

# FIZIKA 10

**MEXANIKA**

**KINEMATIKA**

**DINAMIKA**

**MEXANIKADA SAQLANÍW NÍZAMLARÍ**

**STATIKA HÁM GIDRODINAMIKA**

**MEXANIKALÍQ TERBELISLER HÁM TOLQÍNLAR**

**TERMODINAMIKA TIYKARLARÍ**

**ELEKTRODINAMIKA**

**TURAQLÍ TOK NÍZAMLARÍ**

**TÚRLI ORTALÍQLARDA ELEKTR TOĖÍ**

*Orta bilim beriw mákemeleriniñ 10-klaslari ushin sabaqlıq*

*Ózbekistan Respublikası Xalıq bilimlendiriw ministrliġi tastıyqlaġan*

*1-basılıwı*

TASHKENT – “NISO POLIGRAF” – 2017

UDK: 53(075.3)

BBK 22.3ya721

F63






**Avtorlar:**

- N. Sh. Turdiev,** – Mexanika, IV bap. “Statika hám gidrodinamika”, VIII bap. “Turaqlı tok nızamları”, IX bap. “Türli ortalıqlarda elektr toğı”;
- K. A. Tursunmetov,** – V bap. “Mexanikalıq terbelisler hám tolqınlar”;
- A. G. Ganiev,** – III bap. “Mexanikada saqlanıw nızamları”, VI bap. “Termodinamika”;
- K. T. Suyarov** – I bap. “Kinematika”, VII bap. “Elektrodinamika”;
- J. E. Usarov,** – II bap. “Dinamika”, V bap. “Mexanikalıq terbelisler hám tolqınlar”;
- A. K. Avliyoqulov** – III bap. “Mexanikada saqlanıw nızamları”, VI bap. “Termodinamika”.

**Pikir bildiriwshiler:**

- Sh. Usmanov** – ÓzRIA Fizika-texnika institutınıń ađa ilimiy xızmetkeri, f-m.i.k.
- B. Nurillaev** – Nizamiy atındađı TMPU kafedra baslıđı, docent, pedagogika ilimleriniń kandidati,
- Z. Sangirova** – RTM bas metodisti,
- B. Saidxojaeva** – Tashkent wálayatı, Pskent rayonı 5-mekteptiń fizika oqıtıwshısı, Ózbekistanda xızmet kórsetken Xalıq bilimlendiriw xızmetkeri.
- F. Norqobilov** – Tashkent qalası, Sergeli rayonı, 303-mektep oqıtıwshısı,
- Z. Tajibaeva** – P. F. Borovskiy atındağı medicina kolledjiniń oqıtıwshısı,
- N. Berdirasulov** – Tashkent qalası, Sergeli rayonı 104-mekteptiń oqıtıwshısı.

**SHÁRTLİ BELGILER:**

-  – fizikalıq shamalarđa táriyp; tiykarđı nızamlar;
-  – áhmiyetli formulalar;
-  – bul temalar fizikanı tereń úyreniwge ıqlası bolđan oqıwshılar ushın mólsherlengen;
-  – oqıwshı tárepińen orınlanatuğın ámeliy jumıs;
-  – temanıń tekstin oqıw shıqqannan soń, qoyılđan sorawlarđa juwap beriń;

**Respublikalıq maqsetli kitap qorı qarjıları esabınan basıp shıǵarıldı**

ISBN 978-9943-4867-8-2

© N.Sh. Turdiev hám basq. 2017  
© “Niso Poligraf” baspası  
(original-maket), 2017

# MEXANIKA

## 1-tema. FIZIKANÍŇ IZERTLEW METODLARÍ

Fizikada tábiyattaǵı process hám qubılıslardı úyreniwde ózine tán izertlew metodları bar.

Fizika eksperimental pán esaplanadı. Sonlıqtan tájiriye ótkeriw processini ayırıqsha sharayattı talap etedi. Bunda úyrenilip atırǵan processke sırtqı tásir kórsetilmewine háreket etiledi.

Bunnan tısqarı, processlerge tiyisli fizikalıq parametrler arasındaǵı baylanıs matematikalıq ańlatpalar arqalı beriledi. Usı arqalı fizikler processlerdiń bunnan keyingi barısın yamasa aldın qanday bolǵanlıǵın júdá anıq aytıp beriwge muwapıq boldı. Ullı italyan fizigi Galileo Galiley bılay dep jazǵan edi: «Tábiyat kitabı»n túsiniw ushın onıń jazılǵan tilin biliw kerek. Bul til – matematika.

Baqlawlardan kóplegen qubılıslar ushın belgili bir nızamlılıqlar bar ekenligi shamalanadı. Bunday shamalawlar *ilimiy gipoteza* delinedi.

Gipotezanı tekseriw ushın, alımlar tájiriye (eksperiment) ótkeredi. Bunıń ushın tábiyiy sharayatqa jaqınlastırılǵan *arnawlı sharayatlar* jaratıladı.

Gipotezanı qalıplestiriw hám eksperiment ótkeriw hám de onıń nátiyelerin túsindiriw ushın, bul process yamasa qubılıstıń modeli dúziledi. Qanday da bir processtıń *modeli* delingende onıń ıqshamlasqan, tártipke salınǵan, áhmiyetli tárepleri ajratıp kórsetilgen jaǵdayı túsiniledi. Buǵan materiallıq noqat hám ideal gaz túsiniyelerin misal etip aytıw múmkin.

Eksperiment ótkeriw processinde sırtqı tásirlerden tolıq qutılıp bolmaydı. Soǵan qaramastan, alınǵan nátiye boyınsha ideal sharayatta qanday nátiye shıǵıwın aytıp beriw múmkin boladı. Bul ideal jaǵday *ilimiy ideallastırw* delinedi. Mine, usı qubılıslar sırttan qaraǵanda quramalıǵa uqsasa da, biraq olar boysınıwshı nızamlar ápiwayı bolıwın kórsetedi.

Fizikalıq processler barıwı haqqındaǵı gipoteza tastıyqlansa, ol *fizikalıq nızamǵa* aylanadı.

Mexanikanıń tiykarǵı mazmunın ullı inglis alımı Isaak Nyuton tárepinen ashılǵan úsh nızam, pútkil dúnyalıq tartısıw nızamı, serpimlilik hám súykeliw kúshlerine tiyisli nızamlılıqlar quraydı. Gaz processleri ushın onıń basımı, kólemi hám temperaturası arasındaǵı baylanıstı ańlatatuǵın nızamlar ashıldı. Tınısh jaǵdayda turǵan zaryadlangan bóleksheler arasındaǵı óz ara tásir francuz fizigi Charl Kulon tárepinen ashılǵan nızamǵa boysınadı.

Keń qamtıwlı qubılıslardı túsindiretuǵın nızamlar toplamı *ilimiy teoriya* delinedi. Mısalı, Nyuton nızamları mexanikanıń klassik teoriasın quraydı. Inglis fizigi D.K. Maksvell tárepinen ashılǵan nızamlar elektromagnetizm ushın klassikalıq teoriya mazmunın quraydı.

Ilimiy teoriya óz ishine nızamlar menen birgelikte bul nızamlardı qalıplestiriwde paydalanılǵan fizikalıq shamalar hám túsiniqlerdiń táriyplerin de aladı.

Eń áhmiyetlisi, fizikalıq teoriyadaǵı barlıq anıqlanatuǵın shamalar *tájiriybede ólshene alatuǵın* bolıwı kerek.

Barlıq fizikalıq nızamlar hám teoriyalar haqıyqatqa jaqın bolıwı kerek. Sebebi, teoriyanı jaratıwda bárqulla process hám qubılıstıń modelinen paydalanıladı. Soǵan qarap nızam hám teoriyalardıń *qollanıw shegarası* boladı. Mısalı, klassikalıq mexanika nızamları tek jaqtılıq tezliginen júdá kishi tezlikte qozǵalatuǵın deneler ushın orınlı boladı. Elementar bólekshelerdiń tezletkishlerinde bul dálillengen. Klassikalıq mexanika, sonday-aq, júdá kishi massalı bólekshelerdiń (elektron) qozǵalıstın tuwrı ańlata almaydı.

Jańadan tabılǵan fizikalıq teoriyalar aldınǵıların biykarlamaydı, al onı tolıqtıradı hám anıqlastıradı. Jańa fizikalıq teoriyaǵa qoyılǵan áhmiyetli talaplardan biri *sáykeslik principini* esaplanadı. Bul degeni belgilengen shegarada jańa teoriya, aldınǵı teoriya menen sáykes túsiwi kerek.



1. *Ne sebep fizikalıq teoriyadaǵı barlıq anıqlanatuǵın shamalar tájiriybede ólshene alatuǵın bolıwı kerek?*
2. *Gipoteza qashan fizikalıq nızamǵa aylanadı?*

## I bap. KINEMATIKA

### 2–tema. MEXANIKALÍQ QOZGÁLIS TÚRLERI. QOZGÁLISLARDÍN GÁREZSIZLIK PRINCIPI

7-klasta siz hár qıylı mexanikalıq qozgálıslar menen tanıstıńız. Olardı birgelikte esleyik:

**1. Tuwrı sıızqlı tegis qozgálıs.** Bunday qozgálısta deneniń qozgalıw traektoriyası tuwrı sıızqtan ibarat boladı. Qozgálıs tezliginiń shaması hám bağıtı ózgermeydi. Basıp ótilgen jol  $s=v \cdot t$  formulası menen anıqlanadı.

**2. Tuwrı sıızqlı tegis emes qozgálıs.** Bunday qozgálısta deneniń qozgalıw traektoriyası tuwrı sıızqtan ibarat boladı. Qozgálıs tezliginiń shaması ózgeredi, biraq bağıtı ózgermeydi. Basıp ótilgen jol  $s=v_{\text{ort}} \cdot t$  formulası menen anıqlanadı. Bunda  $v_{\text{ort}}$  – deneniń ortasha tezligi.

**3. Tuwrı sıızqlı tegis tezleniwshi (ásteleniwshi) qozgálıs.** Bunday qozgálısta deneniń qozgalıw traektoriyası tuwrı sıızqtan ibarat boladı. Qozgálıs tezliginiń shaması bir tegis artıp (kemeyip) baradı, yaǵnıy teń waqıtlar ishinde birdey shamaǵa artadı (kemeyedi), biraq bağıt ózgermeydi. Basıp ótilgen jol  $s=v_0 \cdot t \pm \frac{at^2}{2}$  formulası menen anıqlanadı («+») belgi tegis tezleniwshi,  $a > 0$ , («–») belgi tegis ásteleniwshi ( $a < 0$ ) bolǵanda qoyıladı).

**4. Iymek sıızqlı tegis qozgálıs.** Iymek sıızqlı qozgálıstıń jeke jaǵdayı sıpatında sheńber boylap tegis qozgálıstı alıw múmkin. Bunday qozgálısta bárqulla tezlik bağıtı úzliksiz ózgerip, traektoriyaǵa urınba boylap bağıtlangan boladı. Qozgálıstıń tiykargı parametrleri:  $v$  – sıızqlı tezlik;  $\omega$  – múyeshlik tezlik;  $T$  – aylanıwlar dáwiri;  $\nu$  – aylanıwlar jiyiligi;  $S_{\text{doǵa}}$  – doǵanıń uzınlığı;  $s$  – basıp ótilgen jol.

Sonı atap ótiw kerek, joqarıda keltirilgen qozgálıslarda dene tek bir qozgálısta qatnasqan jaǵdaylar úyrenilgen. Turmısta kóbinese deneler

bir waqitniń ózinde bir neshe qozǵalısta qatnasadı. Mısalı, dárya boylap qozǵalıp atırǵan keme, poezd wagonı ishinde júrip baratırǵan adam, ushıp baratırǵan samolyottan taslanǵan júk hám t.b. Bunda dáryada qozǵalıp atırǵan keme óz dvigateliniń tartıw kúshi sebepli bir baǵıtta  $v_1$  tezlik penen qozǵalsa, suw onı  $v_2$  tezlik penen aǵıs baǵıtında qozǵaltadı. Bul mısallarda deneniń eki qozǵalısta qatnasıp atırǵanlıǵı kórinip tur.

Mınanday soraw tuwıladı. Kemege óz dvigateliniń tartıw kúshi sebepli berilgen  $v_1$  tezlik dáryanıń aǵıs tezligine baylanıslı ma? Ushıp baratırǵan samolyottan taslanǵan júktiń túsiw waqıtı samolyot tezligine baylanıslı ma?

Tájiriybeler sonı kórsetedi, kemeniń tezligi suwdıń aǵıs tezligine, samolyottan taslanǵan júktiń túsiw waqıtı samolyot tezligine baylanıslı emes!

Bunnan sonday juwmaq kelip shıǵadı.

**Dene qatnasıp atırǵan qozǵalıslar ǵárezsiz bolıp, olardıń qozǵalıslı tezligi (tezleniwi) bir-birine baylanıslı emes. Buǵan qozǵalıslardıń ǵárezsizlik principini delinedi.**

Sonıń ushın qálegen quramalı qozǵalısqá, ápiwayı qozǵalıslardıń jıyındısı dep qaraw múmkin. Bul qozǵalıslar bir-birine tásir etpeydi. Eger olardan biri óz qozǵalıslıń ózgeritse yamasa pútkilley toqtatsa, basqasına bunıń tásiiri bolmaydı. Mine, usı princip tiykarında biz úyrenip atırǵan processtegi vektor shamalardı óz aldına payda etiwshilerge ajıratamız. Olardı koordinata kósherlerine proekciyalaw da usı principke tiykarlanǵan. Tezlik vektorların qosıp nátiyjedegi tezlikti shıǵarıw da usı princip tiykarında boladı. Usıǵan tiykarlanıp, bir neshe qozǵalısta qatnasqan dene qozǵalıslı ushın tómendegilerdi jazamız:

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

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

Olarǵa sáykes ráwishte shamalardıń  $x$  hám  $y$  kósherlerine bolǵan proekciyaları tómendegishe boladı:

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

### Másele sheshiw úlgisi

Teploxodtın tınısh suwdağı tezligi 70 km/saat. Ol ağıs boylap bir-birinen 36 km uzaqlıqta jaylasqan pristanlar aralığın qansha waqıtta basıp ótedi? Dárya ağısınıń tezligi 2 km/saat.

|                                                                                               |                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Berilgen:<br>$s = 36$ km<br>$v_{\text{tep.}} = 70$ km/saat<br>$v_{\text{darya.}} = 2$ km/saat | Formulası hám sheshiliwi:<br>$s = v \cdot t; v = v_{\text{tep.}} + v_{\text{darya.}}$<br>$s = (v_{\text{tep.}} + v_{\text{darya.}}) \cdot t;$                                                |
| Tabıw kerek<br>$t = ?$                                                                        | Bunnan $t = \frac{s}{v_{\text{tep.}} + v_{\text{darya.}}}; t = \frac{36}{(70+2)} \frac{\text{km}}{\text{km/saat}} = 0,5$ saat.<br><p style="text-align: right;"><i>Juwabı: 0,5 saat.</i></p> |



1. Qanday jaǵdaylarda tezlik vektori payda etiwshilerge ajratıladı?
2. Qozǵalıslardıń ǵárezsizlik principini neden ibarat?
3. Ne sebep dene bir waqıtta bir neshe qozǵalısta qatnasıp atırǵan bolsa, qozǵalıslar bir-birine tásir etpeydi?

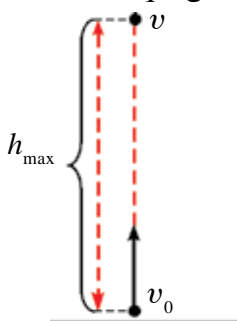
## 3-tema. DENELERDİŇ VERTIKAL QOZǴALISÍ

Qanday da bir deneni qolımızda uslap turıp, soń onı jiberip qalsaq, dene tartıw kúshi nátiyjesinde tuwrı jer betine qaray qozǵaladı. Deneniń bunday qozǵalıstı *tómenge qaray vertikal qozǵalıstı* delinedi. Bunday qozǵalıslar menen siz 7-klasta tanısqansız. Bul temada onı biz qozǵalıslardıń ǵárezsizlik principini kózqarasınan kórip shıǵamız.

Dene vertikal qozǵalganda oǵan bir yamasa bir neshe kúshler (awırlıq kúshi, hawanıń qarsılıq kúshi, Arximed kúshi) tásir etedi. Deneniń joqarıǵa tik (vertikal) qozǵalıstında máseleni ápiwayılastırıp maqsetinde hawanıń *qarsılıq kúshin* hám *Arximed kúshin* esapqa almaymız.

Deneni joqarıǵa vertikal baǵıtta  $v_0$  baslanǵısh tezlik penen ılaqtırıp, onıń qozǵalıstın baqlayıq (1.1-súwret). Eger dene tek usı  $v_0$  tezlik penen joqarıǵa qozǵalganda ol  $t$  waqıt ishinde  $h_1 = v_0 \cdot t$  biyiklikke kóterilgen bolar edi. Biraq, jerdiń tartıw kúshi tásirinde usı  $t$  waqıt ishinde deneniń kóteriliw biyikligi  $h_2 = gt^2/2$  ge kemeyedi. Ol jaǵdayda deneniń

kóteriliwi múmkin bolǵan biyiklik  $h = h_1 - h_2$  ge teń boladı, yaǵnıy deneniń qozǵalıstı teńlemesi



1.1-súwret.

$$h = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2} \quad (1.3)$$

arqalı ańlatıladı.

Joqarıǵa vertikal ılaqtırılǵan deneniń qozǵalıstı tegis ásteleniwshi qozǵalıstan ibarat.

Deneniń  $t$  waqıttan keyingi tezligi

$$v = v_0 - gt \quad (1.4)$$

ańlatpa járdeminde anıqlanadı. Dene eń biyik kóteriliw noqatına jetkennen soń toqtaydı ( $v = 0$ ) hám tómenge qarap vertikal qozǵalıstı baslaydı.

(1.4) ańlatpanıń shep tárepin nolge teńep, deneniń kóteriliwi ushın ketken waqtın esaplaw ańlatpasına iye bolamız:

$$t_k = \frac{v_0}{g}. \quad (1.5)$$

Deneniń maksimal kóteriliw biyikliginiń ańlatpası tómendegishe boladı:

$$h = \frac{v_0 t_k}{2} = \frac{gt_k^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g}. \quad (1.6)$$

Hawanıń qarsılıǵı esapqa alınbaytuǵın dárejede kishi bolǵan sharayatta joqarıǵa tik ılaqtırılǵan deneniń kóteriliwi ushın ketken waqtı oniń túsiw waqtına teń boladı, yaǵnıy  $t_k = t_r$ . Sonday-aq, dene qanday tezlik penen joqarıǵa tik ılaqtırılǵan jerine dál sonday tezlik penen qayıp túsedı.

Tómenge vertikal ılaqtırılǵan deneniń qozǵalıstı tegis tezleniwshi qozǵalıstan ibarat boladı. Bunda deneniń  $t$  waqıttan keyingi tezligi

$$v = v_0 + gt \quad (1.7)$$

ańlatpa járdeminde anıqlanadı. Tómenge vertikal ılaqtırılǵan dene qozǵalıstı teńlemesin tómendegishe jazamız:

$$h = v_0 t_r + \frac{gt_r^2}{2}. \quad (1.8)$$



Deneniñ vertikal qozǵalı nızamlıqların birinshi bolıp ullı italiyan alımı G. Galiley tájiriybeler tiykarında u'yrendi. Ótkerilgen tájiriybeler tiykarında denelerdiñ vertikal túsiwinde eki nızamlılıq bar ekenligi anıqlandı. Birinshiden, deneniñ vertikal túsiwi tuwrı sızıqlı tegis tezleniwshi qozǵalıstan ibarat, ekinshiden, barlıq dene erkin túsiw waqtında turaqlı tezleniw menen qozǵaladı.

Deneniñ erkin túsiwi tegis tezleniwshi qozǵalı bolǵanlıǵı inabatqa alınsa, bul qozǵalı ushın da tuwrı sızıqlı tegis tezleniwshi qozǵalıstıñ barlıq teńlemeleri orınlı boladı, tek olarda  $a$  tezleniwdi  $g$  erkin túsiw tezleniw menen, al  $s$  joldı  $h$  biyiklik penen almasıruw kerek (1-keste).

Erkin túsiw tegis tezleniwshi, (joqarıǵa tik ılaqtırılǵan dene tegis ásteleniwshi) qozǵalısta bolǵanlıǵı ushın dene qozǵalıstıñ ortasha tezligi tómendegi ańlatpa járdeminde anıqlanadı:

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

### Másele sheshiw úlgisi

1. Biyikligi 20 m bolǵan imarattan túsip atırǵan deneniñ baslanǵısh tezligi 15 m/s. Onıń jerge soqlıǵısw waqtındaǵı tezligi neshege teń?

|                                                                                                                                                                                                                               |                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Berilgen:</b></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>Tabıw kerek</p> <p><math>v - ?</math></p> | <p><b>Formulası:</b></p> <p><math>v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}</math></p> | <p><b>Sheshiliwi:</b></p> <p><math>v = \sqrt{(15^2 + 2 \cdot 10 \cdot 20)} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}</math></p> <p style="text-align: right;"><i>Juwabı: 25 <math>\frac{\text{m}}{\text{s}}</math></i></p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

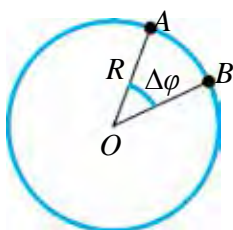
*1-keste*

| <b>Tegis tezleniwshi qozǵalı teńlemeleri</b>                                | <b>Erkin túsiwdegi qozǵalı teńlemeleri</b>                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| $v = v_0 + at$ eger $v_0 = 0$ bolsa, $v = at$                               | $v = v_0 + gt$ eger $v_0 = 0$ bolsa, $v = gt$                               |
| $s = v_0 t + \frac{at^2}{2};$<br>eger $v_0 = 0$ bolsa, $s = \frac{at^2}{2}$ | $h = v_0 t + \frac{gt^2}{2};$<br>eger $v_0 = 0$ bolsa, $h = \frac{gt^2}{2}$ |

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$           | $h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}$           |
| Eger $v_0 = 0$ bolsa, $v = \sqrt{2as}$ | Eger $v_0 = 0$ bolsa, $v = \sqrt{2gh}$ |

1. Joqarıǵa vertikal ılaqtırılǵan deneniń qozǵalıstı qanday erkin qozǵalıslardan ibarat?
2. Joqarıǵa vertikal ılaqtırılǵan deneniń qozǵalıstı teńlemesinde nege tezleniw teris belgide alınǵan?
3. Dene joqarıǵa kóterilip atırǵanda onıń tezleniwi ózgere me?
1. Joqarıǵa tik ılaqtırılǵan deneniń kóteriliw waqtı menen túsiw waqtı teńligin dálilleń.
2. Deneni joqarıǵa qanday tezlik penen ılaqtırsa, ol ılaqtırılǵan jerine dál sonday tezlik penen qayıp túsiwin dálilleń.

#### 4-tema. SHEÑBER BOYLAP TEGIS EMES QOZǴALIS. MÚYESHLIK TEZLENIW. TANGENSIAL TEZLENIW



1.2-súwret.

Siz 7-klasta sheńber boylap tegis qozǵalıstı penen tanısqansız. Bul temada sheńber boylap tegis emes qozǵalıstı úyrenemiz. Sheńber boylap tegis qozǵalıstı tiyisli fizikalıq shamalardı eslep kóreyik (1.2-súwret).

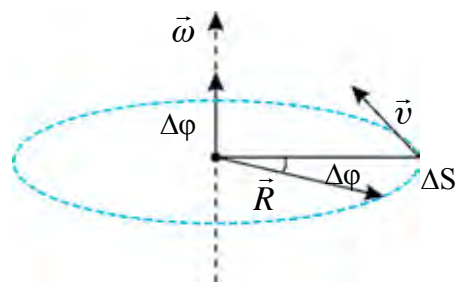
1. Sheńber boylap tegis qozǵalıstı materiallıq noqattıń waqtı birligi ishinde doǵa boylap basıp ótken jolına san jáǵınan teń bolǵan shamaǵa sızıqlı tezlik delinedi hám tómendegishe ańlatıladı.

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

2. Sheńber boylap tegis qozǵalıstı sheńber radiusı burılıw múyeshiniń usı burılıw ushın ketken waqtıqqa qatnası múyeshlik tezlik delinedi:

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

Múyeshlik tezlik te, sızıqlı tezlik sıyaqlı vektor shama esaplanadı. Onıń baǵıtı oń vint (burǵı) qaǵydasına muwapıq anıqlanadı. Bunda oń vint qalpaǵınıń aylanıw baǵıtı materiallıq noqat aylanıwı menen sáykes kelse, onıń ushınıń baǵıtı múyeshlik tezlik vektorınıń baǵıtı menen sáykes túsedı (1.3-súwret).



1.3-súwret.

Kóplegen jaǵdaylarda aylanbalı qozǵalıwshı deneler óz aylanıw tezligin ózgerterdi. Mısalı, mashina ornınan qozǵalıp, belgili bir tezlikke eriskenshe yamasa tormozlanıp toqtaǵansha onıń dóńgelekleri solay qozǵaladı.

**Sheńber boylap qozǵalıp atırǵan deneniń múyeshlik tezligi waqıt dawamında ózgerip turatuǵın qozǵalıw ózgermeli aylanbalı qozǵalıw delinedi.**

Ózgermeli aylanbalı qozǵalıwlar arasında múyeshlik tezligi ıqtıyarlı teń waqıt aralıǵında teń muǵdarda ózgerip turatuǵın qozǵalıwlar da ushırasadı. Mısalı, bándirgige jaqınlasıp atırǵan yamasa onnan uzaqlasıp atırǵan avtobustıń dóńgelegi tegis ózgermeli aylanbalı qozǵaladı. Bunday qozǵalıwlar arasında múyeshlik tezlikteń ózgeriw jedelligi múyeshlik tezleniw dep atalıwshı fizikalıq shama menen sıpatlanadı.

**Múyeshlik tezlik ózgeriwiniń usı ózgeris ushın ketken waqıtqa qatnası menen ólshenetuǵın shamaǵa múyeshlik tezleniw delinedi.**

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

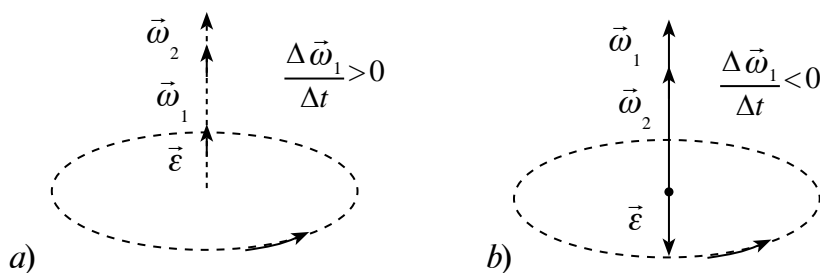
Tegis ózgermeli aylanbalı qozǵalıwshı múyeshlik tezleniw waqıt dawamında ózgermeydi, sebebi onıń múyeshlik tezligi de teń waqıt aralıqlarında teń muǵdarǵa ózgeredi. Eger qozǵalıp atırǵan materiallıq noqattıń baslanǵısh múyeshlik tezligi  $\omega_0$ ,  $\Delta t$  waqıt ótkennen keyingi múyeshlik tezligi  $\omega$  bolsa, múyeshlik tezliginiń ózgeriw  $\Delta\omega = \omega - \omega_0$  boladı. Ol jaǵdayda (1.12) teńleme tómendegi kóriniste jazıladı:

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

Bunnan múyeshlik tezleniwiniń birligi  $[\varepsilon] = \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$  kelip shıǵadı. (1.13) ańlatpadan ıqtıyarlı waqıttaǵı múyeshlik tezlikteń anıqlaw formulası kelip shıǵadı:

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon \Delta t. \tag{1.14}$$

Múyeshlik tezlik qozǵalı dawamında bir tegis artıp barsa, aylanbalı qozǵalı tegis tezleniwshi boladı ( $\varepsilon > 0$ ) (1.4-a súwret). Aylanbalı qozǵalıstıń múyeshlik tezligi aylanıw processinde bir tegis kemeyip barsa, bunday aylanbalı qozǵalı tegis ásteleniwshi delinedi hám  $\varepsilon < 0$  boladı (1.4-b súwret).



1.4-súwret.

Aylanbalı qozǵalısta múyeshlik tezlik vektorlıq shama bolǵanlıǵı ushın onıń múyeshlik tezleniw de vektorlıq shama bolıp esaplanadı. Sebebi, (1.13) teńliktegi  $\Delta t$  — skalyar shama.  $\omega > \omega_0$  bolǵanda,  $\varepsilon > 0$  bolıp,  $\vec{\varepsilon}$  múyeshlik tezlik vektorı menen bir tárepke,  $\omega < \omega_0$  bolǵanda,  $\varepsilon < 0$  bolıp, múyeshlik tezlikke kerı baǵıtlanǵan boladı.

Tegis ózgermeli aylanbalı qozǵalıstıń teńlemelerin payda etiw ushın tegis ózgermeli tuwrı sızıqlı qozǵalı teńlemelerindegi basıp ótken  $s$  joldı burılıw múyeshi  $\varphi$  menen, tezlik  $v$  nı múyeshlik tezlik  $\omega$  menen hám tezleniw  $a$  nı múyeshlik tezleniw  $\varepsilon$  menen almasırwıw jetkilikli. Bul qozǵalıslardıń óz ara salıstırılǵan teńlemeleri tómendegi kestedekeltirilgen:

Tuwrı sızıqlı tegis ózgermeli qozǵalı ( $a = \text{const}$ )

$$s = v_{\text{ort}} \cdot t$$

$$v_{\text{ort}} = \frac{v_0 + v}{2}$$

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

Tegis ózgermeli aylanbalı qozǵalı ( $\varepsilon = \text{const}$ )

$$\varphi = \omega_{\text{ort}} \cdot t$$

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

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

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

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

eger  $v_0 = 0$  bolsa,

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

eger  $a < 0$  bolsa,

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

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

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

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

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

eger  $\omega_0 = 0$  bolsa,

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

eger  $\varepsilon < 0$  bolsa,

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

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

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

Aylanbalı qozǵalısta materiallıq noqattıń sıızıqlı tezliginiń san mánisi ózgeretúǵın jaǵdaylar da ushırasadı. Bunday payıtta materiallıq noqattıń sıızıqlı tezligi ózgeriwi menen baylanıslı tezleniw júzege keledi. Bul tezleniw tezliktiń san mánisi ózgeriwi sebepli payda bolǵanlıqtan, onıń baǵıtı tezlik baǵıtı menen sáykes túsedı. Soǵan muwapıq onı urınba, yaǵnıy *tangensial tezleniw* dep ataymız hám onıń ańlatpası tómendegishe boladı:

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

Solay etip, aylanbalı qozǵalıp atırǵan materiallıq noqattıń sıızıqlı tezligi de ózgerse, onıń ulıwma tezleniwi

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

ańlatpa arqalı anıqlanadı. Bul jerde:  $a_\tau = \varepsilon R$  ǵa teń.

- ?** 1. Tegis ózgermeli qozǵalıstıń müyeshlik tezleniwi dep qanday fizikalıq shamaǵa ayıladı? Ol qanday birlikte ólshenedi?
2. Müyeshlik tezliktiń baǵıtı qalay anıqlanadı?
3. Normal yamasa tangensial tezleniwi bolmaǵan iymek sıızıqlı qozǵalı bar ma?
4. Dóńgelek tegis páseyiwshi qozǵalıp 1 min. dawamında jiyiligin 300 1/min. tan 180 1/min qa shekem kemeytedi. Dóńgelektiń müyeshlik tezleniwin hám usı dáwirdegi tolıq aylanıwlar sanın tabıń.

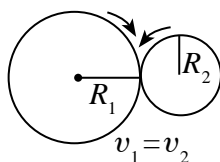
## 5-tema. AYLANBALÍ HÁM ILGERILEMELI QOZǴALÍSTÍ ÓZ ARA UZATÍW

Kundelikli turmısta qozǵalıwshı transport qurallarınıń qozǵalıwı baqlansa, olardıń dvigateli teńdey islep tursa da, olar hár qıylı tezlikte qozǵalatuǵını baqlanadı. Avtomobil tegis jolda úlken tezlik penen qıyalıqqa shıǵıwda, batpaqlı jerlerde áste júredi. Tap sonday toqımashılıqta, sanaatta qollanılatuǵın stanoklarda da olardıń hár qıylı bólekleri túrlishe tezlikte aylanıp atırǵanlıǵın baqlaw múmkin. Kúndelikli turmısta qollanılatuǵın tigiw mashinasında da aylanbalı qozǵalıw hám onı barıp-keliwshı (ilgerilemeli) qozǵalıwqa aylandıırıp beriwshı mexanizmler qollanıladı (1.5-súwret).

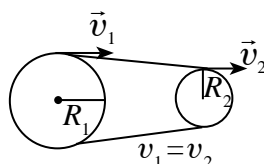


1.5-súwret.

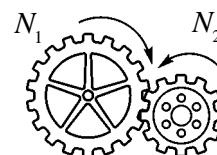
Bunday mexanizmlerde aylanbalı qozǵalıwı uzatıwdıń frikciyalıq, lentalı hám tıslı dóńgelek sıyaqlı usılları bar bolıp, usı temada siz olar menen tanısasız.



1.6-súwret.



1.7-súwret.



1.8-súwret.

**Frikciyalıq usılda qozǵalıwı uzatıw.** Aylanbalı qozǵalıwı frikciyalıq usılda uzatıw ushın hár qıylı diametrli eki dóńgelek bir-birine kúsh penen qısıp turıladı. Olardan biri saat strelkasınıń baǵıtı boyınsha aylansa, ekinshisi súykeliw kúshi tásirinde qozǵalıwqa kelip, saat strelkasınıń aylanıwına qarama-qarsı baǵıtta aylanadı (1.6-súwret).

Frikciyalıq uzatıw usılınan, uzatılatuǵın quwatlılıq onsha úlken bolmaǵan jaǵdaylarda ǵana paydalanıladı. Bul qozǵalıwta dóńgelekler bir-birine salıstırǵanda taymaydı, sol sebepli dóńgelekleriniń sıızıqlı tezlikleriniń modulleri san jaǵınan óz ara teń boladı:  $v_1 = v_2$  yamasa

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

**Qozǵalıstı lentalı uzatıw.** Aylanbalı qozǵalıstı lentalı uzatıwda eki dóńgelek bir-birine kerip tartılǵan lenta menen biriktiriledi (1.7-súwret). Bunda uzatıw súykelisiw esabınan ámelge asırıladı. Qozǵalıstı uzatıwshı shkıvti (dóńgelekti) jeteklewshi hám qozǵalıstı qabıl etiwshi shkıv (dóńgelek) jetekleniwshi shkıv delinedi. Lentalı uzatıwda da aylanıp atırǵan dóńgeleklerdiń sızıqlı tezlikleriniń modulleri óz ara teń:  $v_1 = v_2$ .

Al, múyeshlik tezlikleri dóńgeleklerdiń radiusları arqalı óz ara tómenдеgi qatnasta boladı:

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

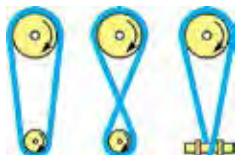
**Qozǵalıstı tisli dóńgelekler arqalı uzatıw.** Hár qıylı diametrli eki tisli dóńgelektiń tıslerin bir-birine kiygiziw arqalı aylanbalı qozǵalıstı uzatıw usılı tisli uzatıw dep ataladı (1.8-súwret). Birinshi dóńgelekтеgi tıslar sanı  $N_1$  bolıp, sekundına  $v_1$  márte aylansın, al onıń menen tıslerken ekinshi dóńgelek  $N_2$  tiske iye bolıp, sekundına  $v_2$  márte aylansın. Tıslisiw noqatına waqıt birliги ishinde birinshi dóńgelektiń  $N_1 \cdot v_1$  tisi ótkende, ekinshisiniń  $N_2 \cdot v_2$  tisi ótedi. Eki dóńgelektiń waqıt birliги ishinde tıslisiw noqatınan ótken tıslar sanı teń boladı, yaǵnıy:

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

Bunnan, bir-birine tıslerken dóńgeleklerden hár biriniń aylanıw jiyiligi onıń tısleriniń sanına kerı proporcional boladı:

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

1.9-súwrette jeteklewshi hám jetekleniwshi vallardı bir tárepke hám qarama-qarsı tárepke aylandıratuǵın halda lentalar jalǵanǵan jaǵdayları keltirilgen.



1.9-súwret.

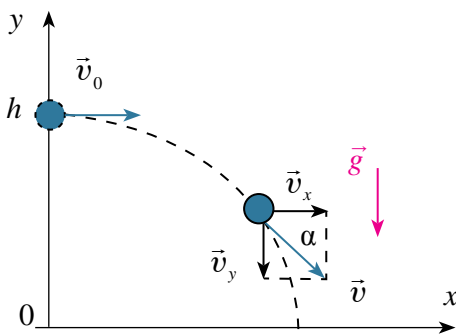




1. Aylanbalı qozǵalıstı frikciyalıq uzatıwdıń qanday artıqmashılıqları hám kemshilikleri bar?
2. Aylanbalı qozǵalıstı lentalı uzatıwda qollanılatuǵın mexanizmlerge mısallar keltiriń.
3. Aylanbalı qozǵalıstı tisli uzatıw qalay ámelge asırıladı?

## 6-tema. GORIZONTAL İLAQTÍRILǴAN DENENIŇ QOZǴALISÍ

Biyikligi  $h$  qa teń bolǵan stol ústinde tuwrı sızıq boylap qozǵalıp atırǵan shariktiń qozǵalıstın baqlayıq. Dáslep sharik óz inerciyası menen stoldıń ústki bóliminde tuwrı sızıqlı qozǵaladı.



1.10-súwret.

Sharik stoldıń shetinen jerge jetip kelgenshe eki qozǵalıstı qatnasadı. Yaǵnıy, dáslepki baǵıtta óz qozǵalıstın dawam etip atırǵanlıǵın hámde vertikal baǵıtta qozǵalıp, tómenge túsip atırǵanlıǵın kóremiz. Shariktiń bul qozǵalıstı qanday da bir biyiklikten gorizontál ilaqtırılǵan deneniń qozǵalıstına mısál bolıp esaplanadı. Bul qozǵalıstı sıpatlaw

ushın XOY koordinata sistemasın tańlap alıp, onı ilaqtırıw noqatına tutastıramız (1.10-súwret). Hawanıń qarsılıǵı esapqa alınbaytuǵın dárejede kishi bolǵanda, dene gorizontál baǵıtta turaqlı  $v_0$  tezlik penen tegis qozǵaladı. Sonıń ushın qálegen  $t$  waqıttan keyingi gorizontál baǵıttaǵı kóshiwi yamasa ushıw uzaqlıǵı tómendegishe esaplanadı:

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

Dene tezliginiń  $x$  hám  $y$  kósherlerdegi proekciyaları tómendegishe ańlatıladı:

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

Al, dene vertikal baǵıtta  $h$  biyiklikten baslanǵısh tezliksiz tegis tezleniwshi qozǵalıstın penen erkin tusedi. Sonıń ushın qálegen  $t$  waqıttan keyingi vertikal baǵıt boyınsha jaǵdayı tómendegishe esaplanadı:

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



Gorizontal ılaqtırılğan deneniń XOY tegisliktegi qozǵalıǵ traektoriyasınıń teńlemesi (1.21) hám (1.23) ańlatpalar boyınsha boladı:

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

(1.24) ańlatpa parabola teńlemesin ańlatadı. Demek, gorizontal ılaqtırılğan dene parabola sıızığı boylap qozǵaladı.  $h$  biyiklikten ılaqtırılğan deneniń ushıw waqtı

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

ańlatpa járdeminde anıqlanadı. Ol jaǵdayda deneniń ushıw uzaqlığı

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

kórinisti aladı.

Gorizontal ılaqtırılğan dene bir waqtıń ózinde gorizontal baǵıtta tegis hám vertikal baǵıtta tegis tezleniwshi qozǵalıǵ penen erkin túsedı. Qozǵalıstıń aqırındaǵı ( $t$  waqt ótkennen keyin) gorizontal hám vertikal baǵıttaǵı tezlikler sáykes ráwishte  $v_x = v_0$  hám  $v_y = g \cdot t$  boladı. Ol jaǵdayda deneniń jerge túsiwindegi tezligi tómendegishe anıqlanadı:

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

yamasa

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

Iymek sıızıq boylap qozǵalıp atırğan deneniń kóshiwi onıń basıp ótken jolına teń bolmaydı. Sonday-aq, gorizontal ılaqtırılğan deneniń qozǵalıǵı dawamında tezlik vektorınıń moduli hám baǵıtı úzliksiz ózgerip turadı.

### Másele sheshiw úlgisi

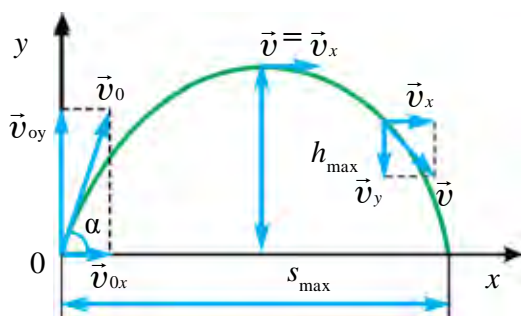
1. Dene 35 m biyiklikten 30 m/s tezlik penen gorizonttal ılaqtırıldı. Onıń jerge túsiwdegi tezligin tabıń.

|                                                                                           |                                        |                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Berilgen:<br>$h = 35 \text{ m}$<br>$v_0 = 30 \text{ m/s}$<br>$g \approx 10 \text{ m/s}^2$ | Formulası:<br>$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ | Sheshiliwi:<br>$v = \sqrt{(30 \text{ m/s})^2 + 2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 35 \text{ m}} =$<br>$= 40 \text{ m/s.}$ |
| Tabıw kerek<br>$v - ?$                                                                    |                                        | Juwabı: 40 m/s.                                                                                                                     |



1. Gorizonttal ılaqtırılğan dene qanday qozǵalıslarda qatnasadı?
2. Gorizonttal ılaqtırılğan deneniń traektoriyası qanday sıziqtan ibarat?
3. Gorizonttal ılaqtırılğan dene tezliginiń gorizonttal hám vertikal qurawshılarınan qaysı biri dene qozǵalıwı dawamında ózgermeydi?
4. Kúndelikli turmıstan temaǵa tiyisli qosımsha mısallar keltire alasız ba?
5. Gorizonttal baǵıtta baslanǵısh 10 m/s tezlik penen ılaqtırılğan deneniń ushıw uzaqlıǵı, ılaqtırılıw biyikligine teń boldı. Dene qanday biyiklikten ılaqtırılğan?

## 7-tema. GORIZONTQA QIYA İLAQTIRILGAN DENENIŇ QOZǒALISI



1.11-súwret.

Gorizontqa qanday da bir múyesh astında qıyalatıp ılaqtırılğan deneniń qozǵalısin baqlasaq, onıń dáslep gorizonttal baǵıtta ılaqtırılğan noqtatınan uzaqlasıp atırǵanın hám de vertikal baǵıtta kóterilip atırǵanlıǵın kóremiz. Demek, gorizontqa qıya ılaqtırılğan dene bir waqıtın ózinde gorizonttal hám vertikal

baǵıtlar boylap qozǵaladı eken. Gorizonttal baǵıtta dene tegis qozǵaladı. Ol vertikal baǵıtta maksimal biyiklikke kóterilgenshe tegis ásteleniwshi, soń tómenge qarap tegis tezleniwshi qozǵalısta boladı (1.11-súwret).

Gorizontqa múyesh astında ılaqtırılğan deneniń qozǵalı traektoriyası parabola kórinisinde boladı. Dene ushıw processinde bir waqıttıń ózinde gorizont hám vertikal baǵıtlarda qozǵalıp atırǵanlıǵı ushın deneniń  $v_0$  baslanǵısh tezligin gorizont ( $v_{0x}$ ) hám vertikal ( $v_{0y}$ ) qurawshılarǵa ajıratamız:

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

Esaplawlardı ápiwayılastırıp ushın hawanıń qarsılıǵın esapqa almaymız. Deneniń qálegen  $t$  waqıttan keyingi gorizont baǵıttaǵı orın awıstırıwı tómendegi

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

teńlikten anıqlanadı.

Deneniń qálegen  $t$  waqıttaǵı gorizont hám vertikal baǵıttaǵı tezligi tómendegi teńliklerden anıqlanadı:

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

Gorizontqa qıyalatıp ılaqtırılğan deneniń qozǵalı dawamında tezliginiń gorizont qurawshısı ózgermese de, tezliktiń vertikal qurawshısı kóteriliwde tegis kemeyip baradı hám traektoriyaniń eń joqarı noqatında nolge teń boladı. Demek, gorizontqa múyesh astında ılaqtırılğan dene traektoriyasınıń eń joqarǵı noqatında minimal tezlikke iye boladı:

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

Sonnan soń, dene usı noqattan  $v_{0x}$  tezlik penen gorizont ılaqtırılğan dene sıyaqlı qozǵaladı.

Dene traektoriyasınıń eń joqarı kóteriliw noqatında  $v_y = 0$  yamasa  $v_0 \sin \alpha - gt = 0$  qatnastan kóteriliw waqtın anıqlaymız:

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

Deneniń maksimal kóteriliw biyikligi tómendegishe boladı:

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

Deneniń tómenge qarap qozǵalıw (túsiw) waqtı, onıń joqarıǵa kóteriliw waqtına teń, yaǵnıy  $t_k = t$ . Bunnan deneniń ulıwma ushıw waqtı:

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

Gorizontqa múyesh astında ılaqtırılǵan dene gorizont baǵıtta tegis qozǵalısta boladı. Sonlıqtan deneniń ushıw uzaqlıǵı tezliktiń tek gorizont qurawshısına baylanıslı boladı. Ushıw uzaqlıǵın esaplaw ushın ushıw waqtınıń ańlatpasın  $s_x = v_0 \cdot t = v_{0x} \cdot t \cdot \cos \alpha$  ańlatpaǵa qoyamız hám

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

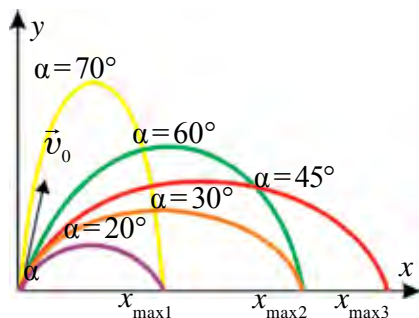
yamasa

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

ıye bolamız. Bul ańlatpadan gorizontqa múyesh astında ılaqtırılǵan deneniń ushıw uzaqlıǵı ılaqtırıw múyeshine baylanıslı ekenligi kórinedi. 1.12-súwrette deneniń ushıw uzaqlıǵı hám kóteriliw biyikliginiń ılaqtırıw múyeshine baylanıslı ekenligi keltirilgen. Súwretten kórinip turǵanıday múyesh artıp barıwı menen kóteriliw biyikligi de artıp baradı.

Deneniń ushıw uzaqlıǵı dáslep ılaqtırıw múyeshi artıwı menen artadı hám  $45^\circ$  qa teń boǵanda maksimal mániske erisedi. Soń múyesh artıwı menen ushıw uzaqlıǵı kemeyedi.

Gorizontqa múyesh astında ılaqtırılǵan deneniń qozǵalıw traektoriyasınıń teńlemesin keltirip shıǵaramız. Bunıń ushın



1.12-súwret.

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

teńlemege (1.29) teńlemeden

$t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$  waqıttı tawıp qoysaq, traek-

toriya teńlemesi tómendegi kóriniste ekenligi kelip shıǵadı:

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

Demek, gorizontqa qıya ılaqtırılğan dene koordinata basınan ótiwshi parabola boylap qozǵaladı eken, sebebi  $x=0$  de  $y=0$  boladı. Bul teńlemedegi  $x^2$  aldındaǵı koefficienttiń teris belgi bolǵanlıǵı parabola shaqalarınıń tómenge qarap baǵıtlanǵanlıǵın ańlatadı.

Real sharayatlarda hawanıń qarsılıǵı ushıw uzaqlıǵına kúshli tásir kórsetedi. Mısalı, 100 m/s penen atılğan snaryad vakuumda 1000 m ge ushıp barsa, hawada 700 m ge baradı. Tájiriybeler, atılıw múyeshi  $30-40^\circ$  etip alınsa, atılğan dene eń uzaq aralıqqa baratuǵının kórsetedi.

### Másele sheshiw úlgisi

1. Top 10 m/s tezlik penen gorizontqa  $30^\circ$  qıyalatıp ılaqtırıldı. Ol qansha biyiklikke kóteriledi?

| Berilgen:                                                                 | Formulası:                                        | Sheshiliwi:                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $v_0 = 10 \text{ m/s}$<br>$\alpha = 30^\circ$<br>$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ | $h_{\max} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$ | $h_{\max} = \frac{\left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \cdot 1/4}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 1,27 \text{ m.}$ |
| Tabıw kerek<br>$h = ?$                                                    |                                                   | <i>Juwabi:</i> 1,27 m.                                                                                                  |



1. Basketbolshı toptı torǵa túsiriw ushın óziniń boyın esapqa alma ma?
2. Gorizontqa qıya ılaqtırılğan dene hawa qarsılıǵı esapqa alıńanda qanday traektoriya boylap qozǵaladı?
3. Oq-jay atıw jarısında qatnasıp atırǵan sportshı oqjaydıń oǵın gorizontqa salıstırǵanda qanday múyesh astında atıwı kerek?

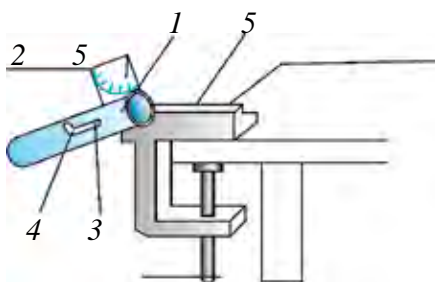


Háwlide yamasa vannada suw kranına shlang jalǵap, suwdı hár qıylı múyesh astında sewip kóriń. Nátiyjeni talqılań.

## 8-tema. LABORATORIYA JUMÍSÍ: GORIZONTQA QÍYA ÍLAQTÍRÍLGÁN DENENÍŇ QOZĞALÍSÍN ÚYRENIW

**Jumustıń maqseti.** Deneniń ushıw uzaqlıgınıń ılaqtırılıw múyeshine baylanıslılıgın tekseriw.

**Kerekli ásbap hám úskenerler.** Ballistikalıq pistolet, metall sharik, ólshew lentası, 2–3 bet aq hám qara qağaz (kopirovka).



1.13-súwret.

### **Jumustı orınlaw tártibi.**

1. Ballistikalıq pistolet laboratoriya stolınıń shetine ornatıladı (1.13-súwret).

2. Ballistikalıq pistolettıń qıyalıq múyeshi  $30^\circ$  etip tutqıshqa bekkemlenedi (*Qıyalıq múyeshi* pistoletke bekkemlengen transportir járdeminde anıqlanadı).

3. Tutqısh artqa tartıladı hám ol stvol ilgegine kirgiziledi.

4. Metall sharik stvoldıń ishine jaylastırıladı.

5. Tutqısh ilgekten shıǵarıp jiberiledi hám shariktiń túsiw ornı anıqlanadı.

6. Tájiriye joqarıdaǵı sıyaqlı keminde 3 márte tákirarlanadı.

7. Ballistikalıq pistolettıń qıyalıq múyeshin  $45^\circ$  qa qoyıp tájiriye tákirarlanadı.

8. Esaplangan shamalardıń mánisi tómendegi kestege jazıladı.

| Atılıw múyeshi | Tájiriye   | $l$ , ushıw uzaqlıǵı, (m) | $l_{\text{ort}}$ (m) | $\Delta l$ , (m) | $\Delta l_{\text{ort}}$ (m) |
|----------------|------------|---------------------------|----------------------|------------------|-----------------------------|
| $30^\circ$     | 1-tájiriye |                           |                      |                  |                             |
|                | 2-tájiriye |                           |                      |                  |                             |
|                | 3-tájiriye |                           |                      |                  |                             |
| $45^\circ$     | 1-tájiriye |                           |                      |                  |                             |
|                | 2-tájiriye |                           |                      |                  |                             |
|                | 3-tájiriye |                           |                      |                  |                             |



1. Gorizontqa salıstırǵanda qıya atılǵan deneniń qozǵalı traekto-riyası qanday boladı?
2. Gorizontqa salıstırǵanda qıya atılǵan deneniń ushıw uzsaqlıǵı qanday shamalarǵa baylanıslı?
3.  $v_0$  baslanǵısh tezlik penen müyesh astında atılǵan deneniń túsip atırǵan payıttaǵı tezligi qanday boladı hám gorizont penen qanday müyesh payda etedi?
4. Tájiriybede alınǵan nátiyjeler boyınsha ushıw uzaqlıǵı hám ushıw waqtınıń mánisi atılıw müyeshine baylanıslılıǵın talqılań.

### 1-shıńǵıw

1. Motorlı qayıq dáryada mánzilge jetip barıw ushın 1,8 saat, al qayıp keliw ushın 2,4 saat waqıt sarıpladı. Eger sal jónetilse, mánzilge qansha waqıtta jetip baradı? (Juwabı: 14,4 saat).

2. Metrodaǵı eskalator adamdı 30 s ta joqarıǵa alıp shıǵadı. Eger adam hám eskalator birgelikte qozǵalsa, 10 s ta kóteriledi. Eskalator tınısh tursa, adam qansha waqıtta joqarıǵa shıǵadı? (Juwabı: 15 s).

3. Dene 80 m biyiklikten erkin túspekte. Túsıwdiń aqırǵı sekundındaǵı orın awıstırıwı tabıń. Qozǵalı dawamındaǵı ortasha tezligin anıqlań. Deneniń baslanǵısh tezligin nolge teń dep esaplań. (Juwabı: 35 m, 20 m/s).

4. Eger vertikal joqarıǵa ılaqtırılǵan dene joldıń aqırǵı 1/4 bólimin 3 s ta basıp ótken bolsa, ol qansha waqıt kóterilgen? Onıń baslanǵısh tezligi qanday bolǵan? (Juwabı: 6 s, 60 m/s).

5. Eger baslanǵısh tezliksiz erkin túsip atırǵan dene aqırǵı sekunda 75 m joldı ótken bolsa, ol qanday biyiklikten túsken? Qozǵalıstıń aqırındaǵı tezligi nege teń? (Juwabı: 320 m, 80 m/s).

6. Eki sharik bir noqattan 20 m/s baslanǵısh tezlik penen 1 sekunda waqıt intervalı menen joqarıǵa vertikal atıldı. Birinshi sharik atılǵannan qansha waqıt ótkennen soń, sharlar ushırasadı? (Juwabı: 2,5 s).

7. Maxovik aylanǵanda disktegi noqatlar tezligi 6 m/s, al olardan kósherge 1,5 sm jaqın aralıqta bolǵan noqatlar tezligi 5,5 m/s bolsa, maxoviktiń radiusi qansha? (Juwabı: 18 sm).

8. Mexanikalıq qozǵalı I dóńgelekten II dóńgelekke lenta arqalı uzatıldı. Eger II dóńgelektiń müyeshlik tezligi  $100 \pi s^{-1}$ ,

dóńgeleklerdiń radiusları sáykes ráwishte 30 hám 10 sm bolsa, I dóńgelek minutına neshe márte aylanadı? (*Juwapı:* 300 ret).

9\*. Magnitofon oraǵışı 4 m/s tezlik penen 40 s ta lentanı orap aldı. Eger oraǵıstıń baslanǵısh radiusı 2 sm, aqırǵı radiusı 6 sm bolsa, lentanıń qalıńlıǵın anıqlań. (*Juwapı:* 0,063 mm).

10.  $h$  biyiklikten  $v_0$  baslanǵısh tezlik penen gorizontál ılaqtırılǵan dene barıp túsken noqatına dál túsivi ushın onı  $h/3$  biyiklikten qanday gorizontál tezlik penen ılaqtırırw kerek? (*Juwapı:*  $v = \sqrt{3} v_0$ ).

### I baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları

1. Motorlı qayıqtıń dárya aǵısı boylap júzgendegi jaǵaǵa salıstırǵandaǵı tezligi 6 m/s, al aǵısqa qarsı júzgende 4 m/s. Dárya aǵısınıń tezligi (m/s) nege teń?  
A) 0,5;                      B) 1;                      C) 2,5;                      D) 5.
2. Dene 15 m/s tezlik penen vertikal tómenge qarap taslandı. Ol 2 s ótkennen keyin qanday tezlikke erisedi (m/s)?  
A) 25;                      B) 35;                      C) 30;                      D) 45.
3. Dene qanday tezlik penen vertikal ılaqtırılса, ol 6 s tan soń ılaqtırılǵan jerine qayıp túsedi (m/s)?  
A) 20;                      B) 35;                      C) 30;                      D) 40.
4. Joqarıǵa tik ılaqtırılǵan deneniń tezligi 2 s ótkennen keyin, eki ese kemeydi. Ol qanday tezlik penen ılaqtırılǵan?  
A) 30;                      B) 40;                      C) 50;                      D) 60.
5. Massaları 100 g hám 150 g bolǵan eki metall sharik birdey tezlik penen tik joqarıǵa ılaqtırıldı. Olardıń qaysı biri biyigirek kóteriledi? Hawanıń qarsılıǵın esapqa almań.  
A) massası kishi bolǵan sharik;  
B) massası úlken bolǵan sharik;  
C) ekewi birdey biyiklikke shekem kóteriledi;  
D) berilgen maǵlıwmatlar jetkilikli emes.
6. Aylanbalı qozǵalıс 50 tisli dóńgelekten 150 tisli dóńgelekke uzatılmaqta. Birinshi dóńgelek 2 s dawamında bir ret tolıq aylanıp shıqса, ekinshi dóńgelektiń aylanırw dáwiri qansha?  
A) 3 s;                      B) 7,5 s;                      C) 5 s;                      D) 6 s.



7. Iymek sızıqlı tegis qozǵalısta tómendegi shamalardıń qaysı biri ózgermeydi?  
 A) bir zamattaǵı tezlik moduli;      B) tezleniw moduli;  
 C) ortasha tezlik moduli;      D) tezleniw vektorı.
8. Iymek sızıqlı tegis qozǵalısta tezleniw vektorınıń baǵıtı qanday?  
 A) traektorıyanıń iymeklik radiusı boyınsha orayǵa;  
 B) traektorıyaǵa urınba;  
 C) qozǵalıstı traektorıyası boyınsha;  
 D) iymek sızıq radiusı boyınsha oraydan sırtqa.
9. 125 m biyikliktegi minaradan dene 30 m/s tezlik penen gorizonttal baǵıtta ılaqtırıldı. Deneniń ushıw uzaqlıǵın anıqlań.  
 A) 300 m;      B) 120 m;      C) 240 m;      D) 150 m.
10. Dene jerden gorizontta salıstırǵanda 30° múyesh astında 20 m/s baslanǵısh tezlik penen ılaqtırıldı. Baslanǵısh tezlik vektorınıń gorizonttal hám vertikal qurawshıların anıqlań (m/s).  
 A) 10 hám 14,1;      B) 17,3 hám 10;  
 C) 14,1 hám 10;      D) 20 hám 10.

### I bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar

|                         |                                                                                    |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Ilimiy baqlaw           | Ilimiy izertlew metodı bolıp sistemalı, jedel, maqsetke baǵdarlangan boladı.       |
| Gipoteza                | Qanday da bir process, qubılıs haqqında shamalap ayılǵan pikir.                    |
| Tájiriybe (eksperiment) | Gipotezaniń tuwrılıǵın tekseriw ushın arnawlı sharayatlarda ótkiziledi.            |
| Model                   | Íqshamlasqan, tártipke salınǵan, áhmiyetli tárepleri ajratıp kórsetilgen halat.    |
| Ilimiy ideallastırıw    | Alınǵan nátiyje boyınsha ideal sharayatta qanday nátiyje shıǵatuǵının aytıp beriw. |
| Ilimiy teoriya          | Keń qamtıwlı qubılıslardı túsiniretuǵın nızamlar toplamı.                          |
| Sáykeslik principi      | Belgilengen shegarada jańa teoriyanıń, aldınǵı teoriya menen sáykes túsiwi.        |

|                                                                                                    |                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Iymek sızıqlı tegis qozǵalı                                                                        | Qozǵalı traektoriyası iymek sızıqtan ibarat bolǵan, tezliginiń úlkenligi ózgermeytuǵın, biraq baǵıtı traektoriyaǵa urınba ráwishte ózgeretuǵın qozǵalı. |
| Qozǵalılardıń <i>ǵárezsizlik</i> principi yamasa superpozitsiyası                                  | Dene qatnasıp atırǵan qozǵalılar erkin bolıp, olardıń qozǵalı tezligi (tezleniw) bir-birine baylanıslı emesligi.                                        |
| Joqarıǵa qarap vertikal qozǵalı                                                                    | Jerdiń tartıw kúshi baǵıtına qarama-qarsı qozǵalı. Qozǵalı teńlemesi $h = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2}$ .                                               |
| Tómenge qarap vertikal qozǵalı                                                                     | Jer tartıw kúshi baǵıtındaǵı qozǵalı. Qozǵalı teńlemesi $h = v_0 \cdot t + \frac{gt^2}{2}$ .                                                            |
| Ózgermeli aylanbalı qozǵalı                                                                        | Múyeshlik tezligi waqıt dawamında ózgerip turatuǵın aylanbalı qozǵalı.                                                                                  |
| Múyeshlik tezleniw                                                                                 | Múyeshlik tezlik ózgeriwiniń usı ózgeris ushın ketken waqıtqa qatnası menen ólshenetuǵın shama $\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ .          |
| Sheńber boylap tegis ózgermeli qozǵalısta ıqtıyarlı waqıttaǵı múyeshlik tezlikti anıqlaw formulası | $\omega = \omega_0 + \varepsilon\Delta t$ .                                                                                                             |
| Tangensial tezleniw                                                                                | Tezliktiń san mánisi ózgeriw sebepli payda boladı $\vec{a}_\tau = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ .                                                     |
| Iymek sızıqlı qozǵalıstıń tolıq tezleniw                                                           | $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$ , $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$ .                                                                                  |
| Friktsiyalıq usılda qozǵalıstı uzatıw                                                              | Hár qıylı radiuslı eki dóńgelek bir-birine tásir (tiyiw) etiw arqalı uzatılatuǵın qozǵalı.                                                              |
| Qozǵalıstı lentalı uzatıw                                                                          | Qozǵalı bir diskten ekinshisine kerip tartılǵan lenta arqalı uzatıladı.                                                                                 |

|                                                                                   |                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Qozğalıstı tıslı dóńgelek arqalı uzatıw                                           | Hár qıylı diametri eki tıslı dóńgelektiń tıslerin bir-birine kiygiziw arqalı aylanbalı qozğalıstı uzatıw. |
| Gorizonttal ılaqtırılğan deneniń ushıw uzaqlıǵı hám jerge urılıwdaǵı tezligi      | $s = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}.$                                              |
| Gorizontqa múyesh astında ılaqtırılğan deneniń minimal tezligi                    | $v_{\min} = v_0 \cdot \cos\alpha.$                                                                        |
| Gorizontqa múyesh astında ılaqtırılğan deneniń kóteriliw biyikligi                | $h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}.$                                                              |
| Gorizontqa múyesh astında ılaqtırılğan deneniń ushıw waqtı                        | $t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}.$                                                                         |
| Gorizontqa múyesh astında ılaqtırılğan deneniń ushıw uzaqlıǵı                     | $s = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}.$                                                                 |
| Gorizonttal ılaqtırılğan deneniń qozğalıstı traektoriyası teńlemesi               | $y = h - \frac{g}{2v_0^2} x^2.$                                                                           |
| Gorizontqa múyesh astında ılaqtırılğan deneniń qozğalıstı traektoriyası teńlemesi | $y = x \cdot \operatorname{tg}\alpha - \frac{g \cdot x^2}{2v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}.$                   |

## II bap. DINAMIKA

### 9-tema. DINAMIKA NÍZAMLARÍ

Bizdi qorshap turǵan ortalıqtaǵı denelerdiń qozǵalıǵı mexanika nızamlarına boysınadı.

Dene qozǵalıǵınıń ózgeriw sebeplerin XVI ásirdeń aqırı hám XVII ásirdeń basında birinshi ret tájiriybeler járdeminde tolıq úyrengen alım Galiley edi. Galiley dene qozǵalıǵın ózgeriw sebebi haqqında tómendegishe jazǵan edi:

**Eger denege basqa hesh qanday deneler tásir etpese, dene jerge salıstırǵanda óziniń tınısh jaǵdayın yamasa tuwrı sızıqlı tegis qozǵalıǵın saqlaydı.**

Galiley tárepinen ornatılǵan bul nızam mexanikanıń tiykarǵı nızamlarınıń quralıwında birinshi qádem boldı.

Bul nızamlardı ashıw ushın Nyutonga hesh qanday quramalı ásbap-úskeneler zárúr bolmaǵan. Bunıń ushın ápiwayı tájiriybeler jetkilikli bolǵan. Bundaǵı eń úlken qıyınshılıq denelerdiń hár qıylı qozǵalıǵılarınıń ishinen eń áhmiyetlisin, eń ulıwmalıǵın kóre alıwdan ibarat edi.

Dinamika grekshe «dynamis» sózinen alınǵan bolıp «kúsh» degen mánini bildiredi. Eger biz qanday da bir deneniń qozǵalıǵı kelgenin kórsek, oǵan tásir etip atırǵan basqa bir deneni de kóremiz. Basqa dene, qozǵalıǵı kelgen deneni tartıwı, iyteriwi yamasa oǵan aralıqtan turıp tásir etiwı múmkin (máselen, magnittiń temir sharga tásiiri). Jerden belgili bir biyiklikke kóterip qoyılǵan dene qoyıp jiberilse tómenge túsedı. Bul tájiriybelerdiń barlıǵında **dene tezliginiń ózgeriwi (yaǵnıy tezleniw) baraqulla basqa bir deneniń tásiiri sebepli júzege keledi.** Bul gáp Nyuton mexanikasınıń eń áhmiyetli juwmaǵı esaplanadı.

Denelerdiń bir-biri menen óz ara tásirlesiw processine – **óz ara tásir** delinedi. Fizikada barlıq óz ara tásirler, álbette, jup boladı. Yaǵnıy, hár qanday tásir keri tásiirdi júzege keltiredi.

Biraq, bunday juwmaqqa dárhal kelinbegen. Ullı oyshıl Aristotel dene qozǵalıınıń ózgeriw sebebin ashıwǵa háreket etti. Onıń jazıwınsha, «Eger denege iyteriwshi kúsh tásir etpey qalsa, qozǵalıwshı dene toqtap qaladı». Jerge salıstırǵanda tınısh bolǵan halattı deneniń tábiyiy halatı dep túsindirgen.

Sol dáwirlerde jerdi dúnyanıń orayı dep qaraǵanlıǵı sebepli, áhmiyetli bir sebep bolmasa, dene óziniń tábiyiy tınısh halatına qaytadı dep túsindirgen. Haqıyqatında da, tegis asfalt jolda ketip baratırǵan avtomobildiń benzini tawsılıp qalsa, dvigateli óshedi. Avtomobil biraz júrip toqtaydı. Tap sonday juwmaqtı velosipedke, kóldegi qayıqqa da qollanıw múmkin.

Alıp barılǵan baqlawlar hám juwmaqlar tiykarında dinamikaniń birinshi nızamı tabılǵan edi. Ol tómendegishe ańlatıladı:

**Inercial sistema dep atalıwshı sonday esaplaw sistemaları bar, ondaǵı dene basqa denelerden jeterli dárejede uzaq jaylasqan bolsa, tınısh yamasa tuwrı sızıqlı tegis qozǵalısta boladı.**

Bul nızam bir tárepten, inercial esaplaw sistemasına táriyp berse, ekinshi tárepten, haqıyqatında da, sonday sistemalar bar ekenligin tekseriw imkaniyatın beredi. Mexanikanıń birinshi nızamı, inercial esaplaw sistemasın óz aldına arnawlı orıńǵa qoyadı.

Aylanıp atırǵan qattı deneniń hár bir noqatı tezleniw menen qozǵaladı. Qálegen bóleksheniń tezleniwi denedegi basqa bóleklerdiń tásiri sebepli boladı. Basqasha aytqanda, qattı deneni quraǵan bóleksheler «erkin dene» bola almaydı hám oǵan Nyutonniń birinshi nızamın qollanıwǵa bolmaydı.

Solay etip, denelerdiń tınısh yamasa tuwrı sızıqlı tegis qozǵalı halatınan shıǵıw sebebi basqa denelerdiń tásiri ekenligin bilip aldıq. Denelerdiń bir-birine bolǵan tásiri kúsh penen sıpatlanadı.

**Nuytonniń sózi menen aytqanda, mexanikada, denelerdiń bir-birine tásiri nátiyjesinde tezleniw alıwına sebep bolatuǵın muǵdarlı ólshemge kúsh delinedi.**

Bul – kúshke sapa jaǵınan berilgen táriyp bolıp esaplanadı. Bunıń menen mexanikada eki tastıyıqlanıwın kirgizdik:

- 1) denelerde tezleniw kúsh tásiri sebepli boladı;
- 2) tezleniw beriwshi kúsh basqa denelerdiń tásiri sebepli boladı.

Kúsh túsinigi eki denegge tiyisli. Kúsh vektorlıq shama bolıp bağıtqa iye boladı. Kúsh ti muǵdar jaǵınan anıqlaw ushın onı ólshew kerek. Buniń ushın ol basqa bir etalon kúsh penen salıstırıladı.

**Tábiyatı jaǵınan qanday bolıwına qaramastan, kúshlerdiń denegge bir waqıttaǵı tásirini onıń tezligin ózgertpese (yaǵnıy, oǵan tezleniw bermese), moduli jaǵınan teń hám qarama-qarsı baǵıtlanǵan boladı.**

Tájiriybeler deneniń alǵan tezleniwini oǵan qoyılǵan kúsh ten tısqarı deneniń qásiyetlerine de baylanıslı ekenligin kórsetedi. Demek, bul qásiyetti anıqlastırıp alıw zárúr. Mexanikada bul qásiyet **deneniń massası** menen táriyplenedi.

Sizge 7-klastan denegge qoyılǵan kúsh tiń dene alǵan tezleniwine qatnası turaqlı shama ekenligi belgili

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

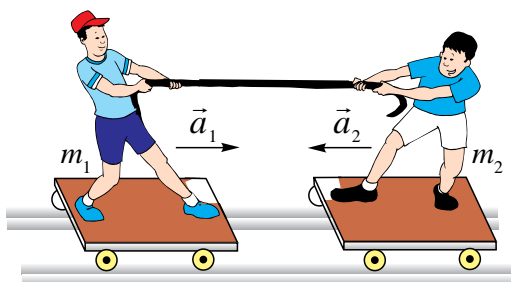
**Denegge tiyisli  $\frac{F}{a}$  qatnas penen ólshenetuǵın shamaǵa inertlik massa delinedi.**

*Massa* – deneniń inertlik qásiyetin belgileydi, yaǵnıy onıń kúsh tásirinde qanshelli tezleniw alıw qábiletin sıpatlaydı.

Massa túsinigi kirgizilgennen soń, dinamikanıń ekinshi nızamı tómendegishe sıpatlanadı:

**Deneniń alǵan tezleniwini qoyılǵan kúshke tuwrı, deneniń massasına kerı proporcional boladı:**

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



2.1-súwret.

Máselen, 2.1-súwrette *Alisher Bahadırǵa* arqan arqalı tásir etse, *Bahadır* da *Alisherge* kerı tásir etedi. Nátiyjede *Alisher* de, *Bahadır* da tezleniw aladı.

Bul tájiriybe hám soǵan uqsas qubılıslardı baqlap, dinamikanıń úshinshi nızamı shıǵarıladı:

**Tásir mudamı keri tásirdi júzege keltiredi. Olar san mánisi jaǵınan bir-birine teń bolıp, bir tuwrı sızıq boylap qarama-qarsı baǵıtlanǵan:**

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

Bul kúshler hár qıylı denelerge qoyılǵanlıqtan, bir-birin teńsalmaqlıqta uslap tura almaydı. Yaǵnıy, óz ara tásirleniwshi deneler bul kúshler tásirinde bólek-bólek tezleniw aladı:

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

**Másele sheshiw úlgisi.**  $F$  kúsh tásirinde  $m_1$  massalı dene  $2 \text{ m/s}^2$  tezleniw aladı. Al,  $m_2$  massalı dene, usı kúsh tásirinde  $5 \text{ m/s}^2$  tezleniw aladı. Bul deneler óz ara jalǵansa, olar usı kúsh tásirinde qanday tezleniw menen qozǵaladı?

| Berilgen:                                                         | Formulası:                                                                                                                                     | Sheshiliwi:                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$<br>$a_2 = 5 \text{ m/s}^2$<br>$m_1; m_2.$ | $F = m_1 \cdot a_1; \quad F = m_2 \cdot a_2$<br>$m_1 \cdot a_1 = m_2 \cdot a_2; \quad m_1 = \frac{a_2}{a_1} m_2$<br>$F = (m_1 + m_2) \cdot a;$ | $a = \left( \frac{2 \cdot 5}{2+5} \right) \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{10}{7} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1,43 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$ |
| Tabıw kerek<br>$a - ?$                                            | $m_2 a_2 = \left( \frac{a_2}{a_1} m_2 + m_2 \right) \cdot a$<br>$a = \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2}$                                                |                                                                                                                                                       |

Juwabi:  $1,43 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$



1. Dinamika nızamı boyınsha Galiley aytqan pikirde qanday qátelik bar edi?
2. Inertlik massa degende neni túsinemiz?
3. Ózińizge belgili bolǵan óz ara tásirlerdi aytıń hám mısallar keltiriń.
4. Óz ara tásir nátiyjesinde nege deneler tezligin mudamı ózgertpeydi?

---

## 10-tema. GALILEYDİN SALİSTİRMALILIQ PRINCIPI. INERCIAL HÁM INERCIAL EMES ESAPLAW SISTEMALARI

Salıstırmalılıq principiniń ashılıwına tiykarǵı sebeplerden biri, Jerdiń qozǵalı, anıǵıraǵı onıń óz kósheri átirapında aylanıwı haqqındaǵı gipoteza boldı. Mınanday soraw tuwıladı: eger Jer óz kósheri átirapında aylanatuǵın bolsa, nege biz onı jer betinde ótkerilgen eksperimentlerde sezbeymiz? Bul mashqala ústindegi dodalawlarda qatnasqan orta ásirde jasap, dóretiwshilik etken Nikolay Orema (XIV ásir), Alawiddin Ali al-Qusshılar (XV ásir) tómenдеgi juwmaqqa keldi: Jerdiń aylanıwı onıń ústinde ótkizilgen tájiriybelerge tásir etpeydi.

Siz klasslaslarıńız benen birge úlken kemeniń ishinde, sırtqı aynaları qarayılǵan xanasında otırıpsız, dep oylayıq. Sonda klasslaslardan biri házir keme tınısh tur ma yamasa qozǵalısta ma, degen sorawdı berdi. Sırtqı palubaǵa shıqpay, bunı qalay anıqlaw múmkin? Balalardan biri: «Keliń, tájiriybe ótkizip kóremiz. Stoldaǵı buyımlardan birin joqarıdan tómenge taslap kóremiz. Eger keme qozǵalmay turǵan bolsa, ol vertikal túsedı. Qozǵalısta bolsa, túsiw barısında kemeniń polı aldıda ketip qalıp, azǵana artqa túsedı, deb usınıs etti. Hár qıylı nárseler taslap kórilgende hámmesi polǵa qarap tik halda bir jerge tústi. Demek, keme tınısh turıptı, degen juwmaqqa kelindi. Sırtqı palubaǵa shıǵıp qarasa, keme bir tegis shayqalmay júzip baratır eken! Demek, mexanikalıq tájiriybeler tınısh turǵan klass xanasında ótkizilse de, tuwrı sızıqlı tegis qozǵalıp atırǵan vagon yaki keme ishinde ótkizilse de birdey ótedi eken.

Buǵan birinshi bolıp Galiley óz dıqqatın awdarǵan edi. Galiley de siz oylaǵanday, úlken keme ishinde baqlanıp atırǵan mexanikalıq processler, eger keme tuwrı sızıqlı tegis qozǵalıp atırǵan bolsa, tınısh turǵanda qalay ótse, sonday bolatuǵının jazıp qaldırǵan. Bunda esaplaw sisteması sıpatında Jer emes, al qozǵalıp atırǵan vagon yamasa keme alınadı.

**Tınısh halatta turǵan yamasa salıstırmalı tuwrı sızıqlı tegis qozǵalıp atırǵan esaplaw sisteması *inercial esaplaw sisteması* delinedi.**

Bir tegis aǵıp atırǵan dáryada keme aǵıs boylap júzip baratırǵan bolsa, esaplaw sisteması sıpatında jaǵanı yamasa suwdı alıw múmkin. Dál sonday, tuwrı sızıqlı tegis qozǵalıp atırǵan poezd vagonında poezd



boylap júrip baratırǵan adam ushın esaplaw sisteması sıpatında vagondı yamasa Jerdi alıw múmkin. Adamnıń wagonǵa salıstırǵandaǵı tezligi  $v$ , vagonnıń Jerge salıstırǵandaǵı tezligi  $u$  bolsın. Eger adam vagonnıń qozǵalıǵ baǵıtı menen birdey baǵıtta qozǵalsa, onıń jerge salıstırǵanda tezligi  $u+v$  boladı. Qozǵalıǵ qarama-qarsı baǵıtta bolsa,  $u-v$  boladı. Buǵan **Galileydiń tezliklerdi qosıw qaǵıydası** delinedi.

Tájiriybeler inercial esaplaw sistemalarında saatlar birdey dáwir menen júretuǵının kórsetti.

Denelerdiń orın awıstırıwı esaplaw sistemalarında birdey bolmaydı. Sebebi, qozǵalıp atırǵan vagonnıń ishindegi adamnıń wagonǵa salıstırǵanda orın awıstırıwı jerge salıstırǵanda awıstırıwınan kishi boladı. Dene massası tınısh halatta turǵan vagonnıń ishinde ólshegende de, tuwrı sızıqlı tegis qozǵalıp atırǵan vagonda ólshegende de birdey boladı.

Solay etip, inercial esaplaw sistemalarında waqıt, massa, tezleniw hám kúsh *birdey (invariant)* boladı.

Tınısh halatta turǵan esaplaw sistemasında kúsh  $F$  ke, massa  $m$  ǵa, tezleniw  $a$  ǵa teń bolsa, tuwrı sızıqlı tegis qozǵalıstaǵı sistemada sáykes ráwishte  $F'$ ,  $m'$  hám  $a'$  boladı.  $F=F'$ ;  $m=m'$  hám  $a=a'$  bolǵanlıǵı sebepli, Nyutonnıń ekinshi nızamı  $F=F'=ma$  yamasa  $F'=m'a'$  sıyaqlı ańlatıladı. Bunnan Nyuton nızamları barlıq inercial esaplaw sistemalarında orınlı bolıwı kelip shıǵadı.

**Galileydiń salıstırılmalıq principin** ulıwma jaǵdayda tómendegishe táriyplew múmkin:

**Barlıq inercial esaplaw sistemalarında hámme mexanikalıq processler birdey ótedi.**

Biraq, sonday bir nárseni esten shıǵarmaw kerek. Biz bilemiz, tuwrı sızıqlı tegis qozǵalıǵ kemnen-kem ushırasadı. Bul degeni inercial esaplaw sistemaları júdá siyrek jaǵaylarda bar boladı. Sonıń ushın bárqulla inercial sistemaǵa jaqın bolǵan sistemalar bar ekenligin este tutıwımız kerek. Jerdi biz inercial esaplaw sisteması dep qaraymız. Haqıyqatında da, ol óz kósheri átirapında hám Quyash átirapında aylanadı. Aylanbalı qozǵalısta mudamı tezleniw bar. Soǵan qaramay Jerdi inercial esaplaw sistemasına kirgizemiz. Bunıń sebebi sonda, bul tezleniw júdá kishi. Máselen, bul tezleniw ekvatorda  $0,035 \text{ m/s}^2$  qa teń bolıp, erkin túsiw tezleniwine salıstırǵanda júdá kishi. Sonıń ushın, onı esapqa almay, qozǵalıstı tegis dep qaraw múmkin. Jerdiń Quyash átirapında aylanıwındaǵı tezleniw bunnan da kishi. Sonıń ushın Jerdi

inercial esaplaw sistemasına kirgizemiz. Dál sonday, Jerge salıstırǵanda tuwrı sıızqlı tegis qozǵalıp atırǵan poyezdı da inercial esaplaw sistemasına kirgizse boladı.

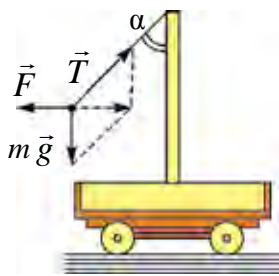
Joqarıda atap ótkenimizdey, tuwrı sıızqlı tegis qozǵalıp atırǵan sistemalarda Nyuton nızamları orınlı boladı. Eger esaplaw sisteması iymek sıızqlı yamasa tezleniw menen qozǵalıp atırǵan bolsa-she? Bunday sistemalar ***inercial emes esaplaw sistemaları*** delinedi. Qalay etip inercial emes esaplaw sistemalarında Nyuton nızamlarınan paydalanıw múmkin? Onnan paydalanıw ushın tezleniw payda bolıw sebebin esleylik. Tezleniwdiń payda bolıw sebebi – bul kúsh. Demek, Nyutonniń ekinshi nızamınan paydalanıw ushın deneye basqa deneler tárepinen tásir etip atırǵan kúshler menen birgelikte ***inericiya kúshin*** kirgizemiz. Inericiya kúshi deneye basqa deneler tárepinen emes, al esaplaw sisteması tezleniw menen qozǵalıwı sebepli tásir etedi. Ol jaǵdayda Nyutonniń ekinshi nızamı tómendegi

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

kóriniste boladı.

Inericiya kúshiniń ańlatpasın tabıw ushın tezleniwdiń absolyut mánisi  $\vec{a}_{ab}$  hám tezleniwdiń salıstırmalı mánisi  $\vec{a}_{sal}$  niń ayırmasınan paydalanamız. Ol jaǵdayda inericiya kúshi ańlatpası tómendegishe boladı:

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



2.2-súwret.

Aytılǵanlardı mısalda kórip shıǵayıq. Kishi bir arbashaǵa vertikal tayaqsha ornatılǵan bolıp, oǵan 2.2-súwrette kórsetilgenindey mayatnik ildirilgen. Arbasha jerge salıstırǵanda  $\vec{a}_{ab}$  turaqlı tezleniw menen qozǵalmaqta. Mayatnik arbashaǵa salıstırǵanda qozǵalmaydı:  $a_{sal} = 0$ . Mayatnikke  $m\vec{g}$ ,  $m\vec{a}_i$  hám  $\vec{T}$  kúshler tásir etedi.  $\vec{T}$  – mayatnik ildirilgen jiptiń keriliw kúshi. Biraq, bul kúshler mayatnikke tezleniw bermeydi. Nyutonniń ekinshi nızamı orınlanıwı ushın oǵan inericiya kúshin  $\vec{F}_i = -m\vec{a}_i$  kirgiziw kerek. Ol jaǵdayda

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

Demek, Nyutonniń ekinshi nızamı shártli ráwishte orınlanadı.

Mayatniktiń awısıw múyeshi  $\text{tg}\alpha = \frac{a_i}{g}$ .



1. *Inercial esaplaw sistemaları degende neni túsinemiz?*
2. *Inercial esaplaw sistemalarında qanday fizikalıq shamalar birdey boladı?*
3. *Nyutonnıń úshinshi nızamı inercial esaplaw sistemaları ushın orınlı ma?*

## 11-tema. GRAVITACIYALÍQ MAYDANDAĞÍ QOZǴALÍS

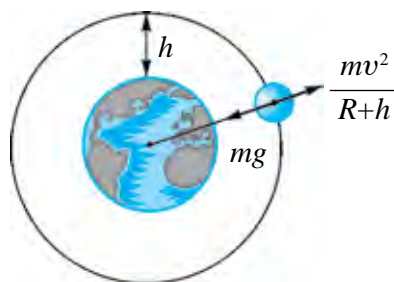
Siz 7-klasta Jer óz átirapında turaqlı tartısıw maydanın payda etetuǵının hám usı maydan arqalı denelerdi ózine tartıp turatuǵının bilip algansız. Demek, jerde bolatuǵın barlıq qozǵalıslarǵa tartısıw maydanı óz tásirin kórsetedi.

Kóz aldımızǵa keltireyik, taw shıńına shıǵıp, onnan gorizontol baǵıtta  $v_0$  tezlik penen qanday da bir dene ılaqtırıldı. Dene ushıp barıp, A noqatqa túsedi. Onda onıń kórinisi Nyuton tárepinen sızılǵan 2.3-súwretke uqsas boladı.

Deneniń tezligi arttırıp barılsa, B hám C noqatlarǵa túsedi. Tezliktiń belgili bir mánisinen baslap dene Jerge túspey, Jer átirapında sheńber boylap qozǵalısqa keledi. Bu dene endi Jerdiń jasalma joldası bolıp qaladı. Jasalma joldastıń qozǵalısqı, tartısıw maydanındaǵı qozǵalısqı boladı. *Ne sebep joldas Jerge túspeydi? Bul jaǵday qanday tezlikte baqlanadı?* Dáslep, joldasqa tásir etip atırǵan kúshlerdi alıp qarayıq. Joldasqa mudamı Jerdiń tartıw kúshi tásir etedi. Bunnan tisqari, oǵan hawanıń qarsılıq kúshi tásir etedi. Qarsılıq kúshi az bolıwı ushın onı atmosferanıń eń joqarı qatlamlarına alıp shıǵıw kerek.



2.3-súwret.



2.4-súwret.

Ámelde Jer betinen 300–400 km biyiklikte hawanıń qarsılıǵı derlik joq. Demek, bunday biyiklikte Jerdiń tartıw kúshin joldasına berilgen

tezlik sebepli júzege kelgen oraydan qashıwshı kúsh kompensaciyalaydı (2.4-súwret).

Ol jaǵdayda:

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

$h$  biyiklikti Jer radiusi  $R_{Jer}$  ge salıstırǵanda esapqa almasa da bolatuǵın jaǵay ushın  $R_{Jer} + h \approx R_{Jer}$  hám

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

Onı esaplaw ushın  $R_{Jer} \approx 6400$  km,  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup> dep alınsa,  $v$  nıń mánisi:

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

qa teń boladı.

Bul tezlik **birinshi kosmoslıq tezlik** delinedi.

Sonday tezlik penen qozǵalǵan Jerdiń jasalma joldası  $T_1 = \frac{2\pi R_{Jer}}{v_1} = 84$  min 12 s ta jer átirapın bir ret aylanıp shıǵadı.

Ámelde bir ret aylanıp shıǵıw ushın ketken waqıt esaplap shıǵılǵan waqıttan úken boladı. Buǵan sebep joldas orbitasınıń radiusı menen Jer radiusınıń bir-birinen pariqlanıwı esaplanadı.

Solay etip, úlken radiuslı orbitalarda qozǵalatuǵın joldaslardıń tezligi jer betine jaqın orbitalarda qozǵalatuǵın joldaslardıń tezliginen kishi boladı.

Bunday joldaslardıń aylanıw dáwiri:

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

Bunda:  $T_1$  – Jer betine jaqın orbitalarda qozǵalatuǵın joldaslardıń aylanıw dáwiri.

Qálegen biyiklikte aylanıp atırǵan joldastıń aylanıw dáwiri formulasınan paydalanıp jasalma joldas Jerden belgili bir biyikliktegi noqatta «qozǵalmay» turıwı kerek bolǵan biyiklikte tabıw múmkin. Demek, joldastıń aylanıw dáwiri 24 saatqa teń bolıwı ushın qanday biyiklikte qozǵalıwı kerek? Esaplawlar sonı kórsetedi, biyiklik

**$h=6,6 R_{\text{Jer}}$  yaǵnıy shama menen 42000 km ge teń bolıwı kerek!**

Bunday orbita *geostacionar* orbita delinedi.

Biziń planetamızda insaniyat tariyxında birinshi ret burıńǵı SSSRda 1957-jılı 4-oktyabrde Jerdiń jasalma joldası ushırıldı. Joldas shar formasında bolıp, diametri 58 sm, massası 83,6 kg edi. Joldas Jer átirapın 1400 ret aylanıp shıǵıp, ulıwma jaǵdayda 60 million km aralıqtı basıp ótti. 1961-jılı 12-aprelde insan birinshi ret kosmosqa shıqtı. Birinshi kosmonavt Yuriy Alekseevich Gagarin burıńǵı SSSR puqarası edi. Keyin ala, 1969-jılı 20-iyulde amerikalı astronomlar Neyl Armstrong hám Edvin Oldrinler birinshi bolıp Ayǵa qondı.

Quyash sistemasına kiriwshi planetalarǵa barıw ushın kosmos kemesine *ekinshi kosmoslıq tezlik* beriliwi kerek. Onıń san mánisi 11,2 km/s qa teń.

Al, alıs juldızlarǵa barıw ushın Quyash sistemasınıń tartıw kúshin jeńip shıǵıp ketiw kerek. Bunıń ushın kosmos kemesi *ushinshi kosmoslıq tezlikke* iye bolıwı kerek. Onıń mánisi 16,7 km/s qa teń.

Kosmostı iyelegen kosmonavtlar arasında biziń watanlaslarımız V.Janibekov hám ózbek milletine tiyisli S. Sharipov ta bar.



1. *Ne sebep Jer, óziniń átirapında qozǵalıp atırǵan jasalma joldastı tartıp almaydı?*
2. *Aydı da birinshi kosmoslıq tezlik penen qozǵalıp atırǵan joldas dep qaraw múmkin be?*
3. *Jasalma joldastıń Jer betinen biyikligi artıwı menen onıń tezligi qalay ózgeredi?*

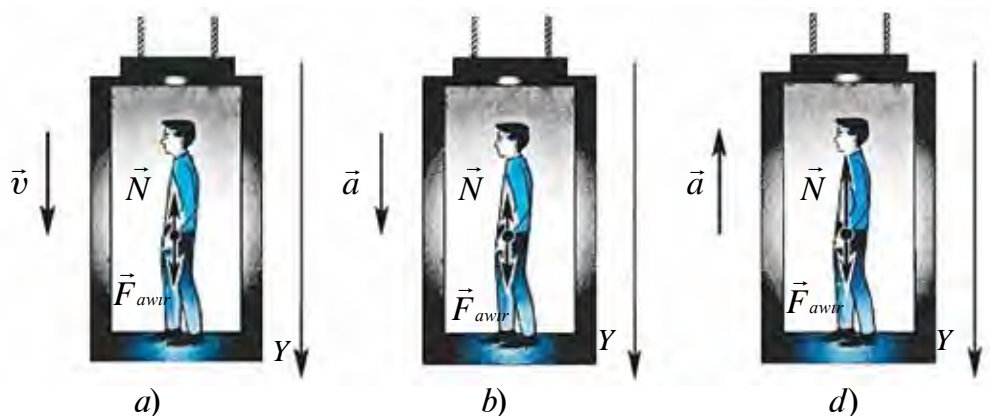
---

## 12-tema. DENE AWÍRLÍǴINÍN QOZǴALÍS TÚRINE BAYLANÍSLÍLÍǴI

Házirgi kúni kóplegen hákimshilik imaratlar, turarjaylar kóp qabatlı etip qurılǵan. Joqarǵı qabatlarǵa shıǵıw hám túsiw ushın liftlerden paydalanıladı. Liftte shıǵıp atırǵan hám túsip atırǵan adamnıń qozǵalısın kórip shıǵayıq.

1. Massası  $m$  bolǵan adam liftte turıptı. Lift tómenge yamasa joqarıǵa turaqlı  $\vec{v} = \text{const}$  tezlik penen qozǵalıp atırǵan jaǵdayda (2.5-a súwret) adamnıń lift polına (tayanıshqa) beretuǵın tásirini (awırlıǵı)  $P = mg$  boladı. Basqasha aytqanda, lift turaqlı tezlik penen

qozǵalganda deneniń awırlıǵı lift tınısh halatta turganda qanday bolsa, sondaylıǵınsha qaladı.



2.5-súwret.

2. Lift tómenge  $\vec{a}$  tezleniw menen túspekte (2.5-*b* súwret). Ol jaǵdayda Nyutonńıń ekinshi nızamı boyınsha

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

Bunda  $\vec{N}$  – lift polınıń reaksiya kúshi,  $m$  – deneniń massası.

Nyutonńıń úshinshi nızamı boyınsha deneniń awırlıǵı  $\vec{P} = -\vec{N}$ . Usıǵan muwapıq (2.7) ni esapqa alıp jazamız

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

Deneniń qozǵalıw waqtındaǵı nátiyjeli awırlıǵı

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

boladı.

Bunnan lift tómenge qaray  $a$  tezleniw menen qozǵalsa, adamnıń awırlıǵı  $ma$  ǵa kemeyetuǵınlıǵı kórinedi. Eger liftti uslap turıwshı tros keskin bosatılsa, lift tómenge qaray  $a=g$  tezleniw menen qozǵaladı hám adamnıń awırlıǵı

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

boladı.

**Deneniń tayanıshqa yamasa ilǵishke kórsetetuǵın kúshi nolge teń bolatuǵın, yaǵnıy awırlıǵı joǵalatuǵın halatqa *salmaqsızlıq* delinedi.**

Demek, dene salmaqsızlıq halatına ótiwi ushın tómenge qaray  $g=9,81 \text{ m/s}^2$  tezleniw menen qozǵalıwı kerek. *Bunnan deneler erkin túsip atırǵanda salmaqsızlıq halatında bolıwı kelip shıǵadı.* Belgili dárejede salmaqsızlıq halatı átkónshekte ushıp atırǵanda, sekiriwdiń túsiw bóliminde, qıyalıqtan inerciyası menen sekirgen motociklshide baqlanadı. Bul júdá qısqa waqıt dawam etedi. Jerdiń jasalma joldaslarındaǵı, orbital stanciyalardaǵı kosmonavtlar uzaq múddet salmaqsızlıq halatında boladı. Bunday waqıtta insan organizminde qan aylanısı hám azıqlanıw sisteması buzıladı. Orbital stanciyalarda salmaqsızlıq halatınıń zıyanlı orbitaların saplastırıw ushın arnawlı ilajlar kóriledi.

3. Lift joqarıǵa qaray  $\vec{a}$  tezleniw menen kóterilmekte (2.5-d súwret). Bunda adamnıń lift polına (tayanışqa) kórsetetuǵın awırlıǵı

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

ǵa teń boladı.

Bunnan kóriwge boladı, lift joqarıǵa qaray tezleniw menen kóterilse, adamnıń awırlıǵı  $ma$  mániske artadı. Bul jaǵdayǵa **asa awırlıq** delinedi.

Asa awırlıqtı, deneniń qozǵalıw dáwirindeǵı awırlıǵınıń, tınısh halattǵı awırlıǵına qatnası menen tabıladı:

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

Bul jaǵdayda tolıq awırlıq tayanışqa túsedı. Biraq, adam gewdesi boylap belgili dárejede asa awırlıq payda boladı. Máselen, adam basınıń awırlıǵı onıń moynına, al bas, moyın, iyin hám qollardıń awırlıǵı belge hám t. b. ayaqlarǵa túsedı. Eger lifttiń tezleniwi  $0,3-1 \text{ m/s}^2$  átirapında bolsa, insan onı sezbeydi. Biraq, sestem tez ushıwshı samolyotlarda, raketanıń kóteriliwinde tezleniw  $100 \text{ m/s}^2$  qa shekem baradı. Bul jaǵdayǵa túsken ushıwshılar hám kosmonavtlardıń aytıwınsha, awırlıq olardı orınlıqqa bekkemlep taslaydı, qollardı kóteriw júdá awırlıq etedi, qabaqtı kóterip, kózdi ashıw hádden tıs mashaqatlı boladı.

### Másele sheshiw úlgisi

Lift tómenge qarap 4,5 m/s<sup>2</sup> tezleniw menen túspekte. Ondaǵı deneniń awırlıǵı neshe ese kemeyedi?

|                                                            |                                                                                               |                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Berilgen:<br>$a=4,5 \text{ m/s}^2$<br>$g=10 \text{ m/s}^2$ | Formulası:<br>$P=m(g-a)$<br>$F=mg \quad n=\frac{F}{P}$<br>$n=\frac{mg}{m(g-a)}=\frac{g}{g-a}$ | Sheshiliwi:<br>$n=\frac{10}{(10-4,5)} \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}=\frac{10}{5,5}=1,82.$ |
| Tabıw kerek<br>$n=?$                                       |                                                                                               | Juwabı: 1,82 ese.                                                                                                                                           |

- ❓ 1. Samolyottan sekirgen parashyutshı: a) parashyut ashılǵanǵa shekem erkin túsıwde; b) parashyut ashılǵan payıtta; d) parashyutta bir tegis túsip atırǵan waqıtta qanday halatta boladı?
2. Eger joqarıǵa kóterilip atırǵan yamasa túsip atırǵan lift tormozlana baslasa, ondaǵı adam qanday halatta boladı?
3. Dene gorizonta baǵıtta tezleniwshi qozǵalısta bolsa, onıń awırlıǵı ózgere me?

## 13-tema. DENENIŃ BIR NESHE KÚSH TÁSIRINDEGI QOZǴALISÍ

Nyutonniń ekinshi nızamın úyreniwde denegge tek bir kúsh tásir etip atırǵan jaǵday kórip shıǵılǵan edi. Nyutonniń úshinshi nızamın úyreniwde deneler tásirleskende bir neshe kúshler óz ara tásirlesiwiniń kórdik.

Kúndelikli turmısta da denegge tek bir kúsh tásir etetuǵın jaǵday baqlanbaydı. Qozǵalıstaǵı denelerge tartıwshı kúshten tısqarı súykelis kúshi de tásir etedi. Gorizonta bette turǵan  $m$  massalı denegge  $F_t$  tartıwshı kúsh tásir etip atırǵan bolsın. Bul payıtta oǵan  $F_{súyk}$  súykelis kúshi de tásir etedi. Eger  $F_t > F_{súyk}$  bolsa, dene qozǵalısqı keledi. Bunda deneniń alǵan tezleniwiniń anıqlaw ushın qaysı kúshten paydalanamız? Bunda *teń tásir etuwshı kúsh* túsiniǵinen paydalanıladı. Teń tásir etiwshı kúsh delingende denegge qoyılǵan barlıq kúshlerdiń geometriyalıq jıyındısı, yaǵnıy nátiyjeli kúsh túsiniledi. Bul jaǵdayda

$$\vec{F} = \vec{F}_t + \vec{F}_{súyk} \text{ boladı.}$$



Tartıw kúshi hám súykelis kúshleriniń vektor jıyındısın koordinata kósherlerine proekciyalar menen almastırıp, algebralıq jıyındısı alınadı. Ol jaǵdayda denegе tásir etiwshi kúshler óz ara qarama-qarsı baǵtlangan onıń moduli

$$F = F_t - F_{\text{súyk.}}$$

penen anıqlanadı.

Deneniń alǵan tezleniwı Nyutonnıń ekinshi nızamı boyınsha

$$a = \frac{F_t - F_{\text{súyk.}}}{m} \quad (2.11)$$

menen anıqlanadı.

Denege bir neshe kúshler tásir etetuǵın jaǵday ushın eki máseleni kórip shıǵayıq.

1. Qıya tekislikke qoyılǵan deneniń teńsalmaqlılıq shárti hám túsiw tezleniwın kóreyik (2.6-súwret). Bunda  $\alpha$  – qıya tegisliktiń qıyalıq múyeshi. Qıya tegislik penen oǵan qoyılǵan taxta arasındaqı súykelis koefficienti  $\mu$  ge teń.

Qıya tegislikte turǵan taxtaǵa awırlıq kúshi  $m\vec{g}$ , normal reaksiya kúshi  $\vec{N}$  hám qıya tegislik boylap joqarıǵa baǵtlangan tınısh halattaǵı súykelis kúshi  $\vec{F}_{\text{súyk.}}$  tásir etedi.

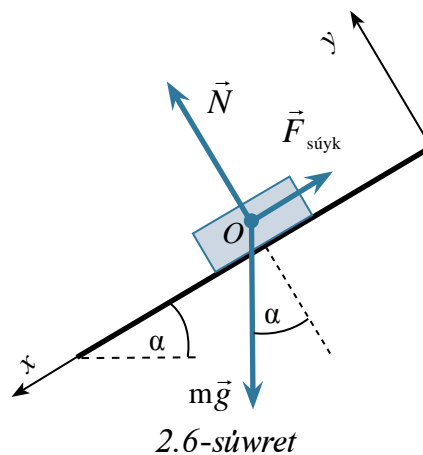
$x$  kósherin qıya tegislik boylap tómenge baǵdarlaymız,  $y$  kósherin tegislikke perpendikulyar baǵdarlaymız.

Qıya tegislikte dene teńsalmaqlıqta qalıwı ushın oǵan tásir etiwshi kúshlerdiń teń tásir etiwshisi nolge teń bolıwı kerek:

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

Bunnan koordinata kósherlerine bolǵan proekciyalar ushın teńlemeler sistemasın jazayıq:

- 1)  $x$  kósheri baǵıtı boyınsha  $mg \sin\alpha - \vec{F}_{\text{súyk.}} = 0$ ;
- 2)  $y$  kósheri baǵıtı boyınsha  $-mg \cos\alpha + N = 0$ .



2.6-súwret

Dene qıya tegislikte teńsalmaqlıqta qalıwı ushın  $\vec{F}_{súyk.} \geq mg \cdot \sin\alpha$  teńsizlik orınlanıwı kerek.

Birinshi teńleme boyınsha  $\vec{F} = mg \cdot \sin\alpha$ ,  $N$  ekinshi teńleme boyınsha  $N = mg \cdot \cos\alpha$  boladı. Bul ańlatpalarda  $\vec{F}_{súyk.} = \mu N$  teńlikti esapqa alsaq,  $mg \sin\alpha \leq \mu mg \cos\alpha$  teńsizlik orınlanadı. Bunnan  $\operatorname{tg}\alpha \leq \mu$  kelip shıǵadı.

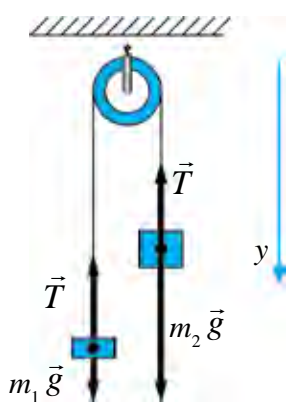
Solay etip,  $\operatorname{tg}\alpha \leq \mu$  shárt orınlanganda taxta qıya tegislikte teńsalmaqlıqta qaladı.

Eger  $\operatorname{tg}\alpha \geq \mu$  bolsa, dene qıya tegislik boylap tómenge qaray tezleniw menen qozǵaladı. Tezleniwdi tabıw ushın  $ma = mg \cdot \sin\alpha - \mu mg \cdot \cos\alpha$  teńlemeni dúzemiz. Teńliktiń eki tárepin  $m$  ge qısqartıp,

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

ǵa iye bolamız.

2. Massası esapqa alınbaytuǵın dárejede kishi bolǵan qozǵalmas blokqa  $m_1$  hám  $m_2$  massalı júkler ildirilgen (2.7-súwret). Eger  $m_2 > m_1$  bolsa, júklerdiń qozǵalı tezleniw hám jiptiń keriliwi tabılsın. Bloktaǵı súykelis kúshi hám jiptiń massası esapqa alınbasın.



2.7-súwret.

Hár bir júkke eki kúsh tásir etedi: awırlıq kúshi hám jiptiń keriliw kúshi.

Blokta hám jiptiń massası hám de súykelisti esapqa almaw haqqındaǵı talap sonı ańlatadı, jiptiń hár eki táreptegi keriliwi birdey boladı. Onı  $T$  menen belgilep alamız.

Júkler ushın Nyutonniń ekinshi nızamınıń teńlemesin jazıp alamız:

Jip sozılmaytuǵın bolǵanlıqtan, júklerdiń kóshiw moduli hám soǵan muwapıq, tezlik hám tezleniwleri teń boladı. Júklerdiń tezleniw modulin  $a$  menen belgileymiz. Ol jaǵdayda  $y$  kósherin tómenge baǵıtlap, oǵan bolǵan

proekciyalar ushın teńlemeler sistemasın jazamız:

$$\begin{cases} m_1 g - T = -m_1 a, \\ m_2 g - T = m_2 a. \end{cases}$$

Ekinshi teńlemeden birinshi teńlemeni alamız

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

Bunnan

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

Birinshi teńlemeden ekinshi teńlemeni alıp  $T = m_1(g + a)$  nı, ekinshiden birinshini alıp,  $T = m_2(g - a)$  nı payda etemiz. Bul – tezleniw menen biri tómenge, ekinshisi joqarıǵa qozǵalıp atırǵan denelerdiń awırlıǵı. Júkler tezleniw menen qozǵalıp atırǵanlıǵı sebepli massaları hár qıylı bolsa da, awırlıqları birdey boladı. Tezleniw ushın tabılǵan ańlatpanı jiptiń qálegen tárepi ushın jazılǵan ańlatpasına qoysaq,

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

ǵa iye bolamız. Usı ańlatpa menen hár bir júktiń awırlıǵı tabıladı:

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



1. Denege qoyılǵan teń tásir etiwshi kúsh qalay anıqlanadı?
2. Kúshlerdiń koordinata kósherlerindeki proekciyalari menen islew, vektorlardı qosıwǵa salıstırǵanda qanday artıqmashlıqlarǵa iye?
3. Denege bir neshe kúsh tásir etkende onıń tensalmaqlıqta bolıw shárti qalay anıqlanadı?
4. Bloktaǵı jiplerge ildirilgen júklerdiń awırlıǵı qozǵalıw dáwirinde nege teń bolıp qaladı?

## 2-shınıǵıw

1. Úydiń tóbesi gorizontqa salıstırǵanda  $30^\circ$  tı quraydı. Tóbesinde júrgen adam ayaq kiyiminiń ultanı menen úydiń tóbesiniń beti arasındadı súykeli koefficienti qansha bolǵanda, ol taymay júre aladı? (Juwabı: 0,58).

2. Qozǵalmas blok arqalı ótkizilgen arqannıń ushlarına 50 g hám 75 g lı júkler ildirilgen. Arqan hám blok massası esapqa alınbaytuǵın dárejede kishi. Arqandı sozılmaydı dep alıp, júklerdiń qozǵalıw tezleniwini hám arqannıń keriliw kúshin tabıń. (Juwabı:  $1,96 \text{ m/s}^2$ ; 0,6 N).

3. Arbanıń üstine suyıqlıq quyılǵan ıdıw qoyılǵan. Arba gorizont baǵıtta  $a$  tezleniw menen qozǵalmaqta. Suyıqlıqtıń beti turaqlı jaǵdayda bolǵanda, gorizont penen qanday múyesh payda etedi? (Juwabı:  $\text{tg}\alpha = \frac{a}{g}$ ).

4. Turaqli kúsh tásirinde qozgálistı baslağan dene birinshi sekundta 0,5 m jol bastı. Eger deneniń massası 25 kg bolsa, tásir etiwshi kúsh nege teń? (*Juwabı: 25 N*).

5. Turaqli kúsh tásirinde qozgálistı baslağan 50 g massalı dene 2 sekundta 1 m jol bastı. Tásir etiwshi kúsh nege teń? (*Juwabı: 0,025 N*).

6. Lifttegi suw quyılğan shelekte dene júzip júr. Eger lift joqarıǵa (tómenge)  $a$  tezleniw menen qozǵalsa, deneniń batıw tereńligi ózgere me?

7. Massası  $M$  bolǵan cilindrge jip oralǵan. Soń cilindr tómenge taslap jiberilip, jip joqarıǵa tartıp turıladı. Bunda cilindrniń massa orayı jiptiń jayılıwı dáwirinde birdey biyiklikte qaldı. Jiptiń keriliw kúshi nege teń.

8. Gorizontál jaylasqan taxtada júk turıptı. Júk hám taxa arasındaǵı súykelis koefficienti 0,1. Taxtaǵa gorizontál baǵıtta qanday  $a$  tezleniw berilse, onıń ústindegi júk sırganap túsedı? (*Juwabı: 1 m/s<sup>2</sup>*).

9. Qaǵaz betiniń ústinde tuwrı cilindr turıptı. Cilindr biyikligi 20 sm hám negiziniń diametri 2 sm. Qaǵaz qanday minimal tezleniw menen tartılsa, cilindr awdarılıp túsedı. (*Juwabı:  $a=0,1$  m/s<sup>2</sup>*).

10. Massası 6 t bolǵan, júk tiyelmegen avtomobil 0,6 m/s<sup>2</sup> tezleniw menen qozǵala basladı. Eger ol sol tartıw kúshinde ornınan 0,4 m/s<sup>2</sup> tezleniw menen qozǵalsa, oǵan tiyelgen júktiń massası qansha bolǵan? (*Juwabı: 3 t*).

## II baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları

1. **Gápti tolıqtırıń. Tınısh jaǵdayda turǵan yamasa tuwrı sıızıqlı tegis qozǵalıstaǵı esaplaw sistemaları ... delinedi.**

- A) ... salıstırmalı esaplaw sistemaları;
- B) ... inercial esaplaw sistemaları;
- C) ... inercial emes esaplaw sistemaları;
- D) ... absolyut esaplaw sistemaları.

2. **Massası 10 kg bolǵan dene 20 N kúsh tásirinde qanday qozǵalısta boladı?**

- A) 2 m/s tezlik penen tegis;
- B) 2 m/s<sup>2</sup> tezleniw menen tezleniwshi;
- C) 2 m/s<sup>2</sup> tezleniw menen ástelesiwshi;
- D) 20 m/s tezlik penen tegis.

3.  $1 \text{ m/s}^2$  tezleniw menen joqarıǵa kóterilip atırǵan liftte  $50 \text{ kg}$  massalı adam turıptı. Adamnıń awırılıǵı qanshaǵa teń (N)?  
 A) 50;                      B) 500;                      C) 450;                      D) 550.
4. Qozǵalmas blokqa arqan arqalı massaları  $m_1$  hám  $m_2$  bolǵan júkler ildirilgen. Olar qanday tezleniw menen qozǵaladı?  $m_1 < m_2$  dep alınsın.  
 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. Lifttiń qanday qozǵalısında ondaǵı denede júkleniw júzege keledi?  
 A) Joqarıǵa turaqlı tezlik penen;  
 B) Tómenge turaqlı tezlik penen;  
 C) Joqarıǵa turaqlı tezleniw menen;  
 D) Lift háreketsiz bolǵanda.
6. Joldastıń *geostacionar* orbitası degende ne túsiniledi?  
 A) Joldastıń jer betinen minimal orbitası;  
 B) Joldastıń jer betinen maksimal orbitası;  
 C) Joldastıń jer betinen belgili bir biyiklikte jılımay turıw orbitası;  
 D) Joldasta kosmonavtlar baqlawlar alıp baratuǵın orbita.
7. Dinamometr ushlarına eki  $60 \text{ N}$  nan bolǵan qarama-qarsı kúshler qoyılsa, dinamometr neshe Nyutondı kórsetedi?  
 A) 15;                      B) 30;                      C) 60;                      D) 120.
8.  $3 \text{ N}$  hám  $4 \text{ N}$  kúshler bir noqatta qoyılǵan. Kúsh baǵıtları arasındaǵı múyesh  $90^\circ$ . Teń tásir etiwshi kúsh moduli qanday (N)?  
 A) 1;                      B) 5;                      C) 7;                      D) 3.

## II bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsiniq, qaǵıyda hám nızamlar

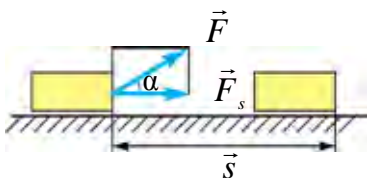
|                                                     |                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dinamikanıń birinshi nızamına Galiley bergen táriyp | Eger denege basqa hesh qanday deneler tásir etpese, dene jerge salıstırǵanda óziniń tınısh jaǵdayın yamasa tuwrı sızıqlı tegis qozǵalısın saqlaydı.                                        |
| Dinamikanıń birinshi nızamı                         | Inercial sistema dep atalıwshı sonday esaplaw sistemaları bar, ondaǵı dene basqa denelerden jetkilikli dárejede uzaq jaylasqan bolsa, tınısh yamasa tuwrı sızıqlı tegis qozǵalısta boladı. |
| Kúsh                                                | Denelerdiń bir-birine táhiri nátiyjesinde tezleniw alıwǵa sebep bolatuǵın muǵdarlı ólshem.                                                                                                 |

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inertli massa                                                   | Denege tiyisli $\frac{F}{a}$ qatnas penen ólshenetuǵın shama.                                                                                                                                                                |
| Dinamikanıń ekinshi nızamı                                      | Deneniń alǵan tezleniwı qoyılǵan kúshke tuwrı, deneniń massasına kerı proporcional boladı: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$<br>Dene massasınıń onıń tezleniwine kóbeymesi denege teń tásir etiwshi kúshke teń: $F = m\vec{a}$ . |
| Dinamikanıń úshinshi nızamı                                     | Tásir mudamı kerı tásirin júzege keltiredi. Olar san mánisi jaǵınan bir-birine teń bolıp, bir tuwrı sızıq boylap qarama-qarsı baǵıtlanǵan: $\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$ .                                                |
| Inercial esaplaw sistemaları                                    | Salıstırmaı tınısh jaǵdayda turǵan yamasa tuwrı sızıqlı tegis qozǵalıstaǵı esaplaw sistemaları.                                                                                                                              |
| Inercial emes esaplaw sistemaları                               | Iymek sızıqlı yamasa tezleniw menen qozǵalıp atırǵan esaplaw sistemaları.                                                                                                                                                    |
| Inerciya kúshi                                                  | Esaplaw sisteması tezleniw menen qozǵalıwı sebepli payda bolǵan kúsh.                                                                                                                                                        |
| Birinshi kosmoslıq tezlik                                       | Jerdiń jasalma joldası bolıp qalıwı ushın dene iye bolıwı kerek bolǵan tezlik – 7,91 km/s.                                                                                                                                   |
| Ekinshi kosmoslıq tezlik                                        | Quyash sistemasına kırıwshi planetalardı barıw ushın kerek bolatuǵın tezlik – 11,2 km/s.                                                                                                                                     |
| Úshinshi kosmoslıq tezlik                                       | Quyash sistemasınıń tartıw kúshin jeńip shıǵıp ketiw ushın kerek bolatuǵın tezlik – 16,7 km/s.                                                                                                                               |
| $\vec{a}$ tezleniw menen vertikal qozǵalıstaǵı deneniń awırlıǵı | $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$ – tómenge túsip atırǵan deneniń awırlıǵı.<br>$\vec{P} = m(\vec{g} + \vec{a})$ – joqarıǵa kóterilip atırǵan deneniń awırlıǵı.                                                                |
| Salmaqsızlıq                                                    | Deneniń tayanıshqa yamasa ildirgishke kórsetetuǵın kúshi nolge teń bolatuǵın, yaǵnıy awırlıǵı joǵalatuǵın jaǵday.                                                                                                            |
| Júkleniw                                                        | $n = \frac{P}{mg} = \frac{g+a}{g}$ .                                                                                                                                                                                         |

## III bap. MEXANIKADA SAQLANÍW NÍZAMLARÍ

### 14-tema. ENERGIYA HÁM JUMÍS. ENERGIYANÍN SAQLANÍW NÍZAMÍ. DENENÍN QÍYA TEGISLIK BOYLAP QOZGÁLÍWÍNDÁ ATQARÍLGÁN JUMÍS

**Energiya**—hár qıylı formadağı qozğalıslar hám óz ara tásirlerdiń muǵdarlı ólshemi (ol grekshe *energeia*—*tásir* sózinen alınǵan). Energiya tábiyattağı qozğalıslardıń formasına qarap, hár qıylı boladı. Máselen, mexanikalıq, jıllılıq, elektromagnitlik, yadro energiyaları hám t.b.lar. Óz ara tásir nátiyjesinde bir túrdegi energiya basqasına aylanadı. Biraq, bul processlerdiń hámмесinde, birinshi deneden ekinshisine berilgen energiya (qanday foprmada bolıwına qaramastan) ekinshi dene birinshisinen alǵan energiyaǵa teń boladı.



3.1-súwret.

Nyutonnıń ekinshi nızamınan belgili, deneniń mexanikalıq qozğalısların ózǵertiw ushın oǵan basqa deneler tárepinen tásir bolıwı kerek. Basqasha aytqanda, bul deneler arasında energiyalar almasıwı júz beredi. Mexanikada, mine, sonday energiya almasıwın sıpatlaw ushın *mexanikalıq jumıs* túsinigi kirgizilgen hám ol fizikada *A* háribi menen belgilenedi.

**Mexanikalıq jumıs. Kúshtiń usı kúshtiń tásiri baǵıtında júz bergeni kóshiwe skalyar kóbeymesine teń bolǵan shama mexanikalıq jumıs delinedi, yaǵnıy**

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

Bul jerde:  $\alpha$ —kúsh  $\vec{F}$  hám orın awıstırıw  $\vec{s}$  arasındaǵı múyesh (3.1-súwret).

Eger  $\cos \alpha = \frac{F_s}{F}$ ;  $F_s = F \cdot \cos \alpha$  ekenligin itibarğa alsaq, (3.1) tóمندegi kórinisti aladı:

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

bul jerde  $F_s$  – kúshitiń kóshiw bağıtına proekciyası.

(3.2) anlatpağa tiykarlanıp, tóمندegishe juwmaq shıǵarıw múmkin: eger  $\alpha < \frac{\pi}{2}$  bolsa,  $0 < \cos \alpha < 1$  – kúshitiń jumısı oń shama, kúsh hám orın awıstırıw bağıtı sáykes keledi;

eger  $\alpha > \frac{\pi}{2}$  bolsa,  $-1 < \cos \alpha < 0$  – kúshitiń jumısı teris shama, kúsh hám orın awıstırıw bağıtı qarama-qarsı boladı;

eger  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  bolsa,  $\cos 90^\circ = 0$  bolıp, kúshitiń atqarǵan jumısı nolge teń, kúsh orın awıstırıw bağıtına tik boladı.

Jumıs additiv (*additiv* – latinsha *jiyındı*) shama bolıp esaplanadı (fizi-kada additiv sózi – sistemadaǵı fizikalıq shama ulıwma jaǵdayda pútin esaplanıp, ol usı shamanı qurawshı bóleklerdiń jiyındısınan ibarat degen mánini ańlatadı).

Eger denege bir neshe kúsh tásir etip atırǵan bolsa,

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

boladı, onda tolıq jumıs, bul kúshlerdiń teń tásir etiwshisi atqaratuǵın jumısqa teń dep esaplanadı.

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

yamasa

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

**Jumıstıń birligi.** Jumıstıń SI daǵı birligi Djoul (Dj):

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

Jumıstıń SI daǵı birligi sıpatında 1 N kúshitiń deneni 1 m aralıqqa orın awıstırıwda atqarǵan jumısı qabıl etilgen.

**Awırlıq kúshiniń jumısı.** Jer betine jaqın biyikliklerde denege jer tárepinen  $P = mg$  awırlıq kúshi tásir etedi. Jer betinen  $h$  biyikliktegi

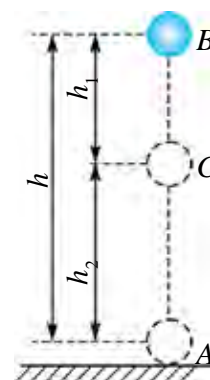


$B$  noqattan jer qáddinen esaplangán  $h_2$  biyikliktegi  $C$  noqatqa ótiwde deneniń orın awıstırıwı  $h_1 = h - h_2$  ge teń (3.2-súwret). Bunda awırlıq kúshiniń atqarǵan jumısı tómendegishe ańlatıladı:

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

Bul jerde:  $P$ —deneniń awırlıǵı,  $m$ —onıń massası,  $g$ —erkin túsiw tezleniwı,  $h$ —vertikal boylap,  $h_1$  hám  $h_2$  qáddiler arasındaǵı aralıq.

Awırlıq kúshiniń atqarǵan jumısı joldıń formasına baylanıslı bolmay, tek túsiw biyikligine baylanıslı. Sonıń ushın da awırlıq kúshi tásirinde atqarılatuǵın jumıslar traektoriya formasına emes, al deneniń baslanǵısh hám aqırǵı jaǵdayına baylanıslı. Bunday kúshlerge *potencial* yamasa *konservativ* kúshler delinedi. Al, bul kúshlerdiń maydanı *potencial maydan* delinedi.



3.2-súwret.

Dene tómenge qozǵalganda awırlıq kúshi hám kóshiw baǵıtı sáykes túskenligi sebepli atqarılǵan jumıs onı, al joqarıǵa qozǵalganda olar qarama-qarsı baǵıtlanganlıqtan teris boladı. Sonıń ushın awırlıq kúshi tásirinde dene orın awıstırıw, jáne baslanǵısh jaǵdayǵa qaytqan jaǵdaydaǵı ulıwma jumıs nolge teń boladı.

**Sistemaniń tolıq mexanikalıq energiyası dep, onıń kinetikalıq hám potencial energiyalarınıń jıyındısına ayıladı.** Máselen jer betinen  $h$  biyiklikte jerge salıstırǵanda  $v$  tezlik penen qozǵalıp atırǵan  $m$  massalı deneniń tolıq mexanikalıq energiyası

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

**Tolıq mexanikalıq energiya denelerdiń óz ara táhiri waqıt ótiwi menen ózgermeydi:**

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

Buǵan *mexanikalıq energiyaniń saqlanıw nızamı* delinedi.

Ótkizilgen kóplegen tájiriybeler, teoriyalıq juwmaqlar energiya saqlanıw nızamınıń qatań orınlanıwın kórsetedi. Tek ǵana tábiyatta energiyaniń bir túrden basqasına (máselen, mexanikalıq energiyadan jıllılıq energiyasına) aylanıwı júz beredi. Sonıń ushın da bul nızamǵa

energiyanıń saqlanıw hám aylanıw nızamı da delinedi. Ol tábiyattıń tiykarǵı nızamlarınan bolıp, tek ǵana makroskopiyalıq emes, al mikrodaneler sisteması ushın da orınlı esaplanadı.

**Energiya hesh qashan joq bolmaydı da, joqtan payda bolmaydı da, ol tek bir túrden basqa túrge aylanıwı múmkin.**

**Jabıq sistemada tolıq energiya saqlanadı.**

Mısal ushın,  $h$  biyiklikten túsip atırǵan deneniń potencial energiyası onıń awırlıq kúshine baylanıslı bolıp, tájiriye qaysı waqıtta ótkiziliwine ulıwma baylanıslı emes.

**Paydalı jumıs koefficienti.** Mashina hám dvigatellerdiń ózine sarıplanıp atırǵan energiyanıń qansha bólegi paydalı jumısqa aylanıwın kórsetetuǵın shama kirgizilgen.

**Paydalı jumıstıń tolıq jumısqa qatnası paydalı jumıs koefficienti (PJK) dep ataladı hám  $\eta$  háribi menen belgilenedi.**

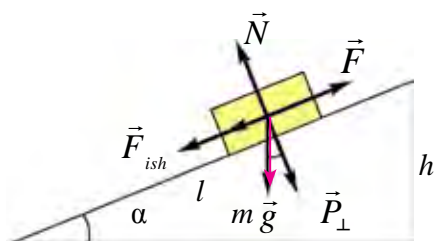
Eger paydalı jumıstı  $A_p$  tolıq jumıstı  $A_t$  menen belgilesek, ol jaǵdayda PJK formulası tómendegishe jazıladı:

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

PJK birden (100% ten) úlken bolmaydı. Mashina hám dvigatellerde súykeliw kúshiniń jumısı sebepli tolıq energiyanıń bir bólegi ısırap boladı hám sol sebepli PJK mudamı birden kishi boladı.

Qıya tegislik hám dene joqarıǵa tartılǵanda atqarılǵan jumıstı kórip shıǵayıq. Mexanikanıń altın qádesine muwapıq kúshten neshe ese utsa, joldan sonsha ese utıladı.

Qıya tegislik te jumıstan utıs bermeydi. Qıyalıq múyeshin kemeytip júkti kóteriwe sarıplanatuǵın kúshten utıladı. Biraq, orın awıstırıw aralıǵı artqanlıǵı sebepli atqarılǵan jumıs ózgermeydi.



3.3-súwret

Uzınlıǵı  $l$ , biyikligi  $h$  bolǵan qıyalıqqa awırlıǵı  $P$  bolǵan joqarıǵa qozǵalıp atırǵan deneni qarayıq (3.3-súwret). Bunda denegе  $F_{\text{súyk.}}$  súwkeliw kúshi, qıya tegislikke parallel bolǵan  $F_t$  joqarıǵa tartıwshı kúsh, qıya tegislikke perpendikulyar baǵıtlanǵan

$P_{\perp}$  kúsh hám tegislikke perpendikulyar kúshke qarama-qarsı tárepke bağıtlangan  $N$  kúsh (tegisliktiń reakciya kúshi) tásir etedi.

Eger súykeliw kúshi esapqa alınbasa,

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

ğa teń boladı. Biraq, súykeliw esapqa alınsa,

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

hám

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

boladı. Onda  $A_t$  tómendegi kórinisti aladı:

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

Paydalı jumıs koefficienti:

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

Jükke tásir etetuğın tartıw kúshi

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



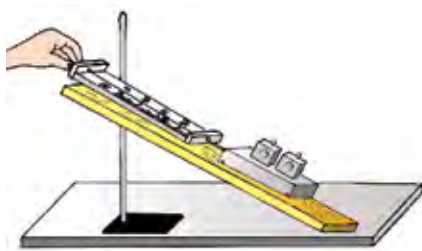
1. Mexanikalıq jumıs qalay anıqlanadı?
2. Awırlıq kúshiniń jumısı nege teń?
3. Tábiyatta energiyaniń saqlanıw nızamı mudamı orınlana ma?
4. Qıya tegislik jumıstan utıs bere me?

---

## 15-tema. LABORATORIYA JUMÍSÍ: QÍYA TEGISLIKTE PAYDALÍ JUMÍS KOEFFICIENTIN ANÍQLAW

**Jumıstıń maqseti:** Qıya tegislik hám onnan ne maqsette paydalanılatuğının úyreniw. Dinamometrde denelerdiń salmağın ólshew kónlikpesin qalıplestiriw. Paydalı hám tolıq jumıs hám de paydalı jumıs koefficienti haqqındağı bilimlerde ámelde bekkemlew. Qáteliklerdi esaplaw kónlikpelerin qalıplestiriw.

**Kerekli ásbaplar:** uzın juqa taxta, qısqıshlı shtativ, ağash brusok, jükler toplama, dinamometr.



3.4-súwret.

**Jumıstıń orınlanıwı:**

1) juqa taxta shtativke bekkemlenedi. Soń qıya tegisliktiń uzınlıǵı  $l$  hám biyikligi  $h$  ólshep alınadı;

2) dinamometr járdeminde ağash brusoktıń salmaǵı  $P$  anıqlanadı;

3) brusoktı qıya tegislikke qoyıp, dinamometr járdeminde qıya tegislik

boylap  $F$  kúsh penen joqarıǵa qarap bir tegis (silkiwsiz) tartıladı;

4)  $A_t = F \cdot l$  járdeminde tolıq,  $A_p = P \cdot h$  járdeminde paydalı jumıslar esaplanadı.

5)  $\eta = \frac{A_p}{A_t}$  ańlatpa járdeminde qıya tegisliktiń paydalı jumıs koeficienti esaplanadı.

**Tájiriybe keminde úsh ret tákirarlanadı hám nátiyjeler tómendegi kestege jazıladı.**

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

Tájiriybeni hár túrli qıya tegislikler (hár túrli  $h$  biyiklikler) ushın ótkizip, paydalı jumıs koeficientiniń qıya tegislik múyeshine baylanıslılıǵı haqqında juwmaqlar shıǵarıladı.



1. Qıya tegislik qanday qurılma hám ol qanday maqsette qollanıladı?

2. Paydalı hám tolıq jumıslar qalay anıqlanadı?

3. Paydalı jumıstıń tolıq jumıstan kem bolıwına sebep ne?

4. Paydalı jumıs koeficientiniń qıya tegislik múyeshine baylanıslılıǵın qalay túsindiresiz?

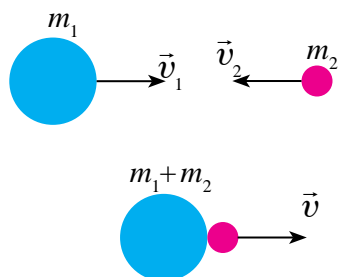
## 16-tema. DENELERDİN ABSOLYUT SERPIMLI HÁM SERPIMLI EMES SOQLÍGISIWÍ

**Soqlıgısıw dep, eki yamasa onnan kóp denelerdın júdá qısqa waqt dawamındağı tásirlesiwine ayıladı.**

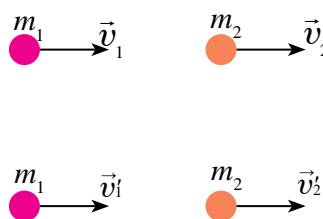
Soqlıgısıw tábiyatta júdá kóp ushırasadı. Bilyard sharlarınıń soqlıgısıwı, adamnıń jerge sekiriwi, balğa menen shegeniń qağılıwı, futbolshınıń top tebiwi hám t.b.lar soqlıgısıwğa mısal boladı.

Soqlıgısıw nátiyesinde denelerdın deformaciyalanıwına qarap olar eki túrge: absolyut serpimli hám absolyut serpimli emes soqlıgısıwlarğa bólinedi.

**Absolyut serpimli emes soqlıgısıw. Absolyut serpimli emes soqlıgısıw dep, eki deformaciyalanatuğın sharlardın soqlıgısıp, birge yamasa birdey tezlik penen qozğalıwına ayıladı.** Soqlıgısıwdan soń sharlar birlesip, qozğalıwı múmkin. Plastilin yamasa ılaydan jasalğan shariklerdın soqlıgısıwı buğan mısal bola aladı (3.5-súwret).



3.5-súwret.



3.6-súwret.

$m_1$  massalı deneniń soqlıgısıwınan aldınđı tezligi  $\vec{v}_1$ ,  $m_2$  massalı deneniń soqlıgısıwınan aldınđı tezligi  $\vec{v}_2$  bolsın. Soqlıgısıwdan keyingi tezlik  $\vec{v}$  bolsa, impulstın saqlanıw nızamın engizip tómendegini alamız:

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

Bunnan

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

Absolyut serpimli emes soqlıǵısıwda mexanikalıq energiyanıń saqlanıw nızamı orınlanbay, onıń bir bólegi sharlardıń ishki energiyasına aylanadı.

**Absolyut serpimli soqlıǵısıw dep, eki deformaciyalanbaytuǵın sharlardıń soqlıǵısıwına ayıladı. Bunda sharlardıń soqlıǵısıwınan aldınǵı kinetikalıq energiyaları, soqlıǵısıwdan keyin de tolıǵı menen kinetikalıq energiyáǵa aylanadı.**

Absolyut serpimli soqlıǵısıwda impulstıń hám kinetikalıq energiyanıń saqlanıw nızamları orınlanadı.

$m_1$  hám  $m_2$  massalı sharlardıń soqlıǵısıwǵa shekem tezlikleri sáykes ráwishte  $\vec{v}_1$  hám  $\vec{v}_2$ , al soqlıǵısıwdan keyin  $\vec{v}'_1$  hám  $\vec{v}'_2$  bolsın. Olardıń qozǵalıǵı baǵıtların esapqa alıp oń tárepke baǵıtlangan qozǵalıstı oń, al shep tárepke baǵıtlanganın teris tańba menen alamız (3.6-súwret). Usı jaǵday ushın impulstıń hám kinetikalıq energiyanıń saqlanıw nızamları tómendegishe boladı:

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

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

Joqarıdaǵı formulalardı birgelikte sheship,  $v'_1$  hám  $v'_2$  tezliklerdi tabıw múmkin:

$$v'_1 = \frac{2m_2v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2}, \quad v'_2 = \frac{2m_1v_1 + (m_2 - m_1)v_2}{m_1 + m_2}. \quad (3.15)$$



1. Absolyut serpimli emes soqlıǵısıw dep qanday soqlıǵısıwǵa ayıladı?
2. Absolyut serpimli emes soqlıǵısıwda energiyanıń saqlanıw nızamı orınlana ma?
3. Absolyut serpimli soqlıǵısıw dep qanday soqlıǵısıwǵa ayıladı?

### Másele sheshiw úlgisi

Turaqlı  $F$  kúsh tásirinde vagon 5 m joldı basıp ótti hám 2 m/s tezlik aldı. Eger vagonnıń massası 400 kg hám súykelisiw koefficienti 0,01 bolsa, kúsh atqarǵan  $A$  jumıs anıqlansın.

| Berilgen:                                                                                                 | Sheshiliwi:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $F = \text{const};$<br>$s = 5 \text{ m};$<br>$v = 2 \text{ m/s}$<br>$m = 400 \text{ kg};$<br>$\mu = 0,01$ | <p>Kúshniń atqarǵan jumısı: <math>A</math>, vagondı kóshiriwdegi jumıs <math>A_0</math> ǵa hám oǵan kinetikalıq energiya <math>E_k</math> beriw ushın atqarılǵan jumıslardıń jıyındısına teń</p> $A = A_0 + E_k.$ <p>Bul jerde: <math>F_{\text{súyk.}} = \mu P</math>. <math>P = mg</math> ekenligin itibarǵa alsaq, <math>A_0 = F_{\text{súyk.}} \cdot s = \mu mgs</math>. Óz gezeginde, vagon alǵan kinetikalıq energiya</p> $E_k = \frac{mv^2}{2}$ <p>Solay etip, <math>F</math> kúsh atqarǵan jumıs <math>A = \mu mgs + \frac{mv^2}{2}</math>. Berilgenlerden paydalanıp</p> $A = 0,01 \cdot 400 \cdot 9,8 \cdot 5 \text{ Dj} + \frac{1}{2} \cdot 400 \cdot 4 \text{ Dj} = 996 \text{ Dj}.$ <p style="text-align: right;"><i>Juwabı: <math>A = 996 \text{ Dj}</math>.</i></p> |
| Tabıw kerek $A - ?$                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

### 3-shınıǵıw

1. 0,3 m/s tezlik penen qozǵalıp atırǵan 20 t massalı vagon 0,2 m/s tezlik penen qozǵalıp atırǵan 30 t massalı vagondı quwıp jetedi. Eger soqlıǵısıw serpimli emes bolsa, olar óz ara urılǵannan keyin vagonlardıń tezligi qanday boladı? (*Juwabı:  $v = 0,24 \text{ m/s}$* ).

2. Adam massası 2 kg bolǵan deneni 1 m biyiklikke 3 m/s<sup>2</sup> tezleniw menen kótergende qansha jumıs atqaradı? (*Juwabı:  $A = 26 \text{ Dj}$* ).

3. Massası 6,6 t bolǵan kosmos kemesi orbita boylap 7,8 m/s tezlik penen qozǵalıp atırǵan bolsa, onıń kinetikalıq energiyası nege teń boladı? (*Juwabı:  $E_k = 200 \text{ GDj}$* ).

4. 5 m biyiklikten erkin túsip atırǵan 3 kg massalı deneniń jer betinen 2 m biyikliktegi potencial hám kinetikalıq energiyaları nege teń? (*Juwabı:  $E_p = 60 \text{ Dj}$ ;  $E_k = 90 \text{ Dj}$* ).

5. Toptıń jerden qaytıp  $2h$  biyiklikke kóteriliwi ushın onı  $h$  biyiklikten tómengge qanday baslanǵısh tezlik  $v_0$  penen taslaw kerek? Soqlıǵısıw absolyut serpimli dep esaplansın. (*Juwabı:  $v_0 = \sqrt{2gh}$* ).

6. Massası 1 kg bolğan materiallıq noqat sheńber boylap 10 m/s tezlik penen tegis qozǵalmaqta. Dáwirdiń tórtten bir úlesinde, dáwirdiń yarımında, tolıq dáwirde impulstıń ózgeriwın tabıń. (Juwabı: 14 kg·m/s; 20 kg·m/s; 0).

7. Massası 0,5 kg bolğan dene 4 m/s tezlikte joqarıǵa vertikal ılaqtırıldı. Dene maksimal biyiklikke kóteriliwinde awırlıq kúshiniń jumısın, potencial energiyasınıń hám kinetikalıq energiyasınıń ózgeriwın tabıń. (Juwabı: 4 Dj; 4 Dj; -4 Dj).

8. Massaları 1 kg hám 2 kg bolğan serpimli emes sharlar bir-birine qaray, sáykes ráwishte, 1 hám 2 m/s tezlik penen qozǵalmaqta. Soqlıǵısqannan keyin sistema kinetikalıq energiyasınıń ózgeriwın tabıń (Juwabı: 3 Dj).

9. Massası 15 t bolğan trolleybus ornınan  $1,4 \text{ m/s}^2$  tezleniw menen qozǵaldı. Qarsılıq koefficienti 0,02. Dáslepki 10 m jolda tartıw kúshi atqarǵan jumıstı hám qarsılıq kúshi atqarǵan jumıstı tabıń. Bunda trolleybus qansha kinetikalıq energiya alǵan? (Juwabı: 240 kDj, -30 kDj, 210 kDj).

10. Shana biyikligi 2 m hám tiykarı 5 m bolğan tóbelikten túse-di hám tóbelik tiykarınan 35 m gorizental joldı basıp ótip toqtaydı. Súykeliwdi pútkil jol dawamında birdey dep esaplap, súykeliw koefficientin tabıń. Usıǵan uqsas usıl menen tájiriyyede, máselen, kúkirt qutısı hám sıǵısh arasındaqı súykeliw koefficientin tabıń. (Juwabı: 0,05).

### III bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları

1. ... hár qıylı formadaǵı qozǵalıslar hám óz ara tásirlerdiń muǵdarlı ólshemi esaplanadı. Gápti tolıqtırıń.  
A) Energiya; B) Potencial energiya;  
C) Kinetikalıq energiya; D) Elektr energiya.
2. Energiyanıń SI daǵı birligi ne?  
A) Vatt; B) Djoul; C) Kaloriya; D) N·m.
3. ... kúshniń usı kúsh tásirinde júz bergen kóshiwge skalyar kóbeymesine teń bolǵan shama. Gápti tolıqtırıń.  
A) Energiya; B) Potencial energiya;  
C) Kinetikalıq energiya; D) Mexanikalıq jumıs.
4. Energiya hesh qashan joǵalmaydı da, joqtan payda bolmaydı da, ol tek bir túrden basqasına aylanıwı múmkin. Bul neniń táriypi?



- A) Nyutonniń birinshi nızamı;  
 B) Nyutonniń ekinshi nızamı;  
 C) Energiyanıń saqlanıw nızamı;  
 D) Nyutonniń úshinshi nızamı.
- 5. Paydalı jumıstıń tolıq jumısqa qatnası neni ańlatadı?**  
 A) Energiyanı; B) Potencial energiyanı;  
 C) Kinetikalıq energiyanı; D) PJKin.
- 6. Sistemaniń ... dep, onıń kinetikalıq hám potencial energiylarınıń jıyındısına ayıladı. Gápti tolıqtırın.**  
 A) ... energiyası;  
 B) ... tolıq mexanikalıq energiyası;  
 C) ... kinetikalıq energiyası;  
 D) ... mexanikalıq jumısı.
- 7. ... soqlıgısıw dep, eki yamasa onnan kóp denelerdiń júdá qısqa waqıt dawamındaǵı tásirlesiwine ayıladı. Gápti tolıqtırın.**  
 A) Absolyut serpimli; B) Absolyut serpimli emes;  
 C) Soqlıgısıw; D) Orın awıstırıw.
- 8. ... soqlıgısıw dep, eki deformaciyalanatuǵın sharlardıń soqlıgısıwına ayıladı. Gápti tolıqtırın.**  
 A) Absolyut serpimli; B) Absolyut serpimli emes;  
 C) Soqlıgısıw; D) Kóshiw.
- 9. ... soqlıgısıw dep, eki deformaciyalanbaytuǵın sharlardıń soqlıgısıwına ayıladı. Gápti tolıqtırın.**  
 A) Absolyut serpimli; B) Absolyut serpimli emes;  
 C) Soqlıgısıw; D) Kóshiw.
- 10. Deneniń baslanǵısh hám aqırǵı jaǵdayına baylanıslı bolatuǵın kúshlerge ... kúshler delinedi. Noqatlar ornına durıs juwaptı qoyın.**  
 A) ... awırlıq;  
 B) ... oń;  
 C) ... potencial yamasa konservativ;  
 D) ... teris.

### III bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsiniq, qaǵıyda hám nızamlar

|                                         |                                                                                                                             |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Energiya                                | Hár qıylı formadaǵı qozǵalıslar hám óz ara tásirlerdiń muǵdarlı ólshemi. Onıń SI daǵı birligi 1 Dj.                         |
| Mexanikalıq jumıs                       | Kúshtiń usı kúsh tásirinde júz bergen kóshiw-ge skalyar kóbeymesine teń bolǵan shama.<br>$A = F \cdot s \cdot \cos\alpha$ . |
| Sistemanıń tolıq mexanikalıq energiyası | Sistemanıń kinetikalıq hám potencial energialarınıń jıyındısı.                                                              |
| Energiyanıń saqlanıw nızamı             | Energiya hesh qashan joǵalmaydı da, joqtan payda bolmaydı da, ol tek bir túrden basqasına aylanadı.                         |
| Paydalı jumıs koef-ficienti             | Paydalı jumıstıń tolıq jumısqa qatnası:<br>$\eta = \frac{A_p}{A_t} \cdot 100\%$                                             |
| Soqlıǵısıw                              | Eki yamasa onnan kóp denelerdiń júdá qısqa waqıt dawamındaǵı tásirlesiwi.                                                   |
| Absolyut serpimli soqlıǵısıw            | Eki deformaciyalanbaytuǵın sharlardıń soqlıǵısıwı.                                                                          |
| Absolyut serpimli emes soqlıǵısıw       | Eki deformaciyalanatuǵın sharlardıń soqlıǵısıp, birge yamasa birdey tezlik penen qozǵalıwı.                                 |

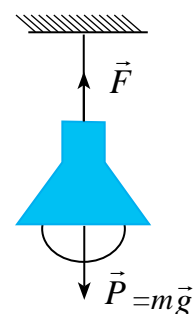
## IV bap. STATIKA HÁM GIDRODINAMIKA

### 17-tema. DENELERDİN TEŇSALMAQLIQTA BOLIW SHÁRTLARI

Úydiń potologına ildirilgen lyustra mısasında qoyılǵan kúshlerdi kórip shıǵayıq (4.1-súwret).

Buniń ushın, dáslep, 6-klasta úyrenilgen denelerdiń massa orayı haqqındaǵı túsinikti esleyik. *Massa orayı* delingende deneniń barlıq massası bar bolǵan qıyalıy noqat túsiniledi.

Soǵan muwapıq denegge tásir etip atırǵan kúshlerdi massa orayına salıstırmalı túrde alamız. Ildirip qoyılǵan lampaǵa tómengge baǵıtlanǵan awırlıq kúshi  $\vec{P}$  tásir etedi. Nátiyjede onı tutup turıwshı jip kerilip tartıladı.



4.1-súwret.

Jipte payda bolǵan keriliw kúshi  $\vec{F}$  hám awırlıq kúshi

$\vec{P}$  massa orayınan ótiwshı tuwrı sızıqqa jatadı hám baǵıtı qarama-qarsı boladı. Bul kúshler san mánisi jaǵınan teń boladı. Bul kúshler vektorlardı qosıw qaǵıydasına muwapıq qosılsa, nátiyjeli kúsh nolge teń boladı. Sonıń ushın lampa teńsalmaqlıqta qaladı.

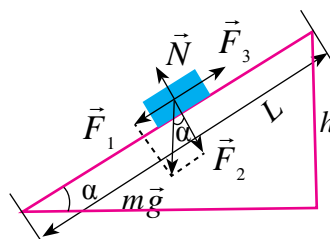
Qanday da bir dene qıya tegislikte teńsalmaqlıqta turǵan jaǵdaydı kóreyik (4.2-súwret). Bunda denegge qoyılǵan kúshlerdi massa orayına salıstırıp qarayıq. Denegge dáslep awırlıq kúshi  $m\vec{g}$  tásir etedi.

Bul kúshni  $\vec{F}_1$  hám  $\vec{F}_2$  qurawshılarga ajıratayıq.

Bunda  $\vec{F}_1$  kúsh deneni qıya tegislik boylap tómengge sirǵanatıwǵa háreket etedi.

$\vec{F}_2$ -kúsh qıya tegislik maydanına beretuǵın basım kúshin payda etedi. Bul kúsh maydan

tárepinen denegge reakciya kúshi  $\vec{N}$  payda bolıwına alıp keledi. Dene sirǵanawǵa qarama-qarsı baǵıtta súykeliw kúshi  $\vec{F}_3$  tásir etedi.



4.2-súwret

Bul jaǵdayda da denegge tásir etip atırǵan barlıq kúshlerdiń vektor jıyındısı nolge teń boladı.

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

Joqarıdaǵılardan kelip shıǵıp tómendegi juwmaqtı shıǵarıw múmkin:

**Aylanıw kósherine iye bolmaǵan dene yamasa deneler sisteması teńsalmaqlıqta qalıwı ushın oǵan tásir etip atırǵan kúshlerdiń vektor jıyındısı nolge teń bolıwı kerek.**

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

**Teńsalmaqlıq túrleri.**

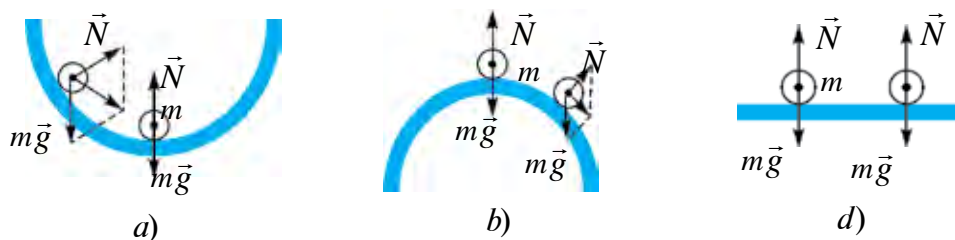


4.3-súwret.

Eger qanday da bir dene teńsalmaqlıqta turǵan bolsa, onı turaqlı sonday halatta qaladı dep bolmaydı (4.1-súwret). Sebebi, real sharayatlarda oǵan sırttan tosınnan tásirler berilip turıladı. Bunday tásirlerden denelerdi uzaqlastırıwdıń qılıwdıń múmkinshiligi joq. Áhmiyetlisi sonday túrtkilerden soń dene teńsalmaqlıqta qala ma yamasa teńsalmaqlıq buzıla ma sonı biliw kerek. Bunıń ushın sırtqı túrtki járdeminde teńsalmaqlıq halatınan shetlegen denegge tásir etiwshi nátiyjeli kúshniń baǵıtın anıqlaw kerek. Payda bolatuǵın nátiyjeli kúshniń baǵıtına qarap teńsalmaqlıq úsh túrde boladı.

**1. Turaqlı teńsalmaqlıq.** Dene teńsalmaqlıq halatınan shetke shıǵarılǵanda, onı dáslepki jaǵdayına qaytarıwshı kúsh payda bolatuǵın teńsalmaqlıqqa *turaqlı teńsalmaqlıq* delinedi (4.2-a súwret). Bunda yarım sfera ishine qoyılǵan sharik teńsalmaqlıq jaǵdayınan shetlestirilgende, oǵan tásir etip atırǵan kúshlerdiń teń tásir etiwshisi onı jáne teńsalmaqlıq halatına qaytaradı.

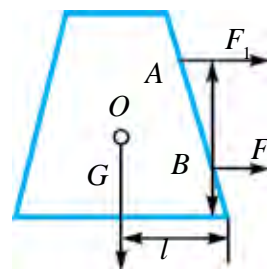
**2. Turaqsız teńsalmaqlıq.** Dene teńsalmaqlıq halatınan shetke shıǵarılǵanda, onı dáslepki jaǵdayınan uzaqlastırıwshı kúsh payda bolatuǵın teńsalmaqlıqqa *turaqsız teńsalmaqlıq* delinedi (4.2-b súwret). Bunda yarım sfera ústine qoyılǵan sharik teńsalmaqlıq halatınan shetlestirilgende, oǵan tásir etip atırǵan kúshlerdiń teń tásir etiwshisi onı teńsalmaqlıq halatınan jáne de shetlestiredi.



4.4-súwret.

**3. Turǵın emes teńsalmaqlıq.** Dene teńsalmaqlıq halatınan shetke shıǵarılǵanda, onıń jaǵdayın ózǵertetuǵın hesh qanday kúsh payda bolmasa *turǵın emes teńsalmaqlılıq* delinedi (4.4-d súwret). Gorizontaldı bet ústine qoyılǵan sharikke sırtqı túrtki berilgende, ornınan jılıyadı. Biraq, oǵan tásir etip atırǵan kúshlerdiń teń tásir etiwshisi nolge teń boladı.

4.5-súwrette keltirilgen denege awırlıq orayınan tómende jaylasqan B noqatqa  $F_1$  kúsh tásir ettirilse ( $F_1 > F_{súyk.} \cdot F_{súyk.}$  – súykeliw kúshi), dene ilgerilemeli qozǵalısqa keledi. Kúsh shamasın ózǵertpegen halda ol A noqatqa kóshirilse, dene qıysaya baslaydı. Awırlıq orayınan tómenge baǵtlanǵan G vektor menen dene tómenge tiykarı konturınıń shetki noqatı arasıdaǵı aralıq  $l$  kemeye baslaydı. Kúsh tásir ettiriw dawam etse, G vektor dene tiykarın shegaralawshı kontur ishinen shıǵadı hám dene awdarıladı.



4.5-súwret.

Solay etip deneniń turaqlılıǵı:

- 1) dene awırlılıǵına;
- 2) dene tiykarı maydanınıń úlkenligine;
- 3) awdarıwshı kúshniń awırlıq orayınan qanshelli tómenge qoyılǵanlıǵına baylanıslı.

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

### Másele sheshiw úlgisi

1. Massası 10 kg bolǵan dene eki sozılmaytuǵın arqanǵa ildirilgen. Olar óz ara  $60^\circ$  múyesh payda etken halda teńsalmaqlıqta qaladı. Arqanlardıń keriliw kúshlerin esaplań.

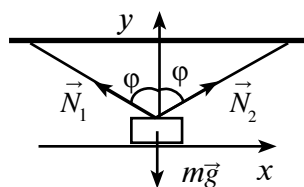
Berilgen:

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$\varphi = 60^\circ$$

Tabıw kerek

$$N_1 = ?; N_2 = ?$$



Sheshiliwi:

Sızılma boyınsha, júkke tásir etiwshi barlıq  $\vec{N}_1$ ,  $\vec{N}_2$  hám  $m\vec{g}$  kúshler bir noqatta kesilisedi.

Usıǵan muwapıq, teńsalmaqlıq shárti eki teńleme menen anıqlanadı.

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

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

Olar menen matematikalıq ózgeriwler ámelge asırılǵannan soń

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

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

Juwabrı: 100 N.



1. Denelerdiń massa orayı jaylasqan noqat baǵıtında kúsh tásir ettirilse, ne baqlanadı?
2. Aylanıw kósherine iye bolmaǵan denelerge tásir etip atırǵan kúshlerdiń vektor jıyındısı nolge teń bolsa, ne baqlanadı?
3. Teńsalmaqlıq túrlerine turmıs hám texnikadan misallar keltiriń.

## 18-tema. MOMENTLER QAǴÍYDASÍNA TIYKARLANÍP ISLEYTUǴÍN MEXANIZMLER

6-klasta Siz ápiwayı mexanizmlerden rıchag, qozǵalıwshı hám qozǵalmas bloklar, shıǵırıq hám lebyodka menen tanısqansız. Olardıń islewine itibar berilse, barlıǵında aylanıw kósherleri bar boladı.

Bunday denelerdiń teńsalmaqlıqta bolıwı ushın olarǵa tásir etip atırǵan kúshlerdiń vektor jıyındısı nolge teń bolıwı jetkilikli emes ekenligi de ayılǵan edi. Bunda kúsh qoyılǵan noqattıń, aylanıw kósherinen qanday uzaqlıqta bolıwına da baylanıslı boladı.

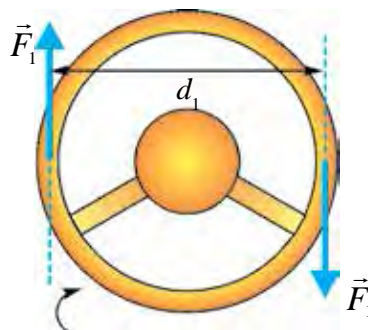
Kúsh qoyılǵan noqattan, aylanıw kósherine shekem bolǵan eń qısqa aralıq **kúsh iyini** dep ataladı. Bunda, kúsh hám iyin mudamı óz ara perpendikulyar boladı.

|| **Kúshitiń kúsh iyinine kóbeymesine kúsh momenti delinedi:**  
 $M = F \cdot l,$

Kúsh momenti birliǵi  $[M] = 1 \text{ N} \cdot \text{m}.$

Dene kúsh momenti tásirinde aylanıw kósheri átirapında burıladı. Bunda denegge tásir etip atırǵan kúsh momenti, jup kúsh tásirine uqsas boladı. **Jup kúsh** delingende, baǵıtı qarama-qarsı, shamaları teń, biraq bir kósherde jatpaǵan kúshler túsiniledi.

Buǵan mısıl retinde avtomobil ruliniń burılıwın keltiriw múmkin (4.4-súwret). Aylanıw kósheri ruldiń ortasında bolıp, oǵan jup  $F_1$  kúshler tásir etedi.



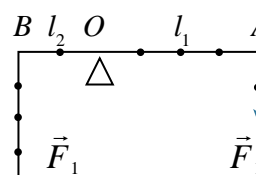
4.6-súwret.

Natıyjeli kúsh momenti ruldi bir tárepke burawshı momentlerdi óz ara qosıw arqalı tabıladı:

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

Eger aylanıw kósherine iye bolǵan denegge bir neshe kúshler tásir etip atırǵan bolsa, bul kúshlerdiń momentlerin óz ara qosıw arqalı nátiyjeli moment tabıladı. Bunda deneni saat strelkası baǵıtında aylandırıwshı kúsh momentleri oń tańbada, saat strelkası baǵıtına qarama-qarsı baǵıtta aylandırıwshı kúsh momentleri teris tańbada alınadı.

4.5-súwrette masshtablı sızǵıshtıń  $O$  noqatınan shtativke ildirilip, onnan hár qıylı uzaqlıqta qoyılǵan júkler keltirilgen. Bunda  $A$  noqatqa ildirilgen júklerdiń awırlıǵı  $F_1$  ge, aylanıw kósherinen uzaqlıǵı  $l_1$  ge teń bolıp sızǵıshtı saat strelkası baǵıtında qozǵalısqı keltiriwshı momentti payda etedi.  $B$  noqatqa ildirilgen júklerdiń awırlıǵı  $F_2$  ge, aylanıw kósherinen uzaqlıǵı  $l_2$  ge teń bolıp, sızǵıshtı saat strelkası baǵıtına qarama-qarsı baǵıtta aylandırıwshı kúsh momentti payda etedi. Nátiyjeli kúsh momentin tabıw ushın denegge tásir etiwshı kúsh momentleriniń tańbasın esapqa alıp qosamız:



4.7-súwret.

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

Bunnan dene teńsalmaqlıqta qalıwı ushın  $M=0$  bolıwı kerek ekenligi kórinedi.

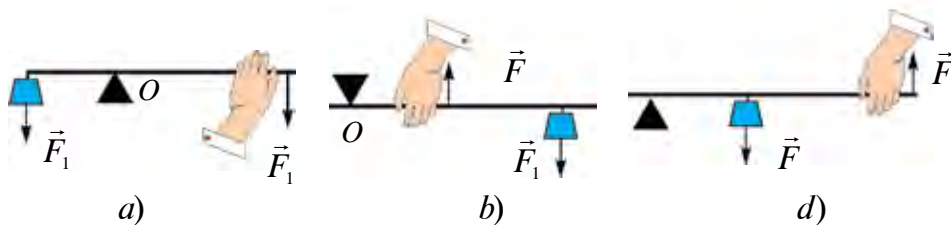
Usıǵan muwapıq aylanıw kósherine iye bolǵan denelerdiń teńsalmaqlıq shárti tómendegishe boladı:

**Aylanıw kósherine iye bolǵan denegge tásir etip atırǵan kúsh momentleriniń vektor jıyndısı nolge teń bolǵanda dene teńsalmaqlıqta qaladı:**

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

Bul qaǵıyda Arximed tárepinen tabılǵan bolıp, **momentler qaǵıydası** dep júritiledi. **Momentler qaǵıydasına tiykarlanıp isleytuǵın ápiwayı mexanizmlerge** rıchag, kóshpeytuǵın hám kóshiwshi bloklar, shıǵırıq, vintlerdiń (domkratlardıń) islew principi momentler qaǵıydasına tiykarlangan.

**Rıchag.** Ámeliyatta rıchagtıń úsh túri qollanıladı (4.6-súwret).



4.8-súwret.

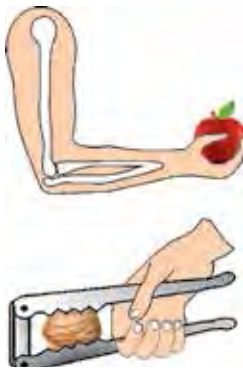
*Eki iyinli rıchagta* (4.8-a súwret) tayanısh rıchagtıń kúshler qoyılǵan noqatları aralığında boladı.

*Bir iyinli rıchagta* (4.8-b súwret) tayanıch rıchagtıń bir ushına jaylastırılǵan bolıp, júk rıchagtıń ekinshi ushına qoyıladı. Uslap turıwshı kúsh tayanısh hám júk qoyılǵan noqatlar aralığına jaylastırıladı. Olarda kúshler antiparallel baǵıtlangan boladı. İnsan qolı, ǵoza shaǵatuǵın qısqısh olarǵa mısál bola aladı (4.9-súwret).

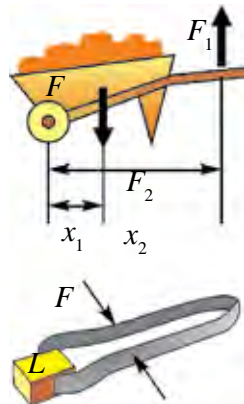
*Rıchagtıń ushinshi túrinde* (4.8 d-súwret) tayanısh rıchagtıń bir ushına jaylastırılǵan bolıp, júk tayanısh hám uslap turıwshı kúsh qoyılǵan noqatlar aralığına qoyıladı. Olarda da kúshler antiparallel baǵıtlangan boladı. Katushka qısqısh olarǵa mısál bola aladı (4.10-súwret).

**Bloklar.** Turmıs hám texnikada bloklardan paydalanıwda qozǵalmalı hám qozǵalmas bloklar komplektinen paydalanıladı. Komplekte bloklardı óz ara jalǵap, **dárejeli polispast** payda etiledi.

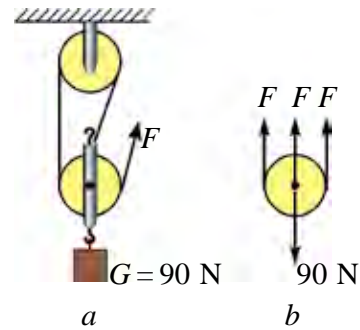




4.9-súwret.



4.10-súwret.



4.11-súwret.

4.9-súwrette mine sonday **dárejeli polispast** keltirilgen. Dárejeli polispastta ildirilgen júktiń awırılıǵı bloklarǵa oralǵan arqanlarǵa bólinedi.

$$F = \frac{P}{n}.$$

(4.3)

Soǵan qarap polispastta júk neshe arqanǵa bólistirilse, júkti ko'teriw uchun kerek bolatuǵın kúsh sonsha ese kem boladı.



1. Denege tásir etiwshi kúsh momentleri qanday qaǵıyda tiykarında qosıladı?
2. Aylanıw kósherine iye bolǵan deneniń teńsalmaqlıǵına tiyisli mısallar keltiriń.
3. Polispastta qozǵalmas bloklar sanı artıp barsa, onıń kúshiti arttırıp beriw shaması qalay ózgeredi?

## 19-tema. AYLANBALÍ QOZǴALÍS DINAMİKASI

Siz kóplegen jawıngerlik filmlerdi tamasha etkenińizde, aydawshı avtomobil rulin keskin qaptal tárepke burǵanında mashina awdarılıp ketkenligin kórgensiz. Cirkte motosiklshiniń diywal boylap júrgenin de kórgenler bar.

Sonday tájiriybe ótkizip kóreyik. Shelektiń ishine azǵana suw quyıp, onı vertikal tegislikte aylandırayıq. Shelek aylanıw dawamında joqarı noqattan ótip atırǵanda shelekтеgi suw tógilmey ótedi.

Joqarıda keltirilgen mısallardan mashinanı awdarıwshı, motociklshini diywalğa qısıp turıwshı hám shelekтеgi suw awırlıǵın teńsalmaqlıqqa keltiriwshı kúsh bar ekenligi kelip shıǵadı.

Bul kúsh qalay payda boladı hám onın shaması nelerge baylanıslı?

Bunıń ushın sheńber boylap tegis qozǵalıp atırǵan denede orayǵa umtıwshı kúsh bolatuǵının esleyik:

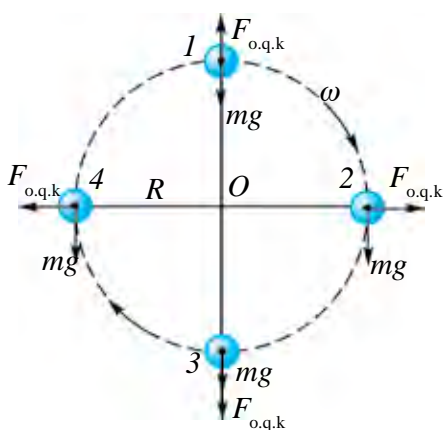
$$F_{o.u.k} = \frac{mv^2}{R}. \quad (4.4)$$

Nyutonnıń úshinshi nızamı boyınsha:

$$F_{o.u.k} = F_{o.q.k}$$

oraydan qashıwshı kúsh  $\vec{F}_{o.q.k}$  te payda boladı.

Mine, usı oraydan qashıwshı kúsh keskin burılǵan mashinanı awdaradı hám aylanıp atırǵan shelektiń tónkerilgen halatında suwdıń tógiliwine jol qoymaydı.



4.12-súwret

4.12-súwrette  $R$  radiuslı sheńber boylap qozǵalıp atırǵan denegе tásir etiwshı kúshler kórsetilgen. Birinshi jaǵdayda oraydan qashıwshı kúsh  $\vec{F}_{o.q.k}$  awırlıq kúshi  $m\vec{g}$  ǵa qarama-qarsı baǵıtlanǵanlıǵı sebepli deneniń awırlıǵı kemeydi:

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

Úshinshi halatta deneniń awırlıq kúshi hám oraydan qashıwshı kúsh tómenge, yaǵnıy bir tárepke

baǵıtlanǵan. Soǵan muwapıq, deneniń awırlıǵı artadı:

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

Oraydan qashıwshı kúshni aylanıwshı denelerde hám de deneniń qozǵalıslı dawamında burılıwı zárúr bolǵan hallarda esapqa alınadı.

Dál sonday joldıń burılıw bólimlerinde orayǵa umtıwshı kúsh tásirinde vertikal halattan awıw baqlanadı. Bul halat avariyaǵa alıp kelmewi ushın velosipedshı yamasa motociklshiler aylanıw orayı

tárepke biraz awıp qozǵalıwı zárúr (4.13 *a*-súwret). Avtomobilde bul kúshti teńsalmaqlıqqa keltiriw ushın joldıń bir tárepi biraz kóterip qurılatuǵın boldı (4.13 *b*-súwret). Tramvay hám poyezdlardıń relsleri joldıń burılıw orınlarında sırtqı aylanası biraz kóterilip qurıladı.



4.13-súwret.

### Másele sheshiw úlgisi

Dene qanday da bir biyiklikten túsip, halqa boylap qozǵaladı. Halqanıń radiusi qanday bolǵanda dene halqanıń  $T$  noqatınan túsip ketpeydi. Deneniń  $T$  noqatındaǵı tezligi 30 m/s.

Berilgen:

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

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

Tabıw kerek

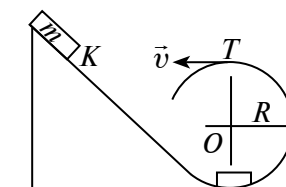
$R - ?$

Sheshiliwi:

Dene  $T$  noqattan túsip ketpewi ushın  $F_{awır.} = F_{o.q.k}$  shárt orınlanıwı kerek.

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

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



Juwabı: 90 m.



1. Oraydan qashıwshı kúsh tásirine tiykarlanıp isleytuǵın qanday ásbaplardı bilesiz?
2. Joldıń burılıw bólimlerinde ne sebep avtomobillerdiń júriw tezligi sheklenedi?
3. Mashina aydawshısı keskin burılatuǵın jerge jaqınlasqanda ne islewi tiyis? Ne ushın aydawshı lámgershilik bolǵanda, jolda tógilgen japıraqlar kóp bolǵan waqıtta hám muzqala bolǵanda júdá abaylı bolıwı kerek?

## 20-tema. SUYIQLIQ HÁM GAZLARDIN QOZGALISI, AGIMNIN UZLIKSIZLIK TEOREMASI. BERNULLI TENLEMESI

Siz tinish halatta turgan suyuqliq ham gazlardin idis diywalina basim beriw haqqinda bilip algansiz. Tabiyatta ham turmista suyuqliq tinish halattan tısqari, qozgalista da boladi. Jap, kanal, daryalar ham vodoprovod qubirlarında ağıp atirgan suwda qanday kushler júzege keledi? Bunı úyreniw ushin kanalda ağıp atirgan suw betinin halatin bir eslep kóreyik. Suwı mol, keñ kanalda áste ağıp atirgan suwdin orta bólimi bir tegis, shama menen bir sıziq boylap, qozgaladi. Bunı suwda birge ağıp kiyatirgan shóplerdin qozgalisin baqlap isenim payda etiw múmkin (4.14-súwret). Bunday ağıs **qatlamlı** yamasa **laminar ağıs** delinedi. Tawdan túsip kiyatirgan kanal suwı tez aǵadı. Oǵan taslangan mayda shópler, japiraqlardin qozgalisi baqlansa, kópshilik jerlerinde iyrim kórinisindegi qozgalislar payda boladi (4.13-súwret.) Bunday aǵımǵa **turbulent ağıs** delinedi. Demek, suyuqliq qanday da bir tútikshede aqqanda suyuqliqtin tútikshe diywallarına súykeliwi sebepli qatlamlardin jiljwi tútikshenin orta bóliminde tezirek, shetki bólimlerinde ástelew boladi eken.

Súykeliwdi esapqa almaǵan halda, suyuqliqtin kese kesim maydanı ózgeretuǵın tútikshe boylap aǵısın kóreyik (4.14-súwret).

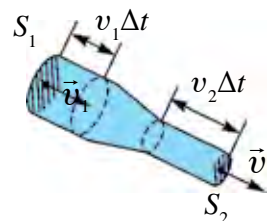
Suyuqliq tútikshenin  $S_1$  maydangá iye bolǵan bólimine  $v_1$  tezlik penen kirip,  $S_2$  maydanlı bóliminen  $v_2$  tezlik penen shıǵıp ketedi. Kishi bir  $\Delta t$  waqıt ishinde  $S_1$  maydandan  $m_1$  massalı suyuqliq,  $S_2$  maydandan  $m_2$  massalı suyuqliq ağıp ótedi. Massanın saqlanıw nızamına tiykarlanıp  $m_1 = m_2$ . Massalar ornına suyuqliq tıǵızlıǵı  $\rho$  ham kólemi  $V$  arqalı ańlatpasın qoysaq  $\rho_1 S_1 v_1 \Delta t = \rho_2 S_2 v_2 \Delta t$ . Suyuqliqtin qısılmaıwı esapqa alınsa,  $\rho_1 = \rho_2$  boladi. Ol jaǵdayda



4.14-súwret.



4.15-súwret.



4.16-súwret.

$S_1 v_1 \Delta t = S_2 v_2 \Delta t$  boladı. Teńliktiń eki tárepin  $\Delta t$  ǵa bólip jibersek,

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

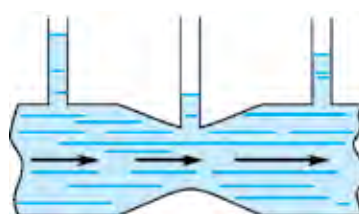
ge iye bolamız. Alınğan nátiyjeni tómendegishe táriyplew múmkin:

**Hár túrli kesim maydanlı tütikshede aǵıp atırǵan qısılmaytuǵın suyıqlıq tezlikleriniń moduli, suyıqlıq kesim maydanlarına kerı proporcional boladı.** Buǵan qısılmaytuǵın suyıqlıq ushın *aǵımınń úzliksizligi* teńlemesi delinedi.

Solay etip, aǵım tütikshesiniń keń bóliminde suyıqlıq tezligi kishi, al tar jerinde úlken boladı. Vodoprovod shlangısına suw sewip atırǵanda suwdı uzaǵıraqqa sebiw ushun shlangtıń ushı qısıladı.

Qozǵalıwshı suyıqlıqlarda basımınń bólistiriliwin kóreyik.

Joqarǵı bóliminde jıńishke ólshew tütiksheleri jalǵanǵan, hár qıylı maydanlı tütikshe boylap suyıqlıq aǵıp atırǵan bolsın (4.17-súwret). Suyıqlıq stacionar aǵımında hár bir ólshew tütiksheleri boylap suyıqlıq kóteriledi.



4.17-súwret.

Suyıqlıq baǵanalarınıń biyikliklerine qarap tütiksheniń diywallarına berip atırǵan basımı haqqında pikir júritiw múmkin. Tájiriybeler sonı kórsetedi, tütiksheniń keń bólimindegi basım, onıń tar bólimine qaraǵanda úlken boladı. Aǵımınń úzliksizligi teńlemesine muwapıq tütiksheniń keń bóliminde aǵıstıń tezligi kishi, tar bóliminde úlken boladı. Bunnan tómendegi juwmaqtı alamız:

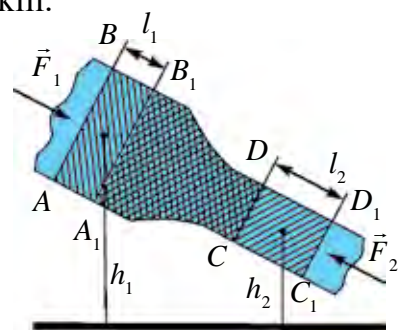
***Suyıqlıqtıń aǵıs tezligi úlken bolǵan jerlerinde onıń basımı kishi hám kerisinshe aǵıs tezligi kishi bolǵan jerlerinde úlken boladı.***

Suyıqlıq basımınıń aǵıs tezligine baylanıslılıǵınıń matematikalıq ańlatpasın 1738-jılı D. Bernulli anıqlaǵan edi.

Bernulli teńlemesin suyıqlıq aǵısına mexanikalıq energiyanıń saqlanıw nızamın paydalanıp shıǵarıw múmkin.

Suyıqlıq aǵıp atırǵan kese kesim maydanı ózgeretuǵın tütiksheni gorizontqa salıstırǵanda qıya halda ornatayıq (4.18-súwret).

Tütikshesiniń keń bólimindegi  $AB$  maydanınan baslap belgili bir suyıqlıq kólemiń bólip alıp qarayıq. Bul kólem aǵıp ótiwi ushın  $t$  waqtı kerek bolsın. Suyıqlıq qısılmaytuǵın bolǵanlıqtan usı waqt dawa-



4.18-súwret.

mında tütiksheniń tar bólimindegi  $CD$  maydanınan da sonsha kólemdegi suyıqlıq aǵıp ótedi. Suyıqlıqtıń  $AB$  maydanın  $S_1$ , onnan aǵıp ótiw tezligin  $v_1$  hám  $CD$  maydanın  $S_2$ , onnan aǵıp ótiw tezligin  $v_2$  menen belgileyik. Basım kúshleri  $F_1$  hám  $F_2$  hám de bólip alınǵan kólemdegi suyıqlıq awırlıq kúshi tásirinde  $t$  waqıt dawamında oń tárepke jılıydı. Bunda orınlangan is

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

Suyıqlıqtıń stacionar aǵısında  $A_1 B_1$  hám  $CD$  aralıqta (4.18-súwrette shtrixlangan maydanda)ǵı suyıqlıqtıń energiyası ózgermeydi, yaǵnıy  $ABB_1 A_1$  kólemde iyelegen suyıqlıq kóship,  $CDD_1 C_1$  kólemde iyeleydi. Energiyanıń saqlanıw nızamı boyınsha sırtqı kúshlerdiń orınlaǵan jumısı energiya ózgeriwine teń:

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

$S_2 l_2 = S_1 l_1 = \Delta V$  ekenligi esapqa alınıp  $\Delta V$  ǵa qısqartılsa

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

Bul ideal suyıqlıq yamasa gaz aǵımın ushın Bernulli teńlemesi delinedi. Eger  $h_1 = h_2$  bolsa,

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

### Másele sheshiw úlgisi

Túbi tıǵın menen bekitilgen, kishi sańlaǵı bolǵan ıdısqa 1 m biyiklikte suw quyılǵan. Suw maydanına massası 1 kg hám maydanı 100 sm<sup>2</sup> bolǵan porshen qoyılǵan. ıdısqa diywalı hám porshen aralıǵınan suw sızılıp ótpeydi. Tıǵın alıńanda suw sańlaqtan qanday tezlik penen atlıǵıp shıǵadı?

Berilgen:

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

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

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

Tabıw kerek

$$v = ?$$

Sheshiliwi:

Bernulli teńlemesinen paydalanamız. Suw aǵımınıń basımını atmosfera basımına  $p_0$  ǵa teń. Sańlaqtan baslap  $h$  biyikliktegi porshen túbindegi basım  $p_0 + \frac{mg}{S}$  ǵa teń. Bernulli teńlemesi boyınsha

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

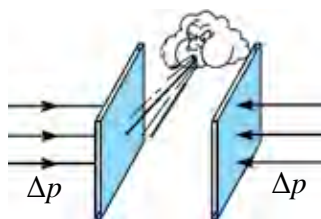
$$\text{Bunnan } v = \sqrt{2gh + \frac{2mg}{\rho S}} \approx 4,9 \text{ m/s.}$$

Juwabı: 4,9 m/s.

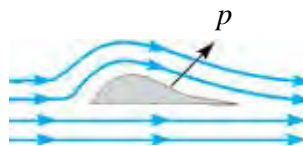
- ❓ 1. *Suyıqlıqtıń dinamikalıq basımı degende neni túsinesiz?*  
 2. *Laminar hám turbulent aǵımlar qalay táriyplenedi?*  
 3. *Óziniń jasaytuǵın jerde aǵın suwlar qanday kóriniste aǵatuǵının táriyplep beriń.*  
 4. *Ne sebep suyıqlıqtıń tezligi artsa, onıń basımı kemeyedi?*

## 21-tema. QOZǴALISTAǴI GAZLAR HÁM SUYIQLIQLARDA BASIMNÍN TEZLIKKE BAYLANISLILIGINAN TEXNIKADA PAYDALANIW

Suyıqlıq tınısh halatta turǵanına salıstırǵanda qozǵalısh halatında basım ózgeriwın kórdik. Bul basım ***dinamikalıq basımǵa*** baylanıslı delinedi. Dinamikalıq basım suyıqlıq yamasa gazdıń tezligine baylanıslı bolıwın baqlaw ushın tómendegishe tájiriye ótkereyik. Eki bet qaǵaz alıp, tik halatta uslayıq. Soń qaǵazdıń arasına úpleyik (4.19-súwret). Sonda qaǵazlar bir-birine qaray umtılıp jaqınlasadı. Bunıń sebebi sonda, qaǵazlar arasındadı hawa úplew nátiyjesinde qozǵalısqqa keledi hám ol jerdegi basım kemeyedi. Qaǵazlardıń sırtqı tárepindegi basım, ishki bólimindegiden úlken bolıp qalǵanlıǵı sebepli, qaǵazlardı qısıwshı kúsh payda boladı. Bir tárepke baratırǵan eki keme geyde hesh qanday sebepsiz soqlıǵıslıp ketkenligi baqlanǵan. Bunıń sebebin de dál eki qaǵaz beti arasına úplengende basımlar parqı payda bolıwı menen túsindiriledi.



4.19-súwret.



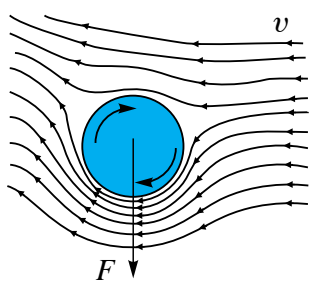
4.20.-súwret.

**1. Samolyottıń qanatın kóteriwshe kúsh.** Samolyotlardıń párwazı da usı qubılıstı úyreniw sebepli ámelge asırıldı. Bul samolyot qanatınıń arnawlı dúzilisi menen túsindiriledi (4.20-súwret).

Samolyot qanatı «súyir» formada jasalıp, oǵan kelip urılıp atırǵan samal, qanattıń tómengi hám ústingi tárepinen ótedi. Ústingi bóliminde samal ótiwi kerek bolǵan jol tómengi bóliminen kóbirek. Sol



sebepli üstingi böliminde samaldın tezligi tómengisinen úlkenlew bolıwı kerek. Demek, samaldın tezligi úlken bolğan jerdegi basım  $p_1$  samaldın tezligi kishi bolğan tómeni bölimindegi basım  $p_2$  den kishi boladı. Nátiyjede tómenen joqarıǵa baǵıtlanǵan basımlardıń parqı  $p = p_2 - p_1$  payda boladı. Aǵım turbulent bolsa, basımlardıń parqı úlken boladı. Usı basımlardıń parqı sebepli samolyot qanatın kóteriwshi kúsh payda boladı.

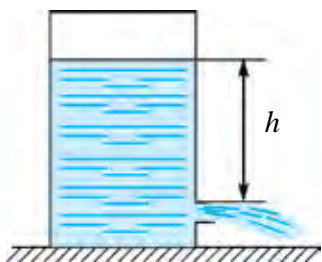


4.21-súwret.

**2. Magnus effekti.** Futbol maydanında múyeshten tebilgen toptın burılıp dárwazaǵa kirgenin televizorda yamasa stadionda baqlanlar kóp. Toptın burılıwına ne májbúrleydi? Buǵan sebep sol, toptın ortasına emes, al biraz shetiregine tepken sheber futbolshı onı tuwrı qozǵalıwı dawamında aylanıwǵa májbúrleydi. Nátiyjede toptın shep hám oń tárepindegi hawa aǵımınıń tezligi ózgeredi hám basımlardıń parqı payda bolıp, toptı dárwaza tárepke buradı. Buǵan **Magnus effekti** delinedi (4.21-súwret).

**3. Ídistaǵı sańlaqtan atlıǵıp shıǵıp atırǵan suyıqlıqtıń tezligin esaplaw.**

Bernulli teńlemesinen paydalanıp, suyıqlıq betinen  $h$  tereńlikte bolǵan ıdıs sańlaǵınan atlıǵıp shıǵıp atırǵan suyıqlıqtıń tezligin esaplaw múmkin (4.22-súwret).



4.22-súwret.

Ídistaǵı suyıqlıqtıń ústki betindegi basım, atmosfera basımı  $p_0$  ǵa teń. Suyıqlıqtıń tezligi  $v_0 = 0$ . Suyıqlıq shıǵatuǵın sańlaq aldındaǵı basım da  $p_0$  ǵa teń. Sańlaqtan shıǵıwshı suyıqlıqtıń tezligin  $v$  menen belgilep, bul eki orın ushın 4.9-formulanı qollanamız:

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

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

Buǵan ideal suyıqlıq ushın **Torrichelli formulası** delinedi.

**Másele sheshiw úlgisi**

Boyı 5 m bolǵan cisternada jerden 50 sm biyiklikte kraynik ornatılǵan. Kraynik ashılsa, onnan suyıqlıq qanday tezlik penen atlıǵıp shıǵadı?



| Berilgen:                                                | Formulası:             | Sheshiliwi:                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $H = 5 \text{ m}$<br>$h = 50 \text{ sm} = 0,5 \text{ m}$ | $v = \sqrt{2g(H - h)}$ | $v = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (5 \text{ m} - 0,5 \text{ m})} =$<br>$= \sqrt{20 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} 4,5} \approx 9,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ |
| Tabıw kerek<br>$v = ?$                                   |                        | <i>Juwabi:</i> $\approx 9,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$                                                                                                                       |



1. Úyde qaǵazdan túrli kóriniste pátpelek jasań. Qaysı pátpelekte kóteriwshi kúsh úlken bolatuǵının tiykarlawǵa háreket etip kóriń.
2. Dene tárbiyası sabaǵında futbol tobın múyeshten tewip, burılıwına erisip kóriń.



1. Pátpelek qanday kúshler tásirinde joǵarıǵa kóteriledi?
2. 4.20-súwrettegi ıdıstan atlıǵıp shıǵıp atırǵan suyıqlıq tezligi sańlaqtıń betine baylanıslı ma?
3. Kóplegen avtomobillerdiń sırtqı kórinisi nege úshmüyesh, tórtmüyesh yamasa soǵan uqşas formada jasalmaydı?
4. Magnus effektinen jáne qay jerlerde paydalanıw múmkin?

### 3-shınıǵıw

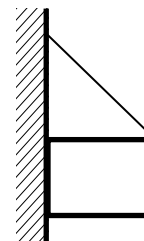
1. Arqandı salbıramaytuǵın etip tartıw múmkin be?
2. Massası  $1,2 \cdot 10^3 \text{ kg}$  bolǵan truba jerde jatır. Onıń bir ushınan kóteriw ushın qanday kúsh kerek? (*Juwabi:*  $\approx 6 \cdot 10^3 \text{ N}$ ).
3. Massası 1,35 t bolǵan avtomobildiń dóńgelekleri ornatılǵan kósherler bir-birinen 3 m uzaqlıqta jaylasqan. Avtomobildiń massa orayı aldındı kósherden 1,2 m uzaqlıqta jaylasqan. Avtomobildiń hár bir kósherine qoyılǵan kúshlerdi anıqlań.
4. Kub formasındaǵı deneni awdarıw ushın onıń ústingi qırına qanday kúsh penen tásir etiw kerek? Bunda kubtıń polǵa súykeliw koefficientiniń minimal mánisi neshege teń bolıwı kerek? Kubtıń tárepi  $a$  ǵa, massası  $M$  ǵa teń.
5. Tiykarı kvadrattan ibarat bolǵan biyik boylı taxta gorizontaldı tegislikte turıptı. Tek sızǵıshtan paydalanıp taxta hám tegislik arasındıǵı súykeliw koefficientin qalay anıqlaw múmkin?
6. Denege úlkenligi 100 N nan bolǵan úsh kúsh tásir etpekte. Eger birinshi hám ekinshi kúshler arasındıǵı múyeshten  $60^\circ$ , ekinshi hám

úshinshi kúshler arasındagı múyesh  $90^\circ$  bolsa, kúshlerdiń teń tásir etiwshisin tabıń. (*Juwabr:* 150 N).

7. Uzunlıgı 10 m bolğan kir jayatuğın jipte awırlıgı 20 N bolğan kostyum ildiriwli tur. Kostyum ilingen kiyim ildirgish jiptiń ortasında bolıp, jip bekkemlengen noqatlardan ótken gorizonttal sızıqtan 10 sm tómende jaylasqan. Jiptiń keriliw kúshin tabıń. (*Juwabr:* 500 N).

8. Vertikal diywalğa arqan menen ildirip qoyılğan yashik 4.23-súwrette kórsetilgenindey qala ala ma?

9. Uzunlıgı 10 m, massası 900 kg bolğan rels eki parallel tross penen kóterilmekte. Trosslardan biri relstiń ushına, ekinshisi basqa ushınan 1 m qashıqlıqta jaylasqan. Trosslardıń keriliw kúshlerin tabıń. (*Juwabr:* 4 kN; 5 kN).



4.23-súwret.

10. Bir tekli awır metall sterjen búgildi hám bir ushınan erkin ildirip qoyıldı. Eger búgiliw múyeshi  $90^\circ$  bolsa, sterjenniń ildirilgen ushı vertikal menen qanday múyesh payda etedi? (*Juwabr:*  $\operatorname{tg}\alpha = 1/3$ ).

11. Dárya suwı onıń qaysı jerinde tez aғadı: suwdıń ústingi bóliminde me yamasa belgili bir tereńlikte me; dáryanıń ortasında ma yamasa jaғaға jaqın jerinde me?

12. Suw keliw tarmağı tesilip, onnan joqarıға suw atlıgıp shıǵa basladı. Eger sańlaqtıń beti  $4 \text{ mm}^2$ , suwdıń atlıgıp shıǵıw biyikligi 80 sm bolsa, bir sutkada qansha suw ısırap boladı? (*Juwabr:* 1380 l).

13. Suw astı kemesi 100 m tereńlikte júzbekte. Oqıw shınıǵıwı waqtında onda kishi sańlaq ashıldı. Eger sańlaqtıń diametri 2 sm bolsa oǵan suw qanday tezlik penen kiredi? Sańlaq arqalı bir saatta qansha suw kiredi? Keme ishindegi basım atmosfera basımına teń. (*Juwabr:* 44,3 m/s;  $50 \text{ m}^3$ ).

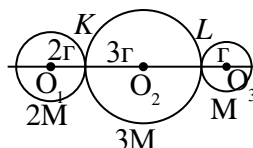
14. Órt óshiriw ushın qollanılatuğın suw trubasındagı sarıplangan suw 60 l/min. Eger trubadan shıqqan suwdıń maydanı  $1,5 \text{ sm}^2$  bolsa, 2 m biyiklikte suw maydanı neshege teń boladı?

15. Ne sebepten pisken máyekke qarap atılğan oq onı tesip ótedi, biraq shiyki máyekti jarıp jiberedi?

## IV bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları

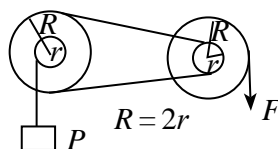
1. Massaları  $2M$ ,  $3M$  hám  $M$  bolğan sheńber formasındaǵı deneler súwrette kórsetilgendeı etip ornatılǵan. Olardıń awırlıq orayı qaysı noqatta jaylasqan?

- A) KL noqatları arasında;  
 B) L noqatında;  
 C) M noqatında;  
 D) LM noqatları arasında.



2. Súwrette keltirilgen sistema teńsalmaqlıqta turıptı.  $F$  kúsh  $R$  diń qansha bólegine teń.

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

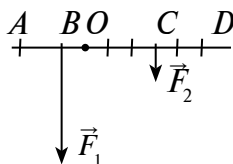


3. Kúsh iyini – bul ...

- A) rıchagtıń uzınlıǵı;  
 B) rıchagtıń aylanıw kósherinen aqırına shekem bolǵan aralıq;  
 C) kúsh vektorı baǵıtınan aylanıw kósherine shekem bolǵan eń qısqa aralıq;  
 D) rıchagqa tásir etiwshi jup kúshler arasındaǵı eń qısqa aralıq.

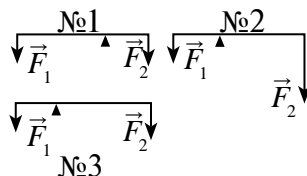
4. Súwrette rıchagqa tásir etiwshi  $\vec{F}_1$  hám  $\vec{F}_2$  kúshler keltirilgen.  $\vec{F}_1$  hám  $\vec{F}_2$  kúshlerdiń iyinlerin kórsetiń.

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



5. Súwrette keltirilgen rıchaglardan qaysı biri teńsalmaqlıqta boladı?

- A) Tek 1;  
 B) Tek 2;  
 C) Tek 3;  
 D) Tek 1 hám 3.



6. Kúsh momenti qanday birlikte ólshenedi?

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

7. «Maydanı hár qıylı tútikshede aǵıp atırǵan qısılmaytuǵın suyıqlıq tezlikleriniń moduli, suyıqlıq maydanlarına kerı proporcional boladı». Bul tastıyqlawdıń atı ne?

- A) Aǵım úzliksizligi teńlemesi;      B) Torrichelli teńlemesi;  
C) Bernulli teńlemesi;                      D) Magnus qaǵıydası.

8. Torrichelli formulasın kórsetiń.

- 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 teńlemesin kórsetiń.

- 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. Boyı 5 m bolǵan cisterna astına kraynik ornatılǵan. Kraynik ashıl-sa onnan suyıqlıq qanday tezlik penen atlıǵıp shıǵadı?

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

#### IV bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar

|                                                                  |                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Turaqlı teńsalmaqlıq                                             | Dene teńsalmaqlıq jaǵdayınan shetke shıǵarılǵanda, onı dáslepki jaǵdayına qaytarıwshı kúsh payda bolatuǵın teńsalmaqlıq.                                                   |
| Turaqlı emes teńsalmaqlıq                                        | Dene teńsalmaqlıq jaǵdayınan shetke shıǵarılǵanda, onı dáslepki jaǵdayınan uzaqlastırıwshı kúsh payda bolatuǵın teńsalmaqlıq.                                              |
| Pariqsız teńsalmaqlıq                                            | Dene teńsalmaqlıq jaǵdayınan shetke shıǵarılǵanda, onıń jaǵdayın ózgerdetuǵın hesh qanday kúsh payda bolmaytuǵın teńsalmaqlıq.                                             |
| Kúsh momenti                                                     | Kúshtiń kúsh iyinine kóbeymesi: $M = F \cdot l$                                                                                                                            |
| Aylanıw kósherine iye bolǵan deneniń teńsalmaqlıqta qalıw shárti | Denege tásir etip atırǵan kúsh momentleriniń vektor jıyındısı nolge teń bolǵanda dene teńsalmaqlıqta qaladı: $\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 + \dots + \vec{M}_n = 0$ . |

|                                |                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eki iyinli richag              | Tayanish richagtın kúshler qoyılğan noqatları aralıǵında boladı.                                                                                                                                                              |
| Bir iyinli richag              | Tayanish richagtın bir ushına jaylastırılğan bolıp, júk richagtın ekinshi ushına qoyıladı.                                                                                                                                    |
| Dárejeli polispast             | Qozǵalmalı hám qozǵalmas bloklar jıyındısı<br>$F = \frac{P}{n}$ . $P$ —júktiń awırlıǵı; $F$ —tartıwshı kúsh.                                                                                                                  |
| Laminar aǵım                   | Suyıqlıqtın qatlam-qatlam bolıp aǵıwı.                                                                                                                                                                                        |
| Turbulent aǵım                 | Suyıqlıqtın iyrimli kórinistegi qozǵalıwı.                                                                                                                                                                                    |
| Aǵımınń úzliksizligi teńlemesi | Maydanı hár qıylı tútikshede aǵıp atırǵan qısılmaytuǵın suyıqlıq tezlikleriniń moduli, suyıqlıq maydanlarına kerı proporcional boladı:<br>$S_1v_1 = S_2v_2$ .                                                                 |
| Bernulli teńlemesi             | $p_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$ . Suyıqlıqtın aǵıs tezligi úlken bolǵan jerlerde onıń basımı kishi hám kerisinshe aǵıs tezligi kishi bolǵan jerlerinde basımı úlken boladı. |
| Dinamikalıq basım              | Suyıqlıqtın qozǵalıwı nátiyjesinde júzege keletuǵın basımı.                                                                                                                                                                   |
| Magnus effekti                 | Aylanbalı qozǵalıstaǵı dene táreplerinde gaz yamasa suyıqlıq basımları parqı payda bolıwı nátiyjesinde deneniń qozǵalıwı baǵıtınıń ózgeriwi.                                                                                  |
| Torrichelli formulası          | $v = \sqrt{2gh}$ ; $v$ —suwdın aǵıw tezligi; $h$ —biyiklik.                                                                                                                                                                   |

## V bap. MEXANIKALÍQ TERBELISLER HÁM TOLQÍNLAR

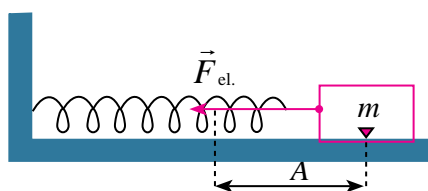
### 22-tema. GARMONIKALÍQ TERBELISLER

Turmista ushırasatuǵın qozǵalıslardıń ayırımlari teń waqıt aralıǵında tákirarlanıp turadı. Bunday qozǵalıslar *dáwirli* qozǵalıslar delinedi. Dáwirli qozǵalıslar arasında deneniń teńsalmaqlıq jaǵdayı átirapında geyde bir tárepke, geyde ekinshi tárepke isleytuǵın qozǵalıslar kóp ushırasadı. Deneniń bunday qozǵalısları *terbelmeli* yaqı qısqasha *terbelisler* delinedi.

Teńsalmaqlıq jaǵdayınan shıǵarılgan deneniń ózinen-ózi ishki kúshler tásirinde payda bolatuǵın terbelisler *erkin terbelisler* delinedi. Terbelip atırǵan deneniń teńsalmaqlıq jaǵdayınan uzaqlasıw aralıǵı onıń *jılıswı* ( $x$ ) delinedi. Teńsalmaqlıq jaǵdayınan eń joqarı awısıwına *terbelis amplitudası* ( $A$ ) delinedi.

Mexanikalıq terbelislerdi baqlaw ushın prujina ushına bekkemlengen júktiń terbelisleri menen tanısayıq (5.1-súwret). Bul súwrettegi prujinaǵa bekkemlengen júk gorizontal sterjende súykelissiz qozǵala aladı, sebebi shardıń awırlıq kúshin sterjenniń reakciya kúshi teńsalmaqlıqqa keltiredi.

Prujinanıń serpimlilik koefficienti  $k$ , massası esapqa alınbas dárejede kishi. Sistemanıń massası júkte, al bekkemligi prujinada toplanǵan dep esaplaw múmkin.



5.1-súwret.

Eger teńsalmaqlıq jaǵdayında turǵan júkti oń tárepke  $A$  aralıqqa sozıp, qoyıp jibersek, júk sozılǵan prujinada (5.1-súwret) payda bolǵan serpimlilik kúshi

$$F_{\text{serp.}} = -kA \quad (5.1)$$

tásirinde teńsalmaqlıq jaǵdayı tárepke qozǵala baslaydı. Waqıt ótken sayın júktiń awısıwı  $A$  dan kemeyip baradı, al biraq júktiń tezligi artıp baradı. Júk teńsalmaqlıq jaǵdayına jetip kelgennen keyin, onıń awısıwı ( $x$ ) nolge teń bolǵanlıǵı ushın serpimlilik kúshi nolge teń bolıp qaladı. Biraq, júk *inerciyası* sebepli shep tárepke qarap qozǵala baslaydı. Prujinada payda bolǵan serpimlilik kúshiniń moduli de artıp baradı. Biraq, serpimlilik kúshi bárqulla júktiń jılısıwına keri baǵdarlanǵanlıǵı ushın, ol júkti tormozlay baslaydı. Nátiyjede júktiń qozǵalısqı ástelesip barıp, aqırında ol toqtaydı. Endi júk qısılǵan prujinada payda bolǵan serpimlilik kúshi tásirinde jáne teńsalmaqlıq jaǵdayı tárepke qozǵala baslaydı.

Dáwirli tárizde terbelip atırǵan sistemanıń waqıt dawamında qaysı nızam boyınsha ózgerip atırǵanlıǵın anıqlaw ushın sharsharǵa qum toltırıp, onı jip penen ildirip, terbelip jibereyik. Sharshardıń terbeliw processinde onıń astındaǵı karton qaǵazdı bir tegis tarta baslasaq, qumniń qaǵazdaǵı izdiń sinusoida formasında ekenligine gúwa bolamız. Bunnan tómendegi juwmaq kelip shıǵadı: *Dáwirli terbelip atırǵan deneniń jılısıwı waqıt ótiwi menen sinuslar yaki kosinuslar nızamı boyınsha ózgeredi.* Bunda awısıw eń úlken mánisi amplituda  $A$  ǵa teń boladı:

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

bul jerde:  $\omega_0$  – terbelip atırǵan sistemanıń parametrlerine baylanıslı bolǵan ciklli jiyiligi,  $\varphi_0$  – baslanǵısh faza.  $(\omega_0 t + \varphi_0)$  bolsa terbeliw baslanǵannan  $t$  waqıt ótkendegi terbeliw fazası.

Matematikadan belgili,  $\sin \alpha = \cos \left( \alpha - \frac{\pi}{2} \right)$ ; sonıń ushın (5.2) ni

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

dep te jazıw múmkin.

**Waqıt dawamında parametrleri sinus yaki kosinuslar nızamı boyınsha ózgeretuǵın terbelisler *garmonikalıq terbelisler* delinedi.**

Demek, teńsalmaqlıq jaǵdayınan shıǵarılǵan prujinalı mayatnik garmonikalıq terbeledi eken. Sistema garmonikalıq terbeliw ushın: 1) dene teńsalmaqlıq jaǵdayınan shıǵarılǵanda onda sistemanı teńsalmaqlıq jaǵdayına qaytarıwshı ishki kúshler payda bolıwı; 2) terbelip atırǵan dene inertlikke iye bolıp, oǵan súykeliw hám qarsılıq kúshleri tásir etpewi shárt. Bul shártler terbelmeli qozǵalıstıń júz beriw shártleri delinedi.

Garmonikalıq terbelislerdiń tiykarǵı parametrleri:

a) terbeliw dáwiri  $T$ —bir márte tolıq terbeliw ushın ketken waqıt:

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

b) terbeliw jiyiligi  $\nu$ —1 sekunda júz beretuǵın terbelisler sanı:

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

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

c) ciklli jiyilik  $—2\pi$  sekundaǵı terbelisler sanı:

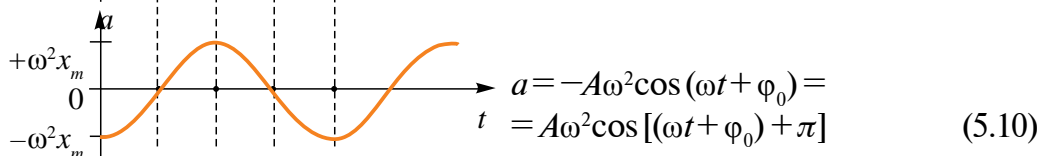
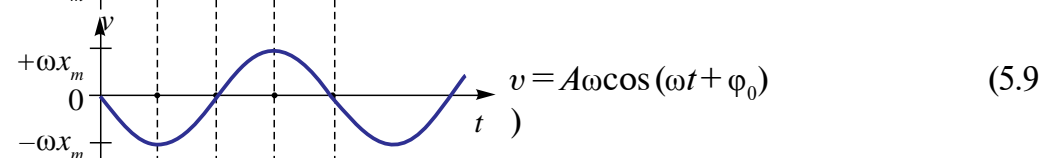
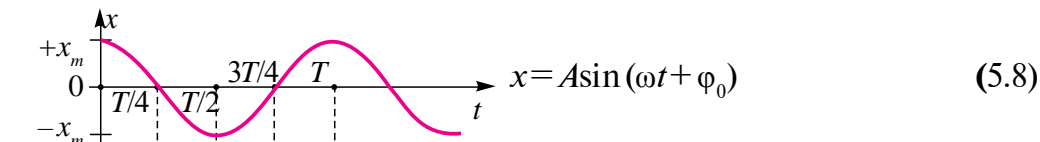
$$\omega = \frac{2\pi}{T}. \quad (5.6)$$

Garmonikalıq terbelisler teńlemesi (5.2)in (5.5) hám (5.6) lardı esapqa alıp tómendegi kórinislerde jazıw múmkin.

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

Awısıwı waqıt dawamında sinus yaqi kosinuslar nızamı boyınsha ózgeretuǵın garmonikalıq terbelislerdi muǵdar jaǵınan sıpatlawshı shamalardıń kópshiligi (tezlik, tezleniw, kinetikalıq hám potentsial energiyaları) de garmonikalıq ózgeredi.

Bunı tómendegi grafik hám teńlemelerde kóriwimiz múmkin:



5.2-súwret.

### Másele sheshiw úlgisi

**1-másele.** Noqat garmonikalıq terbelmeli qozǵalısta. Maksimal awısıwı hám tezligi sáykes tárizde 0,05 m hám 0,12 m/s qa teń. Maksimal tezleniwin tabıń hám awısıwı 0,03 m ge teń bolǵan momentte noqattıń tezlik hám tezleniwin tabıń.



| Berilgen:                     | Formulası hám sheshiliwi:                                                                                                                             |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A = 0,05 \text{ m}$          | $x = A \sin(\omega t + \varphi), \quad a_{\max} = \frac{v_{\max}^2}{A};$                                                                              |
| $v_{\max} = 0,12 \text{ m/s}$ | $v = v_{\max} \sqrt{1 - \left(\frac{x}{A}\right)^2} = \frac{v_{\max}}{A} \sqrt{A^2 - x^2}$                                                            |
| Tabıw kerek                   | $v = \omega A \cos \omega t; \quad a = -\omega^2 A \sin \omega t = -\omega^2 x;$                                                                      |
| $a_{\max} - ?$                | $a = -\frac{v_{\max}^2}{A^2} x = -\frac{(0,12)^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{(0,05)^2} \cdot 0,03 = -(7,3 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2)$ |
| $v - ?$                       | $a_{\max} = \frac{(12)^2 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{5 \cdot 10^{-2}} = 29 \cdot 10^{-2} \text{ m/s};$                    |
| $a - ?$                       | $v = \frac{0,12 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,05} = \sqrt{(0,05^2 - 0,03^2) \text{m}^2} \approx 9,6 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$          |

- ❓ 1. Dáwirli qozǵalıǵ dep qanday qozǵalıǵqa ayıladı? Dáwirli qozǵalıǵqa turmıstan hám texnikadan misallar keltiriń.
2. Garmonikalıq terbelistiń qozǵalıǵ teńlemesin jazıń.
3. Garmonikalıq terbelistiń awısıwı, amplitudası, dawiri, jiyiligi dep nege ayıladı?

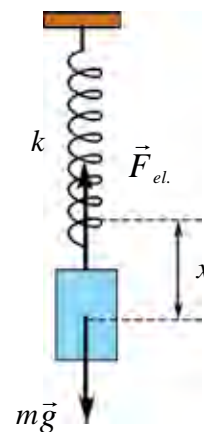
## 23-tema. PRUJINALÍ HÁM MATEMATIKALÍQ MAYATNIKLER

Dáwirli terbelmeli qozǵalatuǵın dene yaqı deneler sisteması **mayatnik** delinedi. Tabiyatta ushırasatuǵın kópshilik terbelmeli qozǵalıǵlar: prujinalı hám matematikalıq mayatniklerdiń qozǵalıǵına uqsas boladı.

Bekkemligi  $k$  bolǵan prujınaǵa ildirilgen  $m$  massalı júkten ibarat sistemaǵa **prujinalı mayatnik** delinedi (5.3-súwret). Ildirilgen júk tásirinde prujına  $x_0$  aralıqqa sozıladı. Onıń teńsalmaqlıq shárti

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

menen anıqlanadı. Prujınanı biraz  $x$  aralıqqa sozıp, qoyıp jibersek, júk vertikal baǵıtta terbelmeli qozǵalıǵqa keledi.



5.3-súwret.

Tájiriyebe járdeminde júk jılısıwınıń waqıtqa baylanlıslılıǵı

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

nızam boyınsha ózgeriwin anıqlaǵan edik. Garmonikalıq terbelip atırǵan deneniń tezleniwin (5.10) dan  $a = -\omega_0^2 x$  ekenligin esapqa alsaq, (5.10) teńlik tómendegi kóriniske keledi:

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

Bul teńlikten

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

ǵa iye bolamız.

Demek, garmonikalıq terbelip atırǵan deneniń ciklli terbeliw jiyiligi terbeliw sistemasına kiretuǵın denelerdiń parametrlerine baylanıslı eken. (5.12) prujinalı mayatniktiń ciklli (dávirli) jiyiligin tabıw formulası delinedi. Terbeliw dáviriniń sıpatlaması boyınsha  $T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{2\pi\nu} = \frac{2\pi}{\omega_0}$  dan

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

yaǵnıy

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

Prujinalı mayatniktiń terbeliw dáviri ildirilgen júk massasınan shıǵarılǵan kvadrat túbirge tuwrı, prujina bekkemliginen shıǵarılǵan kvadrat túbirge kerı proporcional boladı.

Prujinalı mayatnikte energiya almasıwların kóreyik. Mayatniktiń kinetikalıq energiyası prujinanıń massası esapqa alınbaǵanda,  $E_k = \frac{mv^2}{2}$  júktiń kinetikalıq energiyasına teń boladı. Aldıńǵı temada tezlik  $v = A\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$  ańlatpa menen anıqlanatuǵını kórsetilgen edi. Ol jaǵdayda mayatniktiń kinetikalıq energiyası

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

ǵa teń boladı.

Prujinalı mayatniktiń potencial energiyası prujinanıń deformaciya energiyasına teń, yaǵnıy:

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

Kóbinese sistemaniń tolıq energiyası  $E_t = E_k + E_p$  nı biliv úlken áhmiyetke iye:

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

Eger  $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$  ekenligin esapqa alsaq,

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

yaki

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

ekenligi kelip shıǵadı.

Itibar berin, prujinalı mayatniktiń tolıq energiyası waqıtqa baylanıslı bolmaǵan turaqlı shama eken, yaǵnıy mexanikalıq energiyaniń saqlanıw nızamı orınlanıwı baqlanadı.

Sozılmaytuǵın hám salmaqsız jipke ildirilgen hámde teńsalmaqlıq jaǵdayı átirapında dáwirli terbelmeli qozǵalatuǵın materiallıq noqat **matematikalıq mayatnik** delinedi.

Mayatnik turaqlı teńsalmaqlıq jaǵdayında bolǵanda materiallıq noqattıń awırlıǵı ( $P = mg$ ) keriw kúshi  $T$  nı teńsalmaqlıqqa alıp keledi (5.4-súwret). Sebebi, olardıń modulleri teń bolıp, bir tuwrı sızıq boylap, qarama-qarsı tárepke baǵdarlangan. Eger mayatnikti  $\alpha$  múyeshke bursaq,  $mg$  hám  $T$  kúshler óz ara múyesh dúzip baǵdarlanganlıǵı ushın bir-birin teń salmaqlı ete almaydı. Bunday kúshlerdiń qosılıwınan mayatnikti teńsalmaqlıq halına **qaytarıwshı kúsh** payda boladı.

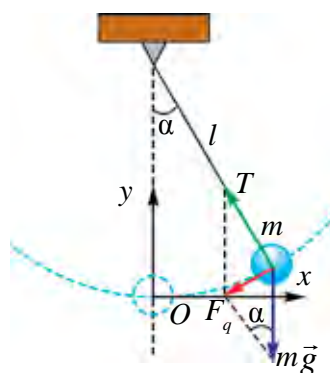
Mayatnikti qoyıp jibersek, mayatnik qaytarıwshı kúsh astında teńsalmaqlıq awhalı tárepke qozǵala baslaydı. 5.4-súwretten

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

ekenligin kóremiz.

Nyutonnıń ekinshi nızamı boyınsha,  $F_q$  kúsh materiallıq noqatqa  $a$  tezleniw beredi. Sonıń ushın

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



5.4-súwret.

Júdá kishi awıw múyeshlerinde ( $\alpha \leq 6^\circ \mid 8^\circ$ ) bolǵanlıǵı hám  $F_q$  kúsh mudamı jılıwǵa qarama-qarsı baǵdarlanǵanlıǵı ushın (5.19) nı

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

kóriniste jazıw múmkin. Eger materiallıq noqattıń (shardıń) terbeliw processindegi jılıwın  $x$  háribi menen belgilesek hámde  $a = -\omega_0^2 x$  qatnas itibarǵa alınsa,  $-m\omega_0^2 x = mg \frac{x}{l}$ .

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

boladı. Terbeliw dáwiriniń sıpatlaması boyınsha,  $T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{2\pi\nu} = \frac{2\pi}{\omega_0}$  bolǵanı ushın:

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

Matematikalıq mayatnik terbeliw dawirin anıqlawshı bul formula **Gyugens formulası** dep ataladı. Bunnan matematikalıq mayatniktiń tómendegi nızamları kelip shıǵadı:

- 1) matematikalıq mayatniktiń awıw múyeshi ( $\alpha$ ) kishi bolǵanda terbeliw dáwiri onıń terbeliw amplitudasına baylanıslı emes.
- 2) matematikalıq mayatniktiń terbeliw dáwiri oǵan ildirilgen júktiń massasına da baylanıslı emes.
- 3) matematikalıq mayatniktiń terbeliw dáwiri onıń uzınlıǵınan shıǵarılǵan kvadrat korengge tuwrı proporcional hám erkin túsiw tezleniwinen shıǵarılǵan kvadrat tubirge kerı proporcional eken.

Bunda matematikalıq mayatniktiń terbeliwi

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

Sonı da aytıp ótiw kerek, terbeliw amplitudası yaqı awısıw múyeshi úlken bolǵanda, matematikalıq mayatniktiń terbeliwi garmonikalıq bolmay qaladı. Sebebi,  $\sin \alpha \approx \frac{x}{l}$  qa teń bolmaydı hám mayatniktiń qozǵalıw teńlemesiniń sheshimi sinus yaqı kosinus kórinisinde bolmay qaladı.

### **Másele sheshiw úlgisi**

**1-másele.** Birinshi mayatniktiń terbeliw dáwiri 3 s ekinshisiniki 4 s qa teń. Olardıń uzınlıqları jıyındısına teń bolǵan mayatniktiń terbeliw dáwirin tabıń.

| Berilgen:                                                     | Formulası:                                                                                                                                                                                                                                         | Sheshiliwi:                                                      |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| $T_1 = 3 \text{ s}$<br>$T_2 = 4 \text{ s}$<br>$l = l_1 + l_2$ | $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}; T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}; T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}};$<br>$T = 2\pi\sqrt{\frac{l_1+l_2}{g}} \cdot l_1 = \frac{T_1^2 \cdot g}{4\pi^2}$ hám<br>$l_2 = \frac{T_2^2 \cdot g}{4\pi^2}; T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$ | $T = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ s.}$<br><br><i>Juwabi: 5 s.</i> |
| Tabıw kerek<br>$T = ?$                                        |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                  |



1. Prujinalı mayatniktiń ciklli jiyiligin eki ese asırıw ushin onıń qaysı parametrin neshe ese ózgertiw kerek?
2. Matematikalıq mayatnik ildirilgen jiptiń awısıw múyeshi qaysı nızam boyınsha ózgeredi?
3. Qanday shárt orınlanganda, matematikalıq mayatnik terbeliwleri garmonikalıq boladı?

## 24-tema. LABORATORIYA JUMISI: MATEMATIKALIQ MAYATNIK JARDEMINDE ERKIN TUSIW TEZLENIWIN ANIQLAW

**Jumistiń maqseti:** Erkin túsiw tezleniwın matematikalıq mayatnik járdeminde anıqlaw usılın úyreniw.

**Kerekli ásbap hám úskeneler.** Matematikalıq mayatnik, laboratoriya universal shtativ, sekundomer, ólshew lentası.

### **Jumisti orınlaw tártibi:**

1. Jipti ilajı barınsha uzınıraq etip bekkemlep, onıń uzınlıǵı ólshenedi. Shar radiusı  $r$  anıqlanadı. Alınǵan nátiyje kestege jazıladı.

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

2. Shardı teńsalmaqlıq halınan onsha úlken bolmaǵan ( $6^\circ - 8^\circ$ ) múyeshke awıstırıp, ol qozǵalısqa keltiriledi. Sol waqıtta sekundomer iske túsiriledi.

3. Matematikalıq mayatniktiń terbelisler sanı sanaladı. Mayatnik  $N_1 = 20$  márte terbelgende sekundomer toqtatıladı.

4. Sekundomerdiń kórsetiwı anıqlanadı hám kestege jazıladı.

5.  $T = \frac{t}{n}$  dan terbeliw dáwiri anıqlanadı.

6.  $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$  aňlatpa boyınsha erkin túsıw tezleniwi esaplanadı.
7. Mayatnik jibiniń uzınlıgın ózgeriposten terbelisler sanı  $N_2 = 30$  hám  $N_3 = 40$  jaǵdayları ushın tájiriye joqarıdaǵıday tákirarlanadı.
8. Alınǵan nátiyjeler tiykarında mayatnik terbeliw dáwiri hám erkin túsıw tezleniwiniń mánisleri anıqlanıp, kestege jazıladı.
9. Alınǵan nátiyjeler tiykarında tómendegi keste toltırıldı.

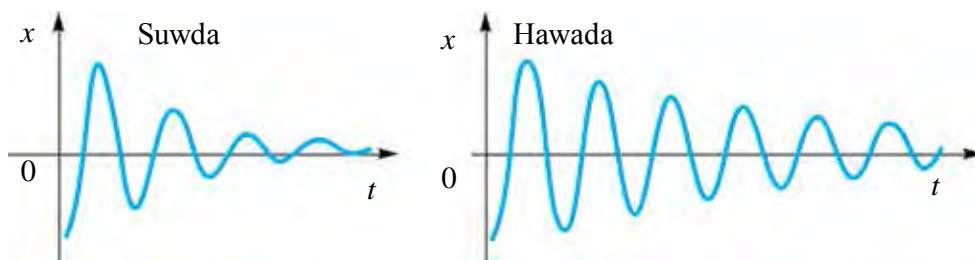
| $l_i,$<br>m | $N_i$ | $t_i,$<br>s | $g_i,$<br>m/s <sup>2</sup> | $\bar{g},$<br>m/s <sup>2</sup> | $\Delta g,$<br>m/s <sup>2</sup> | $\Delta \bar{g},$<br>m/s <sup>2</sup> | $\varepsilon = \frac{\Delta \bar{g}}{\bar{g}} \cdot 100\%$ |
|-------------|-------|-------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------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



1. Ne sebepten mayatniktiń terbeliw dáwiri mayatnik shar massa-sına baylanıslı bolmaydı?
2. Ne sebepten Jerdiń túrli geografıyalıq keńliklerinde bul tájiriye ótkerilse nátiyje hár túrli shıǵadı?
3. Matematikalıq mayatnik sharınıń ólshemleri ózgeritse, onıń terbeliw dáwiri qalay ózgeredi?

## 25-tema. MÁJBÚRIY TERBELISLER. TEXNIKADA REZONANS

Qanday da bir ortalıqta júz berip atırǵan erkin terbelisler sóniwshi terbelis boladı (5.5-súwret). Sebebi, terbeliw dáwirinde terbeliwshi dene ortalıq tárepien súykeliw sebepli qarsılıqqa ushıraydı.



5.5-súwret.

Sol sebepli erkin terbelislerden ámelde paydalanılmaydı.

Terbelisler sónbewi ushın jumsalatuǵın energiyanı dáwirli tárizde tóliqtırıp turıw kerek. Bunıń ushın terbeliwshi sistemaǵa sırtqı kúsh járdeminde dáwirli tásir kórsetip turıw kerek. Mine, usınday sırttan kúsh tásir etip turatuǵın qurılmanıń ápiwayı maketi 5.6-súwrette keltirilgen. Prujına ildirilgen júkti tómenge tartıp, jazdırıp jiberilse, ol terbelmeli qozǵaladı. Bul waqıtta prujına ildirilgen temir ózektiń tutqası aylandırılsa, terbelisler sónbeydi. **Sırttan dáwirli tárizde tásir etip turatuǵın kúsh tásirinde júz beretuǵın sistemanıń terbelislerine májbúriy terbelisler delinedi.**

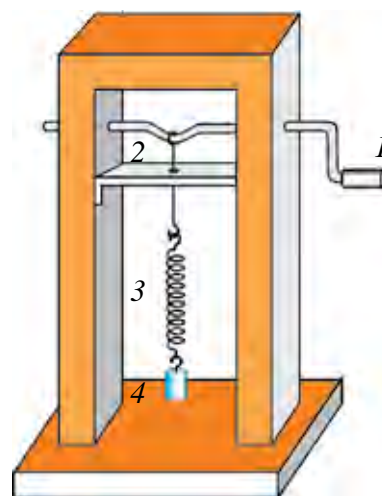
Bul májbúriy terbelislerdi payda etetuǵın dáwirli ózgermeli sırtqı kúshke *májbürlewshi kúsh* delinedi.

Májbüriy terbelislerge kúndelikli turmıstan kóplegen mısallar keltiriw múmkin. Siz súyip tıńlaytuǵın radiodaǵı, magnitofondaǵı, televizordaǵı radiokernaylardıń *membranası* onnan ótetuǵın májbürlewshi tok tásirinde terbeledi. Úyińiz yaki klasıńız qaptalınan awır júk tiyelgen mashinalar ótip qalsa tereze aynalari sıqırılğanın esitesiz. Eski beton qurılmalar (fundament, sútin)dı maydalawshı, taw jınısların kóshiriwshi titirenip isleytuǵın *pnevmatikalıq balǵalar* da dáwirli tárizde tásir etetuǵın sırtqı kúsh tásirinde isleydi. Májbúriy terbelislerden paydalanıw yamasa zıyanlı halatlarda joq etiw ushın olardı úyreniw kerek. 5.6-súwrettegi qúrílmadan paydalanıp, sırtqı májbürlewshi kúshtiń terbeliwshi sistemada payda bólatuǵın terbelislerge tásinin úyrenemiz.

Júk (4) baylanǵan prujına (3)niń ushı ilmek (2)li sımniń ushına ildirilgen. Ilemek ushı sheńber formasında bolıp, temir ózek (1) tiń doǵa formasında búgilgen bóliminde sırganaydı. Temir ózekti aylandıra baslasaq, júk ildirilgen prujına terbele baslaydı.

Ózek tutqasın tezirek aylandırısaq, júktiń terbelisleri dáslep biraz arqada qalıp, keyin teńlesedi. Sonda *terbelisler turaqlı* bóladı.

Bunda ózek waqıt birliği ishinde neshe márte aylansa, júk ilingen prujına da sonsha márte aylanadı. Demek, **terbeliw-**



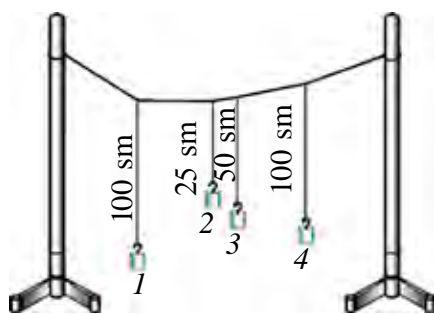
5.6-súwret.

**shi sistemada jüz beretuǵın májbúriy terbelisler májbúrlewshi kúsh jiyiligine teń bóladı eken.**

Májbúriy terbelisler *sónbeytuǵın terbelisler esaplanadı.*

### **Rezonans qubılısı**

Endi terbeliwshi sistemada jüz berip atırǵan terbelisler amplitudasınıń májbúrlewshi kúshke qalay baylanıslı bolatuǵının kórip shıǵayıq. Bunıń ushın ápiwayı ǵana tájiriye ótkeremiz. 4–5 m uzınlıqtaǵı jipti xananıń bir ushınan ekinshi ushına biraz salbıratıp tartamız.



5.7-súwret.

Olarǵa 3–4 túrli uzınlıqtaǵı jiplerge ildirilgen júklerde baylaymız (5.7-súwret). Birinshi júk ildirilgen jiptiń uzınlıǵın tórtinshi júk ildirilgen jip uzınlıǵı menen birdey etip tańlaymız. Birinshi mayatnikti teńsalmaqlıq jaǵdaynan shetke shıǵarıp, jazdırıp jibersek, ol terbele baslaydı. Onıń terbelisi ulıwma baylanǵan jip arqalı basqa mayatniklerge ótip, olar da áste-aqırın

terbelmeli qozǵalısqa keledi. Mayatniklerde turaqlı terbelisler payda bolǵannan keyin ekinshi, úshinshi hám tórtinshi mayatniklerdiń terbelisine itibar bersek, tórtinshi mayatnik amplitudası eń úlken ekenligine isenim payda etemiz. Tórtinshi hám birinshi mayatnikler uzınlıǵı birdey bólǵanlıǵı sebepli, olardıń erkin terbelisler dáwiri (jiyiligi) óz ara teń bolıp shıǵadı.

Demek, *májbúriy terbelislerde májbúrlewshi kúsh jiyiligi, terbeliwshi sistemaniń jeke terbelisleri jiyiligine teń bolǵanda terbelisler amplitudası eń úlken bóladı, yaǵnıy rezonans jüz beredi.*

**Sırtqı májbúrlewshi kúsh jiyiligi, terbeliwshi sistemaniń jeke jiyiligine teń bolǵanda, terbelisler amplitudasınıń keskin artıp ketiw qubılısına rezonans delinedi.**

Rezonans dáwirinde amplitudanıń artıp ketiwine sebep májbúrlewshi kúsh baǵıtı menen terbeliwshi deneniń qozǵalısqı baǵıtınıń óz ara sáykes keliwi esaplanadı.

Rezonans qubılısınan texnikada hám turmısta keń paydalanıladı. Saatlarda, barlıq túrdegi qońırawlarda, sirenalarda, pnevmatikalıq balǵalarda rezonans qubılısınan paydalanıladı.

Lekin rezonans qubılısı ayırım jaǵdaylarda zıyanlı esaplanadı.



Máselen, dárya ústine qurılǵan aspa kópirden adam ótip baratırǵan waqıtta ol terbelip turadı. Onnan ótip atırǵan adamnıń áste yamasa tez júriwine qarap kópirdiń terbelisi joqarılawı yamasa ástelesiwi múmkin. Eger qádem basıw jiyiligi, kópirdiń jeke jiyiligine sáykes kelip qalsa, kópirdi uslap turǵan tartqılar úzilip ketiwi múmkin.

Rezonans zıyanlı bólgan jaǵdaylarda onıń aqıbetin kemeytiw maqsetinde tiyisli ilajlar kóriledi. Kárxanalarda stanoklardaǵı bóleklerdiń aylanıwı nátiyjesinde rezonans bolmawı ushın imarat irgesi awır hám úlken etip qurıladı. Avtomobillerdegi terbelislerdi tez sóndiriw ushın *amortizatorlar* ornatıladı.

**Avtoterbelisler.** Sónbeytuǵın májbúriy terbelislerdiń bolıwı ushın sırtqı dáwirli kúsh tásir etip turıwı kerek. Biraq, sistemadaǵı terbelisler sırtqı dáwirli kúsh tásisiz de sónbeytuǵın bolıwı múmkin. Eger erkin terbele alatuǵın sistemanıń ishinde energiya deregi bolsa hám bul derekten terbeliwshi denegge joǵaltqan energiyanıń ornın qaplaw ushın zárúr energiyanıń kelip turıwın sistemanıń ózi tuwrılap tura alsa, bunday sistemada sónbeytuǵın terbelisler payda boladı.

Mayatnikli, ápiwayı saat bunday tiptegi sistemanıń eń ápiwayı mısalı esaplanadı. Bul sistema belgili energiya zapasına, yaǵnıy jerden qanday da biyiklikke kóterilgen júktiń potencial energiyasına yamasa qısılgan prujina energiyasına iye.

Energiya dereginen támiyinleniwi sebepli sónbeytuǵın terbelisler payda etetuǵın sistemalar *avtoterbelisli sistemalar* dep ataladı. Elektr qońıraw, insannıń júregin hám ókpesin de avtoterbelisli sistema dep qaraw múmkin.

**Sistemada sırtqı dáwirli kúsh tásisiz ishki derek tásirinde bola alatuǵın sónbeytuǵın terbelisler avtoterbelisler dep ataladı.**

Májbüriy terbelisler jiyiligi sırtqı kúsh jiyiligi menen birdey boladı. Avtoterbelislerdiń jiyiligi hám amplitudası sistemanıń jeke ózgeshelikleri menen belgilenedi. Avtoterbelisler amplitudası usı terbelislerdi payda etken dáslepki qısqa waqıtlı tásir (túrtki) shamasına baylanıslı emes.



1. *Erkin terbelislerdi sónbeytuǵın terbelislerge aylandıruw ushın ne islew kerek?*
2. *Qanday terbelislerge májbúriy terbelisler delinedi?*
3. *Rezonans qubılısı qanday sharayatta payda boladı?*
4. *Rezonans paydalı yaki zıyanlı bolatuǵın jaǵdaylar ushın mısál keltiriń.*



Toptı alıp, basketbolshılarday jerge urıp oynañ. Toptıñ qozǵalısqı qanday qozǵalısqı kiredi? Toptıñ jerge soqlıǵısıw jiyiligin hám sekiriw biyikligin ózgeritiñ. Qanday halatta toptıñ qozǵalısqı turaqlı bolıwına itibar beriñ.

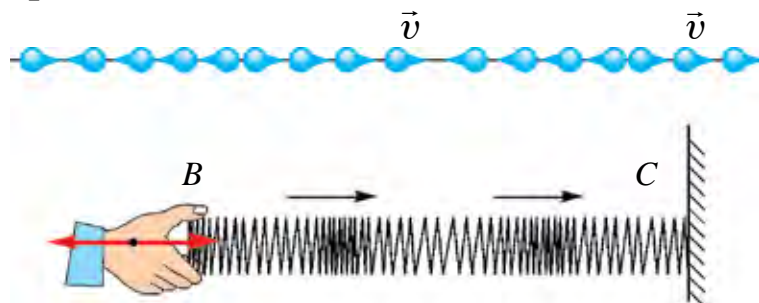
## 26-tema. MEXANIKALÍQ TOLQÍNLARDÍŃ ORTALÍQLARDA TARQALÍWÍ. ULTRA HÁM INFRASESLERDEN TURMÍSTA HÁM TEXNIKADA PAYDALANÍW

Bizge belgili, qanday da deneniń ortalıqtaǵı terbelmeli qozǵalısqı usı dene turǵan ortalıqqa beriledi. Eger terbeliw hawada bolsa, óziniń qozǵalısqın hawa bólekshelerine uzatadı. Hawa bóleksheleriniń terbelmeli qozǵalısqı barlıq baǵıtlarda hawa boylap tarqaladı. Bul qubılıs suyıqlıqlarda da, qattı denelerde de júz beredi. Vakuumda mexanikalıq tolqınlar tarqalmaydı.

Terbelistiń ortalıqta waqıt boyınsha tarqalıw processine **tolqın** delinedi.

Ulıwma alǵanda, mexanikalıq tolqınlar eki túrli boladı: boylama hám kóldeneń tolqınlar.

Tolqın tarqalıp atırǵan ortalıqta bólekshelerdiń terbeliw baǵıtı, tolqınınıń tarqalıw baǵıtı menen bir kósherde bolsa, bunday tolqınǵa **boylama tolqın** delinedi.

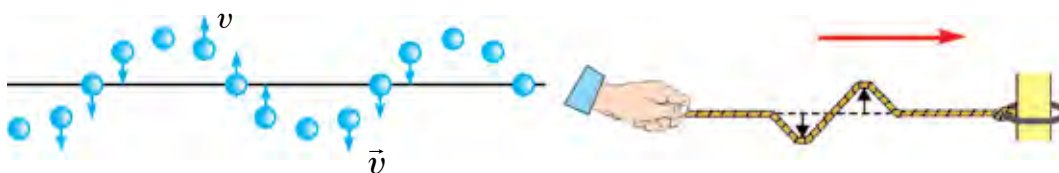


5.8-súwret.

Boylama tolqınlar tarqalǵanda ortalıq qısılıw hám keńeyiw deformaciyasına ushıraydı (5.8-súwret). Suyıqlıq hám gazlarda bunday deformaciya ortalıq bóleksheleriniń tıǵızlanıwı yaqı siyreklesiwı arqalı boladı. Boylama tolqınlar barlıq ortalıqlar: qattı, suyıq hám gaz tárizli ortalıqlarda tarqalıwı múmkin.

Boylama tolqınlargá mısál retinde serpimli sterjendegi tolqın yaki hawada tarqalğan sestı keltiriw múmkin.

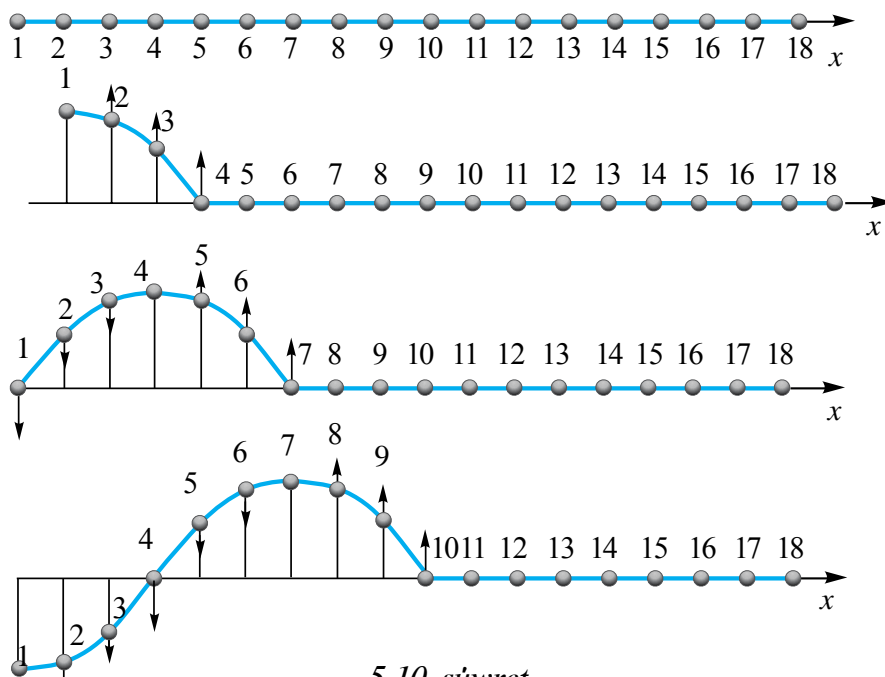
Tolqın tarqalıp atırğan ortalıqta bólekshelerdiń terbeliw bađıtı, tolqınnıń tarqalıw bađıtına perpendikulyar bolsa, bunday tolqıńa **köldeneń tolqın** delinedi.



5.9-súwret.

Köldeneń tolqınlar tarqalğanda ortalıqtıń bir qatlamı, ekinshisine qarağanda jılısadı. Bunday tolqınlar tarqalğanda ortalıqta dóńlik hám shuqırılıqlar payda boladı (5.9-súwret). Qattı denelerden ayırmashılığı, suyıqlıq hám gazlar qatlamlardıń jılısıwına salıstırğanda serpimlilik qásiyetke iye emes. Sonlıqtan köldeneń tolqınlar tek qattı denelerde tarqala aladı.

Köldeneń tolqınnıń noqattan noqatqa terbelisin uzatıw processin tolıq qarayıq. 5.10-súwrette köldeneń tolqınnıń hár  $1/4 T$  waqıttađı halatı keltirilgen.



5.10-súwret.

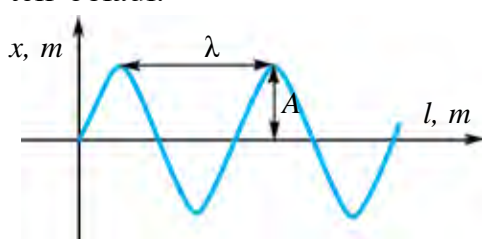
5. 10-súwrette bólekshelerdiń qanday da bir momenttegi halatı nomerlengen sharlar kórinisinde berilgen. Sharlar bir-birine jaqın jaylasqanlıqtan olar arasında óz ara tásir bar. Eger birinshi shardı terbelmeli qozǵalısqa keltirsek, yaǵnıy onı joqarıǵa hám tómenge qozǵalıwǵa májbúr etsek, sharlar arasındaqı óz ara tásir sebepli qalǵanları da onıń qozǵalısin tákirarlaydı. Biraq, olardıń qozǵalısin aldinqısına salıstırǵanda keshikken (faza jaǵınan jılısqan) halda boladı.

Máselen, tórtinshi shar, birinshi shardan  $1/4$  terbeliske arqada boladı. Jetinshi shardıń qozǵalısin, birinshi shardan  $1/2$  terbeliske, onınshısı  $3/4$  terbeliske arqada qaladı. On úshinshi shar birinshi shardan bir tolıq terbeliske arqada qaladı, yaǵnıy onıń menen birdey fazada terbeledi.

**Eki bir-birine eń jaqın aralıqta jaylasqan hám birdey fazada terbelip atırǵan noqatlar arasındaqı aralıqqa *tolqın uzınlıǵı* delinedi.**

Tolqın uzınlıǵı grekshe  $\lambda$  (“lyambda”) háribi menen belgilenedi. Birinshi hám on úshinshi shar, ekinshi hám on tórtinshi, úshinshi hám on besinshi sharlar arasındaqı aralıq bir tolqın uzınlıǵına teń delinedi.

Demek, bir dáwir ishinde tolqın tarqalǵan aralıq tolqın uzınlıǵına teń boladı:



5.11-súwret.

$$\lambda = vT.$$

Bunda  $v$  – tolqınǵıń tarqalıw tezligi (5.11-súwret). Terbelis dáwiriniń jiyiligine baylanıslılıǵı  $v = \frac{1}{T}$  itibarǵa alınsa,  $\lambda = \frac{v}{\nu}$  boladı. Birligi  $[\lambda] = 1 \text{ m}$ .

Hawızǵa yaqı tınısh samalsız waqıtta suw betine tas taslansa, tas túsken noqattan baslap barlıq tárepke terbelisler tarqala baslaydı. Bul tolqınlar sheńber formasında bolıp, dóńlikler hám shuqırılıqlardan ibarat boladı.

Tor terbelisleriniń, usı tor boylap tarqalıwı ápiwayı tolqınǵa mısál bola aladı.

Ondaǵı terbelistiń tarqalıw tezligi  $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$  hám sonıń ushın:

a) tarqalıw tezligi tordıń keriw kúshi  $T$  hám onıń sıziqlı tıǵızlıǵı

$$\rho = \frac{m}{l} \text{ ǵa baylanıslı;}$$

b) ortalıqtıń serpimliliği qansha úlken bolsa, terbelislerdiń tarqalıw tezligi sonsha joqarı boladı.

**Ses hám onıń tábiyatı.** Serpimli ortalıqta tarqalıp atırǵan tolqınlardıń jiyiligi 20 Hz dan (ayırım ádebiyatlarda 16 yaki 17 Hz) 20000 Hz ǵa shekem bolsa, bunday mexanikalıq tolqınlardı insanniń esitiw organı sezedi. Bunday tolqınlar—**ses tolqınları** yaki **ses** dep ataladı. Jiyiligi 20 Hz dan kishi bolǵan tolqınlar infrases dep ataladı hám bunı insan sezbeydi.

Jiyiligi 1 Hz dan  $10^{13}$  Hz ǵa shekem bolǵan tolqınlardıń ózgesheligin úyrenetuǵın fizikanıń bólimine *akustika* delinedi.

Ses boylama tolqın bolıp, ortalıqtıń tıǵızlıǵına, onıń ózgesheligine baylanıslı bolǵan tezlik penen tarqaladı.

Sonı da atap ótiw kerek, ortalıqtıń temperaturası turaqlı bolǵanda basımnıń ózgeriwi tıǵızlıqtıń ózgeriwine tuwrı proporcional hám  $\frac{p}{\rho} = \text{const}$  bolǵanı ushın gazlarda sestıń tarqalıw tezligi basımǵa baylanıslı bolmay qaladı.

Biraq, gazlarda sestıń tarqalıw tezligi onıń temperaturasına baylanıslı.

Al, qattı denelerde, hám boylama, hám kóldeneń tolqınlar tarqaladı, sonıń ushın sestıń boylama tezligi  $v_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ , kóldeneń tolqınnıń tarqalıw tezligi  $v_k = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$  formula menen esaplanadı.

Bul jerde:  $E$ —ortalıq ushın Yung moduli,  $G$ —jılısıw moduli. Qattı denelerde boylama tolqınlardıń tarqalıw tezligi kóldeneń tolqınlardıń tarqalıw tezliginen derlik eki ese joqarı, sebebi  $E > G$ .

**Sonıń ushın jerdiń qozǵalıwın eki márte sezemiz, sebebi jer qozǵalıw orayınan biz turǵan jerge boylama tolqın aldınıraq, al kóldeneń tolqın keyinirek jetip keledi.**

Insan qulaǵınıń sestı seziw hám esitiw oblastı jiyiligi 16 Hz dan 20000 Hz bolǵan seslerge tuwrı keledi.

**Jiyiligi 20 kHz dan joqarı bolǵan ses tolqınları ultrasesler delinedi.**

Ultrasesler ózine tán qásiyetke iye bolıp, atap aytqanda, olar jaqtılıq nurları sıyaqlı keńislikte jıńışke nur kórinisinde tarqaladı.

Ultrasesler tómendegi tarawlarda keń qollanıladı:

1) ultrasesler metallar ishindegi jarıqlardı, suw astındaǵı buyımlardı, sonıń ishinde, teńiz balıqlarınıń toparı jaylasqan jerlerdi anıqlawda;

2) qattı, suyuq hám gaz halındaǵı denelerdiń fizikalıq qásiyetlerin úyreniwde;

3) júdá qattı hám mort denelerge mexanikalıq islew beriwde, olardı tazalawda;

4) medicinada búyrek, bawır, hámile hám sol sıyaqlı insanniń ishki aǵzalarınıń halatın úyreniwde qollanıladı.

Jarǵanatlar ózi shıǵarıp atırǵan ultrasestiń qarama-qarsısındaǵı tosıqtan qaytqan bólimin qabıl etip, tosıqtı sezedi hám barıp urılmaydı.



1. *Boylama hám kóldeneń tolqınlar bir-birinen nesi menen parıqlanadı?*

2. *Boylama tolqınlar tarqalǵanda ortalıq qanday deformaciyaǵa ushıraydı?*

3. *Tolqın uzınlıǵın qalay anıqlaw múmkin?*

### 5-shınıǵıw

1. Matematikalıq mayatnik 1 min 40 s ishinde 50 ret terbeledi. Mayatniktiń terbeliw dáwiri hám ciklli jiyiligin tabıń. (*Juwabı: 2 s,  $\pi \frac{1}{s}$* ).

2. Terbelmeli qozǵalıw teńlemesi  $x=0,06\cos 100\pi t$  kóriniste berilgen. Terbelmeli qozǵalıw amplitudası, jiyiligi hám dáwirin tabıń. (*Juwabı: 6 sm, 50 Hz, 20 ms*).

3. Noqat garmonikalıq terbelmeli qozǵaladı. Eń úlken jılısıw  $A=10$  sm, tezliktiń eń úlken mánisi  $v_{\max}=20$  sm/s. Terbelislerdiń ciklli jiyiligi hám noqatınıń maksimal tezleniw tabılsın. (*Juwabı: 2 rad/s; 0,4 m/s<sup>2</sup>*).

4. Noqat amplitudası  $A=0,1$  m, dawiri  $T=2$  s bolǵan garmonikalıq terbelmeli qozǵalmaqta. Jılısıw  $x=0,06$  m bolǵan momenttegi tezlik hám tezleniw tabılsın. (*Juwabı: 0,25 m/s; 0,6 m/s<sup>2</sup>*).

5. Dáwirdiń qanday bóleginde noqattıń tezligi onıń maksimal mánisiniń yarımına teń boladı? Garmonikalıq terbelislerdiń baslanǵısh fazası nolge teń. (*Juwabı:  $\frac{1}{12} T$* ).

6. Materiallıq noqat amplitudası  $A=5$  sm bolǵan garmonikalıq terbelmeli qozǵaladı. Eger noqatqa  $F=0,2$  N serpililik kúshi tásir etse, noqattıń kinetikalıq, potencial hám tolıq energiyası tabılsın.

7. Qattılıǵı 100 N/m, júginiń massası 10 g bolǵan prujinalı mayatniktiń terbelisler jiyiligi qanday (Hz)? (*Juwabı: 16 Hz*).

8. Eger prujinalı mayatnik prujinasınıń yarımı kesip taslansa, onıń terbelisler jiyiligi qalay ózgeredi?

9. Matematikalıq mayatniktiń uzınlıǵı 2,5 m, oǵan ildirilgen shardıń massası 100 g. Terbelis dáwiri qanday (s)? (Juwabı: 3,14 s).

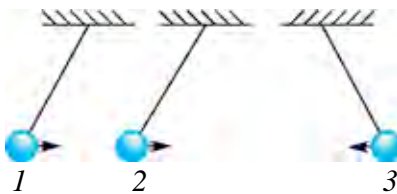
10. Túbinde kishkene tesigi bar suwlı shelek arqanǵa ildirilgen halda terbelmekte. Suwdıń kemeyiwi menen terbelis dáwiri qalay ózgeredi?

11. Birdey waqıt aralıǵında birinshi mayatnik 50 ret, ekinshi mayatnik 30 ret terbeledi. Eger olardıń biri ekinshisinen 32 sm qısqa bolsa, mayatniklerdiń uzınlıǵın tabıń.

12. Massası 20 kg bolǵan oqıwshı átkónshek ushpaqta. Átkónshek teńsalmaqlıq jaǵdayınan maksimum 1 m ge awıp turǵan hám minutına 15 ret terbelip atırǵan bolsa, terbelis dáwiriniń 1/12 bólimindegi kinetikalıq hám potencial energiyasın tabıń.

### V bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları

- 1. Terbelisler amplitudası 2 ese arttırılsa, onıń dáwiri qalay ózgeredi?**  
A) 2 ese artadı;                      B) 2 ese kemeyedi;  
C) 4 ese artadı;                      D) ózgermeydi.
- 2. Matematikalıq mayatniktiń uzınlıǵı 16 ese kemeyse, onıń erkin (jeke) terbelisler dáwiri qalay ózgeredi?**  
A) 16 ese kemeyedi;                  B) 16 ese artadı;  
C) 4 ese artadı;                      D) 4 ese kemeyedi.
- 3. Sharlar óz ara qanday keńislikte terbelmekte?**  
A) 1 hám 3 qarama-qarsı, 2 hám 3 keńisligi birdey;  
B) 1 hám 2 qarama-qarsı, 2 hám 3 birdey;  
C) 1 hám 2 birdey, 2 hám 3 qarama-qarsı;  
D) 1 hám 2 qarama-qarsı, 1 hám 3 birdey.
- 4. Boyǵa tolqınlar qanday ortalıqlarda tarqaladı? 1 – qattı denelerde; 2 – suyıqlıqlarda; 3 – gaz tárizli zatlarda.**  
A) tek 1;                      B) tek 2;                      C) tek 3;                      D) 1, 2 hám 3 te.
- 5. Gápti toliqtırıń. “Terbelisler tarqalıp atırǵan ortalıqta birdey keńislikte terbelip atırǵan eki noqat arasındadı eń... delinedi”.**  
A) ... qısqa tolqın uzınlıǵı;  
B) ... maksimal amplituda;



- C) ... eń uzın tolqın uzınlıǵı;  
D) ... joqarı terbelisler sanı jiyilik.
- 6. Gápti tolıqtırın. “Kóldeneń tolqınlar ... tólıqları esaplanadı”.**  
A) ... qısılıw; B) ... keńeyiw;  
C) ... qısılıw-keńeyiw; D) ... jılıw.
- 7. Ortalıqta tarqalıp atırǵan tolqınnıń dáwiri 10 s, tolqın uzınlıǵı 5 m bolsa, tolqınnıń tarqalıw tezligi nege teń boladı?**  
A) 0,5 m/s; B) 2 m/s; C) 50 m/s; D) 5 m/s.
- 8. Eger materiallıq noqat terbelisleri amplitudası 4 sm bolsa, onıń bir tolıq terbelisi dawamında basıp ótken jolı qanday (sm) boladı?**  
A) 0; B) 4; C) 8; D) 16.
- 9. Ciklli jiyilik dep nege aytıladı?**  
A) 1 sekundaǵı terbelisler sanına;  
B) bir terbelis ushın ketken waqıtqa;  
C)  $2\pi$  sekundaǵı terbelisler sanına;  
D) múyeshlik tezliktiń 1 sekundaǵı ózgeriwine.
- 10. Qattılıǵı 160 N/m bolǵan prujınaǵa 400 g júk ildirildi. Payda bolǵan mayatniktiń terbelis jiyiligi qanday (Hz)?**  
A) 1,6; B) 3,2; C) 5,4; D) 20.

### V bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar

|                                 |                                                                                                                  |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Terbelmeli qozǵalıw             | Hár qanday tákirarlanıwshı qozǵalıw.                                                                             |
| Terbelisler dáwiri              | Bir márte tolıq terbelis ushın ketken waqıt. $[T]=1\text{ s}$ .                                                  |
| Erkin terbelisler               | Tek baslanǵısh berilgen energiya esabınan júz beretuǵın terbelisler.                                             |
| Terbelip atırǵan deneniń jılıwi | Terbelip atırǵan deneniń qálegen waqıtta teńsalmaqlıq jaǵdayına salıstırǵanda jaylasqan ornın kórsetiwshi shama. |
| Terbelisler jiyiligi            | Waqıt birligi ishindegi terbelisler sanı.<br>$\nu=1/T$ ; $[\nu]=1/\text{s}=1\text{ Hz}$ .                        |



|                        |                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prujinalı mayatnik     | Qattılıǵı $k$ bolǵan prujınaǵa $m$ massalı júk ildirip, erkin terbele alatuǵın sistema: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$                                                                                 |
| Matematikalıq mayatnik | Sozılmaytuǵın, salmaqız jipke ildirilgen, ólshemleri jiptiń uzınlıǵına salıstırǵanda esapqa alınbaytuǵın dárejede kishi bolǵan shardan ibarat terbeliwshi sistema.<br>$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ . |
| Sóniwshi terbelisler   | Waqıttıń ótiwi menen amplitudası kemeyip baratuǵın terbelisler. Erkin terbelisler – sóniwshi terbelisler esaplanadı.                                                                                 |
| Rezonans qubılısı      | Sırtqı májbúrlawshi kúsh jiyiligi terbeliwshi sistemaniń erkin (jeke) terbelisleri jiyiligine teń bolǵanda terbelisler amplitudasınıń keskin artıp ketiwi.                                           |
| Boyǵa tolqınlar        | Tolqın tarqalıp atırǵan ortalıq bóleksheleriniń terbelis baǵıtı menen tolqınınıń taralıw baǵıtı óz ara sáykes keletuǵın tolqınlar. Qattı, suyıq hám gaz tárizli ortalıqlarda tarqaladı.              |
| Kóldeneń tolqınlar     | Tolqın tarqalıp atırǵan ortalıq bóleksheleriniń terbelis baǵıtı menen tolqınınıń tarqalıw baǵıtı oz ara perpendikulyar bolǵan tolqınlar. Olar tek qattı denelerde tarqaladı.                         |
| Tolqın uzınlıǵı        | Tolqınınıń bir dáwir ishinde basıp ótken aralıǵı: $\lambda = vT$ . Birligi $[\lambda] = 1 \text{ m}$ .                                                                                               |

## VI bap. TERMODINAMIKA TIYKARLARÍ

### 27–tema. JÍLLÍLÍQ PROCESSLERINIŇ QAYTÍMSÍZLÍGÍ. TERMODINAMIKA NÍZAMLARÍ

Termodinamikalıq processte sistema baslanǵısh haldan aralıq hallar arqalı aqırǵı halǵa ótedi. Bul ótiw qaytımlı hám qaytımsız bolıwı múmkin.

**Qaytımlı process dep, sistema qanday da bir halǵa ótkende aqırǵı halattan baslanǵısh halǵa sol aralıq halatlar arqalı keri izbe-iz ótiwine aytiladı.**

Máselen, súykeliwsiz bolatuǵın barlıq taza mexanikalıq processler qaytımlı processke mısál boladı. Sonıń ishinde, uzın ilgekke ilingen awır mayatniktiń terbeliwi qaytımlı processke jaqın boladı. Bul halatta kinetikalıq energiya ámelde tolıq potencial energiyaǵa aylanadı. Sonday-aq, kerisi de orınlı. Ortalıqtıń qarsılıǵı kishi bolǵanlıǵı sebepli terbelis amplitudası áste kemeyedi hám terbeliw processı uzaq dawam etedi.

**Belgili qarsılıqqa ushıraytuǵın yaki jillı deneden suwıq denegge jillılıq uzatıw menen júz beretuǵın hár qanday process qaytımsız boladı. Ámelde barlıq real processler qaytımsız processler esaplanadı.** Joqarıdaǵı keltirilgen mayatnik mısalındaǵı process te qaytımsız esaplanadı, sebebi súykeliwdi joq etiw múmkin emes. Sol sebepli mexanikalıq energiyanıń bir bólimi barlıq waqıt jillılıqqa aylanadı hám qaytımsız bolıp qorshaǵan ortalıqqa shashılıp ketedi, demek, átiraptaǵı denelerde ózgeris júz beredi, sonıń ushın process qaytımsız delinedi.

Sonday-aq, ıssı deneden suwıq denegge jillılıq muǵdarınıń uzatılıw processı de qaytımsız processlerge mısál bola aladı.

Ulıwma, tabiyatta qaytımlı processler joq. Real processlerdiń barlıǵı qaytımsız esaplanadı. Qaytımlı processler ideallastırılǵan túsiniń bolıp tabıladı.

**Ishki energiya.** Termodinamikalıq sistema kóplegen molekulalar hám atomlardan quralǵanlıǵı sizge belgili. Ol ishki energiyaǵa iye, yaǵnıy molekulalar mudamı qozǵalısta bolǵanlıǵı ushın kinetikalıq energiyaǵa iye. Sonıń menen birge zat molekulaları arasında óz ara tásir kúshi bolǵanlıǵı sebepli molekulalar óz ara tásir potencial energiyasına iye boladı.

**Termodinamikalıq sistemanıń ishki energiyası dep, onıń barlıq molekulalarınıń tártipsiz qozǵalıstaǵı kinetikalıq energiyaları hám olardıń óz ara tásir potencial energiyalarınıń jıyındısına aytıladı.**

Deneniń ishki energiyasını mexanikalıq energiya menen alıstırmaıw kerek, sebebi mexanikalıq energiya deneniń basqa denelerge salıstırǵanda qozǵalıstına hám jaylasıwına baylanıslı bolsa, sol deneniń ishki energiyası deneni qurawshı bólekshelerdiń qozǵalıstına hám bir-birine salıstırmaıw jaylasıwına baylanıslı esaplanadı.

Ishki energiya termodinamikalıq sistemanıń bir mánisli funkciyasınan ibarat, yaǵnıy sistemanıń hár bir halına ishki energiyanıń anıq bir mánisi tuwrı kelip, ol sistema bul halatqa qalay kelip qalǵanına ulıwma baylanıslı emes. Eger gaz qızdırılса, molekula hám atomlardıń tezlikleri de artadı. Al, bul ishki energiyanıń artıwına alıp keledi. Eger basım yaqi salıstırmaıw kólem ózgertilse, bul da ishki energiyanıń ózgeriwine alıp keledi, sebebi molekulalar arasındaǵı aralıq ózgeredi. Demek, olardıń óz ara tásir potencial energiyaları da ózgeredi.

Ádette, sistemanıń ishki energiyası  $T=0$  K de nolge teń dep esaplanadı, biraq bul ayrıqsha áhmiyetke iye emes. Sebebi, sistema bir halattan ekinshisine ótkende ishki energiyanıń ózgeriwi  $\Delta U$  áhmiyetke iye boladı.

**Termodinamikanıń birinshi nızamı.** Bunıń ushın qızdırılıp atırǵan sháynek mısaldıń kóreyik. Sháynek alıp atırǵan jıllılıq muǵdarı  $Q$  ishindegi suwdıń qızıwına, yaǵnıy suwdıń ishki energiyasınıń artıwına  $\Delta U$  hám suw puwları sháynek qapqaǵın kótergende sırtqı kúshlerge qarsı (qaqpaǵınıń awırlıq kúshi) orınlanatuǵın  $A$  jumısqa jumısaladı. Bul process ushın energiyanıń saqlanıw hám aylanıw nızamı

$$Q = \Delta U + A \quad (6.1)$$

kóriniske iye boladı. Bul termodinamikanıń birinshi nızamınıń matematikalıq kórinisi esaplanadı.

**Termodinamikalıq sistemaǵa beriletuǵın jıllılıq muǵdarı onıń ishki energiyasını arttırıwı hám sırtqı kúshlerge qarsı atqarılǵan jumıstıń qosındısına teń.**

Eger sistemaǵa jıllılıq muǵdarı berilip atırǵan bolsa,  $Q$  oń, eger sistemadan jıllılıq muǵdarı alınıp atırǵan bolsa,  $Q$  teris belgi menen alınadı. Sonday-aq, eger sistema sırtqı kúshlerge qarsı jumıs islep atırǵan bolsa,  $A$  jumıs oń, sırtqı kúshler sistema ústinde jumıs atqarıp atırǵan bolsa,  $A$  jumıs teris boladı.

Termodinamikanıń birinshi nızamı birinshi túr máńgi dvigatel (latınsha “perpetuum mobile”) jasaw múmkin emesligin kórsetedi. Birinshi túr “perpetuum mobile”ǵa tiykarlangan teń muǵdarda energiya jumsamastan jumıs orınlay alatuǵın mashına qurıw haqqında pikir júrgiziledi. Energiyanıń saqlanıw hám aylanıw nızamı bolǵan termodinamikanıń birinshi nızamında bolsa tabiyatta júz bereruǵın barlıq processlerde energiya óz-ózinen payda bolmaydı hám joq bolmaydı, tek bir kórinisten basqasına aylanıwı múmkin, dep kórsetiledi. Termodinamikanıń birinshi nızamı tómendegishe de táriyplenedi:

**Sistema bir halattan ekinshi halatqa ótkende ishki energiyanıń ózgeriwi sırtqı kúshlerdiń jumısı ( $A'$ ) hám sistemaǵa berilgen jıllılıq muǵdarı ( $Q$ ) nıń jıyındısına teń:**

$$\Delta U = Q + A'. \quad (6.2)$$

Termodinamikanıń birinshi nızamı energiyanıń saqlanıw hám aylanıw nızamın ańlatsa da, termodinamikalıq processtıń júz beriw baǵıtın kórsete almaydı. Mısal ushın birinshi nızam, jıllılıq muǵdarınıń ıssı deneden suwıq denegge ótiw imkaniyatı qanday bolsa, suwıq deneden ıssı denegge ótiw imkaniyatı da sonday dep kórsetedi. Al, negizinde “Tábiyatta óz-ózinen qanday processler júz beriwı múmkin, – degen soraw tuwıladı. Buǵan termodinamikanıń ekinshi nızamı juwap beredi.

**Termodinamikanıń ekinshi nızamı.** Bul nızam sıpatlamasınıń bir neshe formaları bar bolıp, olardıń eń ápiwayısı Klauzius táriypin keltiremiz.

|| **Jıllılıq óz-ózinen tómen temperaturalı deneden joqarı temperaturalı denegge ótpeydi.**

Ámelde sheksiz úlken bolǵan okean suwlarındaǵı jıllılıq óz-ózinen temperaturası suwdikinen tómenirek bolǵan denegge ǵana

ótiwi múmkin. Jıllılıqtı temperaturası tómen deneden temperaturası joqarı denegge ótkeriw ushın qosımsha jumıs atqarıw kerek. Sonıń menen birge, jıllılıq muǵdarı jumısqa tolıq aylanbay, onıń bir bólimi qorshaǵan ortalıqtı qızdıruwǵa jumısaladı. Usı kózqarastan ekinshi nızamınń Planktiń tómendegi sıpatlaması da itibarǵa ılayıq: **tabiyatta jıllılıq muǵdarı tolıq jumısqa aylanatuǵın process bolıwı múmkin emes.**

Jıllılıq jumısqa aylanıwı ushın ısıtqısh hám suwıtqısh bolıwı kerek. Barlıq jıllılıq mashinalarında ısıtqıshstan suwıtqıshqa beriletuǵın energiyanıń bir bólimi ǵana paydalı jumısqa aylanadı. Onda jıllılıq mashinalarınıń PJK qanday shamalarǵa baylanıslı hám onı asırıw ushın ne islew kerek degen soraw tuwıladı. Bul sorawǵa termodinamikanıń ekinshi nızamınıń Karno táriypi juwap beredi: **ideal jıllılıq mashinasınıń paydalı jumıs koefficienti jıllılıq beriwshi hám jıllılıq alıwshılardıń temperaturalarınıń parqı menen ǵana anıqlanadı.**

Termodinamika nızamları ámelde qanday jıllılıq mashinaların jasaw múmkinligi hám olardıń PJKin arttırıw ushın nelerge itibar beriw zárúrligi haqqında baǵdar beredi.

**Ekinshi túr “perpetuum mobile”.** Ekinshi túr “perpetuum mobile” okean suwlarındaǵı úlken muǵdardaǵı energiyadan jumıs atqarmastan paydalanıw múmkin degen ideyaǵa tiykarlangan. Al, termodinamikanıń ekinshi nızamı **jıllılıq muǵdarı tek jıllı deneden suwıq denegge óz-ózinen ótiwi múmkin, al kerisi ushın qosımsha jumıs orınlaw zárúr dep atap kórsetedi.** Al, bul ekinshi túr “perpetuum mobile”dı jaratıw múmkin emesligin kórsetedi.

Eger ekinshi túr “perpetuum mobile”dı jaratıw múmkin bolǵanda edi insaniyat júdá úlken energiya dereğine iye bolar edi. Okeanlarda bar  $10^{21}$  kg suwdıń temperaturasını  $1^{\circ}\text{C}$  ǵa túsiriwge erisilse, bul  $10^{24}$  Dj jıllılıq muǵdarın ajratıp alıwǵa imkaniyat beredi. Sonsha energiya beretuǵın kómirdi temir jol sostavına júklesek, onıń uzınlıǵı  $10^{10}$  km di quraydı. Al, bul derlik Quyash sistemasınıń diametrine teń aralıq esaplanadı.



- 1. Termodinamikanıń birinshi nızamı processtıń jüz beriw baǵıtın kórsete ala ma?*
- 2. Termodinamikanıń ekinshi nızamı táriyplerin aytıń.*
- 3. Termodinamikanıń ekinshi nızamınıń áhmiyeti nede?*
- 4. Tábiyatta jıllılıq muǵdarı tolıq jumısqa aylanatuǵın process bolıwı múmkin be?*
- 5. Jıllılıq mashinasınıń paydalı jumıs koefficienti nelerge baylanıslı?*

## 28-tema. ADIABATALIQ PROCESS. JILLILIQ MASHINASINIŃ PAYDALI JUMIS KOEFFICIENTI. KARNO CIKLI

### Adiabatalıq process.

**Qorshaǵan ortalıq penen jıllılıq muǵdarı almaspay júz beretuǵın processke adiabatalıq process delinedi.**

Adiabatalıq processke tez júz beretuǵın process mısal boladı. Mısal ushın gaz tez qısılǵanda atqarıǵan jumıs onıń temperaturasınıń, yaǵnıy ishki energiyasınıń artıwına alıp keledi. Al, temperatura kóteriliwı nátiyjesinde átirapqa jıllılıq muǵdarı tarqalıwı ushın belgili waqıt kerek. Sonıń ushın da  $Q=0$ . Ishki janıw dvigatelinde janılıǵı aralaspasınıń janıwı adiabatalıq processke mısal boladı.

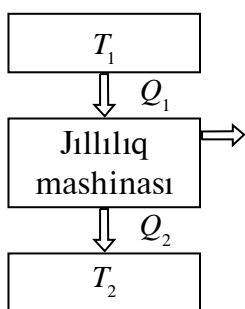
Adiabatalıq process ushın termodinamikanıń birinshi nızamı tómendegi kóriniste boladı:

$$\Delta U + A = 0 \text{ yamasa } A = -\Delta U, \quad (6.3)$$

yaǵnıy adiabatalıq processte jumıs ishki energiyanıń ózgeriwi esabınan orınlanadı.

**Jıllılıq mashinası dep, janılıǵınıń ishki energiyasını mexanikalıq energiyaǵa aylandırıp beretuǵın mashinalarǵa aytiladı.**

Jıllılıq mashinasınıń jumıs principi 6.1-súwrette kórsetilgen.



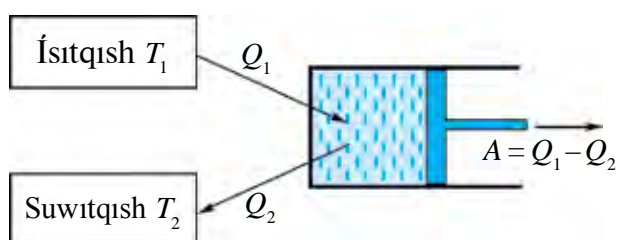
6.1-súwret.

Bir ciklde  $T_1$  temperaturalı ısıtqısthan  $Q_1$  jıllılıq muǵdarı alınıp,  $T_2$  temperaturalı suwıtqıshqa  $Q_2$  jıllılıq muǵdarı qaytarıladı hám  $A = Q_1 - Q_2$  muǵdardadı jumıs atqarıladı. 6.2-súwrette jıllılıq mashinasınıń dúzilisi kórsetilgen. Hár qanday dvigatel úsh bólimnen ibarat: jumısshı zat (gaz yaki puw), ısıtqısh hám suwıtqısh. Ísitqısthan  $Q_1$  jıllılıq muǵdarın alǵan jumısshı zat keńeyip jumıs isleydi. Janılıǵınıń janıwı nátiyjesinde ısıtqısthanıń temperaturası  $T_1$  turaqlı bolıp qaladı.

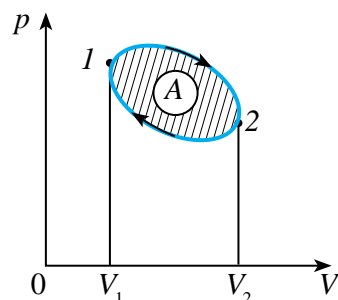
Qısılıwda jumısshı zat  $Q_2$  jıllılıq muǵdarın  $T_2$  temperaturalı suwıtqıshqa uzatadı. Jıllılıq dvigateli ciklli ráwishte islewi kerek.

**Aylanbalı process yaki cikl dep sistema bir qansha halatlardan ótip, dáslepki halına qaytatuǵın processke aytiladı** (6.3-súwret). Saat strelkası aylanıwı boylap júz beretuǵın process (gaz aldın keńeyip, keyin qısıladı) tuwrı cikl, al saat strelkası aylanıwına kerı baǵıtta (gaz aldın

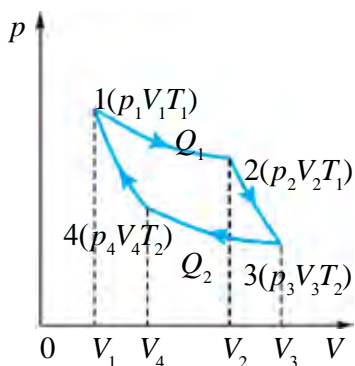
qısıllıp, keyin keñeyedi) jüz beretuğın process kerı cıkl delinedi. Jıllılıq mashinaları tuwrı cıkl, al suwıtqıshlar kerı cıkl tiykarında isleydi. Cıkl tamam bolğanda jumısshı zat óziniń dáslepki halına qaytadı, yağnıy onıń ishki energiyası baslanğısh mánisine iye boladı.



6.2-súwret.



6.3-súwret.



6.4-súwret.

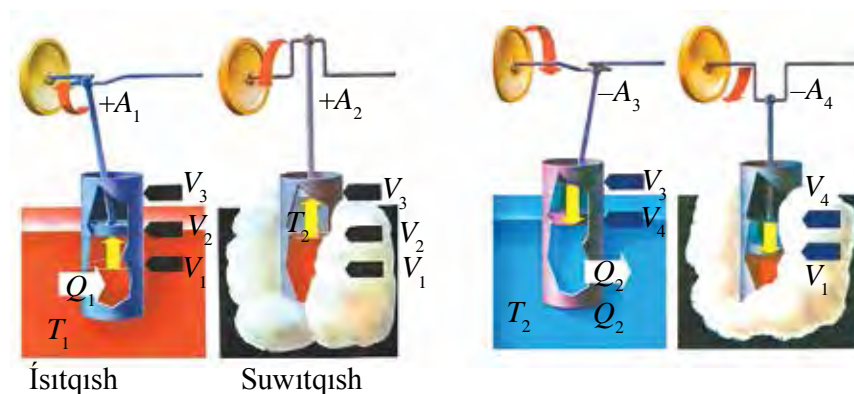
**Karno cikli—izbe-iz óz ara almasıp tura-tuğın eki izotermalıq hám eki adiabatılıq processten ibarat qaytımlı aylanbalı jıllılıq processı esaplanadı.** (6.4-súwret).

Karno cikli dep atalatuğın eki izotermalıq hám eki adiabatılıq processlerden ibarat cikldi 6.5-súwrette keltirilgen kolenchatlı val hám shatun ornatılğan porshenli cilindr mısasında korıp shıǵamız.

1. Cilindrdegi porshen eń tómeni halatında, gaz kólemi  $V_1$  di quraydı. Cilindr  $T_1$  temperaturalı ısıtqıshlı ıdısqa jaylastırılğan. Baslanğısh halattağı gazdıń temperaturası  $T_1$ , basımı  $p_1$  hám kólemi  $V_1$  bolsın, usı processti 6.4-súwrettegi  $pV$  diagrammada gazdıń baslanğısh halatın 1 dep belgileymiz.  $T_1$  temperaturalı ısıtqıshstan cilindrge  $Q_1$  jıllılıq muğdarı beriledi hám gazdıń ısıtqıshstan alıp atırğan jıllılıq muğdarı esabınan onıń izotermalıq ráwishte kólemi  $V_2$  ge shekem keñeyiwi ámelge asadı. Nátiyjede, gazdıń ekinshi halattağı parametrleri  $p_2$ ,  $V_2$ ,  $T_1$  boladı. Bul halatta gaz  $A_1$  jumıs isleydi. 6.4-súwrettegi  $pV$  diagrammada gazdıń izotermalıq keñeyiwi 1–2 izoterma menen kórsetilgen.

2. Keñeyiwdiń ekinshi adiabatılıq basqışında  $Q_1$  jıllılıq muğdarı azaytılsa da, porshen  $V_2$  den  $V_3$  ke shekem keñeyedi. Gaz ishki energiyası esabınan porshen  $A_2$  jumıs atqaradı, gazdıń temperaturası

tómenleydi. 6.4-súwrettegi  $pV$  diagrammada gazdın adiabatalıq keńeyiwı 2–3 adiabata menen kórsetilgen, gazdın bul jaǵdaydaǵı parametrleri  $p_3$ ,  $V_3$ ,  $T_2$  boladı.



6.5-súwret.

3. Gazdın izotermalıq qısılıwın ámelge asırıw ushın cilindr  $T_2$  suwıtqıshqa baǵdarlanadı hám porshen qısıladı, gaz kólemi  $V_3$  den  $V_4$  ke shekem azaytıla baslaydı. Bul process izotermalıq bolıwı ushın  $A$  jumıs pútkilley jıllılıqqa aylanıp, gaz  $Q_2$  jıllılıq muǵdarın suwıtqıshqa uzatadı, 6.5-b súwrettegi  $pV$  diagrammada gazdın izotermalıq qısılıwı 3–4 izoterma menen kórsetilgen, gazdın bul halattaǵı parametrleri  $p_4$ ,  $V_4$ ,  $T_2$  boladı.

4. Cikldiń aqırǵı bóliminde gaz adiabatalıq qısılıp, porshen gaz kólemin  $V_4$  ten  $V_1$  ge shekem kemeytedi. Bunda atqarılgan jumıs gaz temperaturasınıń baslanǵısh dárejesine kóteriń ushın jumısaladı hám sistemaniń ishki energiyası artadı. 6.5-súwrettegi  $pV$  diagrammada gazdın adiabatalıq qısılıwı 4–1 adiabata menen kórsetilgen, gazdın bul halattaǵı parametrleri  $p_1$ ,  $V_1$ ,  $T_1$  boladı, yaǵnıy baslanǵısh jaǵdaydaǵı mánisin iyeleydi.

Solay etip, ideal gaz óziniń dáslepki jaǵdayına qaytadı hám ishki energiyasınıń tóliq tikleydi. Cikl dawamında ideal gaz ısıtqıshtan  $Q_1$  jıllılıq muǵdarın aladı hám suwıtqıshqa  $Q_2$  jıllılıq muǵdarın beredi. Termodinamikanıń birinshi nızamına muwapıq,  $Q_1 - Q_2$  jıllılıq muǵdarı jumıs atqarıwǵa jumısaladı hám bul jumıs san mánisi jaǵınan cikl orap turǵan betke teń.

**Jıllılıq mashinasınıń paydalı jumıs koefficienti.** Jıllılıq mashinasınıń yaqı Karno cikliniń paydalı jumıs koefficienti (PJK) dep tómendegi shamaǵa aytıladı:



$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}. \quad (6.4)$$

Eger jillılıq mashinasınıń atqarǵan jumısı esabınan alınsa, yaǵnıy  $A = Q_1 - Q_2$  bolsa, onda

$$\eta = \frac{A}{Q_1}. \quad (6.5)$$

Sonday-aq, Karno cikliniń PJK in ısıtqıstıń  $T_1$  hám suwıtqıstıń  $T_2$  temperaturaları arqalı da ańlatıw múmkin:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \quad (6.6)$$

**Demek, ideal jillılıq mashinasınıń PJK jumısshı zattıń túrine baylanıslı bolmay, al ısıtqıstıń hám suwıtqıstıń temperaturaları menen ǵana anıqlanadı.**

(6.6) ańlatpadan jáne tómendegi juwmaqlarǵa keliw múmkin:

1) jillılıq mashinasınıń PJK in kóteriw ushın ısıtqıstıń temperaturasını arttırıw, al suwıtqıstıń temperaturasını azaytıw kerek;

2) jillılıq mashinasınıń PJK mudamı birden kishi boladı.

(6.6) ǵa muwapıq Karno PJK haqqında teoremasın jazǵan. ıstıqıstıń hám suwıtqıstıń berilgen temperaturalarında qálegen dvıgateldiń PJK Karno cikliniń PJK nen úlken bolmaydı.



1. *Jillılıq mashinası dep qanday qurılmaǵa ayıladı?*
2. *Karno cikli dep nege ayıladı?*
3. *Jillılıq mashinasınıń paydalı jumıs koefficienti (PJK) qalay anıqlanadı?*
4. *PJK jumısshı zattıń túrine baylanıslı ma?*
5. *Jillılıq mashinasınıń PJK in asırıw ushın ne islew kerek?*

## 29-tema. INSAN TURMÍSINDA JÍLLÍQ DVIGATELLERINÍN ÁHMIYETI. JÍLLÍQ DVIGATELLERI HÁM EKOLOGIYA

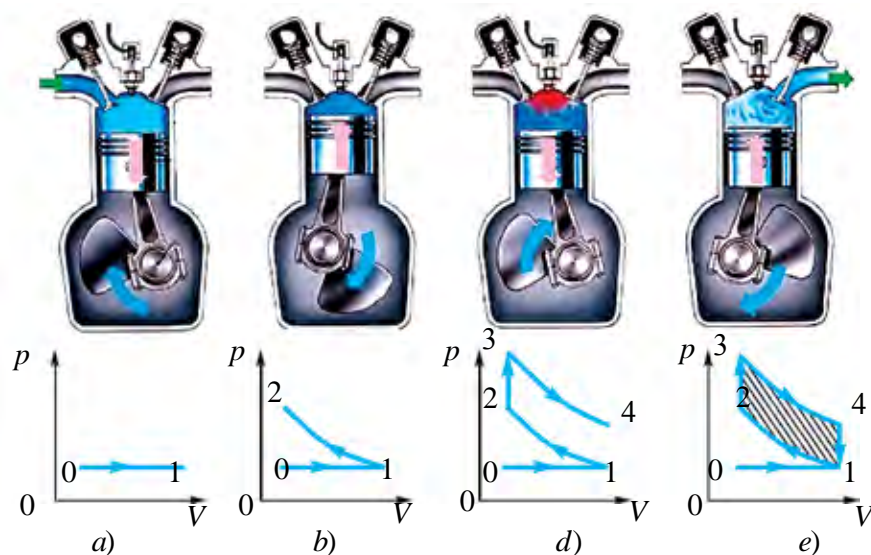
**Jíllıq dvigatelleri.** Jíllıq dvigatellerine puw mashinası, puw turbinası, ishki janıw dvigateli, reaktiv dvigateller kiredi.

**Puw mashinası.** Puw mashinaları hám puw turbinalarında ısıtqısh wazıypasın puw qazanı, jumısshı zat wazıypasın puw, al suwıtqısh wazıypasın atmosfera yaki paydalanılğan puwdı suwıtıw qurılıması – kondensator atqaradı.

**Ishki janıw dvigateli.** Ishki janıw dvigatelinde ısıtqısh hám jumısshı zat wazıypasın janılğı, al suwıtqısh wazıypasın atmosfera atqaradı.

Ádette, janılğı sıpatında benzin, spirt, kerosin hám dizel janılğısı qollanıladı. Arnawlı qurılma (máselen, benzinli dvigatellerde karbyurator) járdemide janılğı hám hawa aralasma kórinisinde tayarlanıp, cilindrge uzatıladı. Al, cilindrde aralasma janadı. Al, janğan ónimler atmosferaǵa shıǵarıp taslanadı. Endi ayırım túrdegi dvigatellerge tolıq toqtalamız.

**Karbyuratorlı dvigatel.** Tórt taktli karbyuratorlı dvigateldiń jumıs principi hám jumısshı diagrammasın kóreyik (6.6-súwret). Sırtqı kúshler tásirinde porshen tómenge qarap qozǵalganda (6.6 a-súwret) kirgiziw klapanı ashılıp jumısshı aralasma cilindrge túsedı.



6.6-súwret.

Eki klapan da jabıq hám gaz adiabatlıq tárizde qızadı. Bul grafikte 1–2 sızıqqa tuwrı keledi. Úshinshi takt jumıs processinde shaqnáp janıw (6.6-*d* súwret). Porshen eń joqarı halatqa jetkeninde ot aldırıwshı svecha ushqını aralaspını jaǵadı hám gazdıń basımı keskin artadı. Grafikte bul 2–3 izoxoralıq processke sáykes keledi. Klapan jabıq turıp, porshen tómenge qarap qozǵaladı, yaǵnıy adiabatlıq tárizde keńeyedi. 3–4 sızıq jumısshı jolı taktine tuwrı keledi (6.6-*d* súwret). Kórinip turǵanıday, bul taktta gazdıń basımı páseyedi, kólemi artadı, temperaturası tómenleydi. Bul jaǵdayda atqarılgan jumıs oń bolıp, ol gaz ishki energiyasınıń kemeyiwi esabınan atqarıladı. Tórtinshi shıǵarıw takti 6.6-*e* súwrette kórsetilgen. Porshen eń tómenge jetkeninde shıǵarıw klapanı ashılıp, janatuǵın ónimler shıǵarıw úskenesi arqalı qorshaǵan ortalıqqa shıǵarıp taslanadı. Gazdıń basımı páseyedi hám takt aqırında atmosfera basımına teń bolıp qaladı. Grafikte bul izoxoralıq process 4–1 sızıq penen kórsetilgen. Porshen maxovik energiyası esabınan joqarı halatına qaytadı hám takt tamamlanadı.

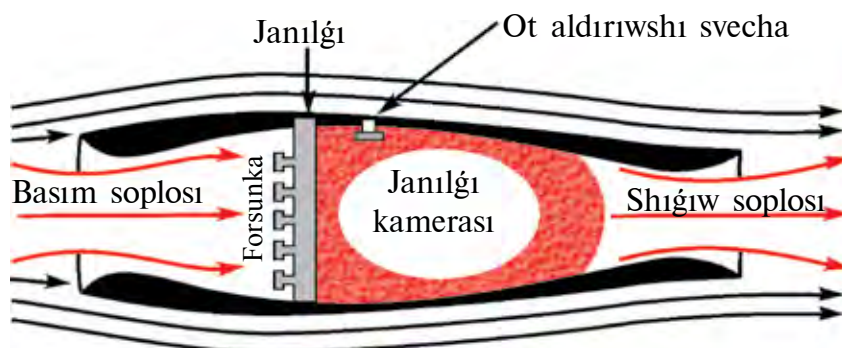
Kórilgen jabıq processte atqarılgan jumıs processler sızıqları menen ajıratılǵan, shtrixlangan formanıń betine teń boladı. Grafikti analizlewdiń kórsetkenindey, 3–4 bólimdegi keńeyiw 1–2 bólimdegi qısılıwǵa salıstırǵanda joqarıraq basımda júz beredi. Mine, sonıń nátiyjesinde dvigatel paydalı jumıs atqaradı. 3–2 hám 4–1 izoxoralıq processlerde ( $V = \text{const}$ ) jumıs nolge teń hám joqarıda atap ótilgenindey, paydalı jumıs adiabatlıq keńeyiw hám qısılıwlarıdıń parıqları menen anıqlanadı.

Ámelde ishki janıw dvigatelleriniń PJK 20–30% ti quraydı. Olardıń PJK in asırıw ushın aralaspını kóbirek qısıw kerek. Biraq, ishki janıw dvigatellerinde janılǵı aralaspın júdá qattı qısıw múmkin emes, sebebi qısılgan janılǵı qızıp, óz-ózinen janıp ketiwi múmkin. Al, bul dvigateldiń jumıs principin buzadı.

**Dizel.** Nemis injeneri Dizel joqarıdaǵı qıyınshılıqlarǵa iye emes hám PJK bir qansha joqarı bolǵan dvigateldi jarattı. Dizellerde qısıw dárejesi biraz joqarı bolıp, onıń aqırında hawanıń temperaturası, janılǵı óz-ózinen ot alıwı ushın jeterli dárejede joqarı boladı. Al, janılǵı karbyuratorlı dvigatellerdikindey birden emes, al áste-aqırın, porshen qozǵalıwınıń qanday da bir bólimi dawamında janadı. Janılǵınıń janıw processı jumısshı boslıqtıń kólemi artıp barıwı dawamında júz

beredi. Sonıń ushın da gazlardıń basımı jumıs dawamında ózgermey qaladı. Solay etip, dizelde aralaspardıń janıw processı turaqlı basımda júz beredi. Al, karbyuratorlı dıvıgatellerde bul process turaqlı kólemde júz beretuǵın edi. Dizel, karbyuratorlı dıvıgatelge qaraǵanda únemlirek bolıp, PJK de bir qansha joqarı, derlik 40% ti quraydı. Onıń quwatı da biraz joqarı bolıwı múmkin. Sonıń menen birge, bir qansha arzan janılıǵıda da isley beredi. Dizeller stacionar qurılmalarda, temir jol, hawa hám suw transportlarında keń qollanıladı. Házirgi payıtta kishi quwatlı dizeller avtomashına hám traktorlarda da kóp qollanımaqta.

**Reaktiv dıvıgatel.** 6.7-súwrette reaktiv dıvıgateldıń sxemalı dúzilisi keltirilgen. Onıń jumıs principi tómendegishe. Samolyot ushqanda qarsısınan kiyatırǵan hawa aǵımı soplo arqalı ótip, forsunka shashıp atırǵan janılıǵı menen aralasıp, jumısshı janılıǵını payda etedi. Sońınan janıw kamerasına túseı hám ot aldırıwshı svecha járdeminde janadı. Jumısshı aralaspardıń janıwı nátiyjesinde payda bolǵan gazlar úlken tezlik penen shıǵarıw sańlaǵı—soplo arqalı shıǵarıp taslanadı. Aralaspardıń janıwı basımınıń keskin artıwına alıp keledi hám nátiyjede soplodan shıǵıp atırǵan gazdıń tezligi dıvıgatelge kirip atırǵan gazdıń tezliginen júda joqarı boladı. Mine, usı tezlikler ayırmashılıǵı nátiyjesinde impulstıń saqlanıw nızamına muwapıq, reaktiv tartıw kúshi payda boladı.



6.7-súwret.

Házirgi jıllılıq mashinalarınıń PJK 40% ten (ishki janıw dıvıgatelleri) 60% ke shekem (reaktiv dıvıgateller) bolıwı múmkin. Sonıń ushın da alımlar bar dıvıgatellerdi jetilistiriw jolında tınımsız izleniwler alıp barmaqta. Sonıń menen birge, ishki janıw dıvıgatelleriniń tınımsız kóbeyip baratırǵanlıǵı tabiyatqa hám qorshaǵan ortalıqqa úlken qawıp tuwdırmaqta. Ekologiyalıq taza dıvıgatellerdi jaratıw búgingi kúnniń eń áhmiyetli mashqalalarından biri esaplanadı.

**Tabiyattı qorgaw.** Tabiyattıń joqarı ónimi bolǵan insan, onnan qalsa basqa janzatlar da usı tabiyattıń bir bólegi esaplanadı. Olar jasawı hám rawajlanıwı ushın zárúr bolǵan—taza hawa, taza suw hám taza ónimler kerek. Biz dem alatugın hawa jer atmosferasını qurawshı gazlardıń aralaspasınan ibarat. Onıń quramında kislorod, azot, vodorod hám basqa tábiyy gazlardan tısqarı shań, tútin, duz bóleksheleri hám basqa aralaspalar bar. Bunnan tısqarı, hawanıń quramında sanaat shıǵındıları da boladı.

Jıllılıq dvigatelleriniń kóp muǵdarda qollanıwı da qorshaǵan ortalıqqa unamsız tásir kórsetedi. Esap-sanaqlarǵa qaraǵanda, házirgi waqıtta jer júzinde hár jılı 2 milliard tonna kómir hám 1 milliard tonna neft jaǵıladı. Al, bul jerdegi temperaturanıń kóteriliwine hám nátiyjede muzlıqlardıń erip, okeanlardaǵı suw qáddiniń kóteriliwine alıp keliwi múmkin. Bunnan tısqarı, atmosferaǵa 120 million tonna kúl hám 60 million tonnaǵa shekem zıyanlı gaz shıǵarıp taslanadı.

Dúnyadaǵı 200 millionnan aslam avtomobil hár kúni atmosferanı uglerod (II) oksid, azot hám uglevodorodlar menen záhárleydi. Jıllılıq hám atom elektr stanciyaları quwatlarınıń artıwı menen suwǵa bolgan talap ta artıp baradı. Sonıń ushın házir hawa hám suw saqlaǵıshlardıń pataslanıwınan saqlanıwdıń tikkeley hám janapay usıllarınan paydalanıladı. Tikkeley usıl—bul turli tútinler hám gazlardı tazalap shıǵarıw; atmosferanı az pataslaytuǵın janılǵılar—tábiyy gaz, kúkirtsiz neft hám basqalardan paydalanıw; benzinsiz júretuǵın avtomobil dvigatellerin jaratıw hám basqalar.

Janapay usıllar atmosferanıń tómengi qatlamındaǵı záhárli zatlar koncentraciyasınıń keskin kemeyiwine alıp keledi. Bular shıǵındı shıǵarıwshı dereklerdeń biyikligin asırıw, meteorologiyalıq sharayatlardı esapqa alıp aralaspalardı hawaǵa shashıp jiberiwdiń turli usıllarınan paydalanıw hám basqalar.



1. *Jıllılıq dvigatellerine neler kiredi?*
2. *Karbyuratorlı dvigateldiń jumıs principin túsindirih.*
3. *Ishki janıw dvigateli PJK in asırıwdıń qanday qıyınshılıǵı bar?*
4. *Dizeldiń jumıs principin túsindirih.*
5. *Reaktiv dvigateldiń jumıs principin túsindirih.*
6. *Tabiyattı qorgaw ushın qanday ilajlar kórimekte?*

### Másele sheshiw úlgisi

Paydalı jumıs koefficienti 0,4 ke teń bolǵan Karno ciklinde gazdıń izotermalıq tárizde keńeyiwinde atqarılǵan jumıs 8 Dj bolsa, gazdıń izotermalıq tárizde qısılıwındaǵı jumıs anıqlansın.

Berilgen:

$$\eta = 0,4$$

$$A = 8 \text{ J}$$

$$T = \text{const}$$

Tabıw kerek

$$A_s - ?$$

Formulası hám sheshiliwi:

Cikldiń  $pV$ -diagrammasın dúzemiz  $\eta=0,4$ ; 1–2 ótiw gazdıń izotermalıq keńeyiwini; al 3–4 ótiw izotermalıq qısılıwın kórsetedi.

Karno cikliniń PJK tómendegishe anıqlanadı:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

bul jerde:  $Q_1$  – gazdıń ısıtqıstıan alǵan jıllılıq muǵdarı,  $Q_2$  – gazdıń suwıtqıshqa bergeni jıllılıq muǵdarı. Izotermalıq keńeyiwde atqarılǵan  $A_k$  jumıs gazdıń ısıtqıstıan alǵan  $Q_1$  jıllılıq muǵdarına, al izotermalıq qısılıwındaǵı  $A_s$  jumıs gazdıń suwıtqıshına bergeni  $Q_2$  jıllılıq muǵdarına teń boladı, yaǵnıy  $Q_1 = A_k$ ;  $Q_2 = A_s$ .

Onda cikldiń PJK tómendegisi kórinisti aladı:

$$\eta = \frac{A_k - A_s}{A_k}.$$

Bunnan  $A_s$  nı tawıp, berilgenlerdi ornına qoyıp esaplaymız:

$$A_s = (1 - 0,4) 8 \text{ Dj} = 4,8 \text{ Dj}. \quad \text{Juwabı: } A_s = 4,8 \text{ Dj}.$$

### 6-shınıǵıw

1. Temperaturası  $20^\circ\text{C}$  ǵa kóterilse 200 g geliydiń ishki energiyası qanshaǵa ózgeredi? (Juwabı:  $\Delta U = 12,5 \text{ kDj}$ ).

2. 320 g kislородtı 10 K ge izobaralıq qızdırılǵanda qansha jumıs atqarıladı? (Juwabı:  $A = 830 \text{ Dj}$ ).

3.  $15^\circ\text{C}$  temperaturalı 1,5 kg suwı bar ıdısqa  $100^\circ\text{C}$  temperaturalı 200 g suw puwı kirgizildi. Puw kondensaciyalangannan keyin ulıwma temperatura qanday boladı? (Juwabı:  $t = 89^\circ\text{C}$ ).

4. Massası 290 g bolǵan hawanı 20 K ge izobaralıq qızdırılǵanda ol qansha jumıs atqarǵan hám bunda oǵan qansha jıllılıq muǵdarı berilgen? (Juwabı: 1,7 kDj; 5,8 kDj).

5. 800 mol gazdı 500 K ge izobaralıq qızdırıwda oğan 9,4 MDj jıllılıq muǵdarı berildi. Bunda gaz atqarǵan jumıstı hám onıń ishki energiyası qanshaǵa kóterilgenin anıqlań. (*Juwabı*: 3,3 MDj; 6,1 MDj).

6. Temperaturası 27°C bolǵan 160 g kislorod izobaralıq qızdırılǵanda onıń kólemi eki ese kóbeydi. Gazdıń keńeyiwinde atqarılǵan jumıstı, kislorodtı qızdırıwǵa ketken jıllılıq muǵdarın, ishki energiya ózgeriwın tabıń. (*Juwabı*: 12,5 kDj; 44,2 kDj; 31,7 kDj).

7. Ideal jıllılıq mashinası qızdırgıshınıń temperaturası 117°C, suwıtqıstiki 21°C. Mashinanıń 1 s ta qızdırgıstıń alıp atırǵan jıllılıq muǵdarı 60 kDj ǵa teń. Mashinanıń PJK in, 1 s ta suwıtqıshqa berilip atırǵan jıllılıq muǵdarın hám mashinanıń quwatın esaplań. (*Juwabı*: 23 %; 146 kDj; 14 kW).

8. Ideal jıllılıq mashinasında qızdırgıstıń alınıp atırǵan hár bir kiloDjoul energiya esabınan 300 Dj jumıs atqarıladı. Eger suwıtqıstıń temperaturası 280 K bolsa, mashinanıń PJK in hám qızdırgıstıń temperaturasını anıqlań. (*Juwabı*: 30 %; 400 K).

9. 110 kW quwatqa erisetuǵın hám bir saatta 28 kg dizel janılǵı jumısaytuǵın traktor dwigatelinıń PJK in tabıń. (*Juwabı*: 34 %).

10. Eger motocikl 108 km/saat tezlik penen qozǵalıp, 100 km jol basqanda 3,7 l benzin jumısalısa, dwigateldiń PJK 25 % bolsa, motocikl dwigateli erisken ortasha quwatlılıq qanday boladı? (*Juwabı*: 8,9 kW).



## VI bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları

1. **Termodinamikanıń birinshi nızamın kórsetiń.**  
 A)  $\Delta U = Q + A$ ;                      B)  $Q = \Delta U + A$ ;  
 C)  $Q = \Delta U - A$ ;                      D)  $\Delta U = Q - A$ .
2. **Gápti tolıqtırıń. Qorshaǵan ortalıq penen jıllıq muǵdarı almaspastan júz beretuǵın processke ... process delinedi.**  
 A) ... izotermalıq;                      B) .. izoxoralıq;  
 C) ... adiabatlıq;                      D) ... izobaralıq.
3. **Gápti tolıqtırıń. Karno cikliniń paydalı jumıs koefficienti ...**  
 A) ... birge teń;                      B) ... birden úlken;  
 C) ... nolge teń;                      D) ... birden kishi.
4. **Jıllıq muǵdarı óz-ózinen tómen temperaturalı deneden joqarı temperaturalı denegge ótpeydi. Bul táriyp neni ańlatadı?**  
 A) Termodinamikanıń I nızamı;  
 B) Termodinamikalıq teńsalmaqlıqtı;  
 C) Termodinamikanıń II nızamı;  
 D) Termodinamikalıq process.
5. **Gápti tolıqtırıń. Janılǵınıń ishki energiyasın mexanikalıq energiyaǵa aylandırıp beretuǵın mashınaǵa ... delinedi.**  
 A) ... jıllıq dvigateli;                      B) ... jıllıq mashınası;  
 C) ... reaktiv dvigateli;                      D) ... puw turbinası.

## VI bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsiniq, qaǵıyda hám nızamlar

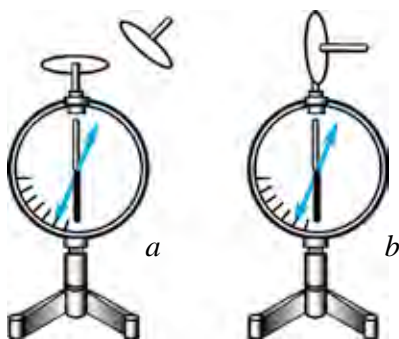
|                               |                                                                                                       |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Termodinamikalıq sistema      | Oz ara hám sırtqı deneler menen tásirletuǵın hámde energiya almasatuǵın zatlar hám deneler jıyındısı. |
| Temperatura                   | Makroskopiyaıq sistemanıń termodinamikalıq teńsalmaqlıq halatın xarakterlewshi fizikalıq shama.       |
| Makroskopiyaıq sistema        | Júdá kop sandaǵı atom hám molekulalardan quralǵan sistema.                                            |
| Termodinamikalıq teńsalmaqlıq | Sistemanıń makroskopiyaıq parametrleri bir qansha uzaq waqıtqa shekem ózgermey turatuǵın process.     |



|                                                  |                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Termodinamikaliq process                         | Termodinamikaliq sistemaniń hesh bolmaǵanda qanday da bir parametriniń ózgeriwi.                                                                    |
| Qaytımlı process                                 | Sistemaniń aqırǵı halattan baslanǵısh halatqa sol aralıq halatlar arqalı, keri baǵıtta qorshaǵan ortalıqta hesh qanday ózgeris júz bermesten ótiwi. |
| Qaytımsız process                                | Belgili qarsılıqqa ushıraytuǵın yaqı jıllı deneden suwıq denegge jıllılıq uzatıw menen júz bereretuǵın hár qanday halat.                            |
| Ishki energiya                                   | Zattıń barlıq molekulalarınıń tártipsiz qozǵalıw kinetikalıq energiyaları hám olardıń óz ara tásir potensial energiyalarınıń jındısı                |
| Termodinamikanıń birinshi nızamı                 | $Q = \Delta U + A$ $Q$ —jıllılıq muǵdarı; $\Delta U$ —ishki energiya ózgeriwi; $A$ —atqarılǵan jumıs.                                               |
| Termodinamikanıń ekinshi nızamı                  | Jıllılıq muǵdarı óz-ozinen tómen temperaturalı deneden joqarı temperaturalı denegge ótpeydi.                                                        |
| Adiabatalıq process                              | Qorshaǵan ortalıq penen jıllılıq muǵdarı almaspastan júz beretuǵın process.                                                                         |
| Jıllılıq mashinası                               | Janılǵınıń ishki energiyasını mexanikalıq energiyaǵa aylandırıp beretuǵın mashinalar.                                                               |
| Aylanba process yaqı cikl                        | Sistemaniń bir qansha halatlardan ótip, óziniń dáslepki halatına qaytatıwın process.                                                                |
| Karno cikli                                      | Gezekpe-gezek óz ara almasıp turatuǵın eki izotermalıq hám eki adiabatalıq processlerden ibarat qaytımlı aylanbalı jıllılıq processı.               |
| Jıllılıq mashinasınıń paydalı jumıs koefficienti | $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ , $Q_1$ —ısıtqısthan alınǵan jıllılıq muǵdarı, $Q_2$ —suwıtqıshqa berilgen jıllılıq muǵdarı.                         |

## VII bap. ELEKTRODINAMIKA

### 30–tema. ZARYADTIŇ SAQLANIW NIZAMI. NOQATLI ZARYADTIŇ MAYDANI. ELEKTR MAYDAN KERNEWLILIGINIŇ SUPERPOZICIYA PRINCIPI



7.1–súwret.

#### Zaryadlardıń saqlanıw nızamı.

Deneler elektrlengende olardaǵı ulıwma zaryad muǵdarı ózgerme? Bul sorawǵa juwap tabıw ushın tómendegi tájiriybenni ótkeriyik (7.1 *a*-súwret).

Elektrometr alıp, onıń sterjenine metall disk ornatamız. Disk ústine qalıń teri orap, onıń ústinen izolaciya tutqalı basqa diskni ısqılayıq. Bunda elektrometr strelkası awadı. Bul bolsa teride hám oǵan

ısqılanǵan diskte elektr zaryadları payda bolǵanlıǵın kórsetedi.

Tájiriybenni dawam etemiz. Terige ısqılanǵan diskni ekinshi elektrometr sterjenine tiygizemiz (7.1-*b* súwret). Bunda ekinshi elektrometr strelkası da burıladı. Strelkanıń awısıw múyeshi birinshi elektrometr strelkasınıń awısıw múyeshine teń boladı. Bul bolsa eki diskniń san mánisi jaǵınan teń muǵdarda zaryadlanǵanlıǵın kórsetedi. Eger eki elektrometr sterjenleri de metall ótkizgish penen tutastırılса, eki elektrometr strelkası da nol halatqa kelgenligin kóremiz. Bul qubılıs elektrometrler (diskler) san mánisi jaǵınan teń, biraq belgileri hár túrli bolǵan zaryadqa iye bolǵanlıǵın kórsetedi. Sol sebepli bul zaryadlardıń jıyındısı nolge teń boldı.

Elektrleniwge tiyisli ótkerilgen barlıq tájiriybelerdiń kórsetkenindey, jalǵız deneni zaryadlaw múmkin emes eken. Deneni zaryadlaw ushın, álbette, ekinshi deneniń bolıwı shárt. Elektrleniw processinde denelerden

biri qansha teris zaryad alsa, ekinshisi sonsha muǵdardaqı oń zaryadqa iye boladı. Nátiyjede denelerdegi ulıwma zaryadlar muǵdarı ózgerissiz saqlanadı.

**Hár qanday tuyıq sistema ishindegi barlıq deneler zaryadlarınıń algebralıq qosındısı ózgermeydi yaǵnıy:**

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const.} \quad (7.1)$$

Bul juwmaq *elektr zaryadınıń saqlanıw nızamı* dep ataladı.

Zaryadlardıń saqlanıw nızamı 1750-jılı amerikalı alım hám siyasiy isker Bendjamin Franklin tárepinen kirgizilgen.

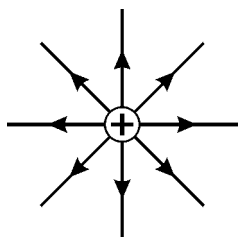
Faradey hám Maksvell teoriyası boyınsha zaryadlangan deneler átirapında **elektr maydanı** payda boladı. Óz ara tásir usı elektr maydanı járdeminde ámelge asadı. Bul maydandı qol menen uslap, kóz benen koriw múmkin emes. Onı tek tásirlerine qarap seziw múmkin.

Elektr maydanınıń zaryadlı bólekshelerge tásirin úyreniwdiń kórsetiwi boyınsha, maydanniń táhiri zaryadlangan dene janında kúshli, onnan uzaqlasqan sayın kúshsizlenip baradı. Elektr zaryadların payda etken maydanniń kúshli yaqi kúshsiz ekenligin kórsetiw ushın elektr maydan kernewliligi dep atalatuǵın shama kirgizilgen. **Elektr maydan kernewliligi**

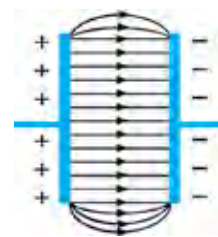
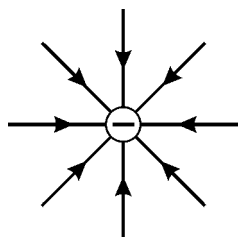
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (7.2)$$

formula menen anıqlanadı. Bunda  $\vec{E}$ —maydanniń qanday da bir noqatındaǵı maydan kernewi;  $q_0$ —maydanniń usı noqatına kirgizilgen zaryad muǵdarı;  $|\vec{F}|$ —elektr maydanı tárepinen kirgizilgen  $q_0$  zaryadqa tásir etetuǵın kúsh.

Elektr maydanı kúsh shızıqları yaqi kernewliligi sızıqları járdeminde sıpatlanadı (7.2 hám 7.3-súwretler). Elektr maydanı kernewliligii vektorlıq shama bolıp, kúsh sızıqları baǵıtında boladı.



7.2-súwret.



7.3-súwret.

Kernewlilik birliği  $[E] = \frac{|F|}{|q|} = 1 \frac{N}{C}$  yaki  $1 \frac{V}{m}$ .

Noqatlı  $q$  zaryadnıń  $r$  aralıqta payda etken maydan kernewliliđin esaplayıq:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}; F = k \frac{|q| \cdot |q_0|}{r^2}; E = \frac{k \frac{|q| \cdot |q_0|}{r^2}}{|q_0|} = k \frac{|q|}{r^2};$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2}. \quad (7.3)$$

Bul jerde:  $r$  – noqatlı zaryadtan maydan kernewliliği anıqlanatuğın noqatqa shekem bolđan aralıq;  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ .

Elektr maydanın tiykarınan zaryadlar sisteması payda etedi. Máselen,  $q_1$  hám  $q_2$  zaryadlar sisteması payda etken maydannıń qanday da bir noqatına sınaw zaryadın kirgizsek, ođan hár bir zaryad tárepinen  $\vec{F}_1$  hám  $\vec{F}_2$  kúshler tásir etedi (7.4-súwret). Sınaw zaryadına tásir etip atırđan bul kúshlerdiń teń tásir etiwshisi tómendegige teń boladı:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2. \quad (7.4)$$

Ol jađdayda  $A$  noqattađı maydannıń kernewliliđi tómendegige teń:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2. \quad (7.5)$$

(7.5) ańlatpa tómendegishe sıpatlanadı:

**Zaryadlar sistemasınıń qanday da bir noqatta payda etken elektr maydanınıń kernewi, sistemađa kiriwshi hár bir zaryadnıń sol noqatta bólek-bólek payda etken maydan kernewliliđinin vektorlıq qosındısına teń.**

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n. \quad (7.6)$$

**Bul elektr maydannıń superpoziciya principini delinedi.**

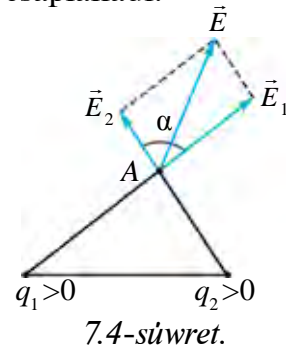
Superpoziciya sóziniń sózlik mánisi “qosılıw yaki ústi-ústine túsiw” degen mánisti ańlatadı.

Superpoziciya principini boyınsha bir-birinen  $r$  aralıqta jaylasqan eki noqatlı zaryadnıń qanday da bir noqattağı maydan kernewin esaplayıq (7.4-súwret). Hár bir zaryadnıń qaralıp atırđan noqattağı maydan

kernewliliği  $\vec{E}_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2}$  hám  $\vec{E}_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2}$  ańlatpalar boyınsha ańıqlanadı. Zaryadlardıń usı noqattaǵı nátiyjeli maydan kernewliliği superpoziciya principine tiykarlanıp tómenдеgi ańlatpa tiykarında esaplanadı:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cdot \cos \alpha}. \quad (7.7)$$

Bul jerde:  $E_1$  hám  $E_2$  sáykes ráwishte noqatlı zaryadlardıń qaralıp atırǵan noqattaǵı maydan kernewleri,  $\alpha$  – maydan kernewlilik vektorları arasındaǵı múyesh.



### Másele sheshiw úlgisi

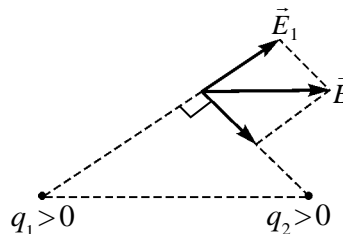
Zaryadları 4 nC dan bolǵan eki qarama-qarsı belgide zaryadlangan noqatlı zaryadlar bir-birinen 10 sm aralıqta jaylasqan. Birinshi zaryadтан 8 sm, ekinshi zaryadтан 6 sm aralıqta jaylasqan noqattaǵı maydan kernewliliği nege teń?

Berilgen:

$$\begin{aligned} q_1 &= 4 \text{ nC} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ C} \\ q_2 &= -4 \text{ nC} = -4 \cdot 10^{-9} \text{ C} \\ r &= 10 \text{ sm} = 10 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ r_1 &= 8 \text{ sm} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ r_2 &= 6 \text{ sm} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ k &= 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \end{aligned}$$

Tabıw kerek  
 $E$  – ?

Formulası hám sheshiliwi:



$$r_1^2 + r_2^2 = r^2 \text{ bolǵanlıqtan } \alpha = 90^\circ$$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = k \cdot q \sqrt{\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2}}$$

$$\begin{aligned} E &= 9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-9} \sqrt{\frac{1}{(8 \cdot 10^{-2})^2} + \frac{1}{(6 \cdot 10^{-2})^2}} = \\ &= 750 \frac{\text{N}}{\text{C}}. \end{aligned}$$

$$\text{Juwabı: } 750 \frac{\text{N}}{\text{C}}.$$



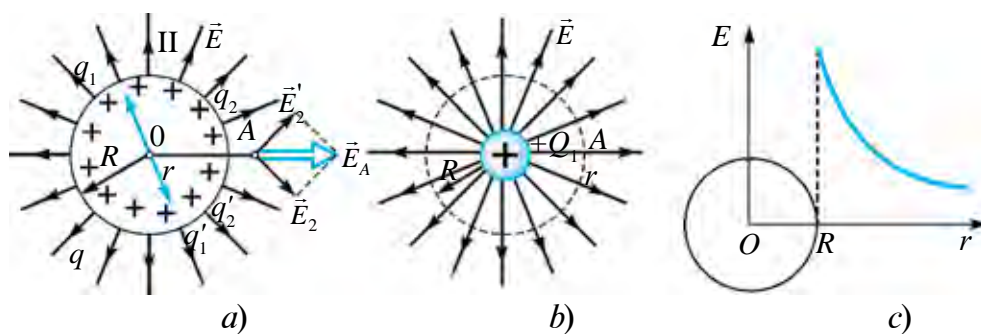
1. Noqatlı zaryadtıń baqlanıp atırǵan noqattaǵı maydan kernewliliği qalay esaplanadı?
2. Superpoziciya sóziniń mánisi neden ibarat?
3. Superpoziciya principin táriypleń hám onıń formulasın jazıń.

### 31-tema. ZARYADLANGAN SHARDIŇ ELEKTR MAYDANI. DIELEKTRIK SIŇIRGISHLIK

Radiusı  $R$  ğa teń bolğan elektr ótkiziwshi shar  $q$  zaryad penen zaryadlangan bolsın (7.5-*a* súwret). Zaryadlangan bunday shardıń (sferanıń) payda etip atırğan elektr maydan kernewliligin onıń orayında, betinde hám onnan tısqarıda anıqlayıq. Bunıń ushın biz dáslep  $q$  zaryadtı beti boylap tegis bólistirilgen bir qansha birdey muǵdardaǵı zaryadlarǵa ajıratamız, yaǵnıy  $q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q'_1 + q'_{12} + q'_3 \dots$

Hár qanday muǵdarı birdey bolğan  $q_1$  hám  $q'_1$  sıyaqlı zaryadlardıń shardıń orayındaǵı nátiyjeli maydanı kernewliligi superpoziciya principi boyınsha nolge teń boladı. Demek, zaryadlangan sferanıń ishinde maydan kernewliligi nolge teń boladı.

Shardan tısqarıda onnan  $r$  aralıqta jaylasqan erkli A noqattaǵı maydan kernewliligin tabayıq. OA sızıqqa simmetriyalı jaylasqan  $q_2$  hám  $q'_2$  zaryadlar jubın ajıratıp alayıq. Bul zaryadlar  $Or$  kósheri boylap baǵdarlangan kósherde kernewlilik payda etedi. Demek, shar tısqarısındaǵı noqattaǵı maydan kernewliginiń kúsh sızıqları, shardıń orayına qoyılǵan oń zaryadlangan noqatlı zaryad maydanınıń kúsh sızıqları menen sáykes túsedı (7.5-*b*, súwret).



7.5-súwret.

Zaryadlangan shardıń betindegi elektr maydanı kernewliligi tómendishe anıqlanadı.

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}.$$

Zaryadlangan shar tısqarisındaǵı noqatta payda etilgen maydan kernewligi menen noqatlı zaryad payda etken maydan birdeyliginen shar tısqarisındaǵı ( $r \geq R$ ) noqatta payda etilgen maydan kernewligin tómendegi formuladan esaplaw múmkin:

$$E = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0 r^2} = k \cdot \frac{|q|}{r^2}. \quad (7.6)$$

Bul boyınsha shar sırtınan uzaqlasqan sayın maydan kernewligi aralıq kvadratına kerı proporcional tárizde kemeyip baradı (7.5-c súwret).

Elektr maydan kernewligi maydan payda etiwshi zaryad jaylasqan ortalıqtıń qásiyetlerine baylanıslı. Qarama-qarsı belgide zaryadlangan eki plastına aralıǵına dielektrik kirgizilgen halattı qarayıq (7.6-súwret).

Dielektrikte erkin elektronlar júdá az. Tiykarǵı elektronlar atom elektron qabıǵında jaylasadı. Plastınadaǵı elektr zaryadlarınıń maydanı tásirinde elektron qabıq deformaciyalanadı. Nátiyjede atomdaǵı oń hám teris zaryadların orayları ústi-ústine túspeydi. Bul qubılısqa *dielektriktıń polyarizaciyası* delinedi.

Polyarizaciyalangan atomlar (molekulalar)dıń payda etken maydan kernewligi  $\vec{E}$ , tiykarǵı maydan kernewligi  $\vec{E}_0$  ǵa qarama-qarsı baǵdarlangan boladı. Nátiyjede ulıwma maydan  $\vec{E} = \vec{E}_0 - \vec{E}$  ǵa shekem páseyedi. Dielektrik sebepli maydannıń neshe ese páseygenligin korsetetuǵın shamaǵa dielektriktıń *dielektrik sińirgishligi* delinedi:

$$\epsilon = \frac{E_0}{E}. \quad (7.7)$$

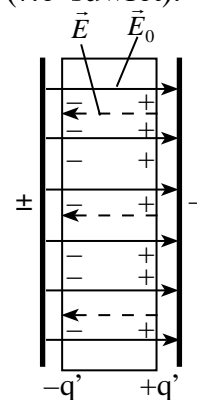
Ol jaǵdayda, dielektrik ishinde jaylastırılǵan noqatlı zaryadın  $r$  aralıqta turǵan noqattaǵı maydan kernewligi de  $\epsilon$  ese kemeyedi:

$$E = k \frac{|q|}{\epsilon \cdot r^2}. \quad (7.8)$$

Sonday-aq, bir jınıslı dielektrik ishinde jaylasqan noqatlı zaryadlar arasındaǵı óz ara tásir kúshi vakuumdadaǵı tásir kúshinen  $\epsilon$  ese kishi boladı hám bul tasir kúshi tómendegi ańlatpa járdeminde esaplanadı:

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon \cdot r^2}. \quad (7.9)$$

Dielektrik sińirgishlik ólshemsiz shama esaplanadı.



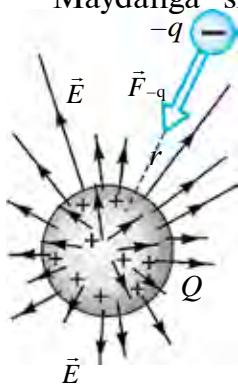
7.6-súwret.

1. Ne sebepten zaryadlangan shardıń ishinde elektr maydanı nolge teń boladı?
2. Zaryadlangan shardıń betinde hám tisqarısında elektr maydanı qalay esaplanadı?
3. Ne sebepten dielektrik zatlar elektr maydanın páseytedi?

## 32-tema. NOQATLIQ ZARYAD MAYDANINIŇ POTENCIALI. POTENCIALLAR PARQI

Elektr maydanınıń kúshli yaki kúshsiz ekenligin anıqlaw ushın onıń maydanına sınav zaryadı kirgizilip, maydan tárepinen oǵan qanday kúsh tásir etiwı anıqlanǵan edi. Sonıń ushın da elektr maydan kernewi maydanniń kúsh xarakteristikası esaplanadı.

Maydangá sınav zaryadı alıp kiriliwine tiykarǵı zaryad maydanı qarsılıq etedi (7.7-súret). Sonlıqtan maydan kernewge qarsı jumıs atqarıwı lazım boladı.



7.7-súwret.

Bul atqarılgan jumıs qalay anıqlanadı?

Bul jumıs tiykarǵı zaryad hám kirgizilgen sınav zaryadınıń óz ara tásir potencial energiyasına aylanadı:

$$W_{-q} = -k \frac{Qq}{r}. \quad (7.9)$$

Formulada minus belgi qoyılıwı, zaryadlar arasında tartılıw kúshi tásir etetuǵının kórsetedi.

Qozǵalmas  $Q$  oń zaryadtan  $r$  aralıqta turǵan  $+q$  zaryadtıń potencial energiyası tómendegishe ańlatıladı:

$$W_{+q} = k \frac{Qq}{r}. \quad (7.10)$$

Formulada oń belgi qoyılıwı, zaryadlar arasında iyterisiw kúshi tásir etetuǵının kórsetedi.

Potencial energiyanıń nol esabı sıpatında formula boyınsha sheksiz úlken aralıq alınadı. Bunday aralıqta zaryadlar óz ara tásir etispeydi.

Solay etip, elektr maydanı kúsh xarakteristikasına iye bolıwı menen birge energetikalıq xarakteristikaǵa iye boladı. Ol elektr maydanı potencialı dep atalatuǵın shama arqalı ańlatıladı.



Noqatli zaryadtin elektr maydani potenciali delingende tiykarǵı hám maydangá kirgizilgen sinaw zaryadları óz ara tásir potencial energiyasınıń sinaw zaryadı muǵdarına qatnası menen ólshenetuǵın shamaǵa ayıladı:

$$\varphi = \frac{W_{-q}}{q}. \quad (7-11)$$

Noqatli  $q$  zaryadtin potencialı tómendegishe anıqlanadı:

$$\varphi = k \frac{q}{\varepsilon \cdot r}. \quad (7.12)$$

Potencial túsiniǵinen paydalanıp,  $q_1$  zaryadtı maydan payda etiwshi  $q$  zaryadtan  $r_1$  uzaqlıqtaǵı noqattan  $r_2$  uzaqlıqtaǵı noqatqa kóshiriwde atqarılǵan jumıstı tabamız:

$$A = W_1 - W_2 \text{ yaki } A = q_1 \left( k \frac{q}{\varepsilon \cdot r_1} - k \frac{q}{\varepsilon \cdot r_2} \right) = q_1 (\varphi_1 - \varphi_2). \quad (7.13)$$

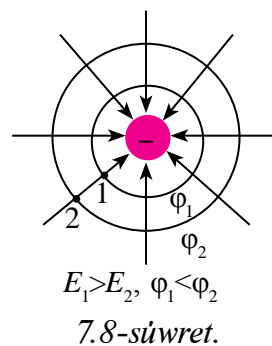
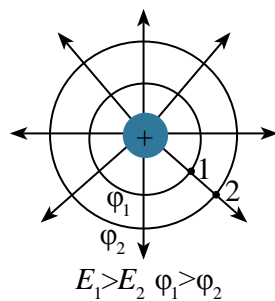
Bul ańlatpadaǵı  $\varphi_1 - \varphi_2$  ayırma noqatlar arasındaqı **potenciallar parqı**nan ibarat bolıp, oǵan **elektr kernewi** delinedi hám tómendegi kóriniste jazıladı:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2. \quad (7.14)$$

Potencial hám potenciallar ayırmasınıń birliǵi italyan alımı Voltanıń húrmetine Volt ( $V$ ) dep ataladı.  $\varphi = \frac{W}{q}$  dan  $1V = \frac{1J}{1C}$  ǵa teń. Sıpatlama boyınsha  $1C$  zaryadtı elektr maydanniń bir noqatınan ekinshi noqatına kóshiriwde elektr maydanı  $1J$  jumıs atqaratuǵın noqatlar potenciallarınıń ayırması  $1V$  qa teń boladı.

Noqatlıq zaryadtan birdey uzaqlıqta jaylasqan noqatlardıń potencialları teń boladı. Eger usı noqatlar birlestirilip shıǵılsa, payda bolǵan bet **ekvipotencial bet** delinedi.

Noqatlıq zaryadtin ekvipotencial beti zaryad átirapında koncentrlı sheńberler formasında jaylasadı (7.8-súwret). Maydan kúsh sızıqları ekvipotencial betke barlıq waqıtta perpendikulyar boladı.



7.8-súwret.

Elektr maydan kernewligi hám potenciallar ayırması arasında tóمندegi qatnas bar:

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}, \quad (7.15)$$

$d$ —potencialları  $\varphi_1$  hám  $\varphi_2$  bolǵan noqatlar arasındaqı aralıq. Bunnan maydan kernewligi birliǵı  $1 \frac{\text{V}}{\text{m}}$  kelip shıǵadı.

### Másele sheshiw úlgisi

Hawada turǵan 5 sm radiuslı metall sferaǵa 30 nC zaryad berildi. Zaryadlangan sfera orayınan 2 sm, sfera sırtında hám sfera sırtınan 5 sm uzaqlıqtaǵı noqattaǵı maydan potencialı tabılsın.

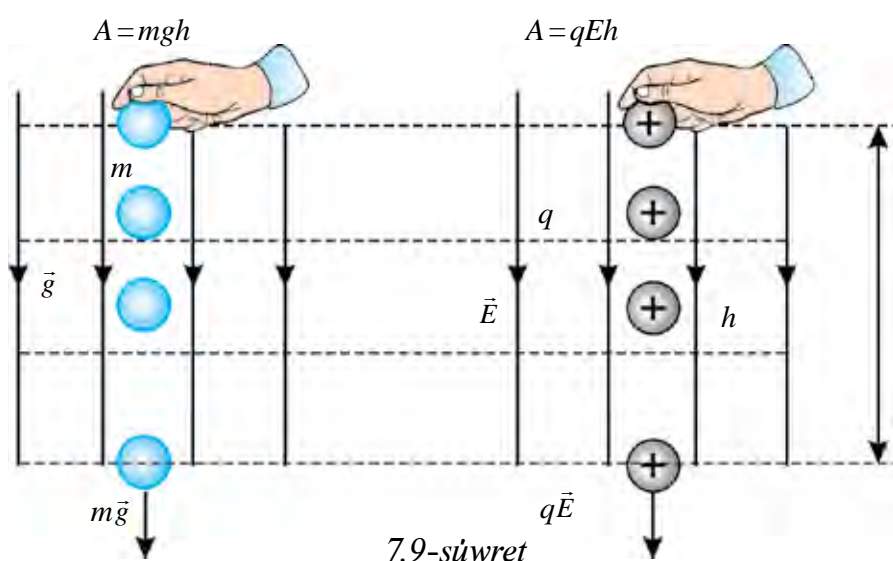
| Berilgen:                                                                                                                                                                                                                                                                | Formulası:                                                                                                                               | Sheshiliwi:                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $q = 30 \text{ nC} = 30 \cdot 10^{-9} \text{ C}$<br>$r = 5 \text{ sm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$<br>$r_1 = 2 \text{ sm} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$<br>$r_2 = 5 \text{ sm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$<br>$k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ | $\varphi_{\text{ishinde}} = \varphi_{\text{betinde}} =$<br>$= k \frac{q}{r}$<br>$\varphi_{\text{sirtında}} =$<br>$= k \frac{q}{r + r_2}$ | $\varphi_{\text{ishinde}} = \varphi_{\text{betinde}} = 9 \cdot 10^9 \frac{30 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-2}} =$<br>$= 5400 \text{ V};$<br>$\varphi_{\text{sirtında}} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{30 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot 10^{-2}} =$<br>$= 2700 \text{ V}.$ |
| Tabıw kerek<br>$\varphi_{\text{ishinde}} \text{ — ?}$<br>$\varphi_{\text{betinde}} \text{ — ?}$<br>$\varphi_{\text{sirtında}} \text{ — ?}$                                                                                                                               |                                                                                                                                          | Birliǵi:<br>$[\varphi] = \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{\text{C}}{\text{m}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{C}} = \frac{\text{J}}{\text{C}} = \text{V}.$<br>Juwabi: 5400 V; 2700 V.                                                           |

- ?** 1. Elektrostatikalıq kúshitiń atqarǵan jumısı menen maydanda kóship atırǵan zaryad potencial energiyası arasındaqı baylanıstı jazıń.
2. Elektr maydanında turǵan zaryadtiń potencial energiyası qalay anıqlanadı?
3. Protonnan  $5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$  uzaqlıqtaǵı elektr maydan potencialın tabıń. Protonnan mine usınday uzaqlıqta jaylasqan orbita boylap qozǵalıp atırǵan elektronniń potencial energiyası nege teń boladı?

### 33-tema. ELEKTROSTATIKALÍQ MAYDANDA ZARYADTI KÓSHIRIWDE ATQARILGAN JUMIS

Mexanikada kirgizilgen fizikalıq shamalar (kóshiw, kúsh, kúshitiń atqarǵan jumısı, potencial energiya) qálegen fundamental óz ara tásirlerdi, sonıń ishinde, elektromagnit tásirlerdi ańlatıwda paydalanıladı.

Jerdiń bir tekli ( $g = \text{const}$ ) gravitaciyalıq maydanında deneni  $\vec{g}$  boylap  $h$  aralıqqa koshiriwde (7.9-súwret) awırlıq kúshiniń atqarǵan jumısı  $A = mgh$  edi.



7.9-súwret

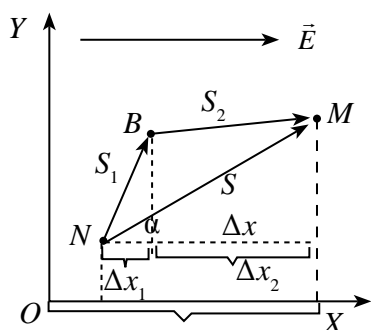
$+q$  zaryadtı bir tekli ( $\vec{E} = \text{const}$ ) elektr maydan kúsh sızıqları boylap koshiriwde atqarılǵan jumıs

$$A_q = qEh \quad (7.16)$$

ǵa teń boladı. Bul formula elektr maydan kernewliligi menen kóshiw baǵıtı sáykes kelgende orınlı boladı.

Olardıń baǵıtı sáykes kelmeytuǵın halattı da kóreyik.

Bir tekli elektr maydanına kirgizilgen zaryad  $q$  ( $q > 0$ , bolǵanda) elektr maydan baǵıtında yaki oǵan keri baǵıtqa ( $q < 0$ , bolǵanda) kóshkende elektr maydanı jumıs atqaradı. Jumıstı esaplaw ushın dáslep  $X$  kósherdi maydan kernewliligi menen bir baǵıtta tańlaymız (7.10-súwret).



7.10-súwret.

On belgidegi zaryadqa maydan tárepinen tásir etip atırǵan kúsh te  $X$  kósheri menen bir tárepke baǵıtlanǵan boladı. Maydandaǵı zaryad  $\vec{F} = q\vec{E}$  kúsh tásirinde  $s$  jol boylap  $N$  noqattan  $M$  noqatqa kóshken bolsa, onı kóshiriwde elektr kúshiniń atqarǵan jumısı tómendegishe anıqlanadı:

$$A = F \cdot s \cdot \cos\alpha = q \cdot E \cdot s \cdot \cos\alpha. \quad (7.17)$$

Bul jerde:  $\alpha$  – kúsh penen koshiw arasındaǵı múyesh.

$\Delta x = x_2 - x_1 = s \cdot \cos\alpha$  bolǵanlıqtan (7.17) teńlik tómendegi kóriniske keledi:

$$A = qE\Delta x. \quad (7.18)$$

Endi elektrostatalıq maydanda  $q$  zaryadtı NBM sınıq sızıq boylap kóshiriwde atqarılǵan jumısı esaplayıq. Jumıs skalyar shama bolǵanlıǵı ushın  $NBM$  jolda atqarılǵan jumıs  $NB$  hám  $BM$  jollarda atqarılǵan jumıslardıń algebralıq qosındısına teń boladı  $A = A_1 + A_2$ .

Zaryadtı kóshiriwdegi  $A_1$  hám  $A_2$  jumıslar dál zaryadtı  $NM$  jol boylap kóshiriwde atqarılǵan jumıs sıyaqlı anıqlanadı, yaǵnıy:

$$A_1 = qE\Delta x_1 \text{ hám } A_2 = qE\Delta x_2. \quad (7.19)$$

$\Delta x_1$  hám  $\Delta x_2$  sáykes ráwishte  $s_1$  hám  $s_2$  kóshiw vektorlarınıń  $X$  kósherdegi proekciyaları. Ol jaǵdayda (7.18) ǵa (7.19) anlatpa qoyılsa, tómendegi kóriniske keledi:

$$A = qE(\Delta x_1 + \Delta x_2) = qE\Delta x.$$

Bunnan tómendegi juwmaq kelip shıǵadı. Bir tekli elektr maydanında zaryadtı koshiwde atqarılǵan jumıs kóshiw jolınıń formasına baylanıslı bolmay, tek zaryad kóshken noqatlardıń baslanǵısh hám aqırǵı jaǵdayları (yaǵnıy  $\Delta x$ )qa baylanıslı boladı, bunday maydan *potencial maydan* delinedi. Demek, elektrostatalıq maydan – potencial maydan eken. Sonıń ushın elektrostatalıq maydanda zaryadtı jabıq kontur boylap kóshiriwde atqarılǵan jumıs mudamı nolge teń boladı. Atqarılǵan jumısı zaryadtıń qozǵalıstı traektoriyasına baylanıslı bolmaǵan kúshke **konservativ kúsh** delinedi.

$E \cdot \Delta x = \varphi_2 - \varphi_1$  ekenligi esapqa alınsa,

$$A = q(U_2 - U_1) \quad (7.20)$$

ge iye bolamız. Bul formula  $q$  elektr zaryadın elektr maydanında potencialı  $\varphi_2$  bolğan noqattan potencialı  $\varphi_1$  bolğan noqatqa kóshiriwde atqarılğan jumıstı esaplaw formulası bolıp tabıladı.

### Másele sheshiw úlgisi

100  $\mu\text{C}$  zaryad noqatlı zaryad maydan kernewligi 4 kV/m bolğan bir tekli elektr maydanında 4 sm aralıqqa kóshkende elektrostatalıq maydan 8 mDj jumıs atqaradı. Maydan kúsh sıızıqları hám kóshiw vektorı arasıdağı múyesh qanday bolğan?

| Berilgen:                                          | Formulası:                                 | Sheshiliwi:                                                                                           |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $q = 100 \mu\text{C} = 100 \cdot 10^{-6} \text{C}$ | $A = q \cdot E \cdot s \cdot \cos\alpha$   | $\cos\alpha = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-2}} = \frac{1}{2}$ |
| $E = 4 \text{ kV/m} = 4 \cdot 10^3 \text{ V/m}$    | $\cos\alpha = \frac{A}{q \cdot E \cdot s}$ | $\cos\alpha = \frac{1}{2}$                                                                            |
| $s = 4 \text{ sm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$     |                                            | $\alpha = 60^\circ$                                                                                   |
| $A = 8 \text{ mDj} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ Dj}$   |                                            |                                                                                                       |
| Tabıw kerek                                        |                                            | <i>Juwabr:</i> $60^\circ$ .                                                                           |
| $\alpha - ?$                                       |                                            |                                                                                                       |



1. Potencial maydan dep qanday maydanğa aytiladı?
2. Elektrostatalıq maydanda zaryadtı jabıq sıızıq boylap kóshiriwde atqarılğan jumıs nege teń?
3. 7.20 formuladan paydalanıp potenciallar ayırmasına sıpatlama beriń.

## 34-tema. ELEKTR MAYDANNÍŃ ENERGIYASI

Ótkizgishti zaryadlaw ushın zaryadlar arasıdağı óz ara iyterisiw kúshin jengende jumıs atqarıladı. Bul jumıs esabınan, ótkizgisht energiyağa iye boladı. Zaryadlangan deneniń alğan energiyası muǵdar jaǵınan ( $W_{el}$  – bul energiya elektr maydan energiyası dep ataladı) onı zaryadlawda atqarılğan jumıstıń muǵdarına dál teń boladı, yaǵnıy  $A = W_{el}$ . Ótkizgishti zaryadlawda atqarılğan jumıs qalay esaplanadı? Dáslep dene zaryadlanbaǵan bolsa, onıń potencialı nolge teń boladı. Oǵan  $q$  zaryad berilse, onıń potencialı nolden  $\varphi$  ǵa shekem ózgeredi. Deneni zaryadlawda atqarılğan jumıs:

$$A = q \cdot \varphi_{ort} \quad (7.21)$$

ğa teń boladı. Dene potencialınıń ortasha mánisi onıń baslanğısh hám aqırǵı mánisleriniń orta arifmetikalıq mánisine teń boladı, yaǵnıy

$$\varphi_{\text{ort}} = \frac{0 + \varphi}{2} = \frac{\varphi}{2}. \quad (7.22)$$

$\varphi_{\text{ort}}$  nıń mánisin (7.21) teńlikke qoyıp, tómenдеgi ańlatpanı payda etemiz:

$$A = \frac{q\varphi}{2}. \quad (7.23)$$

Demek, deneni zaryadlawda atqarılgan jumıs onıń zaryadı menen potencialı kóbeymesiniń yarımına teń boladı eken. Deneni zaryadlawda onıń potencialı  $\varphi = \frac{q}{C}$  formulaǵa muwapıq tegis, yaǵnıy sıızıqlı ózgeredi. Bunda  $C$  – ótkizgishtiń elektr siyımılıǵı. Ol jaǵdayda (7.23) ańlatpanı

$$A = \frac{C \cdot \varphi^2}{2} \quad \text{hám} \quad A = \frac{q^2}{2C} \quad (7.24)$$

kórinislerde jazıw múmkin. Sonıń ishinde,  $A = W_{\text{el}}$  qatnas boyınsha jekkelengen zaryadlangan deneniń elektr maydan energiyasınıń tómenдеgishe jazamız:

$$W_{\text{el}} = \frac{q \cdot \varphi}{2} = \frac{C \cdot \varphi^2}{2} = \frac{q^2}{2C}. \quad (7.25)$$

Eger zaryadlangan dene kondensatordan ibarat bolsa, onıń elektr maydan energiyasını ( $W_{\text{kon}}$ ) esaplawda (7.25) ańlatpadaǵı zaryad muǵdarın kondensatordıń bir qaplamasındaǵı zaryad muǵdarı menen, al potencialın onıń qaplamaları arasındaǵı potenciallar ayırması menen almasırw lazım, yaǵnıy:

$$W_{\text{kon}} = \frac{q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = \frac{C \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (7.26)$$

bolǵanlıǵı ushın zaryadlangan kondensatordıń elektr energiyasını anıqlaw formulasın

$$W_{\text{kon}} = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (7.27)$$

kórinislerde jazıw múmkin

Zaryadlangan deneniń energiyası onıń átirapında payda bolǵan elektr maydanında toplanǵan bolıp, energiyanıń mánisi elektr maydanı tarqalǵan keńisliktiń kólemine hám maydanniń kernewligine baylanıslı boladı. Jeke halda zaryadlangan tegis kondensatordı qarap shıǵayıq. Tegis kondensator qaplamalarındaǵı zaryadlar payda etken elektr

maydanı onıń qaplamaları aradaǵı ortalıqta toplanǵan boladı. Keńisliktiń kólemi  $V = Sd$  formula arqalı esaplaw múmkin.

Zaryadlangan tegis kondensatordıń sıyımlılıǵı  $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$  hám kondensator maydan kernewligi menen qaplamaları aradaǵı potenciallar ayırmashılıǵı aradaǵı baylanıs hámde (7.27) formulaǵa muwapıq tómendegige iye bolamız:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon \cdot SE^2 d^2}{2d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon \cdot E^2}{2} V. \quad (7.28)$$

**Zaryadlangan tegis kondensatordıń energiyası onıń payda etken elektr maydanı kernewiliginiń kvadratına hám usı maydan iyelegen keńisliktiń kólemine tuwrı proporcional eken.** Maydanniń kólem birligine tuwrı kelgen energiyası *energiyanıń kólem tıǵızlıǵı* delinedi. Sıpatlama boyınsha:

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon_0 \epsilon \cdot E^2}{2V} V = \frac{\epsilon_0 \epsilon \cdot E^2}{2}. \quad (7.29)$$

Hár bir kondensator ózinde tek zaryad tóplaw emes, sonday-aq, energiya toplaw qásiyetine de iye. Kondensator alǵan energiya qaplamalar aradaǵı ortalıqta boladı. Bul energiyanı kondensatorda uzaq waqıt dawamında saqlawǵa bolmaydı. Kondensator alǵan zaryadın waqıt ótiwi menen onı qorshap turgan ortalıqqa uzatadı.

Kondensator elektr qarсылıǵı kishi bolǵan shınjır arqalı zaryadsızlanǵanda, óz energiyasınıń derlik dárhál beredi.

### **Másele sheshiw úlgisi**

Tegis hawa kondensatorınıń sıyımlılıǵı  $0,1 \mu\text{F}$  teń bolıp,  $200 \text{ V}$  potenciallar ayırmashılıǵına iye. Kondensatordaǵı elektr maydan energiyasını esaplań.

| Berilgen:                                                                        | Formulası:                     | Sheshiliwi:                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $C = 0,1 \mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ F}$<br>$U_2 - U_1 = 200 \text{ V}$ | $W = \frac{C(U_2 - U_1)^2}{2}$ | $W = \frac{10^{-7} \cdot 40000}{2} \text{ F} \cdot \text{V}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Dj}$ |
| Tabıw kerek<br>$W - ?$                                                           |                                | <i>Juwabı: 2 mDj.</i>                                                                       |



1. Zaryadlangan deneniń alǵan energiyası qanday shamalarǵa baylanıslı?
2. Kondensatordı zaryadlawda qanday jumıs atqarıladı?
3. Zaryadlangan kondensator energiyası qay jerde toplanadı?

## 7-shinığıw

1. Tárepleri 10 sm bolǵan durıs úshmúyeshliktiń eki ushında  $-4$  nC hám  $+4$  nC bolǵan eki zaryad jaylasqan. Úshmúyeshliktiń úshinshi ushındaǵı maydan kernewligi nege teń? (*Juwabı: 3,6 kV/m*).

2. Dielektrli ortalıq ishinde bir-birinen 6 sm aralıqta zaryadı 6 nC hám  $-8$  nC bolǵan eki zaryad jaylasqan. Olar arasındaǵı maydan kernewligi qanday? (*Juwabı: 140 kV/m*).

3. Qanday noqatlı zaryad potenciallar ayırmashılıǵı 100 V bolǵan eki noqat arasına kóshirilgende, maydan  $5\mu\text{Dj}$  jumıs atqaradı? (*Juwabı: 50 nC*).

4. Elektrostatikalıq maydanniń qanday da bir noqatındaǵı 50nC zaryad  $7,5\mu\text{Dj}$  potencial energiyaǵa iye. Usı noqattaǵı elektr maydan potencialın tabıń. (*Juwabı: 150 V*).

5. Eki  $+0,4\mu\text{C}$  hám  $-0,6\mu\text{C}$  noqatlı zaryadlar bir-birinen 12 sm aralıqta jaylasqan. Zaryadlardı tutastırıwshı kesindi ortasında elektr maydan potencialı qanday boladı? (*Juwabı:  $-30$  kV*).

6. Zaryadı  $3 \cdot 10^{-8}$  C ǵa teń bolǵan eki noqatlı zaryad hawada bir-birinen 50 sm aralıqta tur. Olardı 20 sm ge shekem jaqınlastırıw ushın qanday jumıs atqarılıwı kerek? (*Juwabı:  $10,8\mu\text{Dj}$* ).

7. Eger zaryadlangan eki parallel plastinka arasındaǵı aralıq 12 sm, potenciallar ayırması 180 V bolsa, plastinkalar arasındaǵı maydan kernewliligin anıqlań. (*Juwabı: 1500 V/m*).

8. Kernewligi 6000 V/m bolǵan bir tekli elektr maydanında bir kernewlik sızıǵında alınǵan, arasındaǵı aralıq 2 sm bolǵan eki noqat arasındaǵı potenciallar ayırmashılıǵı qanday boladı? (*Juwabı: 120 V*).

9. Tegis kondensator qaplamlarındaǵı kernew 150 V, zaryadı  $80\mu\text{C}$  bolsa, kondensatordaǵı maydan energiyası nege teń? (*Juwabı: 6 mDj*).

10. Tegis kondensator  $2\mu\text{C}$  zaryad alıp,  $0,5\mu\text{Dj}$  maydan energiyasına iye boldı. Kondensator sıyımlılıǵı qanday bolǵan? (*Juwabı:  $16\mu\text{F}$* ).

11. Tegis kondensatorǵa  $4 \cdot 10^{-5}$  C zaryad berilgende, onıń energiyası 20 mDj ǵa teń boldı. Kondensator qaplamları arasındaǵı kernew qanday bolǵan? (*Juwabı: 1000 V*).

12. Dielektrli sińdiriwsheńligi 4 hám kernewligi  $3 \cdot 10^3$  V/m bolǵan noqattaǵı elektr maydanniń energiya tıǵızlıǵın tabıń. (*Juwabı:  $159\mu\text{Dj/m}^3$* ).



## VII bapni juwmaqlaw boyinsha test sorawları

1. Maydan kernewligi  $800 \text{ V/m}$  bolğan noqatqa jaylasqan  $5 \mu\text{C}$  zaryadqa qansha elektrostatalıq kúsh ( $N$ ) tásir etedi?  
A)  $4 \cdot 10^{-2}$ ;      B)  $4 \cdot 10^{-3}$ ;      C)  $3,2 \cdot 10^{-5}$ ;      D)  $1,6 \cdot 10^{-5}$ .
2. Kernewligi  $27,3 \text{ kV/m}$  bolğan elektr maydanda qozǵalıp atırǵan elektronnıń tezleniwi nege teń ( $\text{m/s}^2$ )?  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .  
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.  $1 \cdot 10^{-4} \text{ g}$  massalı zaryadlangan tamshı, kernewligi  $100 \text{ N/C}$  bolğan bir tekli elektr maydanında teńsalmaqlıqta tur. Tamshınıń zaryadın anıqlań (C).  
A)  $10^{-8}$ ;      B)  $10^{-6}$ ;      C)  $10^{-4}$ ;      D)  $10^{-3}$ .
4. Radiusı  $2 \text{ sm}$  bolğan metall shargá  $1,2 \text{ nC}$  zaryad berildi. Shar betine jaqın elektr maydan kernewligin tabıń ( $\text{kV/m}$ ).  
A) 27;      B) 18;      C) 24;      D) 9.
5. Radiusı  $6 \text{ sm}$  bolğan metall shargá  $24 \text{ nC}$  zaryad berilgen. Shar orayınan  $3 \text{ sm}$  uzaqlıqtaǵı noqatta kernewlilik qanshaǵa teń boladı ( $\text{kV/m}$ )?  
A) 45;      B) 90;      C) 60;      D) 0.
6. Radiusı  $12 \text{ sm}$  bolğan shardnıń betinde  $0,18 \mu\text{C}$  oń zaryad tegis bólistirilgen. Shardnıń orayındaǵı maydan potencialın tabıń (V).  
A) 90;      B) 60;      C) 120;      D) 180.
7. Eki noqatlı zaryad arasındaǵı aralıqtı 9 ese kemeytsek, olardıń óz ara tásir potencial energiyası qalay ózgeredi?  
A) 9 ese artadı;      B) 9 ese kemeyedi;  
C) 3 ese artadı;      D) 3 ese kemeyedi.
8. Noqatlı  $q$  zaryad potenciallar ayırmashılıǵı  $100 \text{ V}$  bolğan eki noqat arasında kóshirilgende,  $5 \text{ mDj}$  jumıs atqarılğan.  $q$  zaryad shaması ( $\mu\text{C}$ ) qanday bolğan?  
A) 20;      B) 5;      C) 500;      D) 50.

## VII bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsiniq, qaǵıyda hám nızamlar

|                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zaryadlardıń saqlanıw nızamı                                                                   | Hár qanday tuyıq sistema ishindegi barlıq deneler zaryadlarınıń algebralıq qosındısı ózgermeydi yaǵnıy: $q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const.}$                                                                                                                                            |
| Elektr maydanınıń kúsh sızıqları                                                               | Elektr maydanına kirgizilgen oń zaryadqa maydan tárepinen tásir etiwshi kúsh baǵıtın kórsetiwshi sızıqlar. Oń zaryad payda etken elektr maydan kúsh sızıqları zaryadтан shıǵıwshı, al teris zaryadtiki zaryadqa kiriwshi boladı.                                                             |
| Elektr maydan kernewliligi                                                                     | $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ elektr maydanına kirgizilgen oń birlik zaryadqa maydan tárepinen tásir etiwshi kúsh.                                                                                                                                                                         |
| Noqatlı $q$ zaryadtıń $r$ aralıqta payda etken maydan kernewliligi                             | $E = k \frac{ q }{r^2}.$                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Elektr maydanniń superpoziciya principini                                                      | Zaryadlar sistemasınıń qanday da bir noqatta payda etken elektr maydanınıń kernewliligi, sistemaǵa kiriwshi hár bir zaryadtıń sol noqatta bólek-bólek payda etken maydan kernewlilikleriniń vektorlıq qosındısına teń:<br>$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n.$ |
| Zaryadlanǵan shar (sfera) ishinde hám betindegi noqatlardaǵı payda etilgen maydan kernewliligi | $E = 0;$<br>$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$                                                                                                                                                                                                                                              |
| Dielektriktiń polyarizaciyası                                                                  | Elektr maydanına jaylastırılǵan zat (ortalıq) atomları (molekulaları) elektron qabıǵınıń elektr maydanı tásirinde deformaciyalanadı. Nátiyjede atomlar (molekulalar) da oń hám teris zaryad orayları ústi-ústine túspeydi.                                                                   |

|                                                                                                      |                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Dielektrik siñirgishlik                                                                              | $\varepsilon = \frac{E_0}{E}$ .                                            |
| Dielektrik ishinde jaylastırılğan noqatlı zaryadtan $r$ aralıqta turğan noqattağı maydan kernewiligi | $E = k \frac{ q }{\varepsilon \cdot r^2}$ .                                |
| Turaqlı $Q$ oñ zaryadtan $r$ aralıqta turğan $+q$ zaryadtıñ potencial energiyası                     | $W_{+q} = k \frac{Qq}{r}$ .                                                |
| Noqatlı $q$ zaryadtıñ potencialı                                                                     | $\varphi = k \frac{q}{\varepsilon \cdot r}$ .                              |
| Elektr kernew                                                                                        | $U = \varphi_1 - \varphi_2$ .                                              |
| Konservativ kúsh                                                                                     | Atqarğan jumısı zaryadtıñ koshiw traektoriyasına baylanıslı bolmağan kúsh. |
| Energiyanıñ kólemli tıgızlıǵı                                                                        | $w = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot E^2}{2}$ .        |

## VIII bap. TURAQLÍ TOK NÍZAMLARI

### 35-mavzu. ELEKTR ÓTKIZGISHLIK. TOK KÚSHINIŃ KERNEWGE BAYLANÍSLÍLÍGÍ

8-klasta elektr toğı bar bolıwı ushın 3 shárt orınlanıwı ayılğan edi.

1. Tok deregi bolıwı.
2. Tok ótiwshi shınjırda erkin kóshe alatuğın zaryadlı bólekshelerdiń bólıwı.
3. Shınjır tuyıq bolıwı.

Onda sonday-aq qattı, suyıqlıq hám gazlarda elektr toğı ótiwi qaralganda elektr qarsılığı túsiniđi kirgizilgen edi. Elektr toğı qanday zaryadlı deneler esabınan bar boladı? Ne sebepten elektr tođınıń ótiwine ortalıq qarsılıq kórsetedi? Bunday sorawlarǵa juwap beriwden aldın elektr ótkizgishlik túsiniđin kirgizemiz.

**Elektr qarsılıǵına keri bolǵan shamaǵa *elektr ótkizgishlik*  $\left(\frac{1}{R}\right)$  delinedi.** Birliği nemis alımı E. R. Siemens húrmetine qoyılğan.

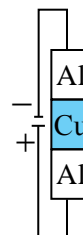
$$\gamma = \frac{1}{R}; \quad (8.1)$$

$$1 \text{ Siemens} = 1\text{S} = \frac{1}{\Omega}.$$

Metallardıń elektr ótkizgishligin úyreniwge XX ásirdeń basında kirisilgen edi. 1901-jılı nemis alımı Karl Rikke júdá jaqsı tegislengen úsh cilindrden (eki alyuminiy hám bir mıs) ibarat shınjır dúzedi hám onnan bir jil dawamında tok ótkizedi (8.1-súwret). Bul waqt ishinde cilindrlerden ulıwma muđdarı  $3,5 \cdot 10^6$  C zaryad ótedi, biraq bul cilindrler zatınıń ximiyalıq quramınıń ózgeriwine alıp kelmedi. Tájiriye tamamlanıp, cilindrler ajratılǵannan soń, olardıń massaları da ózgermegenligi anıqlandı. Atomlardıń bir-birine ótiw izleri qattı

denelerdegi ápiwayı diffuziya natiyjelerinen artıq bolmadı. Biraq, bul tájiriye metallarda anıq qanday bóleksheler sebepli tok ótiwin túsindirip bermedi.

Amerikalıq fizikler T.Styuart hám R.Tolmenler tómendegishe tájiriye ótkergen. 1916-jılı ótkerilgen bul tájiriyebede metall ótkizgish oralğan úlken diametrli katushka alınıp, ol 500 ayl/min jiyilik penen aylanbalı qozǵalısqa keltirilgen hám birden toqtatılǵan (8.2-súwret). Bunda katushkadaǵı erkin zaryadlar jáne biraz waqıt inerciya menen qozǵalıstı dawam etkenligi ushın qısqa waqıtlı tok payda bolǵan. Bunı tok ótkizgish ushlarına jalǵanǵan sırǵanawshı kontaktlar arqalı jalǵanǵan galvanometr tastıyqlaǵan. Alımlar tok tasıwshı bólekshelerdiń  $\frac{q_0}{m}$  salıstırma zaryadın tájiriyebede anıqladı.

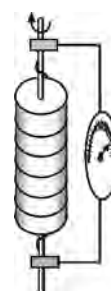


8.1-súwret.

Ol  $1,8 \cdot 10^{11}$  C/kg ǵa teń shıǵıp, elektronnıń salıstırma zaryadına sáykes keledi.

Bul ilimiy fakt, metallar elektr ótkizgishliginiń klassikalıq teoriyasına tiykar boldı.

XX ásir baslarında nemis fizigi P.Drude hám golland fizigi X.Lorencc *metallar elektr ótkizgishliginiń klassikalıq teoriyasın* dóretti. Bul teoriyanıń tiykarǵı mazmunı tómendegilerden ibarat:



8.2-súwret.

1. Metallarda elektr ótkizgishliktiń joqarı bolıwı, olarda birlik kólemge tuwrı kelgen erkin elektrondardıń kópligi esaplanadı. Máselen, mısta erkin elektronlar koncentraciyası  $8,4 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}$  ke teń. Elektronlar dál gaz sıyaqlı rechyotka ionları arasındaqı keńislikti toltırıp, tártipsiz hám toqtawsız qozǵalısta boladı. Elektrondardıń metallardaǵı tártipsiz qozǵalıstı tezligi esaplanǵanda shama menen 60–100 km/s qa teń shıǵadı. Sırtqı elektr maydan joqlıǵında, ótkizgishtiń qálegen kesim beti arqalı ótiwshi elektronlar qozǵalıstı tártipsiz bolǵanlıqtan elektr toǵı nolge teń boladı.

2\*. P.Drude hám X.Lorenccler ótkizgishliktiń elektron teoriyasınan paydalanıp shıńjırdıń bir bólimi ushın Om nızamın teoriyalıq tárizde keltirip shıǵardı.

Bunıń ushın uzunlıǵı  $l$ , elektronlar koncentraciyası  $n$  hám kesim maydanı  $S$  bolǵan ótkizgishti kórip shıǵamız (8.3-súwret). Ótkizgish ushlarına  $U$  kernew berilse, payda bolǵan maydan kernewligi  $E = \frac{U}{l}$  tásirinde elektron-

lar  $a = \frac{eE}{m}$  tezleniw aladı.  $t$  waqıttan keyin elektronnıń tezligi  $v = \frac{eEt}{m}$  boladı.  $t$  – elektronnardıń eki soqlıǵısıwları aralıǵındaǵı waqıt. Soqlıǵısıwlarda elektron tezliginiń baǵıtı ózgeredi, biraq ortasha tezlik ózgermeydi

$$v_{\text{ort}} = \frac{eEt}{2m}. \quad (8.2)$$

Tok kúshi sıpatlaması boyınsha

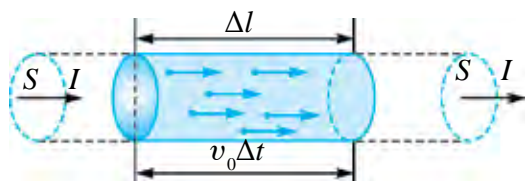
$$I = \frac{q}{t} = \frac{enV}{t} = \frac{enSl}{t} = enSv_{\text{ort}} \quad (8.3)$$

Bunda (8.1) esapqa alınsa,

$$I = \frac{ne^2t}{2m_e} \frac{S}{l} U \quad (8.4)$$

ǵa iye bolamız.

$\gamma = \frac{ne^2t}{2m_e} \frac{S}{l}$  – ańlatpa elektr ótkiziwshelik delinedi.  $\gamma = \frac{1}{R}$  ótkizgishlik ekenligi esapqa alınsa,  $R = \frac{2m_e}{ne^2t} \frac{l}{S}$  – elektr qarsılıǵınıń ańlatpası kelip shıǵadı.



8.3-súwret.

Bunda  $\frac{2m_e}{ne^2t} = \rho$  – salıstırmalı qarsılıq delinedi. Salıstırmalı qarsılıq delingende uzınlıǵı  $l$  m, kесе kesim maydanı  $1 \text{ m}^2$  bolǵan ótkizgish qarsılıǵı

túsiniledi.

Solay etip

**Shunjırdıń bir bóliminen ótiwshi tok kúshi, ótkizgish ushlarına qoyılǵan kernewge hám ótkizgishlikke tuwrı proporcional bóladi.**

$$I = \gamma \cdot U. \quad (8.5)$$

Bul baylanıstı XIX ásir basında tajiriybe jolı menen nemis fizigi G. Om tapqan edi. Ádette, bunday baylanıs

$$I = \frac{U}{R} \quad (8.6)$$

kóriniste ańlatıladı.

8.4-súwrette turaqlı temperaturada eki metall ótkizgishten ótiwshi tok kúshiniń ótkizgish ushlarına qoyılǵan kernewge baylanıslı ekenligi keltirilgen.

**Ótkizgishler, ásbaplar hám tutınıwshılardan ótiwshi tok kúshiniń kernewge baylanıslıq grafigi volt-ampere xarakteristikası delinedi (VAX).**

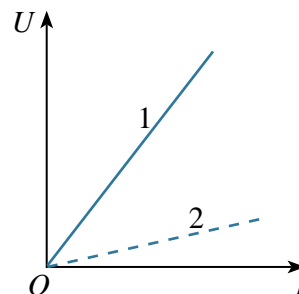
Zatlardıń salıstırmalı elektr ótkizgishligi boyınsha alınǵan nátiyjeler sanaat hám xalıq xojalıǵında qollanılatuǵın elektrotexnikalıq ónimlerdi tayarlawda ayrıqsha áhmiyetke iye. Tok ótkiziwshi kabel ushın, elektr toǵın ótkiziw qábileti boyınsha, metall ótkizgishler tańlanadı. Material nadurıs tańlansa, kernew ózgeriwi nátiyjesinde kabeldiń qızıp ketiwi hámde órt shıǵıwına sebep bolıwı múmkin.

Metallardan eń úlken elektr ótkizgishlikke iye bolǵan material gúmis esaplanadı. Gúmistıń salıstırmalı elektr ótkizgishligi 20°C da 63,3 MS/m ge teń. Gúmisten elektr sımların tayarlaw qımbatqa túsip ketiwi sebepli elektr ótkiziw qábileti jaǵınan keyingi orında turatuǵın mıstan paydalanıladı. Onıń salıstırmalı elektr ótkizgishligi 58,14 MS/m ge teń. Mıs ótkizgishler turmıs xızmetinde hám óndiriste keń qollanıladı. Eriw temperaturası joqarı bolǵanlıqtan ol elektr júklemelerine shıdamlı hám qızǵan halda uzaq múddet isley aladı.

Qollanıwına qarap alyuminiy ótkizgishler mıstan keyingi orında turadı. Onıń salıstırmalı elektr ótkizgishligi 20°C da 35,71 MS/m ge teń. Onıń eriw temperaturası mısqa salıstırǵanda shama menen eki ese az bolıp, júklemelerge shıdamlılıǵı tómen.

Salıstırmalı elektr ótkizgishligi kishi bolǵan (nixrom 0,9 MS/m, fexral 0,77 MS/m) aralaspalardan elektr ısıtıwshi ásbaplardıń spiralları tayarlanadı.

Elektrolitlerde salıstırmalı elektr ótkizgishlik temperaturaǵa, eritpe koncentraciyasına, elektrolit tabiyatına baylanıslı. Elektrolit eritpelerdiń salıstırmalı elektr ótkizgishligi (metallardan ayırmashılıǵı) temperatura kóteriliwi menen artadı. Koncentraciya artıwı menen elektrolit eritpelerdiń salıstırmalı elektr ótkizgishligi dáslep artadı, sońınan maksimal mániske eriskennen keyin kemeye baslaydı.



8.4-súwret

Salıstırmalı qarsılıq yaqi salıstırmalı elektr ótkızgıshlıktı ólshew ushın *kondyktometr* dep atalatuğın ásbaplar qollanıladı. Kondyktometr járdemınde suwdıń, kondensattıń yaqi puwdıń sapası qadağalanadı. Qollanılıw tarawı – farmakologiya, medicina, bioximiya, biofizika, ximiyalıq texnologiya, azıq-awqat sanaatı, suwdı tazalaw hám t.b.



1. Metallarda qanday bólekshelerdıń tártıplı qozđalıstı sebeplı elektr toğı payda boladı?
2. Sanaatta tek elektr ótkızgıshlıđı joqarı bolđan materiallar qollanıla ma?
3. Ásbaptıń volt-amper xarakteristikası delıngende ne túsıniledı?

### 36-tema. TOK KÚSHI HÁM TOKTÍŃ TÍGÍZLÍĐI. ELEKTR TOĐINÍN TÁSIRLERI

Eger ótkızgıshtıń kese kesim maydanınan qálegen teń waqıtlar ishınde teń muđdardađı zaryadlar ađıp ótse, ótkızgıshısten **turaqlı tok** ótpekte delinedı.

Ótkızgıshtıń kese kesim maydanınan ağıp ótken zaryad muğdarı ( $q$ ) nıń usı jumsalđan  $t$  waqıt aralığına qatnası menen ólshenetuđın fizikalıq shamağa **tok kúshi** delinedı:

$$I = \frac{q}{t}. \quad (8.7)$$

Elektr tođınınıń tiykarđı xarakteristikalarınan biri **tok tıgızlığı** ( $j$ ) esaplanadı. Tok tıgızlığı dep, tok kúshi  $I$  dıń tok ağıp otıp atırđan bağıtqa perpendikulyar bolđan kese kesim maydanı  $S$  qa qatnası menen ólshenetuđın fizikalıq shamağa aytıladı:

$$j = \frac{I}{S}. \quad (8.8)$$

Tok tıgızlıđınıń ólshem birlığı retınde  $\frac{A}{m^2}$  qabıl etılgen.

Tok kúshın

$$I = nev_{ort} S$$

kórinıste ańlatıw múmkin. Bunda:  $n$  – zaryad tasıwshılar koncentracıyası;  $e$  – elektron zaryadı;  $v_{ort}$  – zaryadlı deneler tártıplı qozđalıstıńın ortasha tezlığı;  $S$  – tok ótip atırđan ótkızgıshtıń kese kesim maydanı.



Ol jaǵdayda tok tıǵızlıǵın

$$j = \frac{I}{S} = \frac{nev_{\text{ort}}S}{S} = nev_{\text{ort}} \quad (8.9)$$

$ne$  – kóbeyme zaryad tıǵızlıǵın xarakterleydi (birlik kólemdegi zaryad). Sonlıqtan  $j = r_e v_{\text{ort}}$  boladı.

Tok tıǵızlıǵı vektorlıq shama bolıp, oń bólekshe tezligi  $v_{\text{ort}}$  baǵıtı menen sáykes túsedı.

Ótkizgishtegi tok tıǵızlıǵı, ótkizgish qanshelli dárejede elektr energiyası menen júklengenligin kórsetedi. Otkizgishte artıqsha shıǵınlarǵa jol qoymaw hámde qımbatqa túspew ushın ondaǵı tok tıǵızlıǵın optimal halda tańlaw kerek boladı.

Tok tıǵızlıǵı shamasına ótkizgish materialı tásir etpese de, texnikada ótkizgishtıń salıstırılmalı qarsılıǵı hám uzınlıǵına qarap tańlanadı. Turmıslıq maqsetlerde qollanılatuǵın ótkizgishler toqtıń únemli rejimine sáykeslep tańlanadı.

Úylerde qollanılatuǵın sımlar uzın bolmaǵanlıqtan, onıń únemli tok tıǵızlıǵı 6–15 A/mm<sup>2</sup> aralıǵında alınadı. Úydegi sıbaw astına jaylastırılǵan diametri 1,78 mm (2,5 mm<sup>2</sup>) bolǵan PVX izolyaciyalı mıs ótkizgish 30, hátte 50 A tok kúshine shıdam bere aladı.

Elektr uzatıw liniyalarında únemli tok tıǵızlıǵı kishi bolıp, 1–3,4 A/mm<sup>2</sup> átirapında boladı. Sanaat jiyiligi (50 Hz) de isleytuǵın elektr mashinaları hám transformatorlarında bul mánis 1 den 10 A/mm<sup>2</sup> ge shekem baradı.

Suyıqlıqlarda elektr toǵı úyrenilgende elektrodarda zat muǵdarı bólinip shıqqanlıǵı menen tanıssız. Demek, ayırım ortalıqlardan elektr toǵı ótkende ximiyalıq ózgerisler júz beredi eken. 8-klastan, sonday-aq, elektr toǵı ótkende ótkizgishlerdiń qızatuǵının bilesiz. Demek, elektr toǵınıń jıllılıq tásirleri de bar. Onnan turmıs xızmeti, sanaatta keń paydalanıladı.

Ótkizgishlerden tok ótkende onıń átirapında magnit maydanı bolatuǵının tuńǵısh ret daniyalı alım Xans Kristian Ersted 1820-jılı anıqlaǵan edi. Sonnan soń kóp ótpey fransuz alımı Andre Mari Amper toklı ótkizgishlerdiń óz ara tásirlesetuǵının ashadı. Keyingi izertlewler toklı ótkizgishler magnit maydanı arqalı tásirlesetuǵının kórsetti. Toktıń magnit tásin úyreniw elektrotexnikanıń kúshli rawajlanıwına alıp keldi. Atap ótiw lazım, tok metallardan, elektrolitlerden, gazlardan hám yarımótkizgishlerden ótkende de toktıń magnit tási bar boladı.

Metallardan tok ótkende onıń ximiyalıq tási baqlanbaydı.

### Másele sheshiw úlgisi

Diametri 1 mm bolǵan ótkizgishten 5 A tok ótpekte. Ótkizgishtegi tok tıǵızlıǵın esaplań.

| Berilgen:                           | Formulası:            | Sheshiliwi:                                                                                                                   |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $D=1 \text{ mm}$<br>$I=5 \text{ A}$ | $j=\frac{I}{S}$       | $S=\frac{3,14 \cdot 1^2}{4}=0,785 \text{ mm}^2.$                                                                              |
| Tabıw kerek<br>$j=?$                | $S=\frac{\pi D^2}{4}$ | $j=\frac{5 \text{ A}}{0,785 \text{ mm}^2}=6,37 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}.$<br>Juwabı: $6,37 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}.$ |



1. Tok kúshi degenimiz ne?
2. Tok tıǵızlıǵının turmıs xızmetindegi hám sanaattaǵı áhmiyeti nede?
3. Elektr toǵının tásirlerin túsindirip beriń.

## 37-tema. TOLÍQ SHÍNJİR USHÍN OM NÍZAMÍ.

### TOK DEREGINIŇ PAYDALÍ JUMÍS KOEFFICIENTI

Ótkizgishten tok ótkende ol qızadı hám belgili muǵdarda jıllılıq bólinip shıǵadı. Demek, energiyanıń saqlanıw nızamı boyınsha, ótkizgish boylap erkin elektronlar kóshkende elektrostatikalıq maydan jumıs atqaradı. Biraq, elektr shınjırında energiya bólinip shıqsa, energiyanıń saqlanıw nızamı boyınsha, sonsha energiya elektr shınjırına keliwi kerek. Mınaday soraw tuwıladı: bul shınjırdıń qaysı bóliminde júz beredi hám qanday fizikalıq processler nátiyjesinde energiya elektr shınjırına beriledi? Dáslep anıqlastırıp alamız: elektr shınjırındaǵı energiya deregi wazıypasın elektrostatikalıq maydan atqara ala ma?

Atqara almaydı, sebebi 33-temada kórip ótilgenindey elektrostatikalıq maydanda zaryadı tuyıq traektoriya boylap koshiriwde atqarılgan jumıs nolge teń. Demek, tek elektrostatikalıq maydan tásirinde erkin zaryadlar tuyıq shınjır boylap qozǵala almaydı.

Aytılǵanlardan mına nárse kelip shıǵadı, shınjırdıń qanday da bir bóliminde zaryadlarǵa elektrostatikalıq bolmaǵan kúshler tásir etiwı kerek. Bul kúshler sırtqı kúshler delinedi. Olar zaryadqa tok dereginiń ishinde tásir etip, dál usı kúshler energiyanı elektr shınjırına jetkerip beredi.

Tok dereginde sırtqı kúshler tásirinde zaryadlardıń ajralıwı júz beredi. Nátiyjede derektiń bir polyusinde oń zaryad, ekinshi polyusinde teris zaryad toplanadı. Polyusler arasında potenciallar ayırmashılıǵı payda boladı.

Toktıń ximiyalıq dereklerinde sırtqı kúshler ximiyalıq tabiyatqa iye boladı. Máselen, eger cink hám mıs elektrodlar sulfat kislotaga túsirilse, cinktiń oń ionları, mıstıń oń ionlarına salıstırǵanda elektrodın tez-tez taslap ketip turadı. Nátiyjede mıs hám cink elektrodlar arasında potenciallar ayırmashılıǵı payda boladı: mıs elektrodtıń potencialı, cinktikine salıstırǵanda úlken boladı. Mıs elektrod *tok dereginiń oń polyusi*, al cink elektrod *teris polyusi* bóladı.

Tok dereginde sırtqı kúshler erkin zaryadlardı elektrostatalıq maydan kúshlerine qarsı kóshiriwde  $A_{\text{sırtqı}}$  jumıs atqaradı.

Bul jumıs berilgen waqıt ishinde shınjır boylap koship atırǵan  $q$  zaryad muǵdarına proporcional boladı. Sonlıqtan sırtqı kúshlerdiń atqarǵan jumısınıń zaryad muǵdarına qatnası  $A_{\text{sırtqı}}$  ǵa da,  $q$  ǵa da baylanıslı bolmaydı. Demek, ol tok dereginiń xarakteristikası esaplanadı. Bú qatnas, yaǵnıy birlik  $q$  oń zaryadtı tuyıq shınjır boylap kóshiriwde atqarılǵan jumıs dereginiń **elektr qozǵawshı kúshi (EQK)** delinedi hám  $\mathcal{E}$  háribi menen belgilenedi:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{sırtqı}}}{q}. \quad (8.9)$$

EQK kernew sıyaqlı voltlarda ólshenedi.

Eger shınjırdaǵı tok kúshi  $I$  bolsa,  $t$  waqıt ishinde shınjırdan  $q = It$  zaryad ótedi. Sonlıqtan (1) formulanı tómendegishe jazıp alamız

$$A_{\text{sırtqı}} = \mathcal{E} It. \quad (8.10)$$

Bul payıtta tok dereginiń ishinde hám sırtqı shınjırda

$$Q_{\text{ishki}} = I^2 r t \quad \text{hám} \quad Q_{\text{sırtqı}} = I^2 R t \quad (8.11)$$

jıllılıq muǵdarı bólinip shıǵadı. Bunda  $r$ —dereginiń qarsılıǵı bolıp, ol **ishki qarsılıq** dep ataladı.

Energiyanıń saqlanıw nızamı

$$Q_{\text{sırtqı}} + Q_{\text{ishki}} = A_{\text{sırtqı}}. \quad (8.12)$$

(8.9), (8.10) hám (8.11) lerdı (8.12) ge qoyıp, tiyisli ámeller atqarılǵannan soń

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \quad (8.13)$$

ğa iye bolamız. Bul ańlatpa *pütün shınjır ushın Om nızamı* delinedi.

$R+r$  dı shınjırdıń *tolıq qarsılıǵı* delinedi.

Pútkil shınjır ushın Om nızamın

$$\mathcal{E} = IR + Ir \quad (8.14)$$

kórinisinde jazıp alamız. Bul ańlatpadaǵı birinshi qosılıwshı, derek polyuslerindeki  $U$  kernewine teń:

$$IR = U.$$

Derek polyuslerindeki *maksimal kernew*  $\mathcal{E}$  ǵa teń. Bul  $I=0$  bolǵanda boladı. Sırtqı shınjırǵa qarsılıq jalǵanbastan ashıq qalǵanda tok kúshi nol boladı. Usı halatta

$$U_{\max} = \mathcal{E}.$$

Derek polyusleriniń arasındaǵı *minimal kernew* nolge teń. Bul halat qısqa tutasıw júz bergende, yaǵnıy sırtqı qarsılıq  $R=0$  bolǵanda baqlanadı. Búl jaǵdayda tok kúshi maksimal boladı:

$$I_{\text{qt}} = \frac{\mathcal{E}}{r}. \quad (8.15)$$

Ol *qısqa tutasıw toǵı* delinedi.

Sırtqı shınjırda atqarılǵan jumıs *paydalı jumıs* delinedi. Onı  $A_p$  menen belgileyik. Toktıń atqarǵan jumısı formulasınan paydalanıp

$$A_f = I^2 R t$$

nı alamız.

$$A_{\text{sırtqı}} = I^2 R t + I^2 r t$$

bolǵanlıqtan, paydalı jumıstıń sırtqı kúshler atqarǵan jumısına qatnasın tabamız:

$$\eta = \frac{A_p}{A_{\text{jat}}} = \frac{I^2 R t}{I^2 R t + I^2 r t} = \frac{R}{R+r}. \quad (8.16)$$

Procentlerde ańlatılǵan bul qatnas tok dereginiń PJK delinedi.

- ❓ 1. Ne sebepten elektrostatikalıq maydan elektr shınjırındaǵı energiya deregi wazıypasın atqara almaydı?
2. Sırtqı kúshler delingende ne túsıniledi?
3. Elektr júrgiziwshi kúsh delingende neniń kúshi názerde tutıladı?
4. Qısqa tutasıw qanday qubılıs?

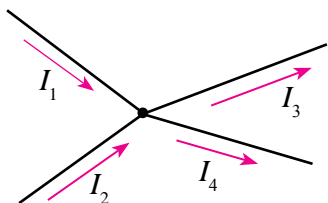
### 38-tema. TOK DEREKLERIN IZBE-IZ HÁM PARALLEL JALǴAW

Elektr toǵınıń ximiyalıq derekleriniń polyuslerinde payda bolatuǵın EQKniń mánisi kishi boladı. Máselen, galvanikalıq elementler toparına kiretuǵın Daniel elementiniń EQK 1,11 V ǵa, Leklanshe elementiniki 1,4 V ǵa teń. Kislotalı akkumulyatorın zaryadlaǵan waqıtta ólshengen EQK 2,7 V bolsa, siltili akkumulyatorlardiki 1,3 V boladı.

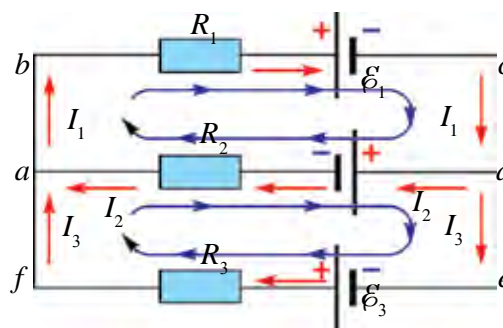
Kóplegen texnikalıq qurılmaları qollanıw ushın joqarı kernew talap etiledi. Máselen, avtomobil motorın aylandırıp iske túsirip jiberiw ushın joqarı quwatlı 12 V lı turaqlı tok deregi kerek boladı. Bunday payıtlarda elementler yaqı akkumulyatorlardı óz ara izbe-iz yaqı parallel jalǵaw kerek boladı.

Tok dereklerin óz ara izbe-iz yaqı parallel jalǵawda payda bolǵan shınjırlardaǵı tok kúshi hám kernewlerdi esaplawda Kirxgof qaǵıydalarınan paydalanıladı.

Tok ótkiziwshi sımlardan keminde úshewi ushırasatuǵın noqat **túyin** delinedi. Túyinge kiretuǵın tok baǵıtı oń, shıǵatuǵın tok baǵıtı teris dep qabıl etiledi (8.5-súwret).



8.5-súwret.



8.6-súwret.

**Kirxgoftın birinshi qağıydası.** Túyinge jalǵanǵan ótkizgishler arqalı kiretuǵın hám onnan shıǵatuǵın toklardıń algebralıq qosındısı nolge teń:

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0. \quad (8.17)$$

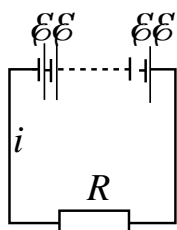
Tarmaqlanǵan shınjırlarda mudamı tok baǵıtı boyınsha bir qansha tuyıq jollardı ajratıp alıw múmkin. Bunday tuyıq jollar *kontur* dep ataladı. Ajratıp alınǵan konturdıń túrli bólimlerinde túrlishe tok ótiwi múmkin. 8.6-súwrette ápiwayı tarmaqlanǵan shınjır keltirilgen.

**Kirxgoftın ekinshi qağıydası.** Tuyıq kontur tarmaqlarındaǵı kernew túsiwleriniń algebralıq qosındısı, konturdaǵı EQKlardıń algebralıq qosındısına teń:

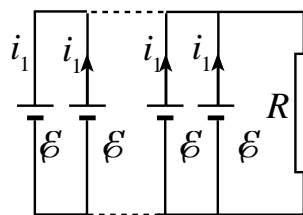
$$\begin{aligned} I_1 R_1 + I_2 R_2 &= -\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2; \\ -I_2 R_2 + I_3 R_3 &= \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2; \\ I_1 + I_2 + I_3 &= 0. \end{aligned} \quad (8.18)$$

Tok dereklerin esaplawda sırtqı kúshlerdiń baǵıtı oń esaplanadı.

Bul qağıydalardan paydalanǵan halda tok dereklerin izbe-iz hám parallel jalǵap úyrenemiz.



8.7-súwret.



8.8-súwret.

Máseleni ápiwayılastırıw ushın jalǵanıwshı barlıq elementlerdiń EQK ları  $\mathcal{E}$  ni hám ishki qarsılıqları  $r$  dı teń dep alamız.

1.  $n$  elementti izbe-iz jalǵap batareya dúzeyik (8.7-súwret). Onı sırtqı  $R$  qarsılıqqa jalǵayıq. Kirxgoftın ekinshi nızamın tuyıq konturǵa engizemiz:

$$n\mathcal{E} = I_1 R + nI_1 r.$$

Bunnan

$$I = \frac{n\mathcal{E}}{R + nr}. \quad (8.19)$$

Demek,  $n$  elementti izbe-iz jalǵap, batareya dúzilgende ulıwma EQK  $n$  ese artadı.

Bunday jalǵanıw sırtqı qarsılıq, ishki qarsılıqtan kóp ese úlken bolǵanında nátiyjesi joqarı boladı. Haqıyqatında da,  $R \gg nr$  bolǵanda, (8.19) formuladaǵı  $nr$  di  $R$  ǵa salıstırǵanda esapqa almasa da boladı. Ol jaǵdayda

$$I \approx \frac{n\varepsilon}{R},$$

yaǵnıy  $n$  element izbe-iz jalǵanǵanda shınjırdaǵı tok kúshi, bir elementke salıstırǵanda  $n$  ese boladı.

2. Batareyanı  $n$  elementti parallel jalǵap shınjır dúzeyik (8.8-súwret). Onı sırtqı  $R$  qarsılıqqa jalǵayıq. Kirxgoftıń eki nızamın tuyıq konturǵa engizemiz.

$$I = nI_1, \quad \varepsilon = IR + I_1r$$

Bunda:  $I_1$  – bir elementten ótiwshi tok kúshi. Bunnan,

$$I = \frac{\varepsilon}{R + \frac{r}{n}}. \quad (8.20)$$

Demek,  $n$  elementti parallel jalǵap, batareya dúzilgende ulıwma EQK ózgermeydi, ishki qarsılıǵı  $n$  ese kemeyedi.

Parallel jalǵaw sırtqı qarsılıq ishki qarsılıqqa salıstırǵanda kishi bolǵan jaǵdaylarda jaqsı nátiyje beredi.  $R \ll r$  bolǵanda (8.25) formulanı

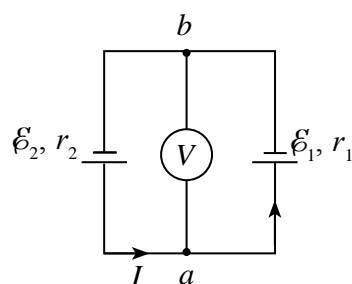
$$I \approx n \frac{\varepsilon}{r}$$

kóriniste jazıp alamız.

Bunnan ulıwma tok kúshi, bir element beretuǵın tok kúshine salıstırǵanda  $n$  ese artatuǵını kelip shıǵadı.

Ámeliyatta element EQKları hám ishki qarsılıqları hár qıylı bolǵan halatlar bolıwı múmkin.

Dáslep, derektiń birdey belgidegi polyusları óz ara jalǵanǵan jaǵdaydı qarayıq. 8.9-súwrettegi elektr sızılmada ishki qarsılıqları  $r_1$  hám  $r_2$  hámde EQK ları  $\varepsilon_1$  hám  $\varepsilon_2$  bolǵan eki elementtiń birdey



8.9-súwret.

belgidegi polyusleri óz ara jalǵanǵan halat keltirilgen. Sızılmanıń *a* hám *b* noqatlarına jalǵanǵan voltmetr neni kórsetedi? Bunda voltmetrdiń ishki qarsılıǵı elementlerdiń ishki qarsılıǵınan kóp ese ulken dep qaraladı.

Eger  $\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1$  bolsa, shıńjırdaǵı tok baǵıtı 8.9-súwrette kórsetilgenindey boladı. Voltmetrdiń ishki qarsılıǵı úlken bolǵanlıqtan onnan ótiwshi toktı esapqa almaymız. Kirxgoftıń ekinshi qaǵıydası boyınsha, elementlerdiń ishki qarsılıqlarındaǵı potencial túsiwleri elementler EQKları qosındısına teń.

$$Ir_1 + Ir_2 = \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1. \quad (8.21)$$

Bunda minus belgisi alınıwına sebep, elementler shıńjırda qarama-qarşı baǵıttaǵı toklardı payda etedi. Bunnan shıńjırdan ótiwshi tok kúshi

$$I = \frac{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1}{r_1 + r_2} \quad (8.22)$$

ǵa teń boladı.

Voltmetrdiń kórsetiwi

$$U = \mathcal{E}_1 + Ir_1 = \frac{\mathcal{E}_2 r_1 + \mathcal{E}_1 r_2}{r_1 + r_2} \quad (8.23)$$

ǵa teń boladı.

### Másele sheshiw úlgisi

Ishki qarsılıqları  $0,4 \Omega$  hám  $0,6 \Omega$  bolǵan eki tok dereginen biriniń EQK  $2 \text{ V}$ , ekinshisiniki  $1,5 \text{ V}$  qa teń bolıp, 8.9-súwrette kórsetilgenindey jalǵanǵan. *a* hám *b* noqatlar arasındaǵı kernewdi tabıń.

| Berilgen:                                                                                                    | Formulası:                                                    | Sheshiliwi:                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $r_1 = 0,6 \Omega$<br>$r_2 = 0,4 \Omega$<br>$\mathcal{E}_1 = 2 \text{ V}$<br>$\mathcal{E}_2 = 1,5 \text{ V}$ | $U = \frac{\mathcal{E}_2 r_1 + \mathcal{E}_1 r_2}{r_1 + r_2}$ | $U = \frac{1,5 \text{ V} \cdot 0,4 \Omega + 2 \text{ V} \cdot 0,6 \Omega}{0,4 \Omega + 0,6 \Omega} = 1,8 \text{ V}.$ |
| Tabıw kerek<br>$U = ?$                                                                                       |                                                               | <i>Juwabi:</i> $U = 1,8 \text{ V}.$                                                                                  |



1. Kirxgof qaǵıydalarınan qanday shıńjırlardı esaplawda paydalanıw múmkin?

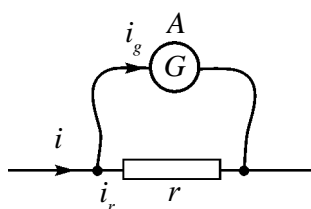
2. Tok dereklerin izbe-iz jalǵaw qanday jaǵdaylarda paydali boladı?

3. Qanday jaǵdaylarda tok derekleri parallel jalǵanadı?

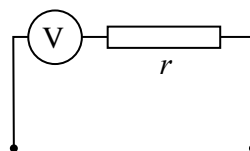


### 39-tema. AMPERMETR HÁM VOLTMETRDIŇ ÓLSHEW SHEGARASÍN ARTTÍRÍW

Elektr shınjırlarında qollanılatusın elektr ólshew ásbapları belgili shegarada isley aladı. Máselen, galvanometr júdá sezgir ásbap bolıp júdá kishi tok kúshi hám kernewdi ólshey aladı. Olardıń ólshew shegarasın arttırıw ushın olarǵa qosımsha ráwishte qarsılıqlar jalǵanadı.



8.10-súwret.



8.11-súwret.

Galvanometrди ampermetr sıpatında qollanıw ushın oǵan parallel tárizde **shunt** dep atalatusın, shaması júdá kishkene bolǵan qarsılıq jalǵanadı (8.11-súwret).

Galvanometr qarsılıǵın  $R$ , shunt qarsılıǵın  $r$  menen belgileyik. Galvanometr hám shunt óz ara parallel jalǵanalıqtan olardıń ushlarındaǵı kernew  $U$  ǵa teń boladı. Ol jaǵdayda galvanometrden hám shunttan ótiwshi tok kúshleri

$$I_g = \frac{U}{R} \quad \text{hám} \quad I_r = \frac{U}{r}$$

ǵa teń boladı. Shınjırdaǵı ulıwma tok kúshi  $I$ , galvanometrden ótiwshi tok kúshi  $I_g$  dan  $n$  ese úlken bolsın:

$$I = n \cdot I_g; \quad \frac{I_r}{I_g} = \frac{R}{r} = n$$

Shınjırdaǵı tok kúshi  $I = I_g + I_r = I_g n + I_g = I_g (n + 1)$ ,  
yaki

$$\frac{I_g}{I} = \frac{1}{n+1}.$$

Solay etip, galvanometrden ótiwshi tok kúshi, ulıwma tok kúshinen  $(n + 1)$  ese kishi boladı. Tok kúshleri ańlatpaları arqalı galvanometrge jalǵanatusın shunt qarsılıǵın tabamız:

$$\frac{U}{R}(n-1) = \frac{U}{r}, \quad r = \frac{R}{n-1}. \quad (8.24)$$

Solay etip galvanometrge parallel ráwishte qarsılıǵı  $r$  bolǵan shunt jalǵansa, onıń ólshew shegarası  $n$  ese artadı hám ásbap shkalasınıń bóliniw dárejesi  $(n+1)$  ese artadı.

Galvanometrdi voltmetr sıpatında qollanıw ushın oǵan izbe-iz tárizde qosımsha qarsılıq jalǵanadı (8.11-súwret). Bunda da galvanometr qarsılıǵın  $R$ , qosımsha qarsılıǵın  $r$  menen belgileyik. Galvanometr hám qosımsha qarsılıq óz ara izbe-iz jalǵanǵanlıqtan olardan ótiwshi tok kúshleri

$I = I_g = I_r$  boladı.  $R$  hám  $r$  izbe-iz jalǵanǵanlıǵı sebepli ulıwma kernew

$$U = I(R+r) = IR + I \cdot r$$

boladı. Shinjirdaǵı ulıwma kernew  $U$  dı  $U_g$  ǵa qatnasın

$$n = \frac{U}{U_g} \text{ dep alamız.}$$

Bunda  $U_g$  – galvanometrdiń kernewdi ólshew shegarası. Ulıwma kernew ańlatpasınıń eki tárepin de  $U_g$  ǵa bólip jibersek,  $n = 1 + \frac{r}{R}$  boladı. Bunnan

$$r = R(n-1). \quad (8.25)$$

Demek, galvanometrge izbe-iz jaǵdayda  $r$  qarsılıq jalǵansa, onıń kernewin ólshew shegarası  $n$  ese artadı eken. Bul jaǵdayda ásbap shkalasınıń bóliniw dárejesi  $(n+1)$  ese artadı.

Ádette, úlken mánisli kernewlerdi ólsheytuǵın voltmetrler usı principe isleydi.

### Másele sheshiw úlgisi

1. Qarsılıǵı  $0,04 \Omega$  bolǵan shunt jalǵanǵan ampermetr tarmaqqa jalǵanǵanda  $5 \text{ A}$  di kórsetdi. Ampermetrdiń ishki qarsılıǵı  $0,12 \Omega$ . Shinjirdiń tarmaqlanbaǵan bólimindegi tok kúshin tabıń.

| Berilgen:                                                       | Formulası:                                                  | Sheshiliwi:                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $r = 0,04 \Omega$<br>$I_A = 5 \text{ A}$<br>$R_A = 0,12 \Omega$ | $r = \frac{R}{n-1},$<br>$n = \frac{R}{r} + 1$<br>$I = nI_A$ | $n = \frac{0,12\Omega}{0,04\Omega} + 1 = 3 + 1 = 4;$<br>$I = 4 \cdot 5 \text{ A} = 20 \text{ A.}$ |
| Tabıw kerek<br>$I = ?$                                          |                                                             | <i>Juwabi: 20 A.</i>                                                                              |

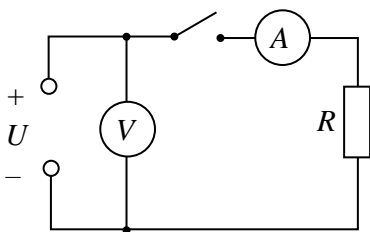


1. Ampermetrge shunt qalay tañlanadi?
2. Voltmetrga jalǵnatuǵın qosımsha qarsılıq qalay tañlanadi?
3. Voltmetrge qosımsha qarsılıq parallel jalǵap qoyılsa ne boladı?

## 40-tema. LABORATORIYA JUMISI: TOK DEREGINIŃ EQK HÁM ISHKI QARSILIGIN ANIQLAW

**Jumistiń maqseti:** ampermetr hám voltmetr járdeminde tok dereginiń elektr júrgiziwshi kúshin hám ishki qarsılıǵın anıqlaw.

**Kerekli ásbaplar:** 1) laboratoriya universal tok deregi yaki akkumulyator batareyası; 2) ampermetr; 3) voltmetr; 4) gılt; 5) ótkizgish simları; 6)  $10 \Omega, 20 \Omega$  lı qarsılıqlar.



8.12-súwret.

### Jumistiń orınlanıwı.

1. 8.12-súwrette keltirilgen elektr shınjırǵı jıynaladı. Shınjırǵa  $10 \Omega$  lı qarsılıq jalǵanadı.
2. Gılt ashıq halda voltmetr kórsetiwi  $U_V$  jazıp alınadı.  $U_V = \mathcal{E}$  ge teń dep alınadı.
3. Gılt jalǵanadı hám ampermetr kórsetiwi  $I_A$  jazıp alınadı.
4. Nátiyjeleri kestege kóshiriledi.

| Tájiriye № | $U_V, V$ | $U_2, V$ | $I_A, A$ | $\mathcal{E}, V$ | $r, \Omega$ |
|------------|----------|----------|----------|------------------|-------------|
| 1.         |          |          |          |                  |             |
| 2.         |          |          |          |                  |             |

5. Tok dereginiń ishki qarsılıǵı  $r = \frac{\mathcal{E} - U_2}{I}$  den esaplanadı hám nátiyjesi kestege kóshiriledi.

6. Shınjırǵa  $20 \Omega$  lıq qarsılıq jalǵanıp tájiriye tákirarlanadı.

7. 1-tájiriye hám 2-tájiriyelerde tabılǵan  $r_1$  hám  $r_2$  lerdı salıstırıń.



1. Elektr shınjırǵıń qaysı bólimi ishki, qaysı bólimi sırtqı shınjır delinedi?
2. Derektiń EQK degende neni túsinemiz?
3. Derektiń ishki qarsılıǵı neniń esabınan payda boladı?

## 8-shinigiw

1. Batareyanıń EQK 1,55 V. Ol qarsılıǵı  $3 \Omega$  bolǵan sırtqı qarsılıqqa jalǵanǵanda batareya qısqıshlarındaǵı kernew 0,95 V qa teń boldı. Batareyanıń ishki qarsılıǵı nege teń?

2. EQK 30 V bolǵan batareya jalǵanǵan tok shınjırındaǵı tok kúshi 3 A ge teń. Batareya qısqıshlarındaǵı kernew 18 V. Batareyanıń ishki qarsılıǵın hám sırtqı shınjır qarsılıǵın tabıń.

3. Elektr toǵı deregin  $5 \Omega$  lı qarsılıqqa jalǵanǵanda shınjırdaǵı tok kúshi 5 A ge,  $2 \Omega$  lı qarsılıqqa jalǵanǵanda shınjırdaǵı tok kúshi 8 A ge teń boldı. Derektiń ishki qarsılıǵın hám EQK in tabıń (*Juwabr:*  $3 \Omega$ ; 40 V).

4. Tok deregi elementiniń EQK 1,5 V. Qısqa tutasıw toǵı 30 A. Elementtiń ishki qarsılıǵı nege teń? Eger elementtiń qarsılıǵı  $1 \Omega$  bolǵan katushkaǵa jalǵansa, element polyuslerindegi kernew qanshaǵa teń boladı?

5. Eger batareyaǵa jalǵanǵan sırtqı qarsılıq  $n$  ese artqanda, qarsılıqtaǵı kernew  $U_1$  den  $U_2$  ge artsa, batareyanıń EQK nege teń? (*Juwabr:*  $\mathcal{E} = U_1 \cdot U_2 (n-1)/(U_1 n - U_2)$ ).

6. Qanday sharayatta batareya ushlarındaǵı kernew onıń EQKnen úlken bolıwı múmkin?

7. EQK  $\mathcal{E}_1$  hám  $\mathcal{E}_2$  bolǵan elementler parallel jalǵanǵan. Eger olardıń ishki qarsılıqları teń bolsa, elementler qısqıshlarındaǵı potenciallar ayırmasın tabıń.

8. EQK 1,5 V hám 2 V bolǵan elementler birdey belgidegi polyusleri menen jalǵanǵan. Batareya klemmalarına jalǵanǵan voltmetr 1,7 V kernewdi kórsetti. Elementler ishki qarsılıqları qatnasın tabıń (*Juwabr:*  $r_1/r_2 = 2/3$ ).

9. EQK 1,3 V hám 2 V bolǵan elementlerdiń ishki qarsılıqları sáykes ráwishte  $0,1 \Omega$  hám  $0,25 \Omega$  ǵa teń. Olar parallel jalǵanǵan. Shınjırdaǵı tok kúshi hám elementler qısqıshlarındaǵı kernew tabılsın.

10. Voltmetrdiń tórt ólshew shegarası bar: 3, 15, 75, 150 V. Ásbaptan ótiwi múmkin bolǵan tok kúshi 0,8 mA. Eger voltmetrdiń ishki qarsılıǵı  $1000 \Omega$  bolsa, ogan jalǵanatuǵın qosımsha qarsılıqlar  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  hám  $R_4$  lerdı tabıń (*Juwabr:* 9,49,249 hám 499 k $\Omega$ ).

11. Ishki qarsılıǵı  $200 \Omega$  bolǵan galvanometr tok kúshi 100 mA bolǵanda pútin shkalasına burıladı. Oǵan qanday qarsılıq izbe-iz jalǵansa, voltmetr sıpatında islep, 2 V kernewge shekem ólshey aladı?

## VIII bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları

1. Tok dereginiń elektr júrgiziwshi kúshi qanday birlikte ańlatıladı?  
A) N;                                      B) J;                                      C) A;                                      D) V.
2. Derektiń EQK 12 V. Derek ishinde 50 C zaryadtı bir polyusten ekinshisine kóshiriwde sırtqı kúshler neshe djoul jumıs atqaradı?  
A) 60;                                      B) 50;                                      C) 330;                                      D) 600.
3. Metallar elektr ótkizgishliginiń klassikalıq teoriyasın kim birinshi bolıp jaratqan?  
A) P.Drude hám golland fizigi X.Lorenc;  
B) E.R. Siemens;  
C) K.Rikke;  
D) T.Styuart hám R.Tolmen.
4. Ampermetrge jalǵanatuǵın shunt qalay tańlanadı hám jalǵanadı?  $R_A$  – ampermetr qarsılıǵı,  $r$  – shunt qarsılıǵı.  
A)  $R_A > r$ , parallel jalǵanadı;                                      B)  $R_A > r$ , izbe-iz jalǵanadı;  
C)  $R_A < r$ , izbe-iz jalǵanadı;                                      D)  $R_A < r$ , parallel jalǵanadı.
5. Voltmetrge jalǵanatuǵın qosımsha qarsılıq qalay tańlanadı hám jalǵanadı?  $R_v$  – voltmetr qarsılıǵı,  $r$  – qosımsha qarsılıǵı.  
A)  $R_v > r$ , parallel jalǵanadı;                                      B)  $R_v > r$ , izbe-iz jalǵanadı;  
C)  $R_v < r$ , izbe-iz jalǵanadı;                                      D)  $R_v < r$ , parallel jalǵanadı.
6. Elektr shınjırı qarsılıǵı  $4 \Omega$  bolǵan rezistordan hám EQK 12 V, ishki qarsılıǵı  $2 \Omega$  bolǵan tok dereginen dúzilgen. Rezistordaqı kernew túsiwi neshe volt?  
A) 8;                                      B) 2;                                      C) 4;                                      D) 12.
7. Gápti tolıqtırıń.  $n$  elementti ... jalǵap, batareya dúzilgende ulıwma EQK  $n$  ese ...  
A) ... izbe-iz ... artadı;                                      B) ... izbe-iz ... kemeyedi;  
C) ... izbe-iz ... ózgermeydi;                                      D) ...parallel ... artadı.
8.  $n$  elementti ... jalǵap batareya dúzilgende ulıwma EQK ..., ishki qarsılıǵı  $n$  ese...  
A) ... parallel ... ózgermeydi ... kemeyedi;  
B) ... parallel ... artadı ... kemeyedi;  
C) ... parallel ... ozgermeydi ... artadı;  
D) ... izbe-iz ... ózgermeydi ... kemeyedi.

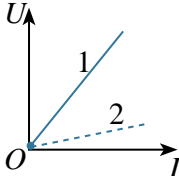
9. Ishki qarsılıǵı  $0,01 \Omega$  bolǵan tok deregi qısqa tutasqanda, tok kúshi  $1000 \text{ A}$  boldı. Derek EQKin tabıń (V).

- A) 10;                      B) 9;                      C) 12;                      D) 15.

10. Ishki qarsılıǵı  $2 \Omega$  bolǵan batareyaǵa  $50 \Omega$  lı sırtqı qarsılıq jalǵandı. Eger batareyanıń EQK  $12 \text{ V}$  bolsa, PJK (%) in tabıń.

- A) 92;                      B) 89;                      C) 96;                      D) 100.

### VIII bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar

|                                   |                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Elektr toǵı bar bolıw shártleri   | 1. Tok deregi bolıwı.<br>2. Tok ótiwshi shınjırda erkin kóshe alatuǵın zaryadlı bólekshelerdiń bolıwı.<br>3. Shınjır tuyıq bolıwı.                                                   |
| Elektr ótkizgishlik               | Elektr qarsılıǵına kerı shama.                                                                                                                                                       |
| Volt-amper xarakteristikası (VAX) | Ótkizgishler, ásbaplar hám tutınıw-shılardan ótiwshi tok kúshiniń kernewine baylanıslı grafigi.  |
| Tok tıǵızlıǵı                     | Tok kúshi ( $I$ ) niń tok aǵıp ótip atırǵan baǵıtına perpendikulyar bolǵan kese kesim maydanı ( $S$ ) ke qatnası $j = \frac{I}{S}$ ; $j = nev_{\text{ort}}$ .                        |
| Elektr qozǵawshı kúsh (EQK)       | $\mathcal{E} = \frac{A_{\text{jat}}}{q}$ – birlik zaryadtı tuyıq shınjır boylap kóshiriwde sırtqı kúshlerdiń atqarǵan jumısı.<br>Birligi – $1 \text{ V}$ .                           |
| Pútin shınjır ushın Om nızamı     | $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ .                                                                                                                                                      |
| Qısqa tutasıw toǵı                | $I_{\text{qt}} = \frac{\mathcal{E}}{r}$ – sırtqı qarsılıq nolge teń bolǵandaǵı tok kúshi.                                                                                            |
| Tok dereginiń PJK                 | $\eta = \frac{R}{R+r} \cdot 100 \%$ .                                                                                                                                                |

|                                              |                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kirxgoftıń birinshi qaǵıydası                | Túyinge jalǵanǵan ótkizgishler arqalı kiriwshi hám shıǵıwshı toklardıń algebralıq qosındısı nolge teń:<br>$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0$ .                                                      |
| Kirxgoftıń ekinshi qaǵıydası                 | Tuyıq kontur tarmaqlarındaǵı kernew túsiwiniń qosındısı, konturdaǵı EQKlerdiń algebralıq qosındısına teń:<br>$I_1 R_1 + I_2 R_2 + \dots + I_n R_n = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_n$ . |
| $n$ elementti izbe-iz jalǵap batareya dúziw  | $I = \frac{n\mathcal{E}}{R+nr}$ . $n$ elementti izbe-iz jalǵap batareya dúzilgende ulıwma EQK $n$ ese artadı.                                                                                        |
| $n$ elementti parallel jalǵap batareya dúziw | $I = \frac{\mathcal{E}}{R+\frac{r}{n}}$ $n$ elementti parallel jalǵap, batareya dúzilgende ulıwma EQK $n$ ese kemeyedi.                                                                              |
| Shunt                                        | Ampermetr ólshew shegarasın asırıw ushın ásbapqa parallel jalǵanatuǵın kishi mánisli qarsılıq<br>$r = \frac{R}{n-1}$ .                                                                               |
| Qosımsa qarsılıq                             | Voltmetr ólshew shegarasın asırıw ushın ásbapqa izbe-iz jalǵanatuǵın úlken mánisli qarsılıq,<br>$r = R(n-1)$ ge teń.                                                                                 |

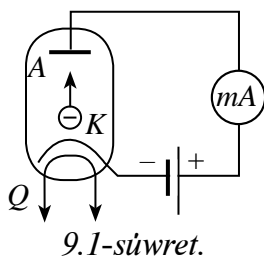
## IX bap. TÚRLI ORTALÍQLARDA ELEKTR TOĖÍ

### 41-tema. VAKUUMDA ELEKTR TOĖÍ

Vakuumda elektr toğin úyreniw ushın shiyshe yaki metall qalpaq (jabıq ıdıs) ishine bir-birinen belgili aralıqta eki elektrod ornatıladı. Qalpaq ishindegi hawa sorıp alınadı. Hawa molekulalar óz qozǵalı sı dawamında eki elektrod arasında soqlıǵıspaytuǵın dárejede sorılıwı kerek. Bunıń ushın qalpaq ishinde qalǵan hawa basımı  $p \ll 10^{-13}$  mm sın. baǵ. átirapında bolıwı kerek.

Elektrodlardan birin anod ( $A$ ) dep ataymız hám onı derektiń oń polyusine jalǵaymız. Ekinshisin katod ( $K$ ) dep ataymız hám onı derektiń teris polyusine jalǵaymız (9.1-súwret).

Anod hám katod aralıǵına kernew berilgende shınjırǵa jalǵanǵan sezgir galvanometr hesh qanday tok joqlıǵın kórsetedi. Al, bul vakuumda tok tasıwshı zaryadlı boleksheleler joqlıǵın kórsetedi.



Zaryadlı bóleklerdi payda etiw ushın katod arnawlı qızdıǵısh ( $Q$ ) járdeminde qızdırıladı. Qızdıǵısh spiral formasında jasalıp, onnan bólek elektr toğı ótkeriledi.

**Metallardıń qızıwı sebepli olardan elektron ushıp shıǵıw qubılısına termoelektron emissiya delinedi.**

Katod qızdırılǵanda onnan ushıp shıqqan elektronlarǵa anod hám katod aralıǵına qoyılǵan elektr maydanı tásir etedi. Nátiyjede elektronlar katodtan anod tárepke tezleniw menen qozǵaladı. Anod shınjırına jalǵanǵan galvanometr tok bar ekenligin bildiredi.

Endi anodtı tok dereginiń teris polyusine, al katodtı oń polyusine jalǵayıq. Bul jaǵdayda galvanometr strelkası burılmaydı, yaǵnıy shınjırdan tok ótpeydi.



**Vakuumda elektr tođı elektronlar ađımınıń tártipli qozǵalısanıń ibarat.**

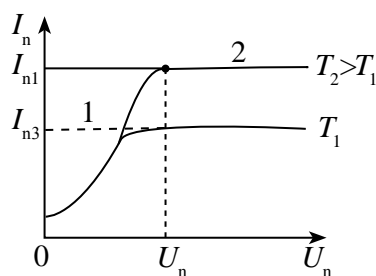
Anod hám katodtan ibarat vakuumlu lampaqá **eki elektrodlı elektron lampa – diod** delinedi.

Qálegen elektron ásbaptıń qásiyeti onıń *volt-amper xarakteristikası*, yaǵnıy onnan ótiwshi tok kúshiniń ásbapqa qoyılǵan kernewge baylanıslı ekenligi menen belgilenedi.

Diodtıń volt-amper xarakteristikasını úyreniw ushın diodtıń qızdıırǵıshına turaqlı 4 V kernew berilip, mudamı saqlanadı. Nátiyjede qızdıırǵısh birdey turaqlı  $T_1$  temperaturada qızıp turadı. Anod hám katod aralıǵındaǵı kernew nolge teń bolǵanda qızǵan katodtan atılıp shıqqan elektronlar katod átirapında *elektron bulıtı* payda etedi. Anod kernewi artıp barıwı menen elektron bulıttaǵı elektronlar anod tárepke qozǵala baslaydı hám elektron bulıtı tarqay baslaydı. Bunda kernewdiń artıwı menen anod toğı da artıp baradı (9.2-súwret). Diodtıń volt-amper xarakteristikasında bul 1-oblastqa tuwrı keledi. Biraq, keyin ala kernewdiń artıwı anod tođınıń artıwına sezilerli tásir kórsetpeydi hám xarakteristikada bul 2-oblastqa tuwrı keledi. Bul payıtta katodtan ushıp shıǵıp atırǵan barlıq elektronlar anodqa jetip baradı hám anod toğı ózgermey qaladı. Bul payıttaǵı anod toğına *toyınıw toğı* delinedi.

Qızdıırǵısh kernewin 6 V etip tájiriyebe tákirarlansa, onıń temperaturası  $T_2$  boladı. Bunda toyınıw tođınıń mánisi artadı.

Xarakteristikadan kórinip turǵanıday, tok kúshiniń kernewine baylanıslılıǵı sızıqlı emes. Xarakteristikanıń 1 bóliminde tok kúshiniń kernewine baylanıslılıǵı



9.2-súwret.

$$I_a = kU^{3/2} \quad (9.1)$$

nızamına boysınatuǵını anıqlanǵan. Bul formula **Boguslavskiy-Lengmyur formulası** delinedi.

Úlken quwatqa iye bolǵan yarımótkizgishli diodlar islep shıǵarılmastan aldın vakuumlu diodlardan turaqsız toklardı tuwrılawda paydalanılǵan.

- ❓ 1. Vakuumda elektr toğın baqlaw ushın elektron lampa ishindegi basım qanshadan kóp bolmawı kerek?
2. Vakuumda tok tasıwshı bóleksheler qalay payda etiledi?
3. Elektron bult degenimiz ne?
4. Diodtan qanday maqsetlerde paydalanıw múmkin?

## 42–tema. METALL ÓTKIZGISHLER QARSILIGININ TEMPERATURAĞA BAYLANISLILIGI

Metall ótkizgishlerdiń qarsılıǵı temperatura ózgeriwine qalay baylanıslı?

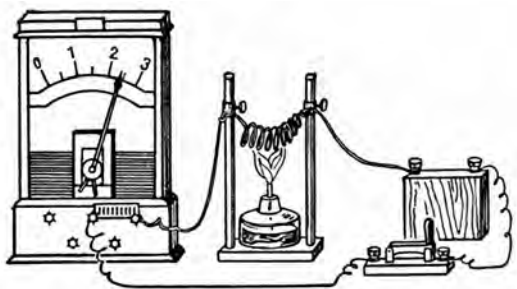
Bunı pikir júrgizip kóreyik. Bir tárepten temperaturanıń kóteriliwi erkin elektronlar tezliginiń hám soqlıǵıswlar sanınıń artıwına alıp keledi. Bunnan tisqari, kristall reshlyotka túyinlerindegi ionlardıń terbeliw amplitudası hám onıń qozǵalıstaǵı elektronlar menen soqlıǵıswlar sanı artadı. Nátiyjede zaryadlangan bólekshelerdiń tártipli qozǵalısw tezligi kemeyedi, al bul tok kúshiniń kemeyiwine alıp keledi.

Ekinshi tárepten, temperatura kóterilgende birlik kólemdegi erkin elektronlar sanı artadı. Máselen, elektrolit eritpelerde ionlar sanı artadı.

Qaysı faktor kóbirek rol oynasa, temperaturanıń artıwı ótkizgish qarsılıǵınıń artıwına yaqı kemeyiwine alıp keliwi múmkin.

Bul pikirlerdiń durılıǵın tekseriw ushın tómendegi tájiriye ótkerilgen. Elektr lampochkasına izbe-iz halda spiral formasında búklengen temir sım jalǵanǵan (9.3-súwret).

Dáslep, lampochka jarqırap janıp turadı. Spiral qızdırılsa, lampochkanıń jarqırawı kemeyedi. Eger olarǵa izbe-iz ampermetr jalǵansa, ótiwshi tok kúshiniń kemeygenligin kórsetedi. Bul tájiriye



9.3-súwret.

spiral qızdırılǵanda onıń qarsılıǵı artatuǵının kórsetedi. Usınday tájiriye basqa metallar yaqı metall aralaspaları menen ótkerip kóriw múmkin.

Demek, **metall ótkizgishler qızdırılǵanda olardıń qarsılıǵı artadı** eken.

Eger  $0^{\circ}\text{C}$  da ótkizgish qarsılıǵı  $R_0$ ,  $t$  temperaturada  $R$  bolsa, olar arasındaqı baylanıs

$$R = R_0(1 + \alpha\Delta t) \quad (9.2)$$

boladı. Bunda:  $\alpha$  – qarsılıqtıń temperatura koefficienti delinedi. Onıń fizikalıq mánisin ańlap jetiw ushın

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0\Delta t} = \frac{\Delta R}{R_0\Delta t} \quad (9.3)$$

nı payda etemiz. Demek,  $\alpha$  – koefficient, temperatura  $1^{\circ}\text{C}$  ǵa ózgergende ótkizgish qarsılıǵınıń ózgeriwi  $0^{\circ}\text{C}$  daǵı qarsılıǵınıń qansha bólimin quraytuǵının kórsetedi. Anıq isleytuǵın elektron sxemalarda ótkizgish qarsılıǵınıń temperaturaǵa baylanıslı ekenin esapqa alıw zárúr boladı. Onı esapqa almaw qosımsha qáteliklerdiń payda bolıwına sebepshi bolıwı múmkin.

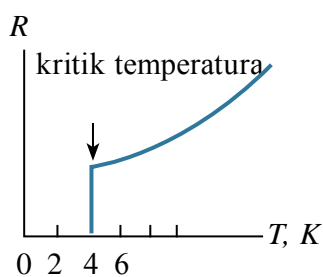
Ótkizgishler qızdırılǵanda olardıń geometriyalıq ólshemleri az ózgeredi. Ótkizgishtiń qarsılıǵı tiykarınan salıstırmalı qarsılıqtıń ózgeriwi menen ózgeredi. Salıstırmalı qarsılıqtıń temperaturaǵa baylanıslı ekenin tabıw ushın (9.2) ańlatpaǵa  $R = \rho \frac{l}{S}$  hám  $R_0 = \rho_0 \frac{l}{S}$  lar qoyıladı.

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta t). \quad (9.4)$$

Tómendegi kestede ayırım metallardıń salıstırmalı qarsılıǵınıń temperatura koefficienti keltirilgen:

| Metall yaki aralaspa | $\alpha$ , $^{\circ}\text{C}$ | Metall yaki aralaspa | $\alpha$ , $^{\circ}\text{C}$ |
|----------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Alyuminiy            | 0,0042                        | Nikelin              | 0,0001                        |
| Vismut               | 0,0046                        | Nikel                | 0,0065                        |
| Volfram              | 0,0045                        | Niobiy               | 0,003                         |
| Temir                | 0,0062                        | Nixrom               | 0,0002                        |
| Altın                | 0,0040                        | Qalayı               | 0,0044                        |
| Indiy                | 0,0047                        | Platina              | 0,0039                        |
| Kadmiy               | 0,0042                        | Sınap                | 0,0010                        |
| Kobalt               | 0,0060                        | Qorgásın             | 0,0042                        |
| Mıs                  | 0,0039                        | Gúmis                | 0,0040                        |
| Molibden             | 0,0050                        | Xrom                 | 0,0059                        |
| Natriy               | 0,0055                        | Xromal               | 0,000065                      |
| Neyzilber            | 0,0003                        | Cink                 | 0,0042                        |

Metallardıń salıstırmalı qarsılığınıń temperaturaǵa baylanıslılıǵınan *qarsılıqlı termometr*de paydalanıladı. Bunday termometrler menen júdá joqarı hám júdá tómen temperaturalardı ólshew múmkin. Máselen, platinalı termometrler menen  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$  ǵa shekem bolǵan temperaturalardı  $0,0001\text{ }^{\circ}\text{C}$  anıqlıqta ólshew múmkin.



9.4-súwret.

Solay etip, metallarda temperatura tómenlewi menen qarsılıǵı kemeyiwi hám absolyut nol temperaturada nolge teń bolıwı kerek. Biraq, ekinshi tárepten qaralsa, absolyut nol temperaturada erkin elektronlardıń tezligi de nolge umtılwı nátiyjesinde ótkizgish qarsılıǵı sheksiz úlken bolıp ketiwi kerek. Bul kózqaraslardıń qanshelli durıslıǵın tájiriye ótkerip tekseriw zárúr edi. 1908-jılı golland fizigi Kamerling-

Onnes birinshi bolıp suyıq geliydi alıwǵa eristi. Usı “geliy” temperaturalarında islew Kamerling-Onneske «asa ótkizgishlik» qubılısın ashıwǵa imkaniyat berdi. Ol aldın metallar keyin sınap penen tájiriye ótkerip kóredi. Sınap penen ótkerilgen tájiriye kútilmegen nátiyjeni beredi. Temperatura tómenlewi menen sınap qarsılıǵı tómenlep baradı hám  $4,15\text{ K}$  (suyıq geliydiń qaynaw temperaturasınan bir qansha tómen temperatura)da keskin kemeyip nolge túsip qaladı (9.4-súwret). 1911-jıl 28-aprelde Kamerling-Onnes óz nátiyjelerin járiyalaydı. Bú jańalıqtı ol **asa ótkizgishlik** dep ataydı. Bul kútilmegen effekt bolıp, sol dáwirdegi teoriyalar menen túsindiriwge bolmadı. 1912-jılı qorgasın hám qalayıda asa ótkizgishlik qubılısı baqlanadı. Keyingi izleniwlerde bunday hol koplegen metallar hám aralaspalarda  $25\text{ K}$  nen tómen temperaturalarda baqlanadı. 1957-jılı asa ótkizgishlik qubılısı Kuper hám Bogolyubovlar tárepinen teoriyalıq tiykarlandı. 1957-jılı Kollinz tárepinen ótkerilgen tájiriyede tok deregi bolmaǵan jabıq shınjırda tok  $2,5$  jıl dawamında toqtawsız aǵıp turǵan. 1986-jılı metallokeramika materiallarında joqarı temperaturalı ( $100\text{ K}$ ) asa ótkizgishlik processı baqlanǵan.

### Másele sheshiw úlgisi

Elektr lampochkasındaǵı wolframnan jasalǵan spiraldıń  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  daǵı qarsılıǵı  $30\ \Omega$  ǵa teń. Lampochkanı  $220\text{ V}$  turaqlı tok dereğine jalǵaǵanda onnan ótiwshi tok kúshi  $0,6\text{ A}$  ge teń boldı. Lampanıń janıwındaǵı spiral temperaturasın anıqlań.

| Berilgen:                                                                                               | Formulası:                    | Sheshiliwi:                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $t = 20^{\circ}\text{C}$<br>$R_1 = 30 \Omega$<br>$U = 220 \text{ V}$<br>$\alpha = 0,005 \text{ 1/grad}$ | $R = R_0(1 + \alpha\Delta t)$ | $R_0 = \frac{30\Omega}{1 + 0,005 \frac{1}{\text{grad}} 20^{\circ}\text{C}} = 27\Omega;$<br>$R = \frac{220\text{V}}{0,6\text{A}} = 366,7\Omega \approx 367\Omega;$<br>$\Delta t = \frac{367\Omega - 27\Omega}{27\Omega \cdot 0,005 \frac{1}{\text{grad}}} = 2518^{\circ}\text{C}.$ |
| Tabıw kerek<br>$\Delta t = ?$                                                                           |                               | <i>Juwabı: 2518°C.</i>                                                                                                                                                                                                                                                            |

- ?** 1. Metallarda temperatura kóteriliwi menen olardıń qarsılıǵı qalay ózgeredi?
2. Metallar qarsılıǵınıń temperaturaǵa baylanısh halda ózgeriwinen qalay paydalanıladı?
3. Asa ótkizgishlik halatınan sanaat, transportta paydalanıwdıń keleshegi qanday?

### 43-tema. YARIMÓTKIZGISHLERDE JEKE ÓTKIZGISHLIK. ARALASPALI ÓTKIZGISHLIK

Tabiyatta sonday zatlar da bolıp, olardıń birlik kólemde elektronlar sanı ótkizgishlerge salıstırǵanda az, biraq izolyator (dielektrik)larǵa salıstırǵanda kóp. Sol sebepli bunday zatlar **yarımótkizgishler** dep ataladı.

*Yarımótkizgish zatlarda temperatura kóteriliwi menen olardıń salıstırmalı qarsılıǵı kemeyedi. Júdá tómen temperaturalarda yarımótkizgish zat dielektrik bolıp qaladı.*

Metallarǵa jaqtılıq tásir etkende olardıń elektr ótkizgishligi derlik ózgermeydi. Yarımótkizgishke jaqtılıq túsirilgende olardıń elektr ótkizgishligi artadı.

Solay etip, yarımótkizgishlerdiń tiykargı parıqlı tárepleri tómendegilerden ibarat:

a) elektr ótkiziw qábiletine qarap metallar menen dielektriklerdiń aralıq halatın iyeleydi;

b) ısıtılғanda hám jaqtılıq túsirilgende salıstırmalı qarsılıǵı kemeyedi.

Yarımótkizgish qásiyetine iye bolǵan elementlerge germaniy, kremniy, tellur, selen hám taǵı basqalar kiredi. Sizge ximiya páninen belgili bolǵanıday, ximiyalıq elementler atom dúzilisi hám ózgesheligine qarap, **D.I. Mendeleevtiń dáwirli kestesinde** yarımótkizgish elementler tiykarınan III, IV hám V toparlarda jaylasqan.

#### **Yarımótkizgishlerdiń dúzilisi. Jeke ótkizgishlik**

Yarım otkizgishlerde elektr toǵınıń tabiyatın túsiniw ushın, olardıń dúzilisin biliw kerek. Bunıń ushın quramında hesh qanday sırtqı zatlar bolmaǵan sap kremniy kristalın qarayıq. Siz 9-klasta atom dúzilisi menen tanısqansız. Onda atomda elektronlar qabıq-qabıq bolıp jaylasatuǵının da bilip alǵansız.

Kremniy atomında elektronlar qabatlar boyınsha jaylasqanda onıń eń sırtqı qabıǵında tórt elektrónı jaylasadı. Qońsı atomlar bir-birin usı elektronlar járdeminde uslap turadı.

Hár bir atom qońsı atom menen óziniń bir elektrónı arqalı baylanısadı. Nátiyjede eki atom óz ara eki elektrón arqalı baylanısadı. Bunday baylanısıw **kovalent baylanıs** delinedi.

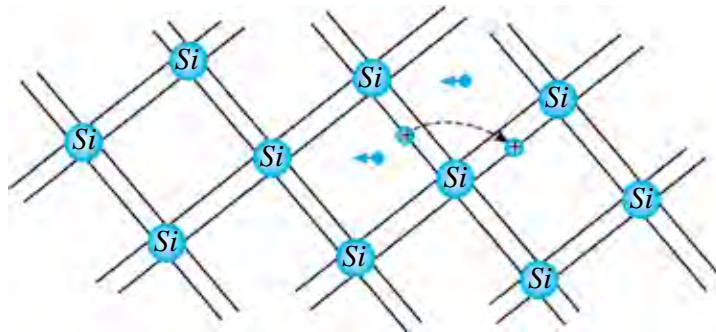
Kovalent baylanısıwda qatnasıp atırǵan elektronlar **valentli elektronlar** dep te júrgiziledi. Demek, valentli elektronlar pútin kristall atomlarına tiyisli boladı.

**Elektron otkizgishlik.** Tómen temperaturalarda jup elektronlar payda etken baylanıs kúshli bolıp, úzilmeydi.

Sol sebepli tómen temperaturalarda kremniy elektr toǵın ótkizbeydi. Temperatura kóterilgende valentli elektronlardıń kinetikalıq energiyası artadı. Ayırım baylanıslar úzile baslaydı. Olardan ayırımları barıp-kelip, júrgen jolınan shıǵıp, metalldaǵı sıyaqlı erkin elektrónǵa aylanadı. Bul elektronlar elektr maydanı tásirinde yarımótkizgish boylap kóshedi hám elektr toǵın payda etedi (9.5-súwret).

Erkin elektronlardıń kóshiwi sebepli yarımótkizgishte tok payda bolıwına **elektron ótkizgishlik** yaki qısqasha **n-túrdegi ótkizgishlik** (latın. *negativus* –teris) delinedi.

**Gewekli ótkizgishlik.** Kovalent baylanısta qatnasqan elektron shıǵıp ketken jerde **gewek** payda boladı. Neytral atomnan teris zaryadlı elektron shıǵıp ketken jer on zaryadqa iye boladı.



9.5-súwret.

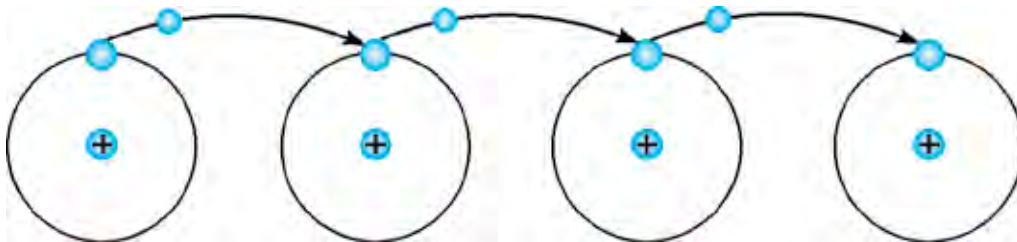
Bos gewekti kovalent baylanıstağı basqa elektron kelip bekitedi. Biraq, endi gewek basqa jerde payda boladı. Solay etip, elektronnıń bir jerden ekinshi jerge kóshiwinde, geweklerdiń de bir qansha kóshiwı júz beredi.

Elektr maydanı bolmasa elektronlardıń hám usıǵan sáykes geweklerdiń kóshiwı tártipsiz boladı.

Elektr maydanı qoyılǵanda erkin elektronlar bir tárepke, gewekler ekinshi tárepke kóshedi.

Dál usınday yarımótkizgish basında payda bolǵan gewekke qońsı atomnan elektronnıń sekirip ótiwinde oń zaryadlı gewek ótkizgishitiń izi tárepke jılısadı (9.6-súwret).

Bunday ótkizgishlik yarımótkizgishlerdiń **gewekli ótkizgishligi** yaki qısqasha **p-túrdegi ótkizgish** (latın. *positivus* –oń) delinedi.



9.6-súwret.

Solay etip, taza (hesh qanday aralaspalarsız) yarım otkizgishlerde erkin elektronlardıń qozǵalı menen baylanıslı elektron ótkizgishlik, gewekler qozǵalı menen baylanıslı gewekli ótkizgishlik boladı.

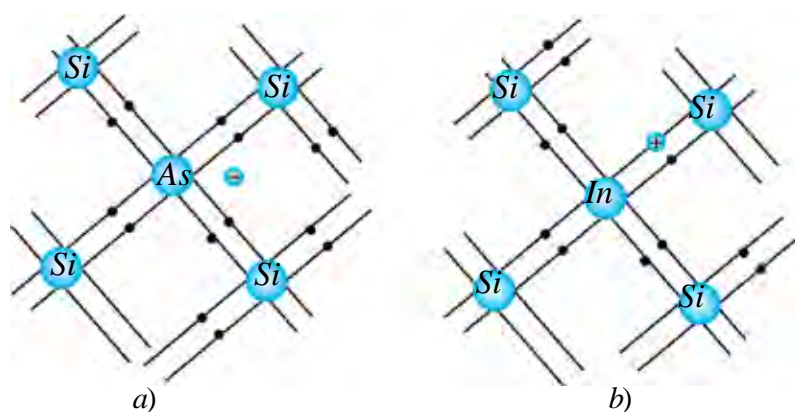
Aralaspalarsız, taza yarımótkizgishtegi ótkizgishlik **jeke ótkizgishlik** delinedi. Bunda bul zattağı elektron hám gewekli ótkizgishlik derlik teń boladı.



Sap yarım otkizgishlerde erkin elektronlar hám gewekler sanı az bolǵanlıqtan elektr ótkiziw qábileti kishi boladı.

**Aralaspalı yarımótkizgishler: donorlı aralaspalar.** Endi taza yarımótkizgishli kremniyge azǵana aralaspa kirgizeyik. Dáslep kremniy atomları arasına bes valentli mıshyak (As) kirgizeyik.

Bunda kremniydiń tórt kovalent baylanısıwın payda etetuǵın elektrónı ornın mıshyaktıń tórt elektrónı iyeleydi. Mıshyaktıń besinshi elektrónı bos qalıp, erkin elektrónǵa aylanadı (9.7 a-súwret).



9.7-súwret.

Nátiyjede erkin elektronlar sanı gewekler sanınan artıq boladı. Yarımótkizgishliń salıstırmalı qarsılıǵı keskin kemeyedi. Bunda qosılǵan mıshyak atomlarınıń sanı yarımótkizgish atomları sanınıń on millionnan bir bólimin quraǵanda, erkin elektrónlardıń koncentraciyası ( $1 \text{ cm}^3$  qa tuwrı kelgen elektrónlar sanı) sap yarımótkizgishlikine salıstırǵanda mın ese úlken boladı. Qosılǵanda ańsat ǵana elektrónın beretuǵın aralaspalar **donorlı aralaspalar** delinedi. Donorlı aralaspalarda tiykarǵı tok tasıwshı bólekler elektrónlar bolǵanlıǵı ushın, olar ***n*-túrdegi yarımótkizgishler** delinedi. Gewekler bunday yarımótkizgishlerde tiykarǵı bolmaǵan zaryad tasıwshılardı kiredi.

**Akceptorlı aralaspalar.** Taza yarımótkizgishli kremniyge indiy zatın aralastırayıq. Indiy (In) úsh valentli bolǵanlıqtan, onıń úsh elektrónı kremniy atomı menen kovalent baylanıs payda etedi. Bunda indiydiń qońsı atomlar menen normal haldaǵı jup elektrónlı kovalent baylanıs payda etiwı ushın bir elektrón jetpeydi. Nátiyjede gewek payda boladı. Kristallǵa qansha indiy atomı kirgizilse, sonsha gewek payda boladı (9.7 b-súwret).



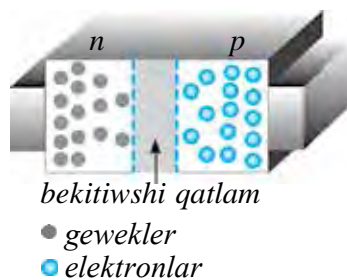
Bunday túrdegi aralaspa **akceptorlı aralaspalar** delinedi. Yarımótkizgish elektr maydanına kirgizilgende, geweklerdiń kóshiwi júz berip, gewekli ótkizgishlik payda boladı. Tiykargı tok tasıwshıları geweklerden ibarat bolǵan aralaspalı yarımótkizgishler **p-túrdegi yarımótkizgishler** delinedi. Bunday yarımótkizgishlerde elektronlar tiykargı bolmaǵan zaryad tasıwshılar esaplanadı.

- ?** 1. Qanday ózgesheliklerine qarap olardı yarımótkizgishler dep ataǵan?
2. Elektron ótkizgishlik qanday bólekshelerdiń qozǵalıstı menen baylanısqan?
3. Elektron menen gewek ushırasqanda qanday qubılıs júz beredi?
4. Ne sebepten yarımótkizgishniń qarsılıǵı oǵan kirgizilgen aralaspaǵa kúshli dárejede baylanıslı?
5. Akceptor aralaspalı yarımótkizgishte qanday zaryad tasıwshılar tiykargı esaplanadı?

**✍** D.I. Mendeleevtiń ximiyalıq elementlerdiń dáwirlik sisteması kestesin alıń. Onnan III hám V topardan aralaspasıpında qollansa bolatuǵın elementlerdi jazıp alıń. IV topardaǵı yarımótkizgish penen aralaspalı yarımótkizgish payda bolıw sızilmasın sıziń.

## 44-tema. YARIMÓTKIZGISHLI ÁSBAPLAR (DIOD, TRANZISTOR) HÁM OLARDIŃ TEXNIKADA QOLLANILIWÍ

Qanday da bir yarımótkizgish kristalınıń bir tárepinde *n*-túrdegi, ekinshi tárepinde *p*-túrdegi yarımótkizgish payda eteyik (9.8-súwret). Yarımótkizgishniń orta bóliminde erkin elektronlar tez bos geweklerdi toltıradı. Nátiyjede yarım otkizgishniń orta bóliminde zaryad tasıwshılar bolmaǵan oblast payda boladı. Bul oblasttiń ózgesheligi dielektriktindey boladı.



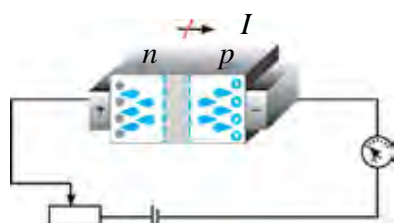
9.8-súwret.

Sonlıqtan bul oblast bunnan keyin elektronlardıń  $p$ -oblastqa, geweklerdiń  $n$ -oblastqa ótiwine tosqınlıq etedi. Sol sebepli ol **bekitiwshi qatlam** delinedi.

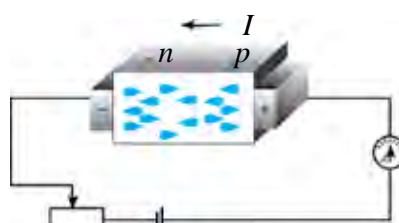
Bul yarımotkizgishti tok deregine jalǵayıq. Dáslep yarımotkizgishtiń  $p$ -oblastın derektiń teris polyusine,  $n$ -oblastın derektiń oń polyusine jalǵayıq (9.9-súwret).

Bunda elektronlar dereginiń oń polyusine, gewekler teris polyusine tartıladı. Nátiyjede bekitiwshi qatlam keńeyedi. Yarımotkizgish arqalı derlik tok ótpeydi. Bunday halat **keri  $p$ - $n$  ótiw** dep ataladı.

Endi yarımotkizgishtiń  $p$ -oblastına derektiń oń polyusin,  $n$ -oblastına derektiń teris polyusin jalǵayıq. Bunda elektronlar  $n$ -oblasttan iyterilip  $p$ -oblastqa tartıladı.



9.9-súwret



9.10-súwret

Al, gewekler  $p$ -oblasttan iyterilip,  $n$ -oblastqa tartıladı. Nátiyjede bekitiwshi qatlam tarayadı hám onnan zaryad tasıwshılar óte baslaydı (9.9-súwret). Yarımotkizgishten tok ótedi. Bunday halat **tuwrı  $p$ - $n$  ótiw** delinedi. Tuwrı  $p$ - $n$  ótkende yarımotkizgishtiń elektr qarsılıǵı, keri  $p$ - $n$  ótkende salıstırmalı bir neshe ese kishi boladı. Yarımotkizgishte  $p$ - $n$  ótiwi sebepli tok tek bir baǵıtta ótedi. Onıń bul qásiyetinen yarımotkizgishli ásbaplarda paydalanıladı.

### Yarımotkizgishli diod

Yarımotkizgishlerde  $p$ - $n$  ótiwin payda etiw ushın  $p$  hám  $n$  ótkizgishlikke iye bolǵan eki yarımotkizgishti mexanikalıq tárizde jalǵaw jeterli bolmaydı. Sebebi, bul jaǵdayda olardaǵı aralıq úlken boladı.  $p$  hám  $n$  ótiwindegi qalıńlıq atomlar arasındaǵı aralıqqa teń bolatuǵın dárejede kishi bolıwı kerek. Sol sebepli donor aralaspáǵa iye bolǵan germaniy monokristalı maydanlarınan birine indiy kepslerenedi. Diffuziya qubılısı sebepli indiy atomları germaniy monokristalı ishine kiredi. Nátiyjede germaniy betinde  $p$ -túrdegi ótkizgishke iye bolǵan oblast payda boladı. Germaniy monokristalınıń indiy atomları kirmegen

maydanı aldında  $n$ -türdegi ótkizgishke iye boladı. Aralıq oblastta  $p-n$  ótiw payda boladı (9.11  $a$ -súwret).

Bir  $p-n$  ótkende iye bolğan yarımótkizgishli ásbapqa **yarımótkizgishli diod** delinedi.

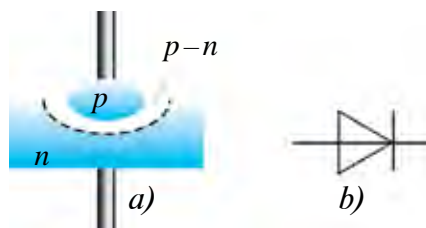
Yarımótkizgishli diodqa jaqtılıq, hawa hám sırtqı elektr, magnet maydanlarınń tásirlerin kemeytiw ushın germaniy kristalı germetik tuyıq metall qabıqqa jaylastırıladı.

Yarımótkizgishli diodtıń shártli belgisi 9.11  $b$ -súwrette keltirilgen.

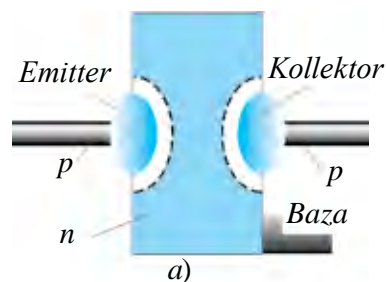
### Tranzistor haqqında túsinik.

Eki  $p-n$  ótkende iye bolğan yarımótkizgishli sistemağa **tranzistor** delinedi. Tranzistor járdeminde elektr terbelisleri payda etiledi, basqarıladı hám kúsheytiledi.

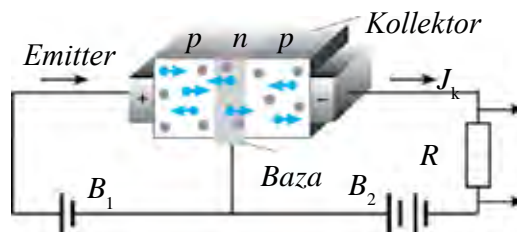
Tranzistordı tayarlaw ushın elektron ótkizgishlikke iye bolğan germaniy kristalınıń eki tárepine indiy kepserlenedi. Germaniy kristalınıń qalıńlıǵı júdá kishi boladı (bir neshe mikrometr). Mine, usı qatlam tranzistor tiykarı, yaǵnıy **bazası** dep ataladı (9.12  $a$ -súwret).



9.11-súwret.



9.12-súwret.



9.13-súwret.

Onıń gewekli ótkizgishlikke iye bolğan eki tárepinen shıǵarılǵan ushları **emitter** hám **kollektor** delinedi. Bunday türdegi tranzistorǵa  $p-n-p$  **strukturalı tranzistor** delinedi (9.12  $a$ -súwret).

Tranzistordıń emitter oblastındaǵı gewekler koncentraciyası, bazadaǵı elektronlar koncentraciyasına qaraǵanda bir neshe ese úlken etip tayarlanadı. Tranzistordıń shártli belgisi 9.12  $b$ -súwrette keltirilgen. Tranzistordıń islewin kóreyik (9.13-súwret).

Emitter–baza aralığına jalğan  $B_1$  batareya kernewi tuwrı  $p-n$  ótiwin payda etedi. Kollektor–baza aralığındağı  $B_2$  batareya kerı  $p-n$  ótiwdi payda etedi. Onda kollektorda tok qalay payda boladı? Baza–emitter aralığına qoyılğan kernew tásirinde gewekler bazağa kirip keledi. Bazanıń qalıńlıǵı júdá kishi bolğanlıǵı hám de onda elektronlar koncentraciyası az bolğanlıqtan geweklerdiń júdá az bólimi elektronlarğa birigedi. Al, kópshilik gewekler kollektor oblastına ótip qaladı.

Kollektorğa  $B_2$ niń teris polyusı jalğanlıqtan gewekler oğan tartılıp, kollektor toǵın quraydı. Emitter–baza shıńırındağı tok kúshi, emitter–kollektor baǵıtındağı tok kúshinen biraz kishi boladı. Emitter–baza baǵıtındağı tok kúshi ózgerse, emitter–kollektor baǵıtında ótip atırğan tok kúshi de ózgeredi. Sonlıqtan tranzistordan ózgermeli tok signalların kúsheytiwde paydalanıladı.

Tranzistordı tayarlawda baza sıpatında  $p$ -túrdegi yarımótkizgish alınıwı da múmkin. Bul jaǵdayda emitter hám kollektor oblastı  $n$ -túrdegi yarımótkizgishten tayarlanadı. Bunday tranzistorğa  **$n-p-n$  strukturalı tranzistor** delinedi.

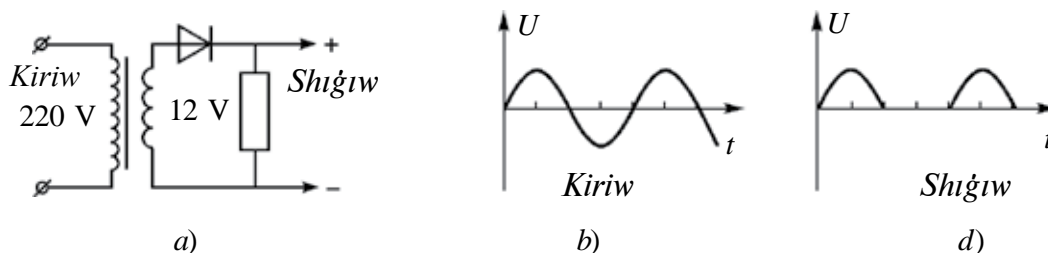
Bunday túrdegi tranzistorlardıń islew principı  $p-n-p$  túrdegi tranzistordan parıqlanbaydı. Bul tranzistorda tek tok baǵıtı kollektordan emitter tárepte boladı.

#### **Integral mikrosxemalar\***

Ótken ásirdeń 70-jıllarında on swmlıq teńgedey keletuǵın yarımótkizgish material bóleginde mınlağan mikroskoplı tranzistorlar jaylastırılğan mikrosxemalar oylap tabıldı. Olarda tranzistorlar menen birgelikte diodlar, kondensatorlar, rezistorlar hám basqa radioelektron elementler de jaylastırılğanlıqtan **integral mikrosxema** dep ataldı. Bul jańalıq kishi bir kólemde quramalı sxemalardı jaylastırırw hám stol kompyuterlerin jaratırw imkaniyatın tuwdırdı. Dástlepki dáwirde radioelementler yarımótkizgish betinde jasalğan bolsa, keyin ala olar pútkil kólemde payda etile basladı. Olar **mikrochipler** dep atala basladı. Mikrochipler tiykarında qol telefonları, kóterip júriletuǵın kompyuter (Noutbuk) hám t.b. kishkene radioelektron qurılımlar jasalmaқта. Házirgi kúni teńgedey keletuǵın mikrochipte júz millionlap tranzistor hám radioelementler jaylastırılmaқта. Bul degen sóz, radioelement ólshemi  $\approx 10^{-9}$  m átirapında degeni esaplanadı.  $10^{-9}$  m bir nanometrge teń. Sonlıqtan bunday mikrosxemalardı joybarlaw, jasaw jumısları menen shuǵıllanatuǵın taraw **nanotexnologiya** delinedi.

Bul tarawdı úyreniw hám olardı jetilistiriwdi, dáslep, eń ápiwayı elektrotexnikalıq qurılımalardı jasaw hám islewin úyreniwden baslanadı.

**Ózgermeli toktı turaqlı tokqa aylandırıp beriwshi tuwrılaǵısh.** Bizge belgili televizor, radiopriyomnik hám usı sıyaqlı ásbaplardı kúndelikli turmısta ózgermeli 220 V tarmaǵına jalǵap paydalanamız. Al, biraq, onı quraytuǵın diod, tranzistor sıyaqlı yarımótkizgishli ásbaplar turaqlı tok dereğine jalǵanıwı kerek. Demek, bul ásbaplarda ózgeriwsheń toktı turaqlı tokqa aylandırıp beretuǵın óz aldına qurılma bolıwı kerek. 9.14-súwrette, mine, usınday qurılmanıń ápiwayı sxeması keltirilgen.



9.14-súwret.

Bul sxemada transformator birlemshi **oramına** ózgermeli 220 V kernew berilgende, ekilemshi **oramınan** 12 V alınadı. Yarımótkizgishli diod kernewdiń oń yarım dáwirinde toktı ótkeredi. Al, teris yarım dáwirinde ótkermeydi. Sonlıqtan bul sxemadaǵı qurılma **bir yarım dáwirli tuwrılaǵısh** delinedi.

Tuwrılaǵısh kiriwi hám sxemadaǵı kernew formaları 9.14 b, d-súwretlerde keltirilgen. Súwretten kórinip turǵanıday, sxemada kernewdiń tek yarımınan paydalanıladı. Bunnan tısqarı, onıń shaması da kúshli ózgeredi. Sol sebepli eki yarım dáwirli tuwrılaǵısh qollanıladı.

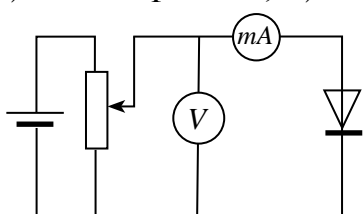


1. Yarımótkizgishli diod ne sebepten toktı tek bir tárepke ótkeredi?
2.  $p-n$  ótiw degenimiz ne?
3. Yarımótkizgish qarsılıǵı  $p-n$  ótiwge qalay baylanıslı?
4. Tranzistorda tuwrı hám keri  $p-n$  ótiwler onıń qaysı oblastlarında boladı?
5.  $p-n-p$  hám  $n-p-n$  túrdegi tranzistorlar nesi menen parıqlanadı?

## 45-tema. LABORATORIYA JUMÍSÍ: YARÍMÓTKIZGISHLI DIODTÍN VOLT-AMPER XARAKTERISTIKASÍN ÚYRENIW

**Jumistín maqseti.** Yarımótkizgishli diodtan ótiwshi tok kúshiniń qoyılǵan kernewge baylanıslılıǵın úyreniw.

**Kerekli ásbaplar:** 1) Yarımótkizgishli diod (kolodkada); 2) tu-raqlı tok deregi (36–42 V); 3) úzip-jalǵagısh; 4) ótkizgish sımları; 5) milliampermetr; 6) reostat; 7) voltmetr.



9.15-súwret.

**Jumistín orınlanıwı:**

1. Kerekli ásbaplar toplanıp, 9.15-súw-rettegi sızılma boyınsha elektr shınjırnı jıynaladı.

2. Reostat jılıtqıshın jılıstırıp shıǵıwda 0 V bolatuǵın halga qoyladı.

3. Úzip-jalǵagısh jalǵanadı.

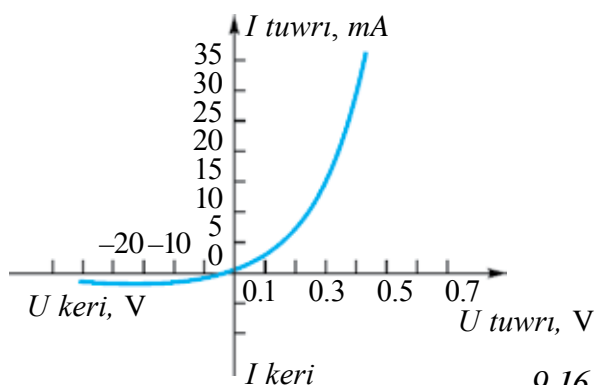
4. Reostat jılıtqıshın jılıstırıp, sırtqı shınjırǵa beriletuǵın kernew asırıp barıladı. Voltmetr hám ampermetr kórsetiwleri jazıp barıladı.

5. Ólshew nátiyjeleri kestege kirgiziledi.

|        |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|--|--|
| $U, V$ |  |  |  |  |  |  |  |
| $I, A$ |  |  |  |  |  |  |  |

6. Tok dereginiń polyusleri almastırıp jalǵanadı hám tájiriyebe tákirarlanadı.

7. Nátiyjeler boyınsha yarımótkizgishli diodtan ótiwshi tok kúshiniń qoyılǵan kernewge baylanıslılıq grafigi sızıladı.



9.16-súwret.

8. Yarımótkizgishli diodtan tuwrı  $p-n$  ótiw hám keri  $p-n$  ótiw bağıtında ótetuǵın tok kúshiniń qoyılǵan kernewge baylanıslılıǵı 9.16-súwrettegi grafikte keltirilgen.

Diodqa keri bağıttaǵı kernew qoyılǵanda diodtıń pasportında jazılǵan mánisinen úlken kernewdi qoyıw múmkin emes.



1. Diod tuwrı jalǵanǵan halda tok kúshiniń qoyılǵan kernewge baylanıslılıǵı tuwrı sıziqtan ibarat emesligine itibar berih hám sebebin túsindiriwge háreket etiń.

2. Ne sebepten keri bağıtta kernew qoyılsa, onnan tok ótedi?

3. Alınǵan maǵlıwmatlardan paydalanıp diodtıń tuwrı hám keri ótiw bağıtları ushın elektr qarсылıqların esaplań.

### 9-shınıǵıw

1. Mıs sterjennen 0,5 s dawamında tıǵızlıǵı  $9 \text{ A/mm}^2$  bolǵan tok ótkende onıń temperaturası qalay ózgeredi? Mıstıń salıstırmalı qarсылıǵı  $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ , tıǵızlıǵı  $8900 \text{ kg/m}^3$ , salıstırmalı jıllılıq siyımlılıǵı  $380 \text{ Dj/(kg K)}$  (*Juwabr:*  $0,20 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

2. Niobiyden jasalǵan spiral  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  da qızdırılsa onıń salıstırmalı qarсылıǵı neshe ese ózgeredi? Niobiy ushın  $\alpha = 0,003 \text{ K}^{-1}$  (*Juwabr:* 1,3 ese artadı).

3. Nikelin sımnıń  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  daǵı qarсылıǵı  $20 \Omega$  ǵa teń edi. Ol  $120 \text{ }^\circ\text{C}$  ǵa shekem qızdırılsa, qarсылıǵı nege teń boladı? Nikelin ushın  $\alpha = 0,0001 \text{ K}^{-1}$ .

4. Vakuumlu diodta elektron anodqa  $8 \text{ Mm/s}$  tezlik penen jetip baradı. Anod kernewin tabıń (*Juwabr:*  $180 \text{ V}$ ).

5. Vakuumlu diodta anodtaǵı maksimal tok kúshi  $50 \text{ mA}$  ge teń boldı. Katodtan hár sekunda neshe elektron uship shıqpaqta? (*Juwabr:*  $3,1 \cdot 10^{17}$ ).

6. Yarımótkizgishlerde oń ion menen gewek arasında ayırmashılıq bar ma?

7. Ne sebepten sırtqı sharayatlar ózgermegen halda elektron-gewek jubı toqtawsız payda bolıp tursa da, yarımótkizgishte erkin zaryad tasıwshılar sanı ózgermeydi.

8. Germaniyge fosfor, cink, kaliy kirgizilse, qanday túrdegi ótkizgish payda boladı?

9. Ne sebepten birdey kernewde tuwrı  $p-n$  ótiwdegi tok, keri ótiwdegi tokqa salıstırǵanda bir qansha joqarı boladı?

10. Termistor (qarsılıǵı temperaturaga qarap ózgeretuǵın yarım ókizgishli ásbap) ushına izbe-iz jaǵdayda  $1\text{ k}\Omega$  lı qarsılıq jalǵanıp, oǵan  $20\text{ V}$  kernew berildi. Bólme temperaturasında shınjırdaǵı tok kúshi  $5\text{ mA}$  edi. Termistor ıssı suwǵa túsirilgende onnan ótiwshi tok kúshi  $10\text{ mA}$  bolıp qaldı. Termistor qarsılıǵı neshe ese kemeygen? (Juwabr: 3 ese).

### IX baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları


- Gápti tolıqtırın. Metallardıń qızıwı sebepli olardan elektron ushıp shıǵıw qubılısına ... delinedi.**  
A) ... termoelektron emissiya...;      B) ..elektron emissiya...;  
C) ...shıǵıw jumısı...;      D) ...toyınıw toǵı....
- Vakuumda elektr toǵınıń tabiyatı neden ibarat?**  
A) elektronlar aǵımınıń bir tárepke qozǵalısan;  
B) oń ionlardıń bir tárepke qozǵalısan;  
C) teris ionlar aǵımınıń bir tárepke qozǵalısan;  
D) elektronlar, oń hám teris ionlardıń bir tárepke qozǵalısan ibarat.
- Donor aralaspalı yarımótkizgishler qanday túrdegi ótkizgishlikke iye?**  
A) tiykarınan elektron ótkizgishlikke;  
B) tiykarınan tesikli ótkizgishlikke;  
C) teń muǵdarda elektron hám tesikli ótkizgishlikke;  
D) elektr toǵın ótkermeydi.
- Taza yarımótkizgishten elektronlardıń tártipli qozǵalıwı sebepli  $1\text{ mA}$  tok ótpekte. Yarımótkizgishten ótip atırǵan tolıq tok kúshi nege teń?**  
A)  $1\text{ mA}$ ;      B)  $2\text{ mA}$ ;      C)  $0,5\text{ mA}$ ;      D)  $0$ .
- Gápti dawam ettiriń. "Temperatura artıwı menen yarımótkizgishtiń qarsılıǵı..."**  
A) ... artadı;      B) ... dáslep artadı, keyin kemeyedi;  
C) ... kemeyedi;      D) ... dáslep kemeyedi, keyin artadı.
- Yarımótkizgishte tesik hám elektron ushırasqanda ne payda boladı?**  
A) oń ion;      B) neytral atom;  
C) teris ion;      D) oń hám teris ionlar.



7. **Aralaspalı ótkizgishlik qanday bólekshelerdiń qozǵalıǵı menen baylanısqan?**
- A) tiykarınan erkin elektronlar;
  - B) tiykarınan gewekler;
  - C) teń muǵdardaǵı erkin elektronlar hám gewekler;
  - D) túrli muǵdardaǵı erkin elektronlar yaki gewekler.
8. **“Tuwrı  $p-n$  otiwde yarımótkizgishtegi bekitiwshi qatlam ...” Gápti dawam ettiriń.**
- A) ... keńeyedi;
  - B) ... tarayadı;
  - C) ... ózgermesten qaladı;
  - D) ... kernew shamasına qarap sızıqlı ózgeredi.
9. **Kovalentlik baylanısta neshe elektron qatnasadı?**
- A) 1;                      B) 2;                      C) 3;                      D) 4.
10.  **$n-p-n$  túrdegi tranzistor bazasına emitterge salıstırǵanda qanday belgidegi potencial berilgende tranzistordan tok ótedi?**
- A) oń;                      C) nol;
  - B) teris;                      D) qanday belgide beriliwiniń áhmiyeti joq.

## IX bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsiniń, qaǵıyda hám nızamlar

|                                                                  |                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Termoelektron emissiya                                           | Metallardıń qızıwı sebepli olardan elektron ushıp shıǵıw qubılısı.                                                                                                                            |
| Vakuumda elektr toǵı                                             | Elektronlar ionlar aǵımınıń bir tárepke qozǵalısinan ibarat.                                                                                                                                  |
| Eki elektrodlı elektron lampa                                    | Anod hám katodtan ibarat vakuumlu lampa – diod.                                                                                                                                               |
| Toyınıw toǵı                                                     | Katodtan ushıp shıǵıp atırǵan barlıq elektronlar anodqa jetip barǵanda anod toǵınıń ózgermey qalıwı.                                                                                          |
| Boguslavskiy-Lengmyur formulası                                  | $I_a = kU^{3/2}$ . Vakuumlu diodtan ótiwshi tok kúshiniń anod kernewine baylanıslılıǵı.                                                                                                       |
| Metall ótkizgishler qarsılıqlarınıń temperaturaǵa baylanıslılıǵı | $R = R_0(1 + \alpha t)$ ; $R_0$ – $0^\circ\text{C}$ da ótkizgish qarsılıǵı; $R - t$ temperaturadaǵı qarsılıǵı, $\alpha$ – qarsılıqtıń temperatura koefficienti.                               |
| asa ótkizgishlik                                                 | Temperatura tómenlewi menen ótkizgish qarsılıǵınıń keskin kemeyip nolge túsip qalıwı.                                                                                                         |
| Elektron ótkizgishlik ( $n$ -túrdegi ótkizgishlik)               | Erkin elektronlardıń kóshiwi sebepli yarımótkizgishte tok payda bolıwı.                                                                                                                       |
| Gewekli ótkizgishlik ( $p$ – túrdegi ótkizgishlik)               | Kovalent baylanısta elektron jetispewi sebepli payda bolǵan bos orınǵa gewek delinedi. Elektr maydanı tásirinde geweklerdiń kóshiwi sebepli yarımótkizgishte gewekli ótkizgishlik júz beredi. |
| Yarımótkizgishlerde jeke ótkizgishlik                            | Yarımótkizgishten teń muǵdarda erkin elektronlar hám gewekler koshiwi sebepli elektr toǵın ótkeriwi.                                                                                          |
| Donorlı aralaspalar                                              | Sap yarım otkizgishke qosılǵanda ańsat ǵana elektronın beretuǵın aralaspalar. Bunda $n$ -túrdegi otkizgishlik payda boladı.                                                                   |
| Akceptorlı aralaspalar                                           | Sap yarımótkizgishke qosılǵanda kovalentlik baylanısta ushın bir elektronı jetispesten gewek payda etetuǵın aralaspalar. Bunda $p$ -túrdegi ótkizgishlik payda boladı.                        |

|                           |                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bekitiwshi qatlam         | Bir tárepi $n$ -túrdegi, ekinshi tárepi $p$ -túrdegi yarımótkizgish shegarasında payda bolatuǵın zaryadlı bóleksheler bolmaǵan oblast.                                                            |
| Tuwrı $p-n$ ótiw          | Bir tárepi $n$ -túrdegi, ekinshi tárepi $p$ -túrdegi yarımótkizgishte $p$ -oblastın derektiń oń polyusine, $n$ -tarawın teris polyusine jalǵaǵanda bekitiwshi qatlam juqalasıp, tok ótiwi.        |
| Keri $p-n$ ótiw           | Bir tárepi $n$ -túrdegi, ekinshi tárepi $p$ -túrdegi yarımótkizgishte $p$ -oblastı derektiń teris polyusine, $n$ -oblastı derektiń oń polyusine jalǵaǵanda bekitiwshi qatlam keńeyip, tok ótpewi. |
| Yarımótkizgishli diod     | Bir $p-n$ ótiwge iye bolǵan yarımótkizgishli ásbap.<br>Shártli belgisi  .                                        |
| Tranzistor                | Eki $p-n$ ótiwge iye bolǵan yarımótkizgishli ásbap. $p-n-p$ hám $n-p-n$ strukturalarda boladı.                                                                                                    |
| Integral mikrosxema (IMS) | Elektr shınjırı júdá joqarı dárejede tıǵızlastırıp jalǵaǵan elementlerden quralǵan mikroelektron qurılma. IMSǵa jalǵaǵan elementler sanı $\sim 10^6$ ǵa shekem boladı.                            |

## PAYDALANILGAN ADEBIYATLAR

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.: G'afur 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'monxojayev 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.

# MAZMUNÍ

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>MEXANIKA</b> .....                                                                                                        | 3  |
| 1-tema Fizikanıń izertlew metodları .....                                                                                    | 3  |
| <b>I bap. KINEMATIKA</b> .....                                                                                               | 5  |
| 2-tema. Mexanikalıq qozǵalıstıń túrleri. Qozǵalıstardıń erkinlik principi .....                                              | 5  |
| 3-tema. Denelerdiń vertikal qozǵalıstı .....                                                                                 | 7  |
| 4-tema. Sheńber boylap tegis emes qozǵalıstı. Múyeshlik tezleniw.<br>Tangensial tezleniw .....                               | 10 |
| 5-tema. Aylanbalı hám ilgerilemeli qozǵalıstı óz ara uzatıw .....                                                            | 14 |
| 6-tema. Gorizonttal ılaqtırılǵan deneniń qozǵalıstı .....                                                                    | 16 |
| 7-tema. Gorizontqa qıya ılaqtırılǵan deneniń qozǵalıstı .....                                                                | 18 |
| 8-tema. Laboratoriya jumısı: Gorizontqa qıya ılaqtırılǵan deneniń qozǵalıstıń úyreniw ..                                     | 22 |
| I baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları .....                                                                              | 24 |
| I bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar .....                                                          | 25 |
| <b>II bap. DINAMIKA</b> .....                                                                                                | 28 |
| 9-tema. Dinamika nızamları .....                                                                                             | 28 |
| 10-tema. Galileydiń salıstırılmalılıq principi. Inercial hám inercial emes esaplaw<br>sistemaları .....                      | 32 |
| 11-tema. Gravitaciyalıq maydandaǵı qozǵalıstı .....                                                                          | 35 |
| 12-tema. Dene awırılıǵınıń qozǵalıstı túrine baylanıslılıǵı .....                                                            | 37 |
| 13-tema. Deneniń bir neshe kúsh tásirindegi qozǵalıstı .....                                                                 | 40 |
| II baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları .....                                                                             | 44 |
| II bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar .....                                                         | 45 |
| <b>III bap. MEXANIKADA SAQLANÍW NÍZAMLARÍ</b> .....                                                                          | 47 |
| 14-tema. Energiya hám jumıs. Energiyanıń saqlanıw nızamı. Deneniń qıya tegislik<br>boylap qozǵalıstı atqarıwında jumıs ..... | 47 |
| 15-tema. Laboratoriya jumısı: Qıya tegislikte paydalı jumıs koefficientin anıqlaw .....                                      | 51 |
| 16-tema. Denelerdiń absolyut serpimli hám serpimli emes soqlılıstı .....                                                     | 53 |
| III baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları .....                                                                            | 57 |
| III bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar .....                                                        | 58 |
| <b>IV bap. STATIKA VA GIDRODINAMIKA</b> .....                                                                                | 59 |
| 17-tema. Denelerdiń teńsalmaqta bolıw shártleri .....                                                                        | 59 |
| 18-tema. Momentler qaǵıydasına tiykarlanıp isleytuǵın mexanizmler .....                                                      | 62 |
| 19-tema. Aylanbalı qozǵalıstıń dinamikası .....                                                                              | 65 |
| 20-tema. Suyıqlıq hám gazlardıń qozǵalıstı, aǵımınıń uzlıksizlik teoreması.<br>Bernulli teńlemesi .....                      | 68 |
| 21-tema. Qozǵalıstıń gazlar hám suyıqlıqlarda basımınıń tezlikke<br>baylanıslılıǵınan texnikada paydalanıw .....             | 71 |
| IV baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları .....                                                                             | 75 |
| IV bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar .....                                                         | 76 |

|                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>V bap. MEXANİKALÍQ TERBELISLER HÁM TOLQÍNLAR</b> .....                                                                    | 78  |
| 22-tema. Garmonikalıq terbelisler.....                                                                                       | 78  |
| 23-tema. Prujinalı hám matematikalıq mayatnikler.....                                                                        | 81  |
| 24-tema. Laboratoriya jumısı: Matematikalıq mayatnik járdeminde erkin túsiw<br>tezleniwın anıqlaw.....                       | 85  |
| 25-tema. Májbúriy terbelisler. Texnikada rezonans.....                                                                       | 86  |
| 26-tema. Mexanikalıq tolqınlardıń ortalıqlarda tarqalıwı. Ultra hám infraseslerden<br>turmısta hám texnikada paydalanıw..... | 90  |
| V bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları.....                                                                                | 95  |
| V bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar.....                                                           | 96  |
| <b>VI bap. TERMODINAMIKA TIYKARLARÍ</b> .....                                                                                | 98  |
| 27-tema. Jıllılıq processlerininiń qaytpawı. Termodinamika nızamları.....                                                    | 98  |
| 28-tema. Adiabatalıq process. Jıllılıq mashinasınıń paydalı jumıs koefficienti.<br>Karno cikli.....                          | 102 |
| 29-tema. İnsan turmısında jıllılıq divigatelleriniń ahmiyeti.<br>Jıllılıq divigatelleri hám ekologiya.....                   | 106 |
| VI bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları.....                                                                               | 112 |
| VI bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar.....                                                          | 112 |
| <b>VII bap. ELEKTRODINAMIKA</b> .....                                                                                        | 114 |
| 30-tema. Zaryadtıń saqlanıw nızamı. Noqatlı zaryadtıń maydanı.<br>Elektr maydan kernewliliginiń superpoziciya principi.....  | 114 |
| 31-tema. Zaryadlangan shardıń elektr maydanı. Dielektrik sińirgishlik.....                                                   | 118 |
| 32-tema. Noqatlı zaryad maydanınıń potencialı. Potenciallar parqı.....                                                       | 120 |
| 33-tema. Elektrostatikalıq maydanda zaryadtı kóshiriwde atqarılǵan jumıs.....                                                | 123 |
| 34-tema. Elektr maydanıń energiyası.....                                                                                     | 125 |
| VII bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları.....                                                                              | 129 |
| VII bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar.....                                                         | 130 |
| <b>VIII bap. TURAQLÍ TOK NÍZAMLARÍ</b> .....                                                                                 | 132 |
| 35-tema. Elektr ótkizgishlik. Tok kúshiniń kernewge baylanıslılıǵı.....                                                      | 132 |
| 36-tema. Tok kúshi hám tok tıǵızlıǵı. Elektr toǵınıń tásirleri.....                                                          | 136 |
| 37-tema. Toliq shıńır ushın Om nızamı. Tok dereginiń paydalı jumıs koefficienti.....                                         | 138 |
| 38-tema. Tok dereklerin izbe-iz hám parallel jalǵaw.....                                                                     | 141 |
| 39-tema. Ampermetr hám voltmetrdiń ólshew shegarasın asırıw.....                                                             | 145 |
| 40-tema. Laboratoriya jumısı: Tok dereginiń EJK hám ishki qarsılıǵın anıqlaw.....                                            | 147 |
| VIII bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları.....                                                                             | 149 |
| VIII bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar.....                                                        | 150 |
| <b>IX bap. TÚRLI ORTALÍQLARDA ELEKTR TOǒÍ</b> .....                                                                          | 152 |
| 41-tema. Vakuumda elektr toǒı.....                                                                                           | 152 |
| 42-tema. Metall ótkizgishler qarsılıǵınıń temperaturaǵa baylanıslılıǵı.....                                                  | 154 |
| 43-tema. Yarımótkizgishlerde jeke ótkizgishlik. Aralaspalı ótkizgishlik.....                                                 | 157 |
| 44-tema. Yarım ótkizgishli ásbaplar (diod, tranzistor) hám olardıń<br>texnikada qollanılıwı.....                             | 161 |
| 45-tema. Laboratoriya jumısı: Yarım otkizgishli diodtıń volt-amper<br>xarakteristikasını úyrgeniw.....                       | 166 |
| IX bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları.....                                                                               | 168 |
| IX bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar.....                                                          | 170 |
| <b>PAYDALANÍLǒAN ÁDEBIYATLAR</b> .....                                                                                       | 172 |

F63 Fizika. Orta bilim beriw mákemeleriniń 10-klası hám orta arnawlı, kásip-óner bilimlendiriw mákemeleriniń oqıwshıları ushın sabaqlıq /N.Sh.Turdiyev, K.A.Tursunmetov, A.G.Ganiev, K.T.Suyarov, J.E.Usarov, A.K.Avliyoqulov.— T.: “Niso Poligraf” baspası, 2017.— 176 b.

ISBN 978-9943-4867-8-2

**UO‘K: 53(075.3)**  
**KBK22.3ya721**

*O‘quv nashri*

**Narziqul Sheronovich Turdiyev, Komiljon Axmetovich Tursunmetov,  
Abduqahhor Gadoyevich Ganiyev, Kusharbay Tashbayevich Suyarov,  
Jabbor Eshbekovich Usarov, Abdurashit Karimovich Avliyoqulov**

## **FIZIKA**

*Orta ta‘lim muassasalarining 10-sinflari uchun darslik*

*(Qoraqalpoq tilida)*

*1-nashri*

Ózbek tilinen awdarǵan *R. Abbazov*

Redaktor *G. Pirnazarova*  
Kórkem. redaktor *J. Gurova*  
Tex. redaktor *D. Salixova*  
Kompyuterde tayarlawshı *E. Kim*

Original-maket “NISO POLIGRAF” baspasında tayarlandı.  
Tashkent wálayatı, Orta Shırshıq rayonu, «Oq-Ota» APJ,  
Mash‘al máhállesi Markaziy kóshesi, 1-úy.

Licenziya nomeri AI №265.24.04.2015.  
Basıwǵa 2017-jıl 12-oktyabrda ruqsat etildi. Formatı 70×100<sup>1/16</sup>.  
Ofset qaǵazı. «Times KRKP» garniturası. Kegli 12.  
Shártli baspa tabaǵı 12,87. Baspa tabaǵı 12,76.  
Jámi 10462 nusqa. 186-sanlı shártnama. 17-627-sanlı buyırtpa.

Ózbekistan Baspasóz hám xabar agentliginiń «O‘zbekiston» baspa-poligrafiya  
dóretiwshilik úyinde basıldı.  
100011, Tashkent, Nawayı kóshesi, 30.

### Ijarağa berilgen sabaqlıqtıń awhalın kórsetetuǵın keste

| T/q | Oqıwshı atı, familiyası | Oqıw jılı | Sabaqlıqtıń alıńandaǵı awhalı | Klass basshısı qolı | Sabaqlıqtı tapsırǵandaǵı awhalı | Klass basshısı qolı |
|-----|-------------------------|-----------|-------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|
| 1   |                         |           |                               |                     |                                 |                     |
| 2   |                         |           |                               |                     |                                 |                     |
| 3   |                         |           |                               |                     |                                 |                     |
| 4   |                         |           |                               |                     |                                 |                     |
| 5   |                         |           |                               |                     |                                 |                     |
| 6   |                         |           |                               |                     |                                 |                     |

Sabaqlıq ijaraga berilip, oqıw jılı juwmaǵında qaytarıp alıńanda joqarıdaǵı keste klass basshısı tárepinen tómendegi bahalaw ólshemlerine tiykarlanıp toltırıladı:

|                    |                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jańa               | Sabaqlıqtıń birinshi márte paydalanıwǵa berilgendeǵı awhalı                                                                                                                                                      |
| Jaqsı              | Qabı pütün, sabaqlıqtıń tiykarǵı bóleginen ajıralmaǵan. Barlıq betleri bar, jırtılmaǵan, túspegen, betlerinde jazıw hám sıızıqlar joq.                                                                           |
| Qanaatlandırarlı   | Qabına jazılǵan, biraz sızılıp shetleri jelingen, sabaqlıqtıń tiykarǵı bóleginen ajıralıw halı bar. Paydalanıwshı tárepinen qanaatlandırarlı ońlangan. Túsken betleri qayta ońlangan, ayırım betlerine jazılǵan. |
| Qanaatlan-dırarsız | Qabına sızilǵan, jırtılǵan tiykarǵı bóleginen ajıralǵan yaki joq, qanaatlanarsız ońlangan. Betleri jırtılǵan, betleri jetispeydi, sızıp, boyap taslangan. Sabaqlıqtı tiklep bolmaydı.                            |