaridagi kuchlanish 0,95 V ga teng bo'ldi. Batareyaning ichki qarshiligi nimaga teng?

2. EYuK 30 V bo'lgan batareya ulangan tok zanjiridagi tok kuchi 3 A ga teng. Batareya qisqichlaridagi kuchlanish 18 V. Batareyaning ichki qarshiligini va tashqi zanjir qarshiligini toping.

3. Elektr toki manbayini  $5 \Omega$  li qarshilikka ulanganda zanjirdagi tok kuchi 5 A ga,  $2 \Omega$  li qarshilikka ulanganda zanjirdagi tok kuchi 8 A ga teng bo'ldi. Manbaning ichki qarshiligini va EYuK ni toping (*Javobi:  $3 \Omega$ ; 40 V*).

4. Tok manbayi elementining EYuK 1,5 V. Qisqa tutashuv toki 30 A. Elementning ichki qarshiligi nimaga teng? Agar elementni qarshiligi  $1 \Omega$  bo'lgan g'altakka ulansa, element qutblaridagi kuchlanish qanchaga teng bo'ladi?

5. Agar batareyaga ulangan tashqi qarshilik  $n$  marta ortganda, qarshilikdagi kuchlanish  $U_1$  dan  $U_2$  ga ortsa, batareyaning EYuK nimaga teng? (*Javobi:  $\mathcal{E} = U_1 U_2 (n-1) / (U_1 n - U_2)$* ).

6. Qanday sharoitda batareya uchlaridagi kuchlanish uning EYuKdan katta bo'lishi mumkin?

7. EYuK  $\mathcal{E}_1$  va  $\mathcal{E}_2$  bo'lgan elementlar parallel ulangan. Agar ularning ichki qarshiliklari teng bo'lsa, elementlar qisqichlaridagi potentsiallar ayirmasini toping.

8. EYuK 1,5 V va 2 V bo'lgan elementlar bir xil ishorali qutblari bilan ulangan. Batareya klemmlariga ulangan voltmetr 1,7 V kuchlanishni ko'rsatdi. Elementlar ichki qarshiliklari nisbatini toping (*Javobi:  $r_1/r_2 = 2/3$* ).

9. EYuK 1,3 V va 2 V bo'lgan elementlarning ichki qarshiliklari mos ravishda  $0,1 \Omega$  va  $0,25 \Omega$  ga teng. Ular parallel ulangan. Zanjirdagi tok kuchi va elementlar qisqichlaridagi kuchlanish topilsin.

10. Voltmetrning to'rtta o'lchash chegarasi bor: 3, 15, 75, 150 V. Asbobdan o'tishi mumkin bo'lgan tok kuchi 0,8 mA. Agar voltmetrning ichki qarshiligi  $1000 \Omega$  bo'lsa, unga ulanadigan qo'shimcha qarshiliklar  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  va  $R_4$  larni toping (*Javobi: 9,49,249 va 499 k $\Omega$* ).

11. Ichki qarshiligi  $200 \Omega$  bo'lgan galvanometr tok kuchi 100 mA bo'lganda butun shkalasiga buriladi. Unga qanday qarshilikni ketma-ket qilib ulansa, voltmetr sifatida ishlab, 2 V kuchlanishgacha o'lchay oladi?

## VIII bobni yakunlash yuzasidan test savollari

- 1. Tok manbayining elektr yurituvchi kuchi qanday birlikda ifodalanadi?**  
A) N;                                      B) J;                                      C) A;                                      D) V.
- 2. Manbaning EYuK 12 V. Manba ichida 50 C zaryadni bir qutbdan ikkinchisiga ko'chirishda chet kuchlar necha joul ish bajaradi?**  
A) 60;                                      B) 50;                                      C) 330;                                      D) 600.
- 3. Metallar elektr o'tkazuvchanligining klassik nazariyasini kim birinchi bo'lib yaratgan?**  
A) P.Drude va golland fizigi X.Lorens;                                      B) E.R. Siemens;  
C) K.Rikke;                                      D) T.Styuart va R.Tolmen.
- 4. Ampermetrga ulanadigan shunt qanday tanlanadi va ulanadi?  $R_A$  – ampermetr qarshiligi,  $r$  – shunt qarshiligi.**  
A)  $R_A > r$ , parallel ulanadi;                                      B)  $R_A > r$ , ketma-ket ulanadi;  
C)  $R_A < r$ , ketma-ket ulanadi;                                      D)  $R_A < r$ , parallel ulanadi
- 5. Voltmetrga ulanadigan qo'shimcha qarshilik qanday tanlanadi va ulanadi?  $R_v$  – voltmetr qarshiligi,  $r$  – qo'shimcha qarshiligi.**  
A)  $R_v > r$ , parallel ulanadi                                      B)  $R_v > r$ , ketma-ket ulanadi  
C)  $R_v < r$ , ketma-ket ulanadi                                      D)  $R_v < r$ , parallel ulanadi.
- 6. Elektr zanjiri qarshiligi  $4 \Omega$  bo'lgan rezistordan va EYuK 12 V, ichki qarshiligi  $2 \Omega$  bo'lgan tok manbayidan tuzilgan. Rezistordagi kuchlanish tushuvi necha volt?**  
A) 8;                                      B) 2;                                      C) 4;                                      D) 12.
- 7. Gapni to'ldiring.  $n$  ta elementni ... .. ulab, batareya tuzilganda umumiy EYuk  $n$  marta.....**  
A) ... ketma-ket ... ortadi;                                      B) ... ketma-ket ... kamayadi;  
C) ... ketma-ket ... o'zgarmaydi;                                      D) ...parallel ... ortadi.
- 8.  $n$  ta elementni..... ulab batareya tuzilganda umumiy EYuK ..., ichki qarshiligi  $n$  marta...**  
A) ... parallel ... o'zgarmaydi ... kamayadi;  
B) ... parallel ... ortadi ... kamayadi;  
C) ... parallel ... o'zgarmaydi ... ortadi;  
D) ... ketma-ket ... o'zgarmaydi ... kamayadi.

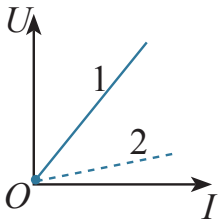
9. Ichki qarshiligi  $0,01 \Omega$  bo'lgan tok manbayi qisqa tutashganda, tok kuchi  $1000 \text{ A}$  bo'ldi. Manba EYuKni toping (V).

- A) 10;                      B) 9;                      C) 12;                      D) 15.

10. Ichki qarshiligi  $2 \Omega$  bo'lgan batareyaga  $50 \Omega$  li tashqi qarshilik ulandi. Agar batareyaning EYuK  $12 \text{ V}$  bo'lsa, FIK (%) ni toping.

- A) 92;                      B) 89;                      C) 96;                      D) 100.

### VIII bobda o'rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar

Elektr toki mavjud bo'lishi shartlari	1. Tok manbayi bo'lishi. 2. Tok o'tuvchi zanjirda erkin ko'cha oladigan zaryadli zarralarning bo'lishi. 3. Zanjir berk bo'lishi.
Elektr o'tkazuvchanlik	Elektr qarshiligiga teskari bo'lgan kattalik.
Volt-amper xarakteristikasi (VAX)	O'tkazgichlar, asboblarda va iste'molchilardan o'tuvchi tok kuchining kuchlanishga bog'liqlik grafigi. 
Tok zichligi	Tok kuchi ( $I$ ) ning tok oqib o'tayotgan yo'nalishga perpendikulyar bo'lgan ko'ndalang kesim yuzasi ( $S$ ) ga nisbati $j = \frac{I}{S}$ ; $j = nev_{o'rt}$ .
Elektr yurituvchi kuch (EYuK)	$\mathcal{E} = \frac{A_{chet}}{q}$ – birlik zaryadni berk zanjir bo'ylab ko'chirishda chet kuchlarning bajargan ishi. Birligi – $1 \text{ V}$ .
Butun zanjir uchun Om qonuni	$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ .
Qisqa tutashuv toki	$I_{qt} = \frac{\mathcal{E}}{r}$ – tashqi qarshilik nolga teng bo'lgandagi tok kuchi.
Tok manbayining FIK	$\eta = \frac{R}{R+r} \cdot 100 \%$ .

Kirxgofning birinchi qoidasi	Tugunga ulangan o'tkazgichlar orqali kiruvchi va chiquvchi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng: $I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0$ .
Kirxgofning ikkinchi qoidasi	Berk kontur tarmoqlaridagi kuchlanish tushuvlarining yig'indisi, konturdagi EYuKlarning algebraik yig'indisiga teng: $I_1 R_1 + I_2 R_2 + \dots + I_n R_n = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_n$ .
$n$ ta elementni ketma-ket ulab batareya tuzish	$I = \frac{n\mathcal{E}}{R + nr}$ . $n$ ta elementni ketma-ket ulab batareya tuzilganda umumiy EYuK $n$ marta ortadi.
$n$ ta elementni parallel ulab batareya tuzish	$I = \frac{\mathcal{E}}{R + \frac{r}{n}}$ $n$ ta elementni parallel ulab, batareya tuzilganda umumiy EYuK $n$ marta kamayadi.
Shunt	Ampermetr o'lchash chegarasini oshirish uchun asbobga parallel ulanadigan kichik qiymatli qarshilik $r = \frac{R}{n-1}$ .
Qo'shimcha qarshilik	Voltmetr o'lchash chegarasini oshirish uchun asbobga ketma-ket ulanadigan katta qiymatli qarshilik (shunt qarshilik), $r = R(n-1)$ ga teng.



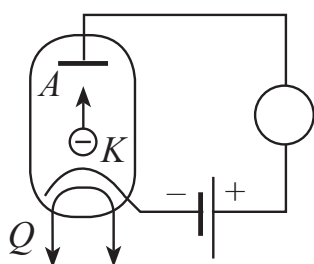
## IX bob. TURLI MUHITLARDA ELEKTR TOKI

### 41-mavzu. VAKUUMDA ELEKTR TOKI

Vakuumda elektr tokini o'rganish uchun shisha yoki metall qalpoq (berk idish) ichiga bir-biridan ma'lum masofada ikkita elektrod o'rnatiladi. Qalpoq ichidagi havo so'rib olinadi. Havo shunday darajada so'rilishi kerakki, molekulalar o'z harakati davomida ikki elektrod orasida to'qnashmasin. Buning uchun qalpoq ichida qolgan havo bosimi  $p \ll 10^{-13}$  mm sim. ust. atrofida bo'lishi kerak.

Elektrodlardan birini anod ( $A$ ) deb ataymiz va uni manbaning musbat qutbga ulaymiz. Ikkinchisini katod ( $K$ ) deb ataymiz va uni manbaning manfiy qutbga ulaymiz (9.1-rasm).

Anod va katod oralig'iga kuchlanish qo'yilganda zanjirga ulangan sezgir galvanometr hech qanday tok yo'qligini ko'rsatadi. Bu esa vakuumda tok tashuvchi zaryadli zarralar mavjud emasligini ko'rsatadi.



9.1-rasm.

Zaryadli zarralarni hosil qilish uchun katodni maxsus qizdirgich ( $Q$ ) vositasida qizdiriladi. Qizdirgich spiral shaklida yasalib undan alohida elektr toki o'tkaziladi.

**Metallarning qizishi tufayli ulardan elektron uchib chiqish hodisasiga termoelektron emissiya deyiladi.**

Katod qizdirilganda undan uchib chiqqan elektronlarga anod va katod oralig'iga qo'yilgan elektr maydoni ta'sir qiladi. Natijada elektronlar katoddan anod tomon tezlanish bilan harakatlanadi. Anod zanjiriga ulangan galvanometr tok mavjudligini qayd qiladi.

Endi anodni tok manbayining manfiy qutbga, katodni esa musbat qutbga ulaylik. Bu holda galvanometr strelkasi burilmaydi, ya'ni zanjirdan tok o'tmaydi.

## Vakuumda elektr toki elektronlar oqimining tartibli harakatidan iborat.

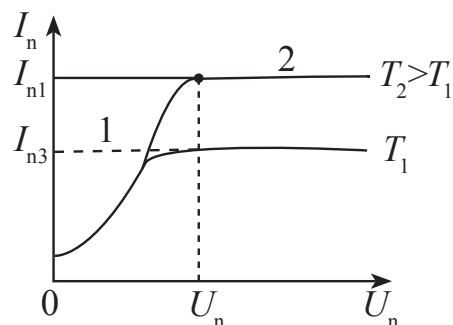
Anod va katoddan iborat vakuumli lampaga **ikki elektrodli elektron lampa – diod** deyiladi.

Istalgan elektron asbobning xossasi uning *volt-ampere xarakteristikasi*, ya'ni undan o'tuvchi tok kuchining asbobga qo'yilgan kuchlanishga bog'liqligi bilan belgilanadi.

Diodning volt-ampere xarakteristikasini o'rganish uchun diodning qizdirgichiga o'zgarmas 4 V kuchlanish berilib, doimiy saqlanadi. Natijada qizdirgich bir xil ozgarmas  $T_1$  temperaturada qizib turadi. Anod va katod oralig'idagi kuchlanish nolga teng bo'lganda qizigan katoddan otilib chiqqan elektronlar katod atrofida *elektron bulutni* hosil qiladi. Anod kuchlanishi orta borishi bilan elektron bulutdagi elektronlar anodga tomon harakatlana boshlaydi va elektron buluti tarqay boshlaydi. Bunda kuchlanish ortishi bilan anod toki ham orta boradi (9.2-rasm). Diodning volt-ampere xarakteristikasida bu 1 sohaga to'g'ri keladi. Lekin keyinchalik kuchlanishning ortishi anod tokining ortishiga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi va xarakteristikada bu 2 sohaga to'g'ri keladi. Bu paytda katoddan uchib chiqayotgan barcha elektronlar anodga yetib boradi va anod toki o'zgarmay qoladi. Bu paytdagi anod tokiga *to'yinish toki* deyiladi.

Qizdirgich kuchlanishini 6 V qilib tajriba takrorlansa, uning temperaturasi  $T_2$  bo'ladi. Bunda to'yinish tokining qiymati ortadi.

Xarakteristikadan ko'rinib turibdiki, tok kuchining kuchlanishga bog'liqligi chiziqli emas. Xarakteristikaning 1 qismida tok kuchining kuchlanishga bog'liqligi



9.2-rasm.

$$I_a = kU^{3/2} \quad (9.1)$$

qonuniyatga bo'ysunishi aniqlangan. Bu formulani **Boguslavskiy-Lengmyur formulasi** deyiladi.

Katta quvvatga ega bo'lgan yarim o'tkazgichli diodlar ishlab chiqarilmasidan oldin vakuumli diodlardan o'zgaruvchan toklarni to'g'rilashda foydalanilgan.



1. Vakuumda elektr tokini kuzatish uchun elektron lampa ichidagi bosim qanchadan ko'p bo'lmasligi kerak?
2. Vakuumda tok tashuvchi zarralar qanday hosil qilinadi?
3. Elektron bulut nima?
4. Dioddan qanday maqsadlarda foydalanish mumkin?

## 42-mavzu. METALL O'TKAZGICHLAR QARSHILIGINING TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGI

Metall o'tkazgichlarning qarshiligi temperatura o'zgarishiga qanday bog'liq?

Buni mulohaza qilib ko'raylik. Bir tomondan temperaturaning ortishi erkin elektronlar tezligining va to'qnashishlar sonining ortishiga olib keladi. Bundan tashqari, kristall panjara tugunlaridagi ionlarning tebranish amplitudasi va uning harakatlanayotgan elektronlar bilan to'qnashuvlari soni ortadi. Natijada zaryadlangan zarralarning tartibli harakat tezligi kamayadi, bu esa tok kuchining kamayishiga olib keladi.

Ikkinchi tomondan, temperatura ortganda birlik hajmdagi erkin elektronlar soni ortadi. Masalan, elektrolit eritmalarda ionlar soni ortadi.

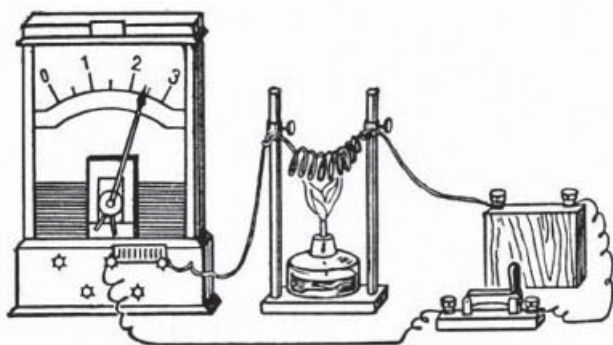
Qaysi faktor ko'proq rol o'ynasa, temperaturaning ortishi o'tkazgich qarshiligining ortishiga yoki kamayishiga olib kelishi mumkin.

Mazkur mulohazalarning to'g'riligini tekshirish uchun quyidagi tajriba o'tkazilgan. Elektr lampochkasiga ketma-ket holda spiral shaklida bukilgan temir sim ulangan (9.3-rasm).

Dastlab, lampochka ravshan yonib turadi. Spiral qizdirilsa, lampochka ravshanligi kamayadi. Agar ularga ketma-ket ampermetr ulansa, o'tuvchi tok kuchining kamayganligini ko'rsatadi. Bu tajriba spiral qizdirilganda

uning qarshiligi ortishini ko'rsatadi. Shunday tajribani boshqa metallar yoki metall qotishmalari bilan o'tkazib ko'rish mumkin.

Demak, **metall o'tkazgichlar qizdirilganda ularning qarshiligi ortar** ekan.



9.3-rasm.

Agar  $0^{\circ}\text{C}$  da o'tkazgich qarshiligi  $R_0$ ,  $t$  temperaturada  $R$  bo'lsa, ular orasidagi bog'lanish

$$R = R_0(1 + \alpha\Delta t) \quad (9.2)$$

bo'ladi. Bunda:  $\alpha$  – qarshilikning temperatura koeffitsiyenti deyiladi. Uning fizik ma'nosini anglab yetish uchun

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0\Delta t} = \frac{\Delta R}{R_0\Delta t} \quad (9.3)$$

ni hosil qilamiz. Demak,  $\alpha$  – koeffitsiyent, temperatura  $1^{\circ}\text{C}$  ga o'zgarganda o'tkazgich qarshiligining o'zgarishi  $0^{\circ}\text{C}$  dagi qarshiligining qancha qismini tashkil etishini ko'rsatadi. Aniq ishlaydigan elektron sxemalarda o'tkazgich qarshiligining temperaturaga bog'liqligini hisobga olish zarur bo'ladi. Uni hisobga olmaslik qo'shimcha xatoliklarning yuzaga kelishiga sababchi bo'lishi mumkin.

O'tkazgichlar qizdirilganda ularning geometrik o'lchamlari kam o'zgaradi. O'tkazgichning qarshiligi asosan solishtirma qarshilikning o'zgarishi bilan o'zgaradi. Solishtirma qarshilikning temperaturaga bog'liqligini topish uchun

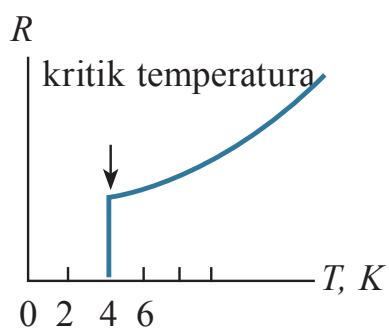
(9.2) ifodaga  $R = \rho \frac{l}{S}$  va  $R_0 = \rho_0 \frac{l}{S}$  lar qo'yiladi.

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta t). \quad (9.4)$$

Quyidagi jadvalda ba'zi bir metallar solishtirma qarshiligining temperatura koeffitsiyenti keltirilgan:

Metall yoki qotishma	$\alpha$ , $^{\circ}\text{C}$	Metall yoki qotishma	$\alpha$ , $^{\circ}\text{C}$
Aluminiy	0,0042	Nikelin	0,0001
Vismut	0,0046	Nikel	0,0065
Volfram	0,0045	Niobiy	0,003
Temir	0,0062	Nixrom	0,0002
Oltin	0,0040	Qalay	0,0044
Indiy	0,0047	Platina	0,0039
Kadmiy	0,0042	Simob	0,0010
Kobalt	0,0060	Qo'rg'oshin	0,0042
Mis	0,0039	Kumush	0,0040
Molibden	0,0050	Xrom	0,0059
Natriy	0,0055	Xromal	0,000065
Neyzilber	0,0003	Rux	0,0042

Metallarning solishtirma qarshiligining temperaturaga bogʻliqligidan *qarshilikli termometr*da foydalaniladi. Bunday termometrlar bilan juda yuqori va juda past temperaturalarni oʻlchash mumkin. Masalan, platinali termometrlar bilan  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$  gacha boʻlgan temperaturalarni  $0,0001\text{ }^{\circ}\text{C}$  aniqlikda oʻlchash mumkin.



9.4-rasm.

Shunday qilib, metallarda temperatura pasayishi bilan qarshiligi kamayishi va absolyut nol temperaturada nolga teng boʻlishi kerak. Lekin ikkinchi tomondan qaralsa, absolyut nol temperaturada erkin elektronlarning tezligi ham nolga intilishi natijasida oʻtkazgich qarshiligi cheksiz katta boʻlib ketishi kerak. Bu qarashlarning qanchalik toʻgʻriligini tajriba oʻtkazib tekshirish zarur edi. 1908-yilda golland fizigi Kamerling-Onnes birinchi boʻlib suyuq geliyni olishga erishdi. Aynan “geliy” temperaturalarida ishlash Kamerling-Onnesga “oʻta oʻtkazuvchanlik” hodisasini ochishga imkon berdi. U oldin metallar soʻngra simob bilan tajriba oʻtkazib koʻradi. Simob bilan oʻtkazilgan tajriba kutilmagan natijani beradi. Temperatura pasayishi bilan simob qarshiligi pasayib boradi va  $4,15\text{ K}$  (suyuq geliyning qaynash temperaturasidan birmuncha past temperatura)da keskin kamayib nolga tushib qoladi (9.4-rasm). 1911-yil 28-aprelda Kamerling-Onnes oʻz natijalarini eʼlon qiladi. Bu ixtironi u ***oʻta oʻtkazuvchanlik*** deb ataydi qiladi. Bu kutilmagan effekt boʻlib, oʻsha davrdagi nazariyalar bilan tushuntirib boʻlmadi. 1912-yilda qoʻrgʻoshin va qalayda oʻta oʻtkazuvchanlik hodisasi kuzatiladi. Keyingi izlanishlarda bunday holat koʻpgina metallar va qotishmalarda  $25\text{ K}$  dan past temperaturalarda kuzatiladi. 1957-yilda oʻta oʻtkazuvchanlik hodisasi Kuper va Bogolyubovlar tomonidan nazariy asoslandi. 1957-yilda Kollinz tomonidan oʻtkazilgan tajribada tok manbayi boʻlmagan berk zanjirda tok  $2,5$  yil mobaynida toʻxtovsiz oqib turgan. 1986-yilda metallokeramika materiallarida yuqori temperaturali ( $100\text{ K}$ ) oʻta oʻtkazuvchanlik jarayoni kuzatilgan.

Onnes birinchi boʻlib suyuq geliyni olishga erishdi. Aynan “geliy” temperaturalarida ishlash Kamerling-Onnesga “oʻta oʻtkazuvchanlik” hodisasini ochishga imkon berdi. U oldin metallar soʻngra simob bilan tajriba oʻtkazib koʻradi. Simob bilan oʻtkazilgan tajriba kutilmagan natijani beradi. Temperatura pasayishi bilan simob qarshiligi pasayib boradi va  $4,15\text{ K}$  (suyuq geliyning qaynash temperaturasidan birmuncha past temperatura)da keskin kamayib nolga tushib qoladi (9.4-rasm). 1911-yil 28-aprelda Kamerling-Onnes oʻz natijalarini eʼlon qiladi. Bu ixtironi u ***oʻta oʻtkazuvchanlik*** deb ataydi qiladi. Bu kutilmagan effekt boʻlib, oʻsha davrdagi nazariyalar bilan tushuntirib boʻlmadi. 1912-yilda qoʻrgʻoshin va qalayda oʻta oʻtkazuvchanlik hodisasi kuzatiladi. Keyingi izlanishlarda bunday holat koʻpgina metallar va qotishmalarda  $25\text{ K}$  dan past temperaturalarda kuzatiladi. 1957-yilda oʻta oʻtkazuvchanlik hodisasi Kuper va Bogolyubovlar tomonidan nazariy asoslandi. 1957-yilda Kollinz tomonidan oʻtkazilgan tajribada tok manbayi boʻlmagan berk zanjirda tok  $2,5$  yil mobaynida toʻxtovsiz oqib turgan. 1986-yilda metallokeramika materiallarida yuqori temperaturali ( $100\text{ K}$ ) oʻta oʻtkazuvchanlik jarayoni kuzatilgan.

### Masala yechish namunasi

Elektr lampochkasidagi volframdan yasalgan spiralning  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  dagi qarshiligi  $30\ \Omega$  ga teng. Lampochkani  $220\text{ V}$  oʻzgarmas tok manbayiga

ulanganda undan o'tuvchi tok kuchi 0,6A ga teng bo'ldi. Lampaning yonishdagi spiral temperaturasi aniqlang.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$t = 20^{\circ}\text{C}$ $R_1 = 30 \Omega$ $U = 220 \text{ V}$ $\alpha = 0,005 \text{ 1/grad}$	$R = R_0(1 + \alpha\Delta t)$	$R_0 = \frac{30 \Omega}{1 + 0,005 \frac{1}{\text{grad}} 20^{\circ}\text{C}} = 27 \Omega;$ $R = \frac{220\text{V}}{0,6\text{A}} = 366,7 \Omega \approx 367 \Omega;$ $\Delta t = \frac{367 \Omega - 27 \Omega}{27 \Omega \cdot 0,005 \frac{1}{\text{grad}}} = 2518^{\circ}\text{C}.$
Topish kerak $\Delta t - ?$		Javobi: $2518^{\circ}\text{C}.$



1. Metallarda temperatura ortishi bilan ularning qarshiligi qanday o'zgaradi?
2. Metallar qarshiligining temperaturaga bog'liq holda o'zgarishidan qanday foydalaniladi?
3. O'ta o'tkazuvchanlik holatidan sanoat, transportda foydalanishning istiqbollari qanday?

### 43-mavzu. YARIMO'TKAZGICHLARDA XUSUSIY O'TKAZUVCHANLIK. ARALASHMALI O'TKAZUVCHANLIK

Tabiatda shunday moddalar borki, ularning birlik hajmda elektronlar soni o'tkazgichlarga nisbatan kam, lekin izolyator (dielektrik)larga nisbatan ko'p. Shu sababli bunday moddalarni **yarimo'tkazgichlar** deb ataldi.

*Yarimo'tkazgich moddalarda temperatura ortishi bilan ularning solishtirma qarshiligi kamayadi.* Juda past temperaturalarda yarimo'tkazgich modda dielektrik bo'lib qoladi.

Metallarga yorug'lik ta'sir etganda ularning elektr o'tkazuvchanligi deyarli o'zgarmaydi. Yarimo'tkazgichga yorug'lik tushirilganda ularning elektr o'tkazuvchanligi ortadi.

Shunday qilib, yarimo'tkazgichlarning asosiy farqli tomonlari quyidagilardan iborat:

a) elektr o'tkazish qobiliyatiga ko'ra metallar bilan dielektriklarning oraliq holatini egallaydi;

b) isitilganda va yorug'lik tushirilganda solishtirma qarshiligi kamayadi.

Yarimo'tkazgich xususiyatiga ega bo'lgan elementlarga germaniy, kremniy, tellur, selen va h.k.lar kiradi. Sizga kimyo fanidan ma'lumki, kimyoviy elementlar atom tuzilishi va xususiyatiga ko'ra, **D.I. Mendeleevning davriy jadvalida** yarimo'tkazgich elementlar asosan III, IV va V guruhlarda joylashgan.

### **Yarimo'tkazgichlarning tuzilishi. Xususiy o'tkazuvchanlik**

Yarimo'tkazgichlarda elektr tokining tabiatini tushunish uchun, ularning tuzilishini bilish kerak. Buning uchun tarkibida hech qanday chet moddalar bo'lmagan toza kremniy kristalini qaraylik. Siz 9-sinfda atom tuzilishi bilan tanishgansiz. Unda atomda elektronlar qobiq-qobiq bo'lib joylashishini ham bilib olgansiz.

Kremniy atomida elektronlar qavatlar bo'yicha joylashganda uning eng tashqi qobig'ida to'rtta elektroni joylashadi. Qo'shni atomlar bir-birini shu elektronlar vositasida tutib turadi.

Har bir atom qo'shni atom bilan o'zining bitta elektroni orqali bog'lanadi. Natijada ikkita atom o'zaro ikkita elektron orqali bog'lanadi. Bunday bog'lanishni **kovalent bog'lanish** deyiladi.

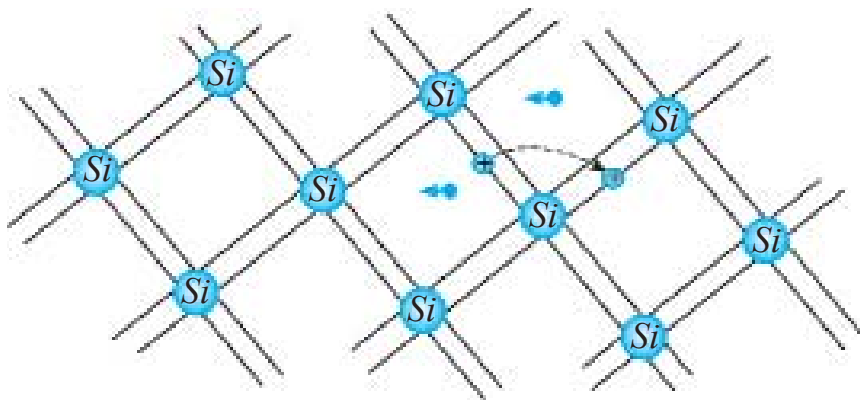
Kovalent bog'lanishda qatnashayotgan elektronlarni **valent elektronlar** deb ham yuritiladi. Demak, valent elektronlar butun kristall atomlariga tegishli bo'ladi.

**Elektron o'tkazuvchanlik.** Past temperaturalarda juft elektronlar hosil qilgan bog'lanish kuchli bo'lib, uzilmaydi.

Shu sababli past temperaturalarda kremniy elektr tokini o'tkazmaydi. Temperatura ko'tarilganda valent elektronlarning kinetik energiyasi ortadi. Ayrim bog'lanishlar uzila boshlaydi. Ulardan ayrimlari borib-kelib, yurgan yo'lidan chiqib, metalldagi kabi erkin elektronga aylanadi. Mazkur elektronlar elektr maydoni ta'sirida yarimo'tkazgich bo'ylab ko'chadi va elektr tokini hosil qiladi (9.5-rasm).

Erkin elektronlarning ko'chishi tufayli yarimo'tkazgichda tok hosil bo'lishiga **elektron o'tkazuvchanlik** yoki qisqacha ***n*-turdagi o'tkazuvchanlik** (lotin. *negativus* – manfiy) deyiladi.

**Kovakli o'tkazuvchanlik.** Kovalent bog'lanishda qatnashgan elektron chiqib ketgan joyda **kovak** hosil bo'ladi. Neytral atomdan manfiy zaryadli elektron chiqib ketgan joy musbat zaryadga ega bo'ladi.



9.5-rasm.

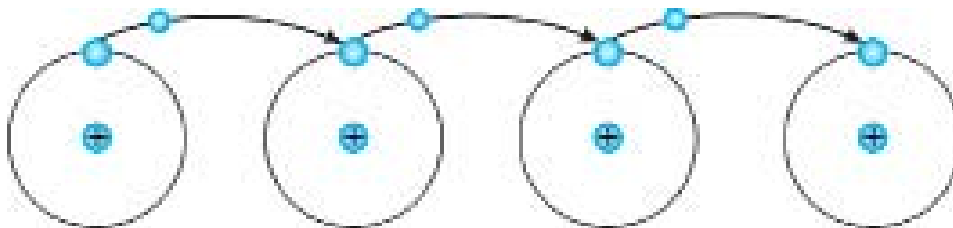
Bo'sh kovakni kovalent bog'lanishdagi boshqa elektron kelib berkitadi. Lekin endi kovak boshqa joyda paydo bo'ladi. Shunday qilib, elektronning bir joydan ikkinchi joyga ko'chishida, kovaklarning ham nisbatan ko'chishi ro'y beradi.

Elektr maydoni bo'lmaganda elektronlarning va shunga mos kovaklarning ko'chishi tartibsiz bo'ladi.

Elektr maydoni qo'yilganda erkin elektronlar bir tomonga, kovaklar ikkinchi tomonga ko'chadi.

Xuddi shunday yarim o'tkazich boshida hosil bo'lgan kovakka qo'shni atomdan elektronning sakrab o'tishida musbat zaryadli kovak o'tkazgichning oxiri tomon siljiydi (9.6-rasm).

Bunday o'tkazuvchanlikni yarimo'tkazgichlarning **kovakli o'tkazuvchanligi** yoki qisqacha **p-turdagi o'tkazuvchanlik** (lotin. *positivus* – musbat) deyiladi.



9.6-rasm.

Shunday qilib, sof (hech qanday aralashmalarsiz) yarimo'tkazgichlarda erkin elektronlarning harakati bilan bog'liq elektron o'tkazuvchanlik, kovaklar harakati bilan bog'liq kovakli o'tkazuvchanlik bo'ladi.

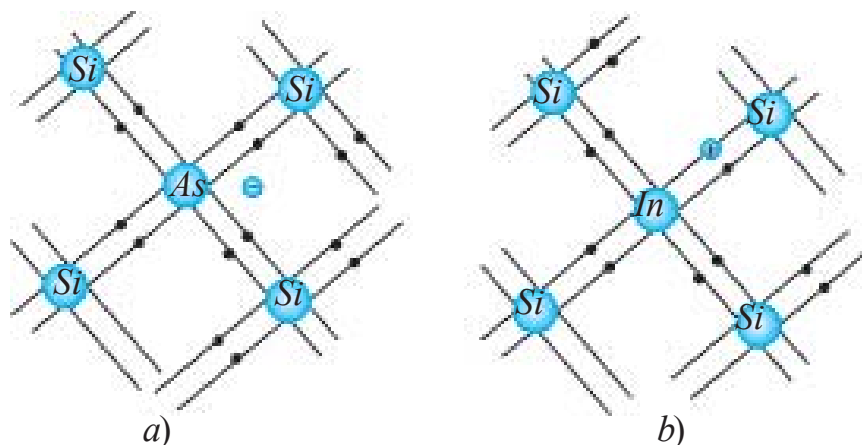
Aralashmalarsiz, sof yarimo'tkazgichdagi o'tkazuvchanlikni **xususiy o'tkazuvchanlik** deyiladi. Bunda mazkur moddadagi elektron va kovakli o'tkazuvchanlik deyarli teng bo'ladi.



Sof yarimoʻtkazgichlarda erkin elektronlar va kovaklar soni kam boʻlganligidan elektr oʻtkazish qobiliyati kichik boʻladi.

**Aralashmali yarimoʻtkazgichlar: donorli aralashmalar.** Endi sof yarimoʻtkazgichli kremniyga ozgina aralashma kiritaylik. Dastlab kremniy atomlari orasiga besh valentli mishyak (As) kiritaylik.

Bunda kremniyning toʻrtta kovalent bogʻlanish hosil qiluvchi elektroni oʻrnini mishyakning toʻrtta elektroni egallaydi. Mishyakning beshinchi elektroni boʻsh qolib, erkin elektronga aylanadi (9.7 a-rasm).



9.7-rasm.

Natijada erkin elektronlar soni kovaklar sonidan ortiq boʻladi. Yarimoʻtkazgichning solishtirma qarshiligi keskin kamayadi. Bunda qoʻshilgan mishyak atomlarining soni yarimoʻtkazgich atomlari sonining oʻn milliondan bir qismini tashkil etganda, erkin elektronlarning konsentratsiyasi ( $1 \text{ sm}^3$  ga toʻgʻri kelgan elektronlar soni) sof yarimoʻtkazgichnikiga nisbatan ming barobar katta boʻladi. Qoʻshilganda osongina elektronini beradigan aralashmalarni **donorli aralashmalar** deyiladi. Donorli aralashmalarda asosiy tok tashuvchi zarralar elektronlar boʻlganligi uchun, ularni ***n*-turdagi yarimoʻtkazgichlar** deyiladi. Kovaklar bunday yarimoʻtkazgichlarda asosiy boʻlmagan zaryad tashuvchilarga kiradi.

**Akseptorli aralashmalar.** Sof yarimoʻtkazgichli kremniyga indiy moddasini aralastiraylik. Indiy (In) uch valentli boʻlganligidan, uning uchta elektroni kremniy atomi bilan kovalent bogʻlanish hosil qiladi. Bunda indiyning qoʻshni atomlar bilan normal holdagi juft elektronli kovalent bogʻlanish hosil qilishi uchun bitta elektron yetmaydi. Natijada kovak hosil boʻladi. Kristallga qancha indiy atomi kiritilsa, shuncha kovak hosil boʻladi (9.7 b-rasm).

Bunday turdagi aralashmani **akseptorli aralashmalar** deyiladi. Yarimo‘tkazgich elektr maydoniga kiritilganda, kovaklar ko‘chishi ro‘y berib, kovakli o‘tkazuvchanlik hosil bo‘ladi. Asosiy tok tashuvchilari kovaklardan iborat bo‘lgan aralashmali yarimo‘tkazgichlarni ***p*-turdagi yarimo‘tkazgichlar** deyiladi. Bunday yarimo‘tkazgichlarda elektronlar asosiy bo‘lmagan zaryad tashuvchilar hisoblanadi.



1. Qanday xususiyatiga ko‘ra ularni yarimo‘tkazgichlar deb nomlashgan?

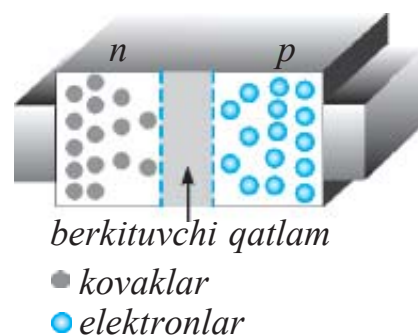
2. Elektron o‘tkazuvchanlik qanday zarralarning harakati bilan bog‘langan?
3. Elektron bilan kovak uchrashganda qanday hodisa ro‘y beradi?
4. Nima sababdan yarimo‘tkazgichning qarshiligi unga kiritilgan aralashmaga kuchli darajada bog‘liq?
5. Akseptor aralashmali yarimo‘tkazgichda qanday zaryad tashuvchilar asosiy hisoblanadi?



D.I. Mendeleyevning kimyoviy elementlar davriy sistemasi jadvalini oling. Undan III va V guruhdan aralashma sifatida ishlatilishi bo‘ladigan elementlarni yozib oling. IV guruhdagi yarimo‘tkazgich bilan aralashmali yarimo‘tkazgich hosil bo‘lish chizmasini chizing.

## 44-mavzu. YARIMO‘TKAZGICHLI ASBOBLAR (DIOD, TRANZISTOR) VA ULARNING TEXNIKADA QO‘LLANILISHI

Biror yarimo‘tkazgich kristalining bir tomonida *n*-turdagi, ikkinchi tomonida *p*-turdagi yarimo‘tkazgichni hosil qilaylik (9.8-rasm). Yarimo‘tkazgichning o‘rta qismida erkin elektronlar tezgina bo‘sh kovaklarni to‘ldiradi. Natijada yarimo‘tkazgichning o‘rta qismida zaryad tashuvchilar bo‘lmagan soha hosil bo‘ladi. Bu sohaning xususiyati dielektriknikiday bo‘ladi.



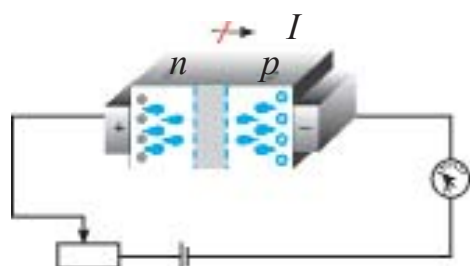
9.8-rasm.

Shunga ko'ra bu soha bundan keyin elektronlarning  $p$ -sohaga, kovaklarning  $n$ -sohaga o'tishiga to'sqinlik qiladi. Shu sababli uni **berkituvchi qatlam** deyiladi.

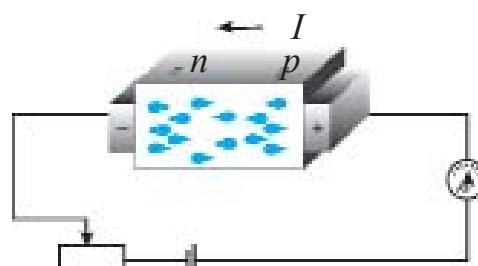
Mazkur yarimo'tkazgichni tok manbayiga ulaylik. Dastlab yarim o'tkazgichning  $p$ -sohasini manbaning manfiy qutbiga,  $n$ -sohasini manbaning musbat qutbiga ulaylik (9.9-rasm).

Bunda elektronlar manbaning musbat qutbiga, kovaklar manbaning manfiy qutbiga tortiladi. Natijada berkituvchi qatlam kengayadi. Yarimo'tkazgich orqali deyarli tok o'tmaydi. Bunday holat **teskari  $p-n$  o'tish** deb ataladi.

Endi yarimo'tkazgichning  $p$ -sohasiga manbaning musbat qutbini,  $n$ -sohasiga manbaning manfiy qutbini ulaylik. Bunda elektronlar  $n$ -sohadan itarilib  $p$ -sohaga tortiladi.



9.9-rasm



9.10-rasm

Kovaklar esa  $p$ -sohadan itarilib,  $n$ -sohaga tortiladi. Natijada berkituvchi qatlam torayadi va undan zaryad tashuvchilar o'ta boshlaydi (9.9-rasm). Yarimo'tkazgichdan tok o'tadi. Bunday holatni **to'g'ri  $p-n$  o'tish** deyiladi. To'g'ri  $p-n$  o'tishda yarimo'tkazgichning elektr qarshiligi, teskari  $p-n$  o'tishga nisbatan bir necha marta kichik bo'ladi. Yarimo'tkazgichda  $p-n$  o'tish tufayli tok faqat bir yo'nalishda o'tadi. Uning bu xususiyatidan yarimo'tkazgichli asboblarda foydalaniladi.

### Yarimo'tkazgichli diod

Yarimo'tkazgichlarda  $p-n$  o'tishni hosil qilish uchun  $p$  va  $n$  o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan ikkita yarimo'tkazgichni mexanik ravishda ulash yetarli bo'lmaydi. Chunki bu holda ulardagi oraliq katta bo'ladi.  $p$  va  $n$  o'tishdagi qalinlik atomlararo masofaga teng bo'ladigan darajada kichik bo'lishi kerak. Shu sababli donor aralashmaga ega bo'lgan germaniy monokristali yuzalaridan biriga indiy kavsharlanadi. Diffuziya hodisasi tufayli indiy atomlari germaniy monokristali ichiga kiradi. Natijada germaniy yuzasida  $p$ -turdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan soha hosil bo'ladi.

Germaniy monokristalining indiy atomlari kirmagan sohasi avvalgidek  $n$ -turdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'ladi. Oraliq sohada  $p-n$  o'tish hosil bo'ladi (9.11 *a*-rasm).

Bitta  $p-n$  o'tishga ega bo'lgan yarimo'tkazgichli asbobga **yarimo'tkazgichli diod** deyiladi.

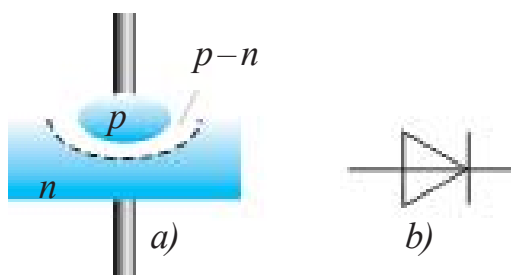
Yarimo'tkazgichli diodga yorug'lik, havo va tashqi elektr, magnet maydonlarining ta'sirlarini kamaytirish uchun germaniy kristali germetik berk metall qobiqqa joylashtiriladi.

Yarimo'tkazgichli diodning shartli belgisi 9.11 *b*-rasmida keltirilgan.

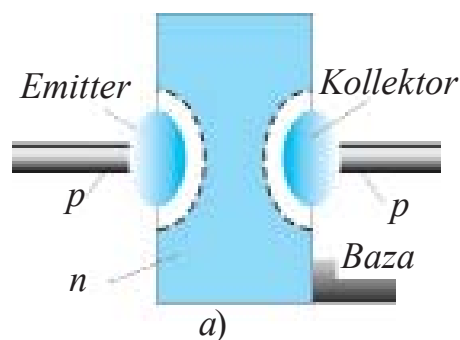
### Tranzistor haqida tushuncha.

Ikkita  $p-n$  o'tishga ega bo'lgan yarimo'tkazgichli sistemaga **tranzistor** deyiladi. Tranzistor yordamida elektr tebranishlari hosil qilinadi, boshqariladi va kuchaytiriladi.

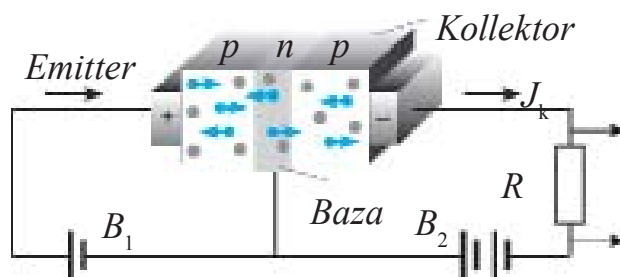
Tranzistorni tayyorlash uchun elektron o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan germaniy kristalining ikkita tomoniga indiy kavsharlanadi. Germaniy kristalining qalinligi juda kichik bo'ladi (bir necha mikrometr). Mana shu qatlam tranzistor asosi, ya'ni **bazasi** deb ataladi (9.12 *a*-rasm).



9.11-rasm.



9.12-rasm.



9.13-rasm.

Uning kovakli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan ikkita tomonidan chiqarilgan uchlari **emitter** va **kollektor** deyiladi. Bunday turdagi tranzistorni  $p-n-p$  **strukturali tranzistor** deyiladi (9.12 *a*-rasm).

Tranzistorning emitter sohasidagi kovaklar konsentratsiyasi, bazadagi elektronlar konsentratsiyasiga nisbatan bir necha marta katta qilib tayyorlanadi. Tranzistorning shartli belgisi 9.12 *b*-rasmida keltirilgan. Tranzistorning ishlashini qaraylik (9.13-rasm).

Emitter–baza oraliq‘iga ulangan  $B_1$  batareya kuchlanishi to‘g‘ri  $p-n$  o‘tishni hosil qiladi. Kollektor–baza oraliq‘idagi  $B_2$  batareya teskari  $p-n$  o‘tishni hosil qiladi. Unda kollektorda tok qanday hosil bo‘ladi? Baza–emitter oraliq‘iga qo‘yilgan kuchlanish ta‘sirida kovaklar bazaga kirib keladi. Bazaning qalinligi juda kichik bo‘lganligi hamda unda elektronlar konsentratsiyasi kam bo‘lganligidan kovaklarning juda kam qismi elektronlarga birikadi. Ko‘pchilik kovaklar esa kollektor sohasiga o‘tib qoladi.

Kollektorga  $B_2$ ning manfiy qutbi ulanganligidan kovaklar unga tortilib, kollektor tokini tashkil etadi. Emitter–baza zanjiridagi tok kuchi, emitter–kollektor yo‘nalishidagi tok kuchidan ancha kichik bo‘ladi. Emitter–baza yo‘nalishidagi tok kuchi o‘zgarsa, emitter–kollektor yo‘nalishida o‘tayotgan tok kuchi ham o‘zgaradi. Shunga ko‘ra tranzistordan o‘zgaruvchan tok signallarini kuchaytirishda foydalaniladi.

Tranzistorni tayyorlashda baza sifatida  $p$ -turdagi yarimo‘tkazgich olinishi ham mumkin. Bu holda emitter va kollektor sohasi  $n$ -turdagi yarimo‘tkazgichdan tayyorlanadi. Bunday tranzistorni  **$n-p-n$  strukturali tranzistor** deyiladi.

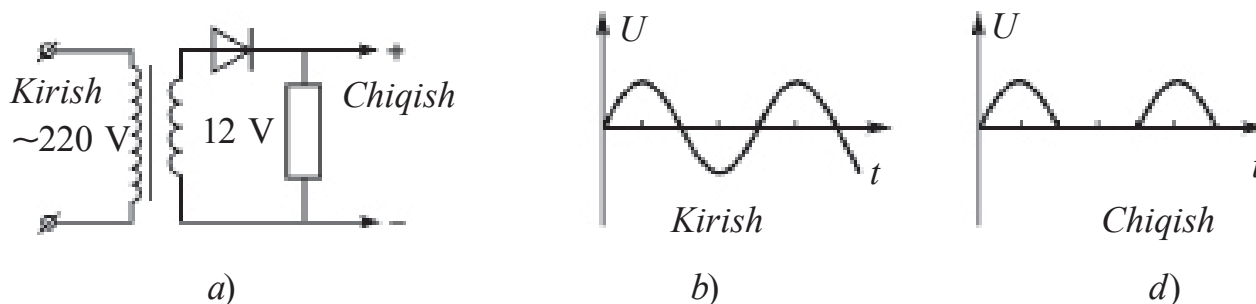
Bunday turdagi tranzistorlarning ishlash prinsipi  $p-n-p$  turdagi tranzistordan farq qilmaydi. Bu tranzistorda faqat tok yo‘nalishi kollektordan emitterga tomon bo‘ladi.

### **Integral mikrosxemalar\***

O‘tgan asrning 70-yillarida o‘n so‘mlik tangadek keladigan yarimo‘tkazgich material bo‘lagida minglab mikroskopik tranzistorlar joylashtirilgan mikrosxemalar kashf qilindi. Ularda tranzistorlar bilan birgalikda diodlar, kondensatorlar, rezistorlar va boshqa radioelektron elementlar ham joylashtirilganligidan **integral mikrosxema** deb ataldi. Bu kashfiyot kichik bir hajmda murakkab sxemalarni joylashtirish va stol kompyuterlarini yaratish imkoniyatini tug‘dirdi. Dastlabki davrda radioelementlar yarimo‘tkazgich yuzasida yasalgan bo‘lsa, keyinchalik ularni butun hajmda hosil qilina boshlandi. Ularni **mikrochiplar** deb atala boshlandi. Mikrochiplar asosida qo‘l telefonlari, ko‘tarib yuriladigan kompyuter (Noutbuk) va h.k. mitti radioelektron qurilmalar yasalmogda. Hozirgi kunda tangadek keladigan mikrochipda yuz millionlab tranzistor va radioelementlar joylashtirilmogda. Bu degan so‘z, radioelement o‘lchami  $\approx 10^{-9}$  m atrofida deganidir.  $10^{-9}$  m bir nanometr ga teng. Shunga ko‘ra bunday mikrosxemalarni loyihalash, yasash ishlari bilan shug‘ullanadigan soha **nanotexnologiya** deyiladi.

Bu sohani o'rganish va ularni takomillashtirishni, avvalo, eng sodda elektrotexnik qurilmalarni yasash va ishlashini o'rganishdan boshlanadi.

**O'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirib beruvchi to'g'rilagich.** Ma'lumki televizor, radiopriyomnik va shu kabi asboblarni kundalik turmushda o'zgaruvchan 220 V tarmog'iga ulab ishlatamiz. Lekin uni tashkil etgan diod, tranzistor kabi yarimo'tkazgichli asboblarda esa o'zgarmas tok manbayiga ulanishi kerak. Demak, mazkur asboblarda o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirib beruvchi alohida qismi bo'lishi kerak. 9.14-rasmda mana shunday qurilmaning sodda sxemasi keltirilgan.



9.14-rasm.

Bu sxemada transformator birlamchi chulg'amiga o'zgaruvchan 220 V kuchlanish berilganda, ikkilamchi chulg'amidan 12 V olinadi. Yarimo'tkazgichli diod kuchlanishning musbat yarim davrida tokni o'tkazadi. Manfiy yarim davrida esa o'tkazmaydi. Shunga ko'ra bu sxemadagi qurilma **bitta yarim davrli to'g'rilagich** deyiladi.

To'g'rilagich kirishi va sxemadagi kuchlanish shakllari 9.14 b-rasmda keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, sxemada kuchlanishning faqat yarmidan foydalaniladi. Bundan tashqari, uning kattaligi ham kuchli o'zgaradi. Shu sababli ikki yarim davrli to'g'rilagich ishlatiladi.

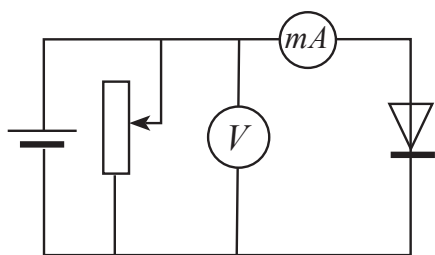


1. Yarimo'tkazgichli diod nima sababdan tokni faqat bir lomonga o'tkazadi?
2.  $p-n$  o'tish nima?
3. Yarimo'tkazgich qarshiligi  $p-n$  o'tishga qanday bog'liq?
4. Tranzistorda to'g'ri va teskari  $p-n$  o'tishlar uning qaysi sohalarida bo'ladi?
5.  $p-n-p$  va  $n-p-n$  turdagi tranzistorlar nimasi bilan farqlanadi?

## 45-mavzu. LABORATORIYA ISHI: YARIM OTKAZGICHLI DIODNING VOLT-AMPER XARAKTERISTIKASINI O'RGANISH

**Ishning maqsadi.** Yarim otkazgichli dioddan o'tuvchi tok kuchining qo'yilgan kuchlanishga bog'liqligini o'rganish.

**Kerakli asboblari:** 1) yarimo'tkazgichli diod (kolodkada); 2) o'zgarmas tok manbayi (36–42 V); 3) uzib-ulagich; 4) o'tkazgich simlari; 5) milliampermetr; 6) reostat; 7) voltmeter.



9.15-rasm.

### Ishning bajarilishi:

1. Kerakli asboblari to'planib, 9.15-rasmdagi chizma bo'yicha elektr zanjiri yig'iladi.

2. Reostat jildirgichini surib chiqishda 0 V bo'ladigan holatga qo'yiladi.

3. Uzib-ulagich ulanadi.

4. Reostat jildirgichini surib, tashqi zanjirga

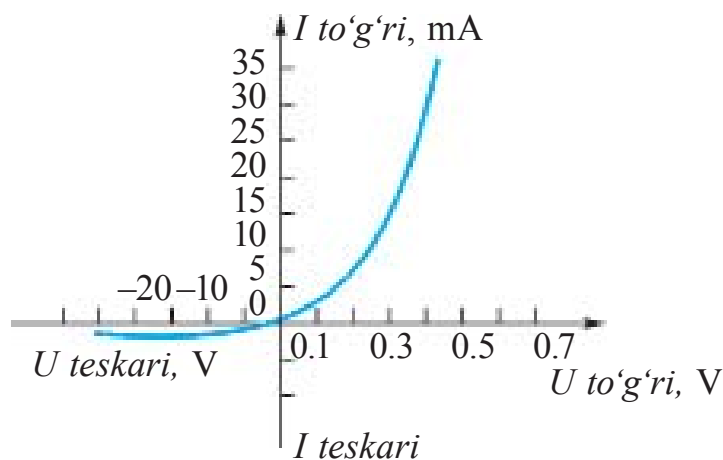
beriladigan kuchlanish orttirib boriladi. Voltmetr va ampermetr ko'rsatishlari yozib boriladi.

5. O'lchash natijalari jadvalga kiritiladi.

$U, V$							
$I, A$							

6. Tok manbayining qutblari almashinib ulanadi va tajriba takrorlanadi.

7. Natijalariga ko'ra yarim otkazgichli dioddan o'tuvchi tok kuchining qo'yilgan kuchlanishga bog'liqlik grafigi chiziladi.



9.16-rasm.

8. Yarim o'tkazgichli dioddan to'g'ri  $p-n$  o'tish va teskari  $p-n$  o'tish yo'nalishda o'tadigan tok kuchining qo'yilgan kuchlanishga bog'liqligi 9.16-rasmdagi grafikda keltirilgan.

Diodga teskari yo'nalishdagi kuchlanish qo'yilganda diodning pasportida yozilgan qiymatidan katta kuchlanishni qo'yish mumkin emas.



1. Diod to'g'ri ulangan holda tok kuchining qo'yilgan kuchlanishga bog'liqligi to'g'ri chiziqdan iborat emasligiga e'tibor bering va sababini tushuntirishga harakat qiling.

2. Nima sababdan teskari yo'nalishda kuchlanish qo'yilsa, undan tok o'tadi?

3. Olingan ma'lumotlardan foydalanib diodning to'g'ri va teskari o'tish yo'nalishlari uchun elektr qarshiliklarini hisoblang.

### 9-mashq

1. Mis sterjendan 0,5 s davomida zichligi  $9 \text{ A/mm}^2$  bo'lgan tok o'tganda uning temperaturasi qanday o'zgaradi? Misning solishtirma qarshiligi  $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ , zichligi  $8900 \text{ kg/m}^3$ , solishtirma issiqlik sig'imi  $380 \text{ J/(kg K)}$  (Javobi:  $0,20 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

2. Niobiydan yasalgan spiral  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  ga qizdirilsa uning solishtirma qarshiligi necha marta o'zgaradi? Niobiy uchun  $\alpha = 0,003 \text{ K}^{-1}$  (Javobi: 1,3 marta ortadi).

3. Nikelin simning  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  dagi qarshiligi  $20 \Omega$  ga teng edi. Uni  $120 \text{ }^\circ\text{C}$  gacha qizdirilsa, qarshiligi nimaga teng bo'ladi? Nikelin uchun  $\alpha = 0,0001 \text{ K}^{-1}$ .

4. Vakuimli diodda elektron anodga  $8 \text{ Mm/s}$  tezlik bilan yetib boradi. Anod kuchlanishini toping (Javobi:  $180 \text{ V}$ ).

5. Vakuimli diodda anoddagi maksimal tok kuchi  $50 \text{ mA}$  ga teng bo'ldi. Katoddan har sekunda nechta elektron uchib chiqmoqda? (Javobi:  $3,1 \cdot 10^{17}$ ).

6. Yarimo'tkazgichlarda musbat ion bilan kovak orasida farq bormi?

7. Nima sababdan tashqi sharoitlar o'zgarmagani holda elektron-kovak jufti to'xtovsiz hosil bo'lib tursada, yarimo'tkazgichda erkin zaryad tashuvchilar soni o'zgarmaydi.

8. Germaniyga fosfor, rux, kaliy kiritilsa, qanday turdagi o'tkazuvchanlik hosil bo'ladi?

9. Nima sababdan bir xil kuchlanishda to'g'ri  $p-n$  o'tishdagi tok, teskari o'tishdagi tokka nisbatan ancha katta bo'ladi?



10. Termistor (qarshiligi temperaturaga qarab o'zgaradigan yarim o'kazgichli asbob) uchiga ketma-ket holda  $1\text{ k}\Omega$  li qarshilik ulanib, unga  $20\text{ V}$  kuchlanish berildi. Xona temperaturasida zanjirdagi tok kuchi  $5\text{ mA}$  edi. Termistorni issiq suvga tushirilganda undan o'tuvchi tok kuchi  $10\text{ mA}$  bo'lib qoldi. Termistor qarshiligi necha marta kamaygan? (*Javobi: 3 marta*).

### IX bobni yakunlash yuzasidan test savollari

- 1. Gapni to'ldiring. Metallarning qizishi tufayli ulardan elektron uchib chiqish hodisasiga ... deyiladi.**  
A) ... termoelektron emissiya...;                      B) ...elektron emissiya...;  
C) ...chiqish ishi...;                                      D) ...to'yinish toki....
- 2. Vakuumda elektr tokining tabiati nimadan iborat?**  
A) elektronlar oqimining bir tomonga harakatidan;  
B) musbat ionlarning bir tomonga harakatidan;  
C) manfiy ionlar oqimining bir tomonga harakatidan;  
D) elektronlar, musbat va manfiy ionlarning bir tomonga harakatidan iborat.
- 3. Donor aralashmali yarimo'tkazgichlar qanday turdagi o'tkazuvchanlikka ega?**  
A) asosan elektron o'tkazuvchanlikka;  
B) asosan teshikli o'tkazuvchanlikka;  
C) teng miqdorda elektron va teshikli o'tkazuvchanlikka;  
D) elektr tokini o'tkazmaydi.
- 4. Toza yarimo'tkazgichdan elektronlarning tartibli harakati tufayli  $1\text{ mA}$  tok o'tmoqda. Yarimo'tkazgichdan o'tayotgan to'la tok kuchi nimaga teng?**  
A)  $1\text{ mA}$ ;                      B)  $2\text{ mA}$ ;                      C)  $0,5\text{ mA}$ ;                      D)  $0$ .
- 5. Gapni davom ettiring. "Temperatura ortishi bilan yarimo'tkazgichning qarshiligi..."**  
A) ... ortadi;                      B) ... avval ortadi, so'ngra kamayadi;  
C) ... kamayadi;                      D) ... avval kamayadi, so'ngra ortadi.
- 6. Yarimo'tkazgichda teshik va elektron uchrashganda nima hosil bo'ladi?**  
A) musbat ion;                      B) neytral atom;

C) manfiy ion;            D) musbat va manfiy ionlar.

**7. Aralashmali o'tkazuvchanlik qanday zarralarning harakati bilan bog'langan?**

- A) asosan erkin elektronlar;
- B) asosan kovaklar;
- C) teng miqdordagi erkin elektronlar va kovaklar;
- D) turli miqdordagi erkin elektronlar yoki kovaklar.

**8. "To'g'ri  $p-n$  o'tishda yarimo'tkazgichdagi berkituvchi qatlam ..."**  
**Gapni davom ettiring.**

- A) ... kengayadi;
- B) ... torayadi;
- C) ... o'zgarmasdan qoladi;
- D) ... kuchlanish kattaligiga qarab chiziqli o'zgaradi.

**9. Kovalent bog'lanishda nechta elektron qatnashadi?**


- A) 1 ta;                      B) 2 ta;                      C) 3 ta;                      D) 4 ta.

**10.  $n-p-n$  turdagi tranzistor bazasiga emitterga nisbatan qanday ishoradagi potensial berilganda tranzistordan tok o'tadi?**

- A) musbat;                      C) nol;
- B) manfiy;                      D) qanday ishorada berilishining ahamiyati yo'q.

## IX bobda o'rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar

Termoelektron emissiya	Metallarning qizishi tufayli ulardan elektron uchib chiqish hodisasi.
Vakuumda elektr toki	Elektronlar ionlar oqimining bir tomonga harakatidan iborat.
Ikki elektrodli elektron lampa	Anod va katoddan iborat vakuumli lampa–diod.
To'yinish toki	Katoddan uchib chiqayotgan barcha elektronlar anodga yetib borganda anod tokining o'zgarmay qolishi.
Boguslavskiy-Lengmyur formulasi	$I_a = kU^{3/2}$ . Vakuumli dioddan o'tuvchi tok kuchining anod kuchlanishiga bog'liqligi.
Metall o'tkazgichlar qarshiliklarining temperaturaga bog'liqligi	$R = R_0(1 + \alpha t)$ ; $R_0$ $-0^\circ\text{C}$ da o'tkazgich qarshiligi; $R$ – $t$ temperaturadagi qarshiligi, $\alpha$ –qarshilikning temperatura koeffitsiyenti.
O'ta o'tkazuvchanlik	Temperatura pasayishi bilan o'tkazgich qarshiligining keskin kamayib nolga tushib qolishi.
Elektron o'tkazuvchanlik ( $n$ -turdagi o'tkazuvchanlik)	Erkin elektronlarning ko'chishi tufayli yarimo'tkazgichda tok hosil bo'lishi.
Kovakli o'tkazuvchanlik ( $p$ – turdagi o'tkazuvchanlik)	Kovalent bog'lanishda elektron yetishmasligi tufayli hosil bo'lgan bo'sh o'ringa kovak deyiladi. Elektr maydoni ta'sirida kovaklarning ko'chishi tufayli yarimo'tkazgichda kovakli o'tkazuvchanlik ro'y beradi.
Yarimo'tkazgichlarda xususiy o'tkazuvchanlik	Yarimo'tkazgichdan teng miqdorda erkin elektronlar va kovaklar ko'chishi tufayli elektr tokini o'tkazishi.
Donorli aralashmalar	Sof yarimo'tkazgichga qo'shilganda osongina elektronini beradigan aralashmalar. Bunda $n$ -turdagi o'tkazuvchanlik hosil boladi.
Akseptorli aralashmalar	Sof yarimo'tkazgichga qo'shilganda kovalent bog'lanish uchun bitta elektroni yetishmasdan kovak hosil qiladigan aralashmalar. Bunda $p$ -turdagi o'tkazuvchanlik hosil bo'ladi.
Berkituvchi qatlam	Bir tomoni $n$ -turdagi, ikkinchi tomoni $p$ -turdagi yarimo'tkazgich chegarasida hosil bo'ladigan zaryadli zarralar bo'lmagan soha.

To'g'ri $p-n$ o'tish	Bir tomoni $n$ -turdagi, ikkinchi tomoni $p$ -turdagi yarimo'tkazgichda $p$ -sohasini manbaning musbat qutbiga, $n$ -sohasini manbaning manfiy qutbiga ulanganda berkituvchi qatlam yupqalashib, tok o'tishi.
Teskari $p-n$ o'tish	Bir tomoni $n$ -turdagi, ikkinchi tomoni $p$ -turdagi yarimo'tkazgichda $p$ -sohasini manbaning manfiy qutbiga, $n$ -sohasini manbaning musbat qutbiga ulanganda berkituvchi qatlam kengayib, tok o'tmasligi.
Yarimo'tkazgichli diod	Bitta $p-n$ o'tishga ega bo'lgan yarimo'tkazgichli asbob. Shartli belgisi  .
Tranzistor	Ikkita $p-n$ o'tishga ega bo'lgan yarimo'tkazgichli asbob. $p-n-p$ va $n-p-n$ strukturalarda bo'ladi.
Integral mikrosxema (IMS)	Elektr zanjiri juda yuqori darajada zichlashtirib ulangan elementlardan tashkil topgan mikroelektron qurilma. IMSga ulangan elementlar soni $\sim 10^6$ gacha bo'ladi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Физика: Механика. 10 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики/ М.М.Балашов и др.; под ред. Г.Я. Мякишева. – 5-е изд. стереотип. – М.: “Дрофа”, 2002. – 496 с.: ил.
2. Физика: Электродинамика. 10–11 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики/ Г.Я. Мякишев, А.З. Синяков, Б. А. Слободскова. – 4-е изд. стереотип. – М.: “Дрофа”, 2002. – 480 с.: ил.
3. Физика. 10 кл.: Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений. – 4-е изд. стереотип. – М.: “Дрофа”, 2001. – 416 с.: ил.
4. N.Sh. Turdiyev. Fizika. Fizika fani chuqur o'rganiladigan umumta'lim maktablarining 7-sinfi uchun darslik. – T.: Gafur G'ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2016.
5. N.Sh. Turdiyev. Fizika. Umumta'lim maktablarining 8-sinfi uchun darslik. – T.: “Turon-Iqbol”, 2006.
6. Ўзбекистон Миллий энциклопедияси. – T.: “Ўзбекистон Миллий энциклопедияси” Давлат илмий нашриёти, 2004.
7. Физика. Энциклопедия/ под. ред. Ю.В. Прохорова. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 944 с.
8. A. No'monxo'jayev va b. Fizika I. – T.: “O'qituvchi”. – 2002. – 400 b.
9. A. No'monxo'jayev va b. Fizika II. – T.: “O'qituvchi”. – 2003. – 414 b.
10. A. No'monxo'jayev va b. Fizika III. – T.: “O'qituvchi”. – 2001. – 352 b.
11. K.A. Tursunmetov, A.M. Xudoyberganov. Fizikadan praktikum. – T.: “O'qituvchi” 2003.
12. K.A. Tursunmetov va b. Fizikadan masalalar to'plami. – T.: “O'qituvchi” 2004.
13. K.A. Tursunmetov va b. Fizika. Ma'lumotnoma. – T.: “O'zbekiston”. 2016. – 202 b.
14. K. Suyarov, Sh. Usmonov, J. Usarov. Fizika (Mexanika). 1-kitob. O'qituvchiga yordamchi qo'llanma: T.: “Yangi nashr” nashriyoti, – 2010.
15. A. G. Ganiyev, A. K. Avliyoqulov, G. A. Alimardonova. Fizika. I gism. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun darslik. – T.: “O'qituvchi” 2012. – 400 b.
16. A. G. Ganiyev, A. K. Avliyoqulov, G. A. Alimardonova. Fizika. II gism. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun darslik. – T.: “O'qituvchi” 2013. – 208 b.
17. K. Суяров, А. Хусанов, Л. Худойбердиев. Физика. Механика ва молекуляр физика. I китоб. – T.: “O'qituvchi”. – 2002.
18. L. Xudoyberdiyev, A. Husanov, A. Yunusov, J. Usarov. Fizika. Elektrodinamika. Elektromagnit tebranishlar 2-kitob. – T.: “O'qituvchi” NMIU. – 2004.

# MUNDARIJA

<b>MEXANIKA</b> .....	3
1-mavzu. Fizikaning tadqiqot metodlari .....	3
<b>I bob. KINEMATIKA</b> .....	5
2-mavzu. Mexanik harakat turlari. Harakatlarning mustaqillik prinsipi.....	5
3-mavzu. Jismlarning vertikal harakati.....	7
4-mavzu. Aylana bo‘ylab notekis harakat. Burchak tezlanish. Tangensial tezlanish.....	10
5-mavzu. Aylanma va ilgariylanma harakatni o‘zaro uzatish.....	14
6-mavzu. Gorizontol otilgan jism harakati .....	16
7-mavzu. Gorizontga qiya otilgan jism harakati.....	18
8-mavzu. Laboratoriya ishi: Gorizontga qiya otilgan jism harakatini o‘rganish.....	22
I bobni yakunlash yuzasidan test savollari .....	24
I bobda o‘rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar .....	25
<b>II bob. DINAMIKA</b> .....	28
9-mavzu. Dinamika qonunlari.....	28
10-mavzu. Galileyning nisbiylik prinsipi. Inersial va noinersial sanoq sistemalari.....	32
11-mavzu. Gravitatsion maydonda harakat .....	35
12-mavzu. Jism og‘irligining harakat turiga bog‘liqligi .....	37
13-mavzu. Jismning bir necha kuch ta‘siridagi harakati .....	40
II bobni yakunlash yuzasidan test savollari.....	44
II bobda o‘rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar .....	45
<b>III bob. MEXANIKADA SAQLANISH QONUNLARI</b> .....	47
14-mavzu. Energiya va ish. Energiyaning saqlanish qonuni. Jismning qiya tekislik bo‘ylab harakatlanishida bajarilgan ish .....	47
15-mavzu. Laboratoriya ishi: Qiya tekislikda foydali ish koeffitsiyentini aniqlash.....	51
16-mavzu. Jismlarning absolyut elastik va noelastik to‘qnashishi.....	53
III bobni yakunlash yuzasidan test savollari .....	57
III bobda o‘rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar .....	58
<b>IV bob. STATIKA VA GIDRODINAMIKA</b> .....	59
17-mavzu. Jismlarning muvozanatda bo‘lish shartlari.....	59
18-mavzu. Momentlar qoidasiga asoslanib ishlaydigan mexanizmlar .....	62
19-mavzu. Aylanma harakat dinamikasi .....	65
20-mavzu. Suyuqlik va gazlar harakati, oqimning uzluksizlik teoremasi. Bernulli tenglamasi .....	68
21-mavzu. Harakatlanayotgan gazlar va suyuqliklarda bosimning tezlikka bog‘liqligidan texnikada foydalanish.....	71
IV bobni yakunlash yuzasidan test savollari .....	75
IV bobda o‘rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar .....	76

<b>V bob. MEXANIK TEBRANISHLAR VA TO‘LQINLAR</b> .....	78
22-mavzu. Garmonik tebranishlar. ....	78
23-mavzu. Prujinali va matematik mayatniklar.....	81
24-mavzu. Laboratoriya ishi: Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash.....	85
25-mavzu. Majburiy tebranishlar. Texnikada rezonans.....	86
26-mavzu. Mexanik to‘lqinlarning muhitlarda tarqalishi. Ultra va infratovushlardan turmushda va texnikada foydalanish.....	90
V bobni yakunlash yuzasidan test savollari.....	95
V bobda o‘rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar .....	96
<b>VI bob. TERMODINAMIKA ASOSLARI</b> .....	98
27-mavzu. Issiqlik jarayonlarining qaytmasligi. Termodinamika qonunlari.....	98
28-mavzu. Adiabatik jarayon. Issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti. Karno sikli.....	102
29-mavzu. Inson hayotida issiqlik dvigatellarining ahamiyati. Issiqlik dvigatellari va ekologiya .....	106
VI bobni yakunlash yuzasidan test savollari .....	112
VI bobda o‘rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar .....	112
<b>VII bob. ELEKTRODINAMIKA</b> .....	114
30-mavzu. Zaryadning saqlanish qonuni. Nuqtaviy zaryadning maydoni. Elektr maydon kuchlanganligining superpozitsiya prinsipi .....	114
31-mavzu. Zaryadlangan sharning elektr maydoni. Dielektrik singdiruvchanlik .....	118
32-mavzu. Nuqtaviy zaryad maydonining potentsiali. Potentsiallar farqi .....	120
33-mavzu. Elektrostatik maydonda zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish .....	123
34-mavzu. Elektr maydon energiyasi .....	125
VII bobni yakunlash yuzasidan test savollari.....	129
VII bobda o‘rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar .....	130
<b>VIII bob. O‘ZGARMAS TOK QONUNLARI</b> .....	132
35-mavzu. Elektr o‘tkazuvchanlik. Tok kuchining kuchlanishga bog‘liqligi .....	132
36-mavzu. Tok kuchi va tok zichligi. Elektr tokining ta’sirlari .....	136
37-mavzu. Butun zanjir uchun Om qonuni. Tok manbayining foydali ish koeffitsiyenti ...	138
38-mavzu. Tok manbalarini ketma-ket va parallel ulash.....	141
39-mavzu. Ampermetr va voltmetrning o‘lchash chegarasini oshirish .....	145
40-mavzu. Laboratoriya ishi: Tok manbayining EYuK va ichki qarshiligini aniqlash .....	147
VIII bobni yakunlash yuzasidan test savollari .....	149
VIII bobda o‘rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar .....	150
<b>IX bob. TURLI MUHITLARDA ELEKTR TOKI</b> .....	152
41-mavzu. Vakuumda elektr toki.....	152
42-mavzu. Metall o‘tkazgichlar qarshiligining temperaturaga bog‘liqligi .....	154
43-mavzu. Yarimo‘tkazgichlarda xususiy o‘tkazuvchanlik. Aralashmali o‘tkazuvchanlik ...	157
44-mavzu. Yarimo‘tkazgichli asboblarda (diod, tranzistor) va ularning texnikada qo‘llanilishi.....	161
45-mavzu. Laboratoriya ishi: Yarim otkazgichli diodning volt-amper xarakteristikasini o‘rganish.....	166
IX bobni yakunlash yuzasidan test savollari .....	168
IX bobda o‘rganilgan eng muhim tushuncha, qoida va qonunlar .....	170
<b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR</b> .....	172

F58 Fizika. Oʻrta taʼlim muassasalarining 10-sinfi va oʻrta maxsus, kasb-hunar taʼlimi muassasalarining oʻquvchilari uchun darslik /N. Sh. Turdiyev, K. A. Tursunmetov, A. G. Ganiyev, K. T. Suyarov, J. E. Usarov, A. K. Avliyoqulov. – T.: “Niso Poligraf” nashriyoti, 2017. – 176 b.

ISBN 978-9943-4867-6-8

UOʻK: 53(075.3)

KBK22.3ya721

*Oʻquv nashri*

**Narziqul Sheronovich Turdiyev, Komiljon Axmetovich Tursunmetov,  
Abduqahhor Gadoyevich Ganiyev, Kusharbay Tashbayevich Suyarov,  
Jabbor Eshbekovich Usarov, Abdurashit Karimovich Avliyoqulov**

## **F I Z I K A**

*Oʻrta taʼlim muassasalarining 10-sinfi va oʻrta maxsus,  
kasb-hunar taʼlimi muassasalarining oʻquvchilari uchun darslik*

*1-nashri*

Masʼul muharrir *Z. Sangirova*

Muharrir *M. Poʻlatov*

Rasmlar muharriri *J. Gurova*

Texnik muharrir *D. Salixova*

Kompyuterda tayyorlovchi *E. Kim*

Original-maket “NISO POLIGRAF” nashriyotida tayyorlandi.  
Toshkent viloyati, Oʻrta Chirchiq tumani, “Oq-Ota” QFY,  
Mashʼal mahallasi, Markaziy koʻchasi, 1-uy.

Litsenziya raqami AI №265.24.04.2015.

Bosishga 2017-yil 11-avgustda ruxsat etildi. Bichimi  $70 \times 100^{1/16}$ .

Ofset qogʻoz. “Times New Roman” garnituras. Kegli 12,5.

Shartli bosma tabogʻi 12,87. Nashr tabogʻi 12,76.

Adadi 428121 nusxa. 186-sonli shartnoma. 17-625-sonli buyurtma.

Oʻzbekiston Matbuot va axborot agentligining “Oʻzbekiston” nashriyot-matbaa ijodiy uyida bosildi.  
100011, Toshkent, Navoiy koʻchasi, 30.



## Ijaraga berilgan darslik holatini ko'rsatuvchi jadval

T/r	O'quvchining ismi, familiyasi	O'quv yili	Darslikning olingandagi holati	Sinf rahbarining imzosi	Darslikning topshirilgan-dagi holati	Sinf rahbarining imzosi
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Darslik ijaraga berilib, o'quv yili yakunida qaytarib olinganda yuqoridagi jadval sinf rahbari tomonidan quyidagi baholash mezonlariga asosan to'ldiriladi:

Yangi	Darslikning birinchi marotaba foydalanishga berilgandagi holati.
Yaxshi	Muqova butun, darslikning asosiy qismidan ajralmagan. Barcha varaqlari mavjud, yirtilmagan, ko'chmagan, betlarida yozuv va chiziqlar yo'q.
Qoniqarli	Muqova ezilgan, birmuncha chizilib, chetlari yedirilgan, darslikning asosiy qismidan ajralish holati bor, foydalanuvchi tomonidan qoniqarli ta'mirlangan. Ko'chgan varaqlari qayta ta'mirlangan, ayrim betlariga chizilgan.
Qoniqarsiz	Muqovaga chizilgan, yirtilgan, asosiy qismidan ajralgan yoki butunlay yo'q, qoniqarsiz ta'mirlangan. Betlari yirtilgan, varaqlari yetishmaydi, chizib, bo'yab tashlangan. Darslikni tiklab bo'lmaydi.

Sotuvga chiqarish taqiqlanadi



ISBN 978-9943-4867-6-8

**NISO**  
*Poligraf* 