

FIZIKA 10

MEXANIKA

KINEMATIKA

DINAMIKA

MEXANIKADA SAQLANÍW NÍZAMLARÍ

STATIKA HÁM GIDRODINAMIKA

MEXANIKALÍQ TERBELISLER HÁM TOLQÍNLAR

TERMODINAMIKA TIYKARLARÍ

ELEKTRODINAMIKA

TURAQLÍ TOK NÍZAMLARÍ

TÚRLI ORTALÍQLARDA ELEKTR TOGÍ

Orta bilim beriw mákemeleriniñ 10-klaslarí ushın sabaqlıq

Ózbekistan Respublikası Xalıq bilimlendiriw ministrligi tastıyqlağan

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 aǵa ilimiy xizmetkeri, f-m.i.k.
B. Nurillaev — Nizamiy atındaǵı TMPU kafedra baslıǵı, docent, pedagogika ilimleriniń kandidati,
Z. Sangirova — RTM bas metodisti,
B. Saidxojaeva — Tashkent wálayatı, Pskent rayonı 5-mekteptiń fizika oqıtıwshısı, Ózbekis-tanda xızmet kórsetken Xalıq bilimlendiriw xızmetkeri.
F. Norqobilov — Tashkent qalası, Sergeli rayonı, 303-mektep oqıtıwshısı,
Z. Tajibaeva — P. F. Borovskiy atındaǵı medicina kolledjiniń oqıtıwshısı,
N. Berdirasulov — Tashkent qalası, Sergeli rayonı 104-mekteptiń oqıtıwshısı.

SHÁRTLİ BELGILER:

-  — fizikalıq shamalarǵa táriyp; tiykarǵı nızamlar;
 — áhmiyetli formulalar;
 — bul temalar fizikanı tereń úyreniwge ıqlası bolǵan oqıwshılar ushın mólsherlengen;
 — oqıwshı tárepinen orınlanatuǵın ámeliy jumıs;
 — temanıń tekstin oqıp shıqqannan soń, qoyılǵan sorawlarǵa juwap berin;

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 processı ayırıqsha sharayattı talap etedi. Bunda úyrenilip atırǵan processke sırtqı tásir kórsetilmewine háreket etiledi.

Bunnan tısqarı, processlerge tiyisli fizikalıq parametrlar arasındaǵı baylanıs matematikalıq ańlatpalar arqalı beriledi. Usı arqalı fizikler processlerdiń bunnan keyingi barısın yamasa aldın qanday bolǵanlıǵın júdá anıq ayıp 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 nátiyjelerin 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 túsiniqlerin misal etip ayıw múmkin.

Eksperiment ótkeriw processinde sırtqı tásirlerden tolıq qutılıp bolmaydı. Soǵan qaramastan, alınǵan nátiye boyınsha ideal sharayatta qanday nátiye shıǵıwın ayıp 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 haqqındağı gipoteza tastıyıqlansa, ol *fizikalıq nızamğa* 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 arasındağı baylanıstı ańlatatuǵın nızamlar ashıldı. Tınısh jaǵdayda turǵan zaryadlangan bóleksheler arasındağı óz ara tásir francuz fizigi Charl Kulon tárepinen ashılǵan nızamğa boysınadı.

Keń qamtıwlı qubılıslardı túsindiretuǵın nızamlar toplamı *ilimiy teoriya* delinedi. Mısalı, Nyuton nızamları mexanikanıń klassik teoriyasın 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 teoriyadağı 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 principi* esaplanadı. Bul degeni belgilengen shegarada jańa teoriya, aldınǵı teoriya menen sáykes túsıwi kerek.



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

I bap. KINEMATIKA

2–tema. MEKANIKALIQ QOZGALIS TURLERI. QOZGALISLARDIN GAREZSIZLIK PRINCIPI

7-klasta siz har qiyli mexanikalik qozgalislar menen tanistiniz. Olardi birgelikte esleyik:

1. Tuwri sızıqlı tegis qozgalıs. Bunday qozgalısta deneniń qozgalıw traektoriyası tuwri sızıqtan ibarat boladı. Qozgalıs tezliginiń shaması hám bağıtı ózgermeydi. Basıp ótilgen jol $s=v \cdot t$ formulası menen anıqlanadı.

2. Tuwri sızıqlı tegis emes qozgalıs. Bunday qozgalısta deneniń qozgalıw traektoriyası tuwri sızıqtan ibarat boladı. Qozgalıs tezliginiń shaması ózgeredi, biraq bağıtı ózgermeydi. Basıp ótilgen jol $s=v_{\text{ort}} \cdot t$ formulası menen anıqlanadı. Bunda v_{ort} – deneniń ortasha tezligi.

3. Tuwri sızıqlı tegis tezleniwshi (ásteleniwshi) qozgalıs. Bunday qozgalısta deneniń qozgalıw traektoriyası tuwri sızıqtan ibarat boladı. Qozgalıs 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 sızıqlı tegis qozgalıs. Iymek sızıqlı qozgalıstıń jeke jaǵdayı sıpatında sheńber boylap tegis qozgalıstı alıw múmkin. Bunday qozgalısta bárqulla tezlik bağıtı úzliksiz ózgerip, traektoriyaǵa urınba boylap bağıtlangan boladı. Qozgalıstıń tiykargı parametrleri: v – sızıqlı tezlik; ω – múyeshlik tezlik; T – aylanıwlar dáwiri; ν – aylanıwlar jiyiligi; $S_{\text{doǵa}}$ – doǵanıń uzınlığı; s – basıp ótilgen jol.

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

bir waqitniń ózinde bir neshe qozǵalısta qatnasadı. Mısalı, dárya boylap qozǵalıp atırǵan keme, poezd vagonı 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 waqtı samolyot tezligine baylanıslı ma?

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

Bunnan sonday juwmaq kelip shıǵadı.

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

Sonıń ushın qálegen quramalı qozǵalısqı, ápiwayı qozǵalıslardıń jıyındısı dep qaraw múmkin. Bul qozǵalıslar bir-birine tásir etpeydi. Eger olardan biri óz qozǵalısların ózǵertse 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 qozǵalısları ushın tómendegilerdi jazamız:

$$\begin{aligned}\vec{s}_{ulıwm.} &= \vec{s}_1 + \vec{s}_2 + \vec{s}_3 + \dots + \vec{s}_n, \\ \vec{v}_{ulıwm.} &= \vec{v}_1 + \vec{v}_2 + \vec{v}_3 + \dots + \vec{v}_n \\ \vec{a}_{ulıwm.} &= \vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \vec{a}_3 + \dots + \vec{a}_n \\ \vec{s} &= \vec{s}_0 + \vec{v}_{ul}t + \frac{a_{ul}t^2}{2}.\end{aligned}\tag{1.1}$$

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

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

Мáсеle sheshiw úlgisi

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

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



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

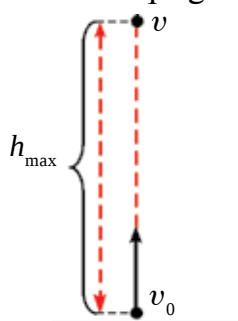
3-tema. DENELERDİŇ VERTIKAL QOZǴALÍSÍ

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 principi 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 baslangısh 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 qozǵalıǵı teńlemesi



1.1-súwret.

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

arqalı ańlatıladı.

Joqarıǵa vertikal ılaqtırılǵan deneniń qozǵalıǵı 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 tárepın 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 onıń túsiw waqtına teń boladı, yaǵnıy $t_k=t_r$. Sonday-aq, dene qanday tezlik penen joqarıǵa tik ılaqtırılǵa, ol ılaqtırılǵan jerine dál sonday tezlik penen qayıp túsedı.

Tómenge vertikal ılaqtırılǵan deneniń qozǵalıǵı 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 qozǵalısinıń teńlemesin tómendegishe jazamız:

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

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

Deneniń erkin túsiwi tegis tezleniwshi qozǵalıń bolǵanlıǵı inabatqa alınsa, bul qozǵalıń ushın da tuwrı sıızqlı tegis tezleniwshi qozǵalıstıń barlıq teńlemeleri orınlı boladı, tek olarda a tezleniwdi g erkin túsiw tezleniwi menen, al s joldı h biyiklik penen almasırw kerek (1-keste).

Erkin túsiw tegis tezleniwshi, (joqarıǵa tik ılaqtırılǵan dene tegis ásteleniwshi) qozǵalısta bolǵanlıǵı ushın dene qozǵalıstıń 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 deneniń baslanǵısh tezligi 15 m/s. Onıń jerge soqlıǵısıw waqtındaǵı tezligi neshege teń?

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$h = 20 \text{ m}$ $v_0 = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$	$v = \sqrt{(15^2 + 2 \cdot 10 \cdot 20) \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Tabıw kerek $v = ?$		Juwabı: $25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

1-keste

Tegis tezleniwshi qozǵalıń teńlemeleri	Erkin túsiwdegi qozǵalıń teńlemeleri
$v = v_0 + at$ eger $v_0 = 0$ bolsa, $v = at$	$v = v_0 + gt$ eger $v_0 = 0$ bolsa, $v = gt$
$s = v_0 t + \frac{at^2}{2};$ eger $v_0 = 0$ bolsa, $s = \frac{at^2}{2}$	$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2};$ 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, $v = \sqrt{2gh}$

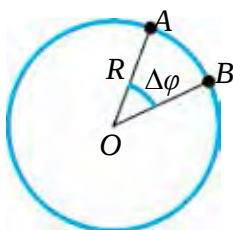


1. Joqarığa vertikal ılaqtırılğan deneniñ qozğalısqı qanday erkin qozğalıslardan ibarat?
2. Joqarığa vertikal ılaqtırılğan deneniñ qozğalısqı teñlemesinde nege tezleniw teris belgide alınğan?
3. Dene joqarığa kóterilip atırğanda onıñ tezleniwi ózgere me?



1. Joqarığa tik ılaqtırılğan deneniñ kóteriliw waqtı menen túsiw waqtı teñligin dálilleñ.
2. Deneni joqarığa qanday tezlik penen ılaqtırsaq, ol ılaqtırılğan jerine dál sonday tezlik penen qayıp túsiwin dálilleñ.

4-tema. SHEÑBER BOYLAP TEGIS EMES QOZĞALÍS. MÚYESHLIK TEZLENIW. TANGENSIAL TEZLENIW



1.2-súwret.

Siz 7-klasta sheñber boylap tegis qozğalısqı penen tanısqansız. Bul temada sheñber boylap tegis emes qozğalısqı úyrenemiz. Sheñber boylap tegis qozğalısqı tiyisli fizikalıq shamalardı eslep kóreyik (1.2-súwret).

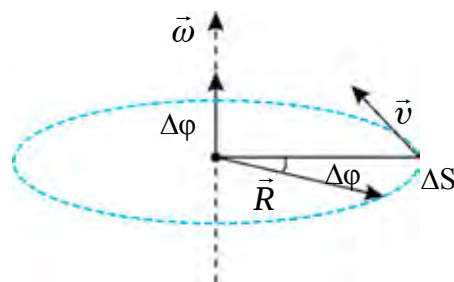
1. Sheñber boylap tegis qozğalısqı materiallıq noqattıñ waqtı birligi ishinde doğa boylap basıp ótken jolına san jáğınan teñ bolğan shamağa sızıqlı tezlik delinedi hám tómendegishe ańlatıladı.

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

2. Sheñber boylap tegis qozğalısqı sheñber radiusı burılıw múyeshiniñ usı burılıw ushın ketken waqtqa qatnası múyeshlik tezlik delinedi:

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

Мўйешлик тезлик те, сўзиқли тезлик сўйақли вектор шаме есапланадў. Онўн бағитў онў вент (бурғи) қағьдасина муварипқ аниқланадў. Бунда онў вент қалпағинўн аylanў бағитў материаллиқ ноқат аylanў менен сўйкес кelse, онўн ушинўн бағитў мўйешлик тезлик векторинўн бағитў менен сўйкес тўседи (1.3-сўврет).



1.3-сўврет.

Кўплеген жағдайларда аylanбалў қозғалишди денелер ўз аylanў тезлигини ўзгертеди. Мисалў, машина орнинан қозғалип, белгилў бир тезликке ерискенше ямаса тормозланўп тоқтағанша онўн дўнѓелекleri solay қозғаладў.

Шеўбер бойлап қозғалип атўрган денениў мўйешлик тезлиги вақит даваринда ўзгерип туратуѓин қозғалис ўзгемелў аylanбалў қозғалис делинеди.

Ўзгемелў аylanбалў қозғалислар арасинда мўйешлик тезлиги ўқтўйарлў теў вақит аралўѓинда теў муѓдарда ўзгерип туратуѓин қозғалислар да ушинрасадў. Мисалў, бандиргиге жақинласўп атўрган ямаса оннан узақласўп атўрган автобустинў дўнѓелеги тегис ўзгемелў аylanбалў қозғаладў. Бундай қозғалисларда мўйешлик тезликинў ўзгерив jedelligi мўйешлик тезленив деп аталўшди физикалў шаме менен сўпатланадў.

Мўйешлик тезлик ўзгериwinинў усў ўзгерис ушин кеткен вақитқа қатнаси менен ўлшенетуѓин шамега мўйешлик тезленив делинеди.

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

Тегис ўзгемелў аylanбалў қозғалистинў мўйешлик тезлениву вақит даваринда ўзгемейди, себеби онўн мўйешлик тезлиги де теў вақит аралўqlаринда теў муѓдарга ўзгередди. Eгер қозғалип атўрган материаллиқ ноқатинў басланѓиш мўйешлик тезлиги ω_0 , Δt вақит ўткеннен кейинги мўйешлик тезлиги ω bolsa, мўйешлик тезлигининў ўзгериwi $\Delta\omega = \omega - \omega_0$ боладў. Ol жағдайда (1.12) теўleme тўмendenги кўринисте жалўладў:

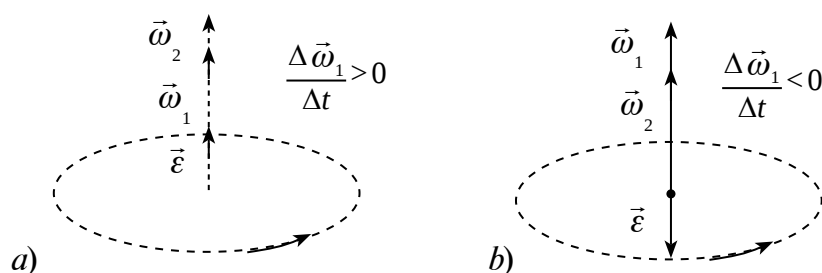
$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} \quad (1.13)$$

Буннан мўйешлик тезленивининў бирлиги $[\varepsilon] = \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$ келип шўѓадў. (1.13) аналтпадан ўқтўйарлў вақиттаѓи мўйешлик тезликти аниқлау формуласў келип шўѓадў:

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon \Delta t.$$

(1.14)

Мўйешлик тезлик қозғалис давамında bir tegis artıp barsa, aylanbalı qozğalis tegis tezleniwshi boladı ($\varepsilon > 0$) (1.4-*a* súwret). Aylanbalı qozğalistıń mўyeshlik tezligi aylanıw processinde bir tegis kemeyip barsa, bunday aylanbalı qozğalis tegis ásteleniwshi delinedi hám $\varepsilon < 0$ boladı (1.4-*b* súwret).



1.4-súwret.

Aylanbalı qozğalista mўyeshlik tezlik vektorlıq shama bolğanlıgı ushın onıń mўyeshlik tezleniwı de vektorlıq shama bolıp esaplanadı. Sebebi, (1.13) teńliktegi Δt — skalyar shama. $\omega > \omega_0$ bolğanda, $\varepsilon > 0$ bolıp, $\vec{\varepsilon}$ mўyeshlik tezlik vektorı menen bir tárepke, $\omega < \omega_0$ bolğanda, $\varepsilon < 0$ bolıp, mўyeshlik tezlikke keri bağıtlangan boladı.

Tegis ózgermeli aylanbalı qozğalistıń teńlemelerin payda etiw ushın tegis ózgermeli tuwrı sıziqlı qozğalis teńlemelerindegi basıp ótken s joldı burılıw mўyeshi φ menen, tezlik v nı mўyeshlik tezlik ω menen hám tezleniw a nı mўyeshlik tezleniw ε menen almastırıw jetkilikli. Bul qozğalislardıń óz ara salıstırılğan teńlemeleri tómendegi kestedek keltirilgen:

Tuwrı sıziqlı tegis ózgermeli
qozğalis ($a = \text{const}$)

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}
 s &= v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2} \\
 v^2 - v_0^2 &= 2a \cdot s \\
 \text{eger } v_0 &= 0 \text{ bolsa,} \\
 v &= a \cdot t \text{ hám } v = \sqrt{2a \cdot s} \\
 \text{eger } a < 0 \text{ bolsa,} \\
 v &= v_0 - a \cdot t \\
 s &= v_0 \cdot t - \frac{a \cdot t^2}{2} \\
 v_0^2 - v^2 &= 2a \cdot s
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varphi &= \omega_0 \cdot t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2} \\
 \omega^2 - \omega_0^2 &= 2\varepsilon \cdot \varphi \\
 \text{eger } \omega_0 &= 0 \text{ bolsa,} \\
 \omega &= \varepsilon \cdot t \text{ hám } \omega = \sqrt{2\varepsilon \cdot \varphi} \\
 \text{eger } \varepsilon < 0 \text{ bolsa,} \\
 \omega &= \omega_0 - \varepsilon \cdot t \\
 \varphi &= \omega_0 \cdot t - \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2} \\
 \omega_0^2 - \omega^2 &= 2\varepsilon \cdot \varphi
 \end{aligned}$$

Aylanbalı qozğalısta materiallıq noqattın sıızqlı tezliginiń san mánisi ózgeretúgın jaǵdaylar da ushırasadı. Bunday payıtta materiallıq noqattın sıızqlı 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 noqattın sıızqlı 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 qozǵalıstın múyeshlik tezleniwi dep qanday fizikalıq shamaǵa aytıladı? Ol qanday birlikte ólshenedi?
2. Múyeshlik tezliktiń baǵıtı qalay anıqlanadı?
3. Normal yamasa tangensial tezleniwi bolmaǵan iymek sıızqlı qozǵalı bar ma?
4. Dóńgelek tegis páseyiwshi qozǵalıp 1 min. dawamında jiyiligin 300 1/min. tan 180 1/min qa shekem kemeytedi. Dóńgelektiń múyeshlik tezleniwin hám usı dáwirdegi tolıq aylanıwlar sanın tabıń.

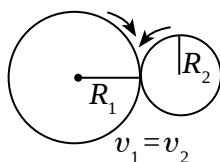
5-tema. AYLANBALÍ HÁM ILGERILEMELI QOZGÁLISTÍ ÓZ ARA UZATÍW

Kundelikli turmista qozgaliwshi transport qurallariniń qozgalısı baqlansa, olardıń dvigateli teńdey islep tursa da, olar hár qıylı tezlikte qozgalatuǵını 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 turmista qollanılatuǵın tigiw mashinasında da aylanbalı qozgalıs hám onı barıp-keliwshi (ilgerilemeli) qozgalısqa aylandırıp beriwshi mexanizmler qollanıladı (1.5-súwret).

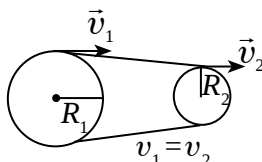


1.5-súwret.

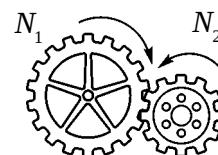
Bunday mexanizmlerde aylanbalı qozgalısı uzatıwdıń frikciyalıq, lentalı hám tisli dóńgelek sıyaqlı usılları bar bolıp, usı temada siz olar menen tanısasız.



1.6-súwret.



1.7-súwret.



1.8-súwret.

Frikciyalıq usılda qozgalısı uzatıw. Aylanbalı qozgalısı 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 qozgalısqa kelip, saat strelkasınıń aylanıwına qarama-qarsı baǵıtta aylanadı (1.6-súwret).

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

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

(1.17)

Qozğalıştı lentalı uzatıw. Aylanbalı qozğalıştı lentalı uzatıwda eki dóńgelek bir-birine kerip tartılğan lenta menen biriktiriledi (1.7-súwret). Bunda uzatıw súykelisiw esabınan ámelge asırıladi. Qozğalıştı uzatıwshı shkıvı (dóńgelekti) jeteklewshi hám qozğalıştı qabıl etiwshi shkıv (dóńgelek) jetekleniwshi shkıv delinedi. Lentalı uzatıwda da aylanıp atırğan dóńgeleklerdiń sıızqlı tezlikleriniń modulleri óz ara teń: $v_1 = v_2$.

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

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

(1.18)

Qozğalıştı tisli dóńgelekler arqalı uzatıw. Hár qıylı diametrli eki tisli dóńgelekniń tislerin bir-birine kiygiziw arqalı aylanbalı qozğalıştı uzatıw usılı tisli uzatıw dep ataladı (1.8-súwret). Birinshi dóńgelektegi tisler sanı N_1 bolıp, sekundına v_1 márte aylansın, al onıń menen tislesken ekinshi dóńgelek N_2 tiske iye bolıp, sekundına v_2 márte aylansın. Tislesiw noqatına waqıt birliqi ishinde birinshi dóńgelekniń $N_1 \cdot v_1$ tisi ótkende, ekinshisiniń $N_2 \cdot v_2$ tisi ótedi. Eki dóńgelekniń waqıt birliqi ishinde tislesiw noqatınan ótken tisler sanı teń boladı, yáğniy:

$$N_1 \cdot v_1 = N_2 \cdot v_2.$$

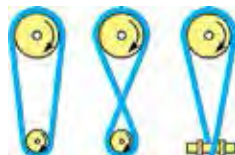
(1.19)

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

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{v_2}{v_1}.$$

(1.20)

1.9-súwrette jeteklewshi hám jetekleniwshi vallardı bir tárepke hám qarama-qarsı tárepke aylandıratuğın halda lentalar jalğanğan jağdayları keltirilgen.



1.9-súwret.

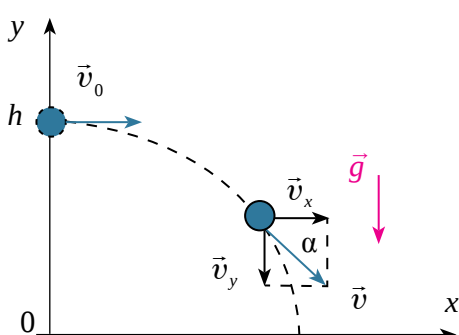




1. Aylanbali qozğalıstı frikciyalıq uzatıwdıñ qanday artıqmashılıqları hám kemshilikleri bar?
2. Aylanbali qozğalıstı lentalı uzatıwda qollanılatuğın mexanizmlerge misallar keltiriñ.
3. Aylanbali qozğalıstı tisli uzatıw qalay ámelge asırıladı?

6-tema. GORIZONTAL İLAQTÍRÍLGÁN DENENÍŇ QOZĞALÍSÍ

Biyikligi h qa teñ bolğan stol ústinde tuwrı sızıq boylap qozğalıp atırğan sharıktıñ qozğalıstı baqlayıq. Dáslep sharık óz inerciyası menen stoldıñ ústki bóliminde tuwrı sızıqlı qozğaladı.



1.10-súwret.

Sharık stoldıñ shetinen jerge jetip kелgenshe eki qozğalıstı qatnasadı. Yağnıy, dáslepki bağıtta óz qozğalıstı dawam etip atırğanlığın hámde vertikal bağıtta qozğalıp, tómenge túsip atırğanlığın kóremiz. Sharıktıñ bul qozğalıstı qanday da bir biyiklikten gorizontál ilaqtırılğan deneniñ qozğalıstına misal bolıp esaplanadı. Bul qozğalıstı sıpatlaw

ushın XOY koordinata sistemasın tañlap alıp, onı ilaqtırıw noqatına tutastıramız (1.10-súwret). Hawanıñ qarsılığы esapqa alınbaytuğın dárejede kishi bolğanda, dene gorizontál bağıtta turaqlı v_0 tezlik penen tegis qozğaladı. Sonıñ ushın qálegen t waqıttan keyingi gorizontál bağıttağı kóshiwi yamasa ushıw uzaqlığы tómendegishe esaplanadı:

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

Dene tezliginiñ x hám y kósherlerdegi proekciyaları tómendegishe ańlatıladı:

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

Al, dene vertikal bağıtta h biyiklikten baslanğısh tezliksiz tegis tezleniwshi qozğalıstı penen erkin túsedi. Sonıñ ushın qálegen t waqıttan keyingi vertikal bağıt boyınsha jağdayı tómendegishe esaplanadı:

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

Gorizontal ılaqtırılğan deneniń XOY tegisliktegi qozǵalıstı 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 sıızıǵı boylap qozǵaladı. h biyiklikten ılaqtırılğan deneniń ushıw waqtı

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

ańlatpa járdeminde anıqlanadı. Ol jaǵdayda deneniń ushıw uzaqlıǵı

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

kórinisti aladı.

Gorizontal ılaqtırılğan dene bir waqtıń ózinde gorizontal baǵıtta tegis hám vertikal baǵıtta tegis tezleniwshi qozǵalıstı 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 qozǵalıstı dawamında tezlik vektorınıń moduli hám baǵıtı úzliksiz ózgerip turadı.

Másele sheshiw úlgisi

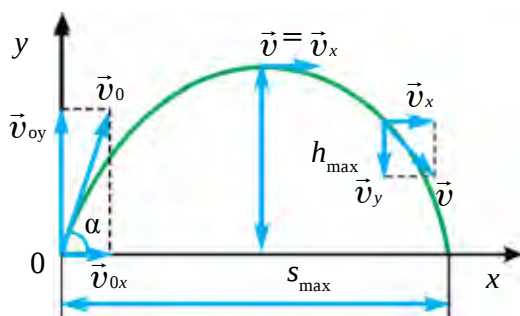
1. Dene 35 m biyiklikten 30 m/s tezlik penen gorizontál ilaqtırıldı. Onıń jerge túsiwdegi tezligin tabıń.

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



1. Gorizontál ilaqtırılğan dene qanday qozğalıslarda qatnasadı?
2. Gorizontál ilaqtırılğan deneniń traektoriyası qanday sıızıqtan ibarat?
3. Gorizontál ilaqtırılğan dene tezliginiń gorizontál hám vertikal qurawshılarınan qaysı biri dene qozğalıwı dawamında ózgermeydi?
4. Kúndelikli turmıstan temağa tiyisli qosımsha mısallar keltire alasız ba?
5. Gorizontál bağıtta baslanğısh 10 m/s tezlik penen ilaqtırılğan deneniń ushıw uzaqlığı, ilaqtırılıw biyikligine teń boldı. Dene qanday biyiklikten ilaqtırılğan?

7-tema. GORIZONTQA QIYA İLAQTİRİLGÁN DENENİN QOZĞALISI



1.11-súwret.

Gorizontqa qanday da bir múyesh astında qiyalatıp ilaqtırılğan deneniń qozğalısin baqlasaq, onıń dáslep gorizontál bağıtta ilaqtırılğan noqatınan uzaqlasıp atırğanın hám de vertikal bağıtta kóterilip atırğanlıgın kóremiz. Demek, gorizontqa qiya ilaqtırılğan dene bir waqıttıń ózinde gorizontál hám vertikal

bağıtlar boylap qozğaladı eken. Gorizontál bağıtta dene tegis qozğaladı. Ol vertikal bağıtta maksimal biyiklikke kóterilgenshe tegis ásteleniwshi, soń tómengə qarap tegis tezleniwshi qozğalısta boladı (1.11-súwret).

Gorizontqa mۇyesh astında ılaqtırılğan deneniń qozǵalıǵ traekto-riyası 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}) qurawshılarga ajıratamız:

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

Esaplawlardı ápiwayılastırır ushın hawanıń qarsılıǵın esapqa almaymız. Deneniń qálegen t waqıttan keyingi gorizont baǵıttaǵı orın awıstırırwı 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 qozǵalıǵı dawamında tezliginiń gorizont qurawshısı ózgermese de, tezliktiń vertikal qurawshısı kóteriliwde tegis kemeyip baradı hám traektoriyanıń eń joqarı noqatında nolge teń boladı. Demek, gorizontqa mۇyesh 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 $t_k = t_t$. Bunnan deneniń ulıwma ushıw waqtı:

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

Gorizontqa múyesh astında ılaqtırılǵan dene gorizonttal baǵıtta tegis qozǵalısta boladı. Sonlıqtan deneniń ushıw uzaqlıǵı tezliktiń tek gorizonttal 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

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

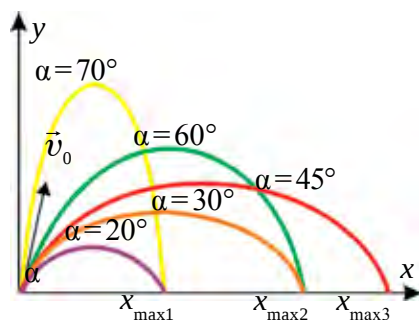
yamasa

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

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° qa teń boǵanda maksimal mániske erisedi. Soń múyesh artıwı menen ushıw uzaqlıǵı kemeyedi.

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



1.12-súwret.

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

teńlemege (1.29) teńlemeden

$t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$ waqıttı tawıp qoysaq, traektoriya 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 qiya 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 tómengge qarap baǵıtlanǵanlıǵın ańlatadı.

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

Másele sheshiw úlgisi

1. Top 10 m/s tezlik penen gorizontqa 30° qiyalatıp ılaqtırıldı. Ol qansha biyiklikke kóteriledi?

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



1. Basketbolshı toptı torǵa túsiriw ushın óziniń boyın esapqa alama?
2. Gorizontqa qiya ılaqtırılǵan 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?

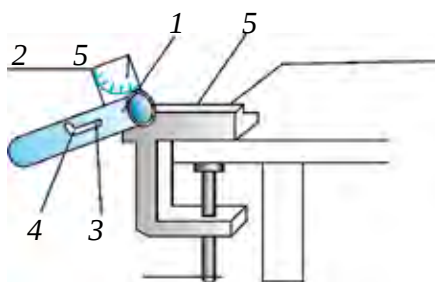


Háwlide yamasa vannada suw kranına shlang jalǵap, suwdı hár qıylı múyesh astında sewip kóriń. Nátiyjeni talqlań.

8-tema. LABORATORIYA JUMÍSI: GORIZONTQA QÍYA ÍLAQTÍRÍLGÁN DENENIŇ QOZĞALÍSÍN ÚYRENIW

Jumustıń maqseti. Deneniń ushıw uzaqlıgınıń ılaqtırılıw múyeshine baylanıslılıgın tekseriw.

Kerekli ásbap hám úskeneler. 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° 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. Tájiriybe joqarıdaǵı sıyaqlı keminde 3 márte tákirlanadı.

7. Ballistikalıq pistolettıń qıyalıq múyeshin 45° qa qoyıp tájiriybe tákirlanadı.

8. Esaplangan shamalardıń mánisi tómendegi kestege jazıladı.

Atılıw múyeshi	Tájiriybe	l , ushıw uzaqlıǵı, (m)	l_{ort} (m)	Δl , (m)	Δl_{ort} (m)
30°	1-tájiriybe				
	2-tájiriybe				
	3-tájiriybe				
45°	1-tájiriybe				
	2-tájiriybe				
	3-tájiriybe				



1. *Gorizontqa salistirganda qiya atilgan deneniñ qozgalis traektoriyasi qanday boladi?*
2. *Gorizontqa salistirganda qiya atilgan deneniñ ushiw uzsaqligi qanday shamalarğa baylanisli?*
3. *v_0 baslangish tezlik penen müyesh astında atilgan deneniñ túsip atirgan payittağı tezligi qanday boladı hám gorizont penen qanday müyesh payda etedi?*
4. *Tájiriybede alingán nátiyjeler boyınsha ushiw uzaqligi hám ushiw waqtınıñ mánisi atılıw müyeshine baylanislılıgın talqılañ.*

1-shinğıw

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

2. Metrodağı eskalator adamdı 30 s ta joqarığa alıp shıgadı. Eger adam hám eskalator birgelikte qozgalsa, 10 s ta kóteriledi. Eskalator tınısh tursa, adam qansha waqıtta joqarığa shıgadı? (*Juwabı: 15 s*).

3. Dene 80 m biyiklikten erkin túspekte. Túsiwdiñ aqırğı sekundındağı orın awıstırıwı tabıñ. Qozgalis dawamındağı ortasha tezligin anıqlañ. Deneniñ baslangish tezligin nolge teñ dep esaplañ. (*Juwabı: 35 m, 20 m/s*).

4. Eger vertikal joqarığa ılaqtırılğan dene joldıñ aqırğı 1/4 bólimin 3 s ta basıp ótken bolsa, ol qansha waqt kóterilgen? Onıñ baslangish tezligi qanday bolğan? (*Juwabı: 6 s, 60 m/s*).

5. Eger baslangish tezliksiz erkin túsip atırğan dene aqırğı sekundta 75 m joldı ótken bolsa, ol qanday biyiklikten túsken? Qozgalistıñ aqırındağı tezligi nege teñ? (*Juwabı: 320 m, 80 m/s*).

6. Eki sharik bir noqattan 20 m/s baslang'ish tezlik penen 1 sekund waqt intervalı menen joqarığa vertikal atıldı. Birinshi sharik atılğannan qansha waqt ótkennen soñ, sharlar ushırasadı? (*Juwabı: 2,5 s*).

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

8. Mexanikalıq qozgalis I dóńgelekten II dóńgelekke lenta arqalı uzatıladı. Eger II dóńgelektiñ müyeshlik tezligi $100 \pi s^{-1}$,

dóngeleklerdiń radiusları sáykes ráwishte 30 hám 10 sm bolsa, I dóngelek minutına neshe márte aylanadı? (*Juwabı: 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. (*Juwabı: 0,063 mm*).

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

I baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları

- 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.
- Dene 15 m/s tezlik penen vertikal tómengen qarap taslandı. Ol 2 s ótkennen keyin qanday tezlikke erisedi (m/s)?
A) 25; B) 35; C) 30; D) 45.
- 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.
- 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.
- 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.
- Aylanbalı qozǵalıс 50 tisli dóngelekten 150 tisli dóngelekke uzatılmaqta. Birinshi dóngelek 2 s dawamında bir ret tolıq aylanıp shıqsa, ekinshi dóngelektiń aylanıw dáwiri qansha?
A) 3 s; B) 7,5 s; C) 5 s; D) 6 s.

7. Iymek sızıqlı tegis qozğalışta tómendegi shamalardıń qaysı biri ózgermeydi?
- A) bir zamattağı tezlik moduli; B) tezleniw moduli;
C) ortasha tezlik moduli; D) tezleniw vektorı.
8. Iymek sızıqlı tegis qozğalışta tezleniw vektorınıń bağıtı qanday?
- A) traektorıyanıń iymeklik radiusı boyınsha orayğa;
B) traektorıyağa urınba;
C) qozğalış traektorıyası boyınsha;
D) iymek sızıq radiusı boyınsha oraydan sırtqa.
9. 125 m biyikliktegi minaradan dene 30 m/s tezlik penen gorizonttal bağıtta ılaqtırıldı. Deneniń ushıw uzaqlıǵın anıqlań.
- A) 300 m; B) 120 m; C) 240 m; D) 150 m.
10. Dene jerden gorizontqa 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

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

Иймек сизлиқли тегис қозғалис	Қозғалис траекторияси иймек сизлиқтан ибарат болган, тезлигини ўлкенлиги ўзгермейтуғин, бирақ бағити траекторияга уринба раўисhte ўзгеретуғин қозғалис.
Қозғалислардин <i>ғареzsizlik</i> принципи yamasa superpo- ziciyası	Дене қатнаси атрган қозғалислар еркин болп, олардин қозғалис тезлиги (тезлениwi) бир-бирине байланисли емеслиги.
Јоқарига қарап вертикал қозғалис	Јердин тартп кўshi бағитина қарам-қарси қозғалис. Қозғалис теңлемеси $h = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2}$.
Томенге қарап вертикал қозғалис	Јер тартп кўshi бағитиндағи қозғалис. Қозғалис теңлемеси $h = v_0 \cdot t + \frac{gt^2}{2}$.
Ўзгериmeli аylanbalı қозғалис	Мўyeshлик тезлиги waқit dawamında ўзгериp туратуғин аylanbalı қозғалис.
Мўyeshлик тезлениw	Мўyeshлик тезлик ўзгериwиниң usı ўзгериs ushın ketken waқitqa қатнаси менен ўлshenetуғин shama $\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$.
Sheńber boylap тегис ўзгериmeli қозғалиста иқтиyarlı waқиттағи мўyeshлик тезлиkti аниqlaw формуласи	$\omega = \omega_0 + \varepsilon\Delta t$.
Tangensial тезлениw	Тезлиktiń san мánиси ўзгериwi sebepli payda болadı $\vec{a}_\tau = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$.
Иймек сизлиқли қозғалистин толиқ тезлениwi	$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n, a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$.
Frikciyalıq usılda қозғалисти узатиw	Һар қылы radiuslı eki дóнгелек бир-бирине тásир (тиyiw) этиwi арқали узатилатуғин қозғалис.
Қозғалисти лентали узатиw	Қозғалис бир дисктен екинshisine керип тартылган лента арқали узатилadı.

Qozğalıstı tisli dóńgelek arqalı uzatıw	Hár qıylı diametri eki tisli dóńgelektiń tislerin 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	$y=x\cdot\tg\alpha-\frac{g\cdot x^2}{2v_0^2\cdot\cos^2\alpha}.$

II баp. DINAMIKA

9-tema. DINAMIKA NIZAMLARI

Bizdi qorshap turgan ortalıqtağı denelerdiñ qozğalı mexanika nizamlarına boysınadı.

Dene qozğalısnıñ ózgeriw sebeplerin XVI ásirdiñ aqırı hám XVII ásirdiñ basında birinshi ret tájiriybeler járdeminde tolıq úyrenen alım Galiley edi. Galiley dene qozğalısnıñ ózgertiw sebebi haqqında tómendegishe jazğan edi:

Eger denege basqa hesh qanday deneler tásir etpese, dene jerge salıstırğanda óziniñ tınısh jağdayın yamasa tuwrı sızıqlı tegis qozğalısnı saqlaydı.

Galiley tárepinen ornاتیлған bul nızam mexanikanıñ tiykarğı nizamlarınıñ quralıwında birinshi qádem boldı.

Bul nizamlardı ashıw ushın Nyutonga hesh qanday quramalı ásbap-úskeneler zárúr bolmağan. Bunıñ ushın ápiwayı tájiriybeler jetkilikli bolğan. Bundağı eñ úlken qıyınshılıq denelerdiñ hár qıylı qozğalıslarınıñ ishinen eñ áhmiyetlisin, eñ ulıwmalıǵın kóre alıwdan ibarat edi.

Dinamika grekshe «dynamis» sózinen alınğan bolıp «kúsh» degen mánini bildiredi. Eger biz qanday da bir deneniñ qozğalısqı kelgenin kórsek, oğan tásir etip atırğan basqa bir deneni de kóremiz. Basqa dene, qozğalısqı kelgen deneni tartıwı, iyteriwi yamasa oğan aralıqtan turıp tásir etiwı múmkin (máselen, magnittiñ temir shargá tási). Jerden belgili bir biyiklikke kóterip qoyılğan dene qoyıp jiberilse tómengge túsedı. Bul tájiriybelerdiñ barlıǵında **dene tezliginiñ ózgeriwi (yaǵnıy tezleniw) baraqulla basqa bir deneniñ tási sebepli júzege keledi.** Bul gáp Nyuton mexanikasınıñ eñ áhmiyetli juwmağı esaplanadı.

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

Biraq, bunday juwmaqqa dárhal kelinbegen. Ullı oyshıl Aristotel dene qozğalısnıń ózgeriw sebebin ashıwǵa háreket etti. Onıń jazıwınsha, «Eger denegе 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 avtomobildıń benzini tawsılıp qalsa, dvigateli óshedi. Avtomobil biraz júrip toqtaydı. Tap sonday juwmaqtı velosipedke, kóldegi qayıqqa da qollanıw múmkin.

Alıp barılǵan baqlawlar hám juwmaqlar tiykarında dinamikanıń 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 sıızqlı 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 tásiри 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 sıızqlı tegis qozǵalısh halatınan shıǵıw sebebi basqa denelerdiń tásiри ekenligin bilip aldıq. Denelerdiń bir-birine bolǵan tásiри kúsh penen sıpatlanadı.

Nuytonniń sózi menen aytqanda, mexanikada, denelerdiń bir-birine tásiри 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 tásiри sebepli boladı;
- 2) tezleniw beriwshi kúsh basqa denelerdiń tásiри sebepli boladı.

Kúsh túsini eki denegge tiyisli. Kúsh vektorlıq shama bolıp bağıtqa iye boladı. Kúshti 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 ózgerťpese (yaǵnıy, oǵan tezleniw bermese), moduli jaǵınan teń hám qarama-qarsı baǵıtlanǵan boladı.

Tájiriybeler deneniń alǵan tezleniwini oǵan qoyılǵan kúshten 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 kúshtiń dene alǵan tezleniwine qatnası turaqlı shama ekenligi belgili

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

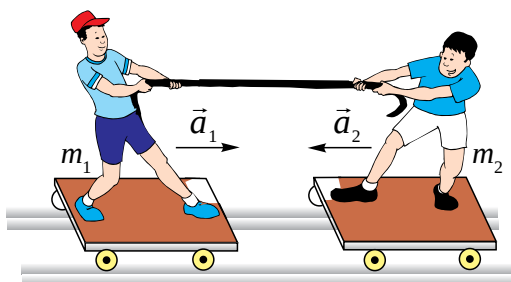
Denegge tiyisli $\frac{F}{a}$ qatnas penen ólshenetuǵın shamaǵa inertlik massa delinedi.

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

Massa túsiniǵi 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.

Bu ańlatpa tábiyattıń sonday bir fundamental formulası bolıp, oǵan úlken aspan deneleriniń qozǵalısları da, samal ushırǵan mayda qum bólekshesiniń qozǵalısları da boysınadı.

Joqarıda ayılǵanıday, óz ara tásir mudamı jup boladı.

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 tásirde júzege keltiredi. Olar san mánisi jaǵınan bir-birine teń bolıp, bir tuwrı sıızıp 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 m/s^2 tezleniw aladı. Al, m_2 massalı dene, usı kúsh tásirinde 5 m/s^2 tezleniw aladı. Bul deneler óz ara jalǵansa, olar usı kúsh tásirinde qanday tezleniw menen qozǵaladı?

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



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. GALILEYDIN SALISTIRMALILIQ PRINCIPI. INERCIAL HAM INERCIAL EMES ESAPLAW SISTEMALARI

Salistirmalilik principiniń ashılıwına tiykargı 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) tómendegi 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 klassaslardan 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 tómengge taslap kóremiz. Eger keme qozǵalmay turǵan bolsa, ol vertikal túsedı. Qozǵalısta bolsa, túsiw barısında kemeniń polı aldığa 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 sıızqlı 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 sıızqlı 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 salistirmalı tuwrı sıızqlı tegis qozǵalıp atırǵan esaplaw sistemaları *inercial esaplaw sistemaları* delinedi.

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

boylap júrip baratırǵan adam ushın esaplaw sisteması sıpatında vagondı yamasa Jerdi alıw múmkin. Adamnıń vagongá 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 vagongá salıstırǵanda orın awıstırıwı jerge salıstırǵanda awıstırıwınan kishi boladı. Dene massası tınısh halatta turǵan vagonnıń ishinde ólshegende de, tuwrı sıızqlı 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 sıızqlı 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 salıstırmalıq 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 sıızqlı 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 salıstırğanda tuwrı sıızqlı tegis qozğalıp atırğan poyezdı da inercial esaplaw sistemasına kirgizse boladı.

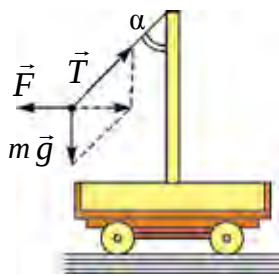
Joqarıda atap ótkenimizdey, tuwrı sıızqlı tegis qozğalıp atırğan sistemalarda Nyuton nızamları orınlı boladı. Eger esaplaw sisteması iymek sıızqlı yamasa tezleniw menen qozğalıp atırğan bolsa-she? Bunday sistemalar ***inercial emes esaplaw sistemaları*** delinedi. Qalay etip inercial emes esaplaw sistemalarında 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 atırğan kúshler menen birgelikte ***inerciya kúshin*** kirgizemiz. Inerciya kúshi deneye basqa deneler tárepinen emes, al esaplaw sisteması tezleniw menen qozğalıwı sebepli tásir etedi. Ol jağdayda Nyutonniń ekinshi nızamı tómendegi

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

kóriniste boladı.

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

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



2.2-súwret.

Aytılğarlardı mısalda kórip shıǵayıq. Kishi bir arbashaǵa vertikal tayaqsha ornatılğan bolıp, oǵan 2.2-súwrette kórsetilgenindey mayatnik ildirilgen. Arbasha jerge salıstırğanda $\vec{a}_{ab}$ turaqlı tezleniw menen qozǵalmaqta. Mayatnik arbashaǵa salıstırğanda 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 inerciya kúshin $\vec{F}_i = -m\vec{a}_i$ kirgiziw kerek. Ol jağdayda

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

Demek, Nyutonniń ekinshi nızamı shártli ráwishte orınlanadı. Mayatniktiń awısıw múyeshi $\operatorname{tg}\alpha = \frac{a_i}{g}$.



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

11-tema. GRAVITACIYALÍQ MAYDANDAĞÍ QOZĞALÍS

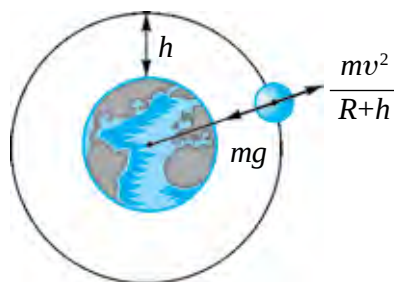
Siz 7-klasta Jer óz átirapında turaqlı tartısıw maydanın payda etetuǵının hám usı maydan arqalı denelerdi ózine tartıp turatuǵının bilip algansız. Demek, jerde bolatuǵın barlıq qozǵalıslarǵa tartısıw maydanı óz tásirin kórsetedi.

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

Deneniń tezligi arttırıp barılsa, B hám C noqatlardı tusedi. Tezliktiń belgili bir mánisinen baslap dene Jerge túspey, Jer átirapında sheńber boylap qozǵalısqı 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/s² dep alınsa, v nıń mánisi:

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

qa teń boladı.

Bul tezlik **birinshi kosmoslıq tezlik** delinedi.

Sunday tezlik penen qozǵalǵan Jerdın 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 parıqlanıwı 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 joldastın aylanıw dáwiri formulasınan paydalanıp jasalma joldas Jerden belgili bir biyikliktegi noqatta «qozǵalmay» turıwı kerek bolǵan biyiklikti tabıw múmkin. Demek, joldastın aylanıw dáwiri 24 saatqa teń bolıwı ushın qanday biyiklikte qozǵalıwı kerek? Esaplawlar sonı kórsetedi, biyiklik

$h=6,6 R_{\text{Jer}}$ yaғniy 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 astronautlar Neyl Armstrong hám Edvin Oldrinler birinshi bolıp Ayǵa qondı.

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

Al, alıs juldızlarga 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.



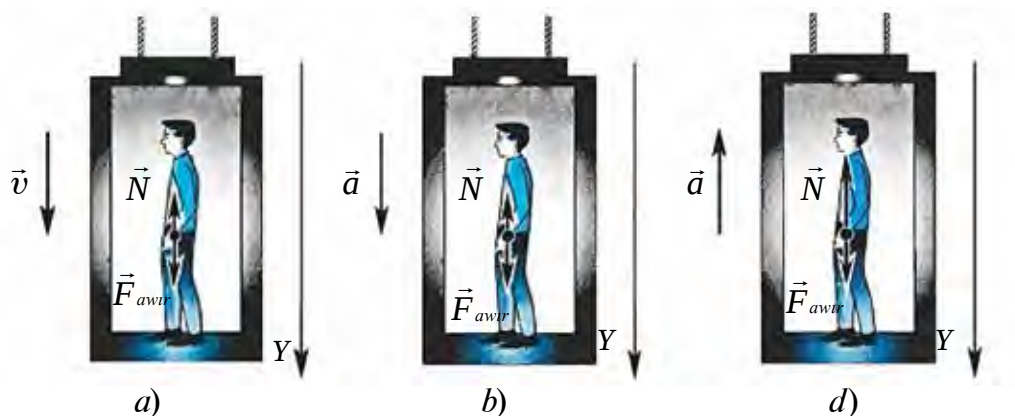
1. Ne sebep Jer, óziniń átirapında qozǵalıp atırǵan jasalma joldastı tartıp almaydı?
2. Aydı da birinshi kosmoslıq tezlik penen qozǵalıp atırǵan joldas dep qaraw mümkün be?
3. Jasalma joldastıń Jer betinen biyikligi artıwı menen onıń tezligi qalay ózgeredi?

12-tema. DENE AWIRLÍĞINÍN QOZǴALÍS TÚRINE BAYLANÍSLÍLÍǴI

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

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

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



2.5-súwret.

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

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

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

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

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

boladı.

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

Demek, dene salmaqsızlıq halatına ótiwi ushın tómengge 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 joldaslarındagı, orbital stanciyalardagı 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 qozǵalıwı dáwirindegi awırlıǵınıń, tınısh halattagı 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 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 tómengge qarap $4,5 \text{ m/s}^2$ tezleniw menen túspekte. Ondağı deneniń awırlıǵı neshe ese kemeyedi?

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



1. Samolyottan sekirgen parashyutshı: a) parashyut ashılǵaǵa 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, ondağı adam qanday halatta boladı?
3. Dene gorizontaı baǵıtta tezleniwshi qozǵalısta bolsa, onıń awırlıǵı ózgere me?

13-tema. DENENIŇ 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 tásirlesiwın kórdik.

Kúndelikli turmısta da denegge tek bir kúsh tásir etetuǵın jaǵday baqlanbaydı. Qozǵalıstağı denelerge tartıwshı kúshden tısqarı súykelis kúshi de tásir etedi. Gorizontaı 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 tezleniwın anıqlaw ushın qaysı kúshden paydalanamız? Bunda *teń tásir etuwshı kúsh* túsiniǵınen 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 jıyındısıń koordinata kósherlerine proekciyalar menen almasııp, algebralıq jıyındısı alınadı. Ol jaǵdayda denegе tásir etiwshi kúshler óz ara qarama-qarsı baǵıtlanǵan onıń moduli

$$F = F_t - F_{\text{súyk.}}$$

penen anıqlanadı.

Deneniń alǵan tezleniwi 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 tezleniwin kóreyik (2.6-súwret). Bunda α – qıya tegisliktiń qıyalıq múyeshi. Qıya tegislik penen oǵan qoyılǵan taxta arasındaqı súykelis koefficienti μ ge teń.

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

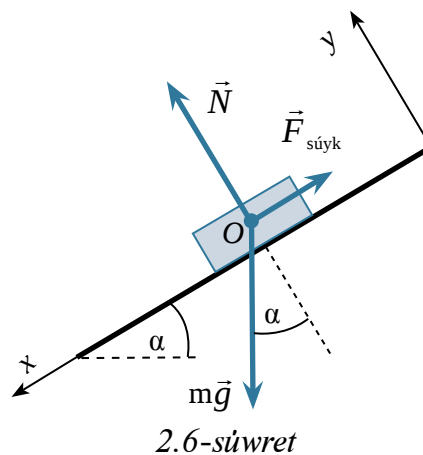
x kósherin qıya tegislik boylap tómenge baǵdarlaymız, y kósherin tegislikke perpendikulyar baǵdarlaymız.

Qıya tegislikte dene teńsalmaqlıqta qalıwı ushın oǵan tásir etiwshi kúshlerdiń teń tásir etiwshisi nolge teń boliwi 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 $mg \sin \alpha - F_{\text{súyk.}} = 0$;
- 2) y kósheri baǵıtı boyınsha $-mg \cos \alpha + N = 0$.



Dene qiya tegislikte teňsalmaqlıqta qalıwı ushın $\vec{F}_{súyk.} \geq mg \cdot \sin \alpha$ teňsizlik orınlanıwı kerek.

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

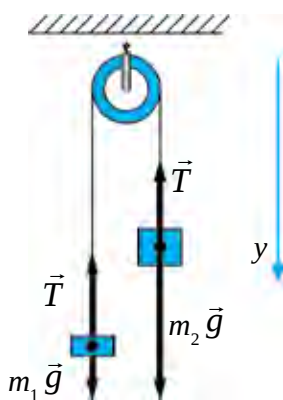
Solay etip, $\operatorname{tg} \alpha \leq \mu$ shárt orınlanganda taxta qiya tegislikte teňsalmaqlıqta qaladı.

Eger $\operatorname{tg} \alpha \geq \mu$ bolsa, dene qiya tegislik boylap tómengge qaray tezleniw menen qozǵaladı. Tezleniwdi tabıw ushın $ma = mg \cdot \sin \alpha - \mu mg \cdot \cos \alpha$ teňlemenı dúzemiz. Teňliktiń 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 tezleniwı hám jiptiń keriliwı tabılsın. Bloktaǵı súyekis kúshi hám jiptiń massası esapqa alınbasın.



2.7-súwret.

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

Bloktiń hám jiptiń massası hám de súyeklisti esapqa almaw haqqındaǵı talap sonı ańlatadı, jiptiń hár eki táreptegi keriliwı birdey boladı. Onı T menen belgilep alamız.

Júkler ushın Nyutonnıń ekinshi nızamınıń teňlemesin 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 tómengge baǵıtlap, oǵan bolǵan

proekciyalar ushın teňlemeler sistemasın jazamız:

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

Ekinshi teňlemeden birinshi teňlemenı 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 tómengen, ekinshisi joqarıǵa qozǵalıp atırǵan denelerdiń awırlıǵı. Júkler tezleniw menen qozǵalıp atırǵanlıǵı sebepli massaları hár qıylı bolsa da, awırılıqları 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 awırılıǵı 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. Bloктаǵı jiplerge ildirilgen júklerdiń awırılıǵı qozǵalıw dáwirinde nege teń bolıp qaladı?

2-shıńǵıw

1. Úydiń tóbesi gorizontqa salıstırǵanda 30° tı quraydı. Tóbesinde júrgen adam ayaq kiyiminiń ultanı menen úydiń tóbesiniń beti arasındǵı súyekis 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 ıdıs qoyılǵan. Arba gorizont bagıtta 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 bolğan cilindrge jip oralğan. 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 taxta arasındaqı súykeli koefficienti 0,1. Taxtaǵa gorizontál baǵıtta qanday a tezleniw berilse, onıń ústindegi júk sırganap túsedı? (*Juwabı*: 1 m/s²).

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/s²).

10. Massası 6 t bolğan, júk tiyelmegen avtomobil 0,6 m/s² tezleniw menen qozǵala basladı. Eger ol sol tartıw kúshinde ornınan 0,4 m/s² tezleniw menen qozǵalsa, oǵan tiyelgen júktiń massası qansha bolğan? (*Juwabı*: 3 t).

II baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları

1. Gápti tolıqtırıń. Tınısh jaǵdayda turǵan yamasa tuwrı sıızqlı 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 bolğan dene 20 N kúsh tásirinde qanday qozǵalısta boladı?

- A) 2 m/s tezlik penen tegis;
- B) 2 m/s² tezleniw menen tezleniwshi;
- C) 2 m/s² tezleniw menen ástelesiwshi;
- D) 20 m/s tezlik penen tegis.

3. 1 m/s^2 tezleniw menen joqarığa kóterilip atırǵan liftte 50 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) Joqarığa turaqlı tezlik penen;
B) Tómenge turaqlı tezlik penen;
C) Joqarığa 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 N nan bolǵan qarama-qarsı kúshler qoyılsa, dinamometr neshe Nyutondı kórsetedi?
A) 15; B) 30; C) 60; D) 120.
8. 3 N hám 4 N kúshler bir noqatta qoyılǵan. Kúsh baǵıtları arasındaǵı múyesh 90° . Teń tásir etiwshi kúsh moduli qanday (N)?
A) 1; B) 5; C) 7; D) 3.

II bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsiniq, qaǵıyda hám nızamlar

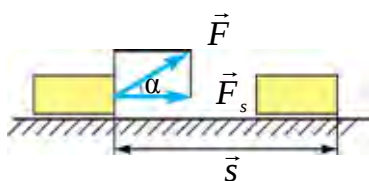
Dinamikanıń birinshi nızamına Galiley bergen táriyp	Eger denege basqa hesh qanday deneler tásir etpese, dene jerge salıstırǵanda óziniń tınısh jaǵdayın yamasa tuwrı sıızıqlı tegis qozǵalısn saqlaydı.
Dinamikanıń birinshi nızamı	Inercial sistema dep atalıwshı sonday esaplaw sistemaları bar, ondaǵı dene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

Inertli massa	Denege tiyisli $\frac{F}{a}$ qatnas penen ólshenetuđın shama.
Dinamikanıń ekinshi nızamı	Deneniń alǵan tezleniwi qoyılǵan kúshke tuwrı, deneniń massasına keri proporcional boladı: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ Dene massasınıń onıń tezleniwine kóbeymesi denege teń tásir etiwshi kúshke teń: $F = m\vec{a}$.
Dinamikanıń úshinshi nızamı	Tásir mudamı keri 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	Salıstırmalı 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 kiriwshi planetalarga 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. $\vec{P} = m(\vec{g} + \vec{a})$ – joqarıǵa kóterilip atırǵan deneniń awırlıǵı.
Salmaqsızlıq	Deneniń tayanışqa 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. ENERGIYANÍ SAQLANÍW NÍZAMÍ. DENENÍ QÍYA TEGISLIK BOYLAP QOZGÁLÍWÍDA ATQARÍLGAN JUMÍS

Energiya—hár qıylı formadağı qozğalıslar hám óz ara tásirlerdiń muğdarlı ólshemi (ol grekshe *energeia*—*tásir* sózinen alıńan). 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 alğan energiyağa teń boladı.



3.1-súwret.

Nyutonnıń ekinshi nızamınan belgili, deneniń mexanikalıq qozğalısların ózgeritiw ushın oğan 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 bağıtında júz bergen kóshiwe skalyar kóbeymesine teń bolğan shama mexanikalıq jumıs delinedi, yaǵnıy

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

Bul jerde: α —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 itibarga alsaq, (3.1) tómendegi kórinisti aladı:

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

bul jerde F_s —kúshniń kóshiw bağıtına proekciyası.

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

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

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

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

Eger deneye 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 kúshniń deneni 1 m aralıqqa orın awıstırıwda atqargan jumısı qabıl etilgen.

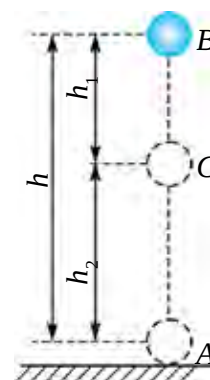
Awırlıq kúshiniń jumısı. Jer betine jaqın biyikliklerde deneye jer tárepinen $P = mg$ awırlıq kúshi tásir etedi. Jer betinen h biyikliktegi

B noqattan jer qáddinen esaplangan h_2 biyikliktegi C noqatqa ótiwde deneniń orın awıstırıwı $h_1 = h - h_2$ ge teń (3.2-súwret). Bunda awırlıq kúshiniń atqargan 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 atqargan 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 tómeng 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 tásiiri 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 tiykargı nızamlarınan bolıp, tek ǵana makroskopiyalıq emes, al mikrodenerler 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 η háribi menen belgilenedi.

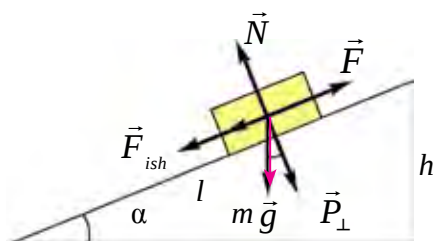
Eger paydalı jumıstı A_p tolıq jumıstı A_t menen belgilesek, ol jaǵdayda PJK formulası tómendegishe jazıladı:

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

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 utsal, 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

Uzunlıǵı l , biyikligi h bolǵan qıyalıqqa awırlıǵı P bolǵan joqarıǵa qozǵalıp atırǵan deneni qarayıq (3.3-súwret). Bunda denegе $F_{súyk.}$ súykeliw 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:

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

Júkke tásir etetuǵın tartıw kúshi

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

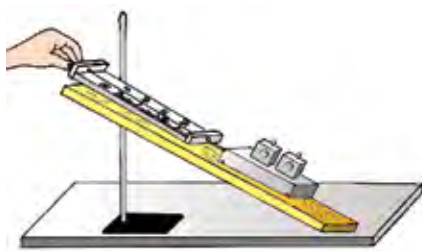


1. Mexanikalıq jumıs qalay anıqlanadı?
2. Awırlıq kúshiniń jumısı nege teń?
3. Tábiyatta energıyanıń saqlanıw nızamı mudamı orınlana ma?
4. Qıya tegislik jumıstan utıs bere me?

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

Jumıstıń maqseti: Qıya tegislik hám onnan ne maqsette paydalanılatuǵının úyreniw. Dinamometrde denelerdiń salmaǵın ólshew kónlikpesin qalıplestiriw. Paydalı hám tolıq jumıs hám de paydalı jumıs koefficienti haqqındaǵı bilimlerde ámelde bekkemlew. Qáteliklerde esaplaw kónlikpelerin qalıplestiriw.

Kerekli ásbaplar: uzun juqa taxta, qisqishli shtativ, ágash brusok, júkler toplamı, dinamometr.



3.4-súwret.

Jumistıń orınlanıwı:

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

2) dinamometr járdeminde ágash 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 koef-ficienti 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)	η , (%)
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 jumistıń tolıq jumıstan kem bolıwına sebep ne?

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

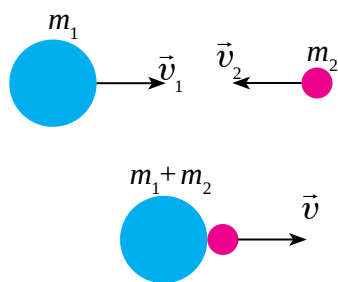
16-tema. DENELERDİN ABSOLYUT SERPIMLI HĀM SERPIMLI EMES SOQLĠGISIWI

Soqlıgısıw dep, eki yamasa onnan kóp denelerdın júdá qısqa waqıt dawamındaǵı tásirlesiwine ayıladı.

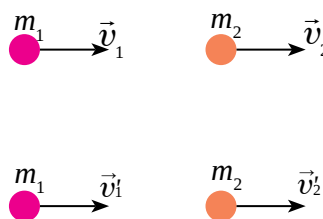
Soqlıgısıw tábiyatta júdá kóp ushırasadı. Bilyard sharlarınıń soqlıgısıwı, adamnıń jerge sekiriwi, balǵa menen shegeniń qaǵılıwı, futbolshınıń top tebiwi hám t.b.lar soqlıgısıwǵa mısal boladı.

Soqlıgısıw nátiyjesinde denelerdın deformaciyalanıwına qarap olar eki túrge: absolyut serpimli hám absolyut serpimli emes soqlıgısıwlarǵa bólinedi.

Absolyut serpimli emes soqlıgısıw. Absolyut serpimli emes soqlıgısıw dep, eki deformaciyalanatuǵın sharlardın soqlıgısıp, birge yamasa birdey tezlik penen qozǵalıwına ayıladı. Soqlıgısıwdan soń sharlar birlesip, qozǵalıwı múmkin. Plastilin yamasa ılaydan jasalǵan shariklerdın soqlıgısıwı buǵan mısal bola aladı (3.5-súwret).



3.5-súwret.



3.6-súwret.

m_1 massalı deneniń soqlıgısıwınan aldınǵı tezligi $\vec{v}_1$, m_2 massalı deneniń soqlıgısıwınan aldınǵı tezligi $\vec{v}_2$ bolsın. Soqlıgısıwdan keyingi tezlik $\vec{v}$ bolsa, impulstıń 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 energıyanıń saqlanıw nızamı orınlanbay, onıń bir bólegi sharlardıń ishki energıyasına aylanadı.

Absolyut serpimli soqlıǵısıw dep, eki deformaciyalanbaytuǵın sharlardıń soqlıǵısıwına aytıladı. Bunda sharlardıń soqlıǵısıwınan aldınǵı kinetikalıq energıyaları, soqlıǵısıwdan keyin de tolıǵı menen kinetikalıq energıyaǵa aylanadı.

Absolyut serpimli soqlıǵısıwda impulstıń hám kinetikalıq energıyanıń 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 onı tárepke baǵıtlangan qozǵalıstı onı, al shep tárepke baǵıtlanganın teris tańba menen alamız (3.6-súwret). Usı jaǵday ushın impulstıń hám kinetikalıq energıyanıń 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 aytıladı?

2. Absolyut serpimli emes soqlıǵısıwda energıyanıń saqlanıw nızamı orınlana ma?

3. Absolyut serpimli soqlıǵısıw dep qanday soqlıǵısıwǵa aytıladı?

Másele sheshiw úlgisi

Turaqli F kúsh tásirinde vagon 5 m joldi basip ótti hám 2 m/s tezlik aldı. Eger vagonniń massası 400 kg hám súykelisiw koefficienti 0,01 bolsa, kúsh atqargan A jumıs anıqlansın.

Berilgen:	Sheshiliwi:
$F = \text{const};$ $s = 5 \text{ m};$ $v = 2 \text{ m/s}$ $m = 400 \text{ kg};$ $\mu = 0,01$	Kúshniń atqargan jumısı: A, vagondi kóshiriwdegi jumıs A_0 ға hám oǵan kinetikalıq energiya E_k beriw ushın atqarılǵan jumıslardıń jıyındısına teń $A = A_0 + E_k.$ Bul jerde: $F_{\text{súyk.}} = \mu P$. $P = mg$ ekenligin itibargá alsaq, $A_0 = F_{\text{súyk.}} \cdot s = \mu mgs$. Óz gezeginde, vagon alǵan kinetikalıq energiya $E_k = \frac{mv^2}{2}$ Solay etip, F kúsh atqargan jumıs $A = \mu mgs + \frac{mv^2}{2}$. Berilgenlerden paydalanıp $A = 0,01 \cdot 400 \cdot 9,8 \cdot 5 \text{ Dj} + \frac{1}{2} \cdot 400 \cdot 4 \text{ Dj} = 996 \text{ Dj}.$ <i>Juwabı: $A = 996 \text{ Dj}$.</i>

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 vagondi 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/s² 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 baslangısh tezlik v_0 penen taslaw kerek? Soqlıǵısıw absolyut serpimli dep esaplansın. (*Juwabı: $v_0 = \sqrt{2gh}$*).

6. Massasi 1 kg bolgan materialliq noqat shehber boylap 10 m/s tezlik penen tegis qozg'almaqta. Dawirdin to'rtten bir ulesinde, dawirdin yariminda, toliq dawirde impulstin o'zgeriwin tabin. (Juwabi: 14 kg·m/s; 20 kg·m/s; 0).

7. Massasi 0,5 kg bolgan dene 4 m/s tezlikte joqariga vertikal ilaqtirildi. Dene maksimal biyiklikke koteriliwinde awirlig kushinin jumisin, potencial energiyasinin ham kinetikalig energiyasinin o'zgeriwin tabin. (Juwabi: 4 Dj; 4 Dj; -4 Dj).

8. Massalari 1 kg ham 2 kg bolgan serpimli emes sharlar bir-birine qaray, saykes rawishte, 1 ham 2 m/s tezlik penen qozg'almaqta. Soqligisqannan keyin sistema kinetikalig energiyasinin o'zgeriwin tabin (Juwabi: 3 Dj).

9. Massasi 15 t bolgan trolleybus orninan 1,4 m/s² tezleniw menen qozg'aldi. Qarsiliq koefficienti 0,02. Daslepki 10 m jolda tartiw kushi atqargan jumisti ham qarsiliq kushi atqargan jumisti tabin. Bunda trolleybus qansha kinetikalig energiya algan? (Juwabi: 240 kDj, -30 kDj, 210 kDj).

10. Shana biyikligi 2 m ham tiykar 5 m bolgan tobelikten tusedi ham tobelik tiykarinan 35 m gorizonta joldi basip otip toqtaydi. Suykeliwdi putkil jol dawaminda birdey dep esaplap, suykelisiw koefficientin tabin. Usigan uqsas usil menen tajiriybede, maselen, kukirt qutisi ham sizzgish arasindagi suykeliw koefficientin tabin. (Juwabi: 0,05).

III bapti juwmaqlaw boyinsha test sorawlar

1. ... har qiyli formadagi qozgalislar ham oz ara tasirlerdin mugdarli olshemi esaplanadi. Gapti toliqtirin.
A) Energiya; B) Potencial energiya;
C) Kinetikalig energiya; D) Elektr energiya.
2. Energiyanin SI dagi birligi ne?
A) Vatt; B) Djoul; C) Kaloriya; D) N·m.
3. ... kushtin usi kush tasirinde juz bergen koshiwge skalyar kobeymesine tein bolgan shama. Gapti toliqtirin.
A) Energiya; B) Potencial energiya;
C) Kinetikalig energiya; D) Mexanikalig jumis.
4. Energiya hesh qashan joqalmaydi da, joqtan payda bolmaydi da, ol tek bir turden basqasina aylanawi mumkin. Bul nenin tariypi?

- 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 dawamındağı tásirlesiwine ayıladı. Gápti tolıqtırın.**
 A) Absolyut serpimli; B) Absolyut serpimli emes;
 C) Soqlıgısıw; D) Orın awıstırıw.
- 8. ... soqlıgısıw dep, eki deformaciyanıń sharlardıń soqlıgısıwına ayıladı. Gápti tolıqtırın.**
 A) Absolyut serpimli; B) Absolyut serpimli emes;
 C) Soqlıgısıw; D) Kóshiw.
- 9. ... soqlıgısıw dep, eki deformaciyanıń sharlardıń soqlıgısıwına ayıladı. Gápti tolıqtırın.**
 A) Absolyut serpimli; B) Absolyut serpimli emes;
 C) Soqlıgısıw; D) Kóshiw.
- 10. Deneniń baslangısh hám aqırğı jaǵdayına baylanıslı bolatuǵın kúshlerge ... kúshler delinedi. Noqatlar ornına durıs juwaptı qoyın.**
 A) ... awırlıq;
 B) ... onı;
 C) ... potencial yamasa konservativ;
 D) ... teris.

III bapta ўyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, 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. $A = F \cdot s \cdot \cos \alpha$.
Sistemanıń tolıq mexanikalıq energiyası	Sistemanıń kinetikalıq hám potencial energiyalarınıń 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: $\eta = \frac{A_p}{A_t} \cdot 100\%$.
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.

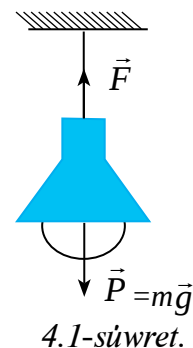
IV bap. STATIKA HÁM GIDRODINAMIKA

17-tema. DENELERDÍŇ TEŇSALMAQLÍQTA BOLÍW SHÁRTLARI

ÚydiŇ potologına ildirilgen lyustra mısalında qoyılğan kúshlerdi kórip shıǵayıq (4.1-súwret).

BuniŇ ushın, dáslep, 6-klasta úyrenilgen denelerdiŇ massa orayı haqqındaǵı túsinikti esleyik. *Massa orayı* delingende deneniŇ barlıq massası bar bolğan qıyalıy noqat túsiniledi.

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



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

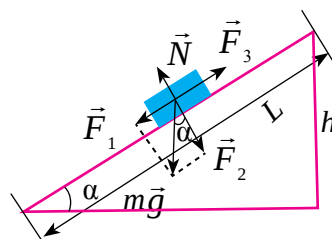
Qanday da bir dene qıya tegislikte teńsalmaqlıqta turǵan jaǵdaydı kóreyik (4.2-súwret). Bunda denegge qoyılğan kúshlerdi massa orayına salıstırıp qarayıq. Denegge dáslep awırılıq kúshi $m\vec{g}$ tásir etedi.

Bul kúshti $\vec{F}_1$ 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 súyekeliw kúshi $\vec{F}_3$ tásir etedi.



4.2-súwret

Bul jaǵdayda da denegе 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.

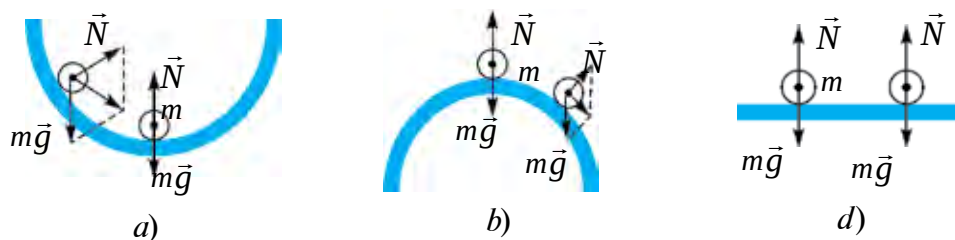


4.3-súwret.

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 bilıw kerek. Bunıń ushın sırtqı túrtki járdeminde teńsalmaqlıq halatınan shetlegen denegе 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.

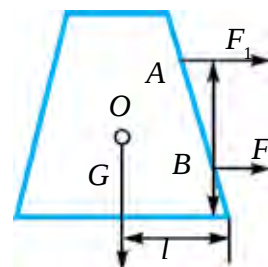
2. Turaqsız teńsalmaqlıq. Dene teńsalmaqlıq halatınan shetke shıǵarılǵanda, onı dáslepki jaǵdayınan uzaqlastırıwshı kúsh payda bolatuǵın teńsalmaqlıqqa *turaqsız teńsalmaqlıq* delinedi (4.2-b súwret). Bunda yarım sfera ústine qoyılǵan sharik teńsalmaqlıq halatınan shetlestirilgende, oǵan tásir etip atırǵan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



4.4-súwret.

3. Turgín emes teńsalmaqlıq. Dene teńsalmaqlıq halatınan shetke shıǵarılǵanda, onıń jaǵdayın ózǵertetuǵın hesh qanday kúsh payda bolmasa *turgín emes teńsalmaqlılıq* delinedi (4.4-d súwret). Gorizontál 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 denegе 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 tómengе baǵıtlangan G vektor menen dene tómengi 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 tómengе 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° múyesh payda etken halda teńsalmaqlıqta qaladı. Arqanlardıń keriliw kúshlerin esaplań.

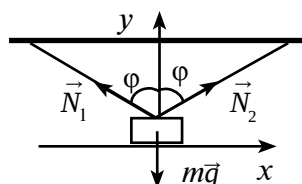
Berilgen:

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

$$\varphi = 60^\circ$$

Tabiiy kerek

$$N_1 = ?; N_2 = ?$$



Sheshiliwi:

Sizilma boyinsha, jükke tásir etiwshi barlıq $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$ hám $m\vec{g}$ kúshler bir noqatta kesilisedi.

Usıgán 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 asırılğannan soń

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

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

Juwabr: 100 N.



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

18-tema. MOMENTLER QAĞÍYDASÍNA TIYKARLANÍP ISLEYTUĞÍN MEXANIZMLER

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

Bunday denelerdiń teńsalmaqlıqta bolıwı ushın olarǵa tásir etip atırğan 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.

Кўшти́н кўш ийинине кўбеймесине кўш momenti delinedi:
 $M = F \cdot l,$

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

Dene kўsh momenti tāsirinde aylanıw kósheri átirapında burıladı. Bunda denegе tāsir etip atırǵan kўsh momenti, jup kўsh tāsirine uqsas boladı. **Jup kўsh** delingende, baǵıtı qarama-qarsı, shamaları teń, biraq bir kósherde jatpaǵan kўshler túsiniledi.

Buǵan mısal retinde avtomobil ruliniń burılıwın keltiriw múmkin (4.4-súwret). Aylanıw kósheri ruldiń ortasında bolıp, oǵan jup F_1 kўshler tāsir etedi.

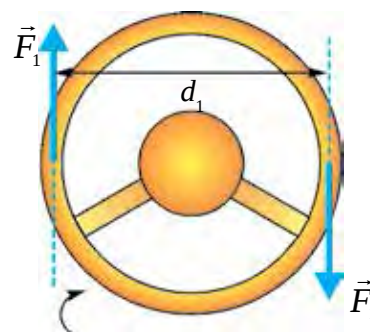
Natıyjeli kўsh momenti ruldi bir tárepke burawshı momentlerdi óz ara qosıw arqalı tabıladı:

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

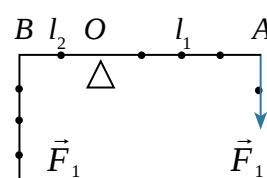
Eger aylanıw kósherine iye bolǵan denegе bir neshe kўshler tāsir etip atırǵan bolsa, bul kўshlerdiń momentlerin óz ara qosıw arqalı natıyjeli moment tabıladı. Bunda deneni saat strelkası baǵıtında aylandırıwshı kўsh momentleri oń tańbada, saat strelkası baǵıtına qarama-qarsı baǵıtta aylandırıwshı kўsh 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 kўsh momentti payda etedi. Natıyjeli kўsh momentin tabıw ushın denegе tāsir etiwshı kўsh momentleriniń tańbasın esapqa alıp qosamız:

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



4.6-súwret.



4.7-súwret.

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

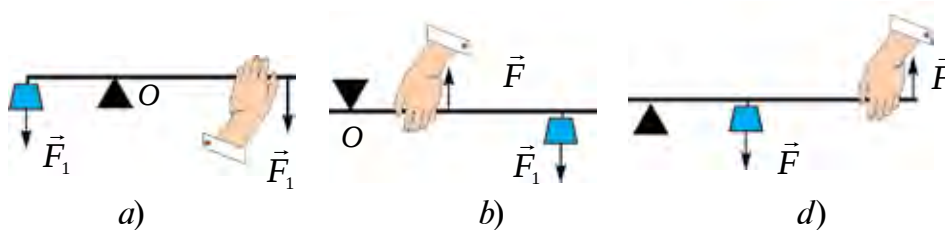
Usıǵan muwapıq aylanıw kósherine iye bolǵan denelerdiń teńsalmaqlıq shárti tómendegishe boladı:

Aylanıw kósherine iye bolǵan denegе tásir etip atırǵan kúsh momentleriniń vektor jıyındısı nolge teń bolǵanda dene teńsalmaqlıqta qaladı:

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

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

Richag. Ámeliyatta richagtıń úsh túri qollanıladı (4.6-súwret).



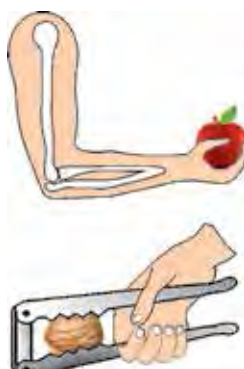
4.8-súwret.

Eki iyinli richagta (4.8-a súwret) tayanısh richagtıń kúshler qoyılǵan noqatları aralıǵında boladı.

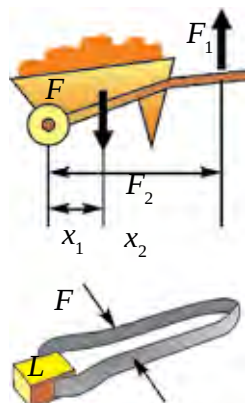
Bir iyinli richagta (4.8-b súwret) tayanıch richagtıń bir ushına jaylastırılǵan bolıp, júk richagtıń ekinshi ushına qoyıladı. Uslap turıwshı kúsh tayanısh hám júk qoyılǵan noqatlar aralıǵına jaylastırıladı. Olarda kúshler antiparallel baǵıtlangan boladı. İnsan qolı, goza shaǵatuǵın qısqısh olarǵa mısál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

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

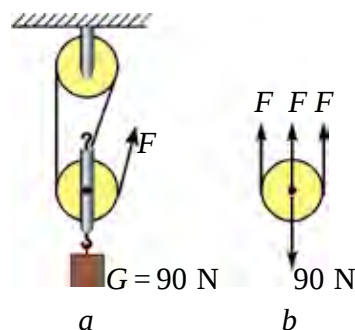
Bloklar. Turmıs hám texnikada bloklardan paydalanıwda qozǵalmalı hám qozǵalmas bloklar komplektinen paydalanıladı. Komplektte bloklardı óz ara jalǵap, **dárejeli polispast** payda etiledi.



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 DINAMIKASÍ

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

Sonday tájiriye 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 awırlıgın 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 umtılwshı kúsh bolatuǵının esleyik:

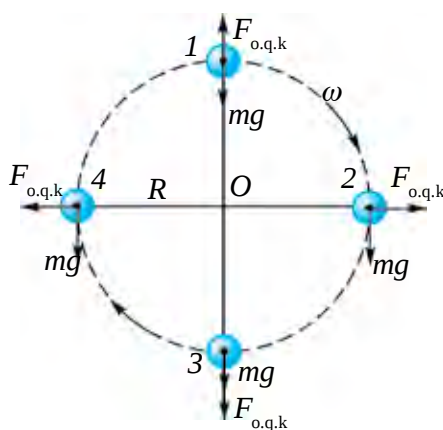
$$F_{o.u.k} = \frac{mv^2}{R}. \quad (4.4)$$

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 kúshti aylanıwshı denelerde hám de deneniń qozǵalısları dawamında burılıwı zárúr bolǵan hallarda esapqa alınadı.

Dál sonday joldıń burılıw bólimlerinde orayǵa umtılwshı 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 radiusı 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

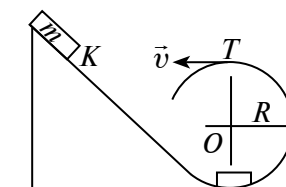
R —?

Sheshiliwi:

Dene T noqattan túsip ketpeyi 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 GAZLARDÍN QOZGÁLISI, AĞIMNÍN ÚZLIKSIZLIK TEOREMASÍ. BERNULLI TENLEMESI

Siz tinish halatta turgan suyuqliq hám gazlardín ıdıs diywalına basım beriwı haqqında bilip algansız. Tábiyatta hám turmısta suyuqliq tinish halattan tısqarı, qozgálista da boladı. Jap, kanal, dáryalar hám vodoprovod qubırlarında ağıp atırğan suwda qanday kúshler júzege keledi? Bunı úyreniw ushın kanalda ağıp atırğan suw betiniń halatın bir eslep kóreyik. Suwı mol, keń kanalda áste ağıp atırğan suwdín orta bólimi bir tegis, shama menen bir sıziq boylap, qozgáladı. Bunı suwda birge ağıp kiyatırğan shóplerdiń qozgálisın baqlap isenim payda etiw múmkin (4.14-súwret). Bunday ağıs **qatlamlı** yamasa **laminar ağıs** delinedi. Tawdan túsip kiyatırğan kanal suwı tez aǵadı. Oǵan taslangan mayda shópler, japıraqlardıń qozgálisı baqlansa, kópshilik jerlerinde iyrim kórinisindegi qozgálislar payda boladı (4.13-súwret.) Bunday aǵımǵa **turbulent ağıs** delinedi. Demek, suyuqliq qanday da bir tútikshede aqqanda suyuqliqtıń tútikshe diywallarına súykeliwi sebepli qatlamlardıń jıljıwı tútiksheniń orta bóliminde tezirek, shetki bólimlerinde ástelew boladı eken.

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

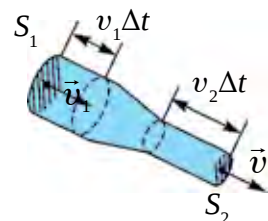
Suyuqliq tútiksheniń S_1 maydangá iye bolǵan bólimine v_1 tezlik penen kirip, S_2 maydanlı bóliminen v_2 tezlik penen shıǵıp ketedi. Kishi bir Δt waqıt ishinde S_1 maydannan m_1 massalı suyuqliq, S_2 maydannan m_2 massalı suyuqliq ağıp ótedi. Massanıń saqlanıw nızamına tiykarlanıp $m_1 = m_2$. Massalar ornına suyuqliq tıǵızlıǵı ρ hám kólemi V arqalı ańlatpasın qoysaq $\rho_1 S_1 v_1 \Delta t = \rho_2 S_2 v_2 \Delta t$. Suyuqliqtıń qısılmawı esapqa alınsa, $\rho_1 = \rho_2$ boladı. 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 tárepın Δt ǵa bólip jibersek,

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

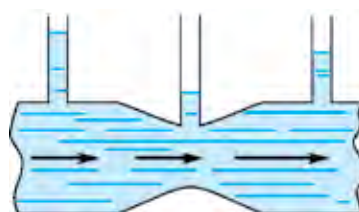
ge iye bolamiz. Alingan nátiyjeni tómendegishe táriyplew múmkin:

Hár túrli kesim maydanlı tútikshede agıp atırǵan qısılmaytuǵın suyıqlıq tezlikleriniń moduli, suyıqlıq kesim maydanlarına kerı proporcional boladı. Buǵan qısılmaytuǵın suyıqlıq ushın *agımınń úzliksizligi* teńlemesi delinedi.

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

Qozǵalıwshı suyıqlıqlarda basımınń bólistiriliwin kóreyik.

Joqarǵı bóliminde jıńışke ólshew tútiksheleri jalǵangan, hár qıylı maydanlı tútikshe boylap suyıqlıq agıp atırǵan bolsın (4.17-súwret). Suyıqlıq stacionar agımında hár bir ólshew tútiksheleri boylap suyıqlıq kóteriledi. Suyıqlıq baǵanalarınıń biyikliklerine qarap tútiksheniń diywallarına berip atırǵan basımı haqqında pikir júritiw múmkin. Tájiriybeler sonı kórsetedi, tútiksheniń keń bólimindegi basım, onıń tar bólimine qaraǵanda úlken boladı. Agımınń úzliksizligi teńlemesine muwapıq tútiksheniń keń bóliminde agıstıń tezligi kishi, tar bóliminde úlken boladı. Bunnan tómendegi juwmaqtı alamız:



4.17-súwret.

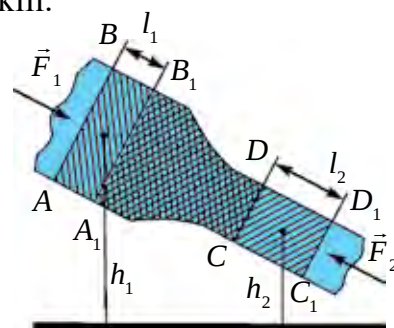
Suyıqlıqtıń agıs tezligi úlken bolǵan jerlerinde onıń basımı kishi hám kerisinshe agıs tezligi kishi bolǵan jerlerinde úlken boladı.

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

Bernulli teńlemesin suyıqlıq agısına mexanikalıq energıyanıń saqlanıw nızamın paydalanıp shıǵarıw múmkin.

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

Tútikshesiniń keń bólimindegi AB maydanınan baslap belgili bir suyıqlıq kólemin bólip alıp qarayıq. Bul kólem agıp ótiwi ushın t waqt kerek bolsın. Suyıqlıq qısılmaytuǵın bolǵanlıqtan usı waqt dawa-



4.18-súwret.

мında тўтиқшенин тар бўлиминдеги CD майданнан да сонша кўлемдеги суюқлық ағип ўтеди. Суюқлықтн AB майданн S_1 , оннан ағип ўтиw тезлигин v_1 ҳам CD майданн S_2 , оннан ағип ўтиw тезлигин v_2 менен белгилейик. Басим кўшлери F_1 ҳам F_2 ҳам де бўлип алинған кўлемдеги суюқлық аwırlıq кўши тасиринде t waqtı dawamında он тारेпке јılıyıdı. Bunda orınlangan is

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

Суюқлықтн stacionar ағисında $A_1 B_1$ ҳам CD аралıqta (4.18-sўwrette shtrixlangan maydanda)ғı суюқлықтн energiyası ўzgermeydi, yaғnıy $ABB_1 A_1$ кўлемди iyelegen суюқлық kóship, $CDD_1 C_1$ кўлемди iyeleydi. Energiyanın saqlanıw nızamı boyınsha sırtqı kúshlerdin orınlangan jumısı energiya ўzgeriwine 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 ΔV ға qısqartılса

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

Bul ideal суюқлық yamasa gaz ағımı 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

Túbı tıgın менен bekitilgen, kishi sańlağı bolған ıdısqа 1 m biyiklikte suw quyılған. Suw maydanına massası 1 kg ҳам maydanı 100 sm² bolған porshen qoyılған. ıdıс diywalı ҳам porshen aralıǵınan suw sıızılıp ótpeydi. Tıgın alıńanda suw sańlaqtan qanday tezlik penen atlıǵıp shıǵadı?

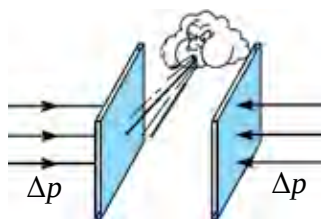
Berilgen:	Sheshiliwi:
$m = 1 \text{ kg}$	Bernulli teńlemesinen paydalanamız. Suw aǵımınnıń basımı atmosfera basımı p_o ға teń. Sańlaqtan baslap h biyikliktegi porshen túbindegi basım $p_o + \frac{mg}{S}$ ға teń. Bernulli teńlemesi boyınsha
$S = 100 \text{ sm}^2$	
$h = 1 \text{ m}$	
Tabıw kerek	$p_o + \frac{\rho v^2}{2} = p_o + \rho g h + \frac{mg}{S}.$
$v = ?$	Bunnan $v = \sqrt{2gh + \frac{2mg}{\rho S}} \approx 4,9 \text{ m/s.}$

Juwabı: 4,9 m/s.

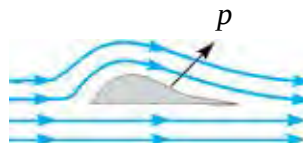
- ❓ 1. *Suyıqlıqtıń dinamikalıq basımı degende neni túsinesiz?*
 2. *Laminar hám turbulent aǵımlar qalay táriyplenedi?*
 3. *Ózıńiz jasaytuǵın jerde aǵın suwlar qanday kóriniste aǵatuǵının táriyplep berıń.*
 4. *Ne sebep suyıqlıqtıń tezligi artsa, onıń basımı kemeyedi?*

21-tema. QOZǴALISTAǴI GAZLAR HÁM SUYÍQLIQLARDA BASÍMNÍN TEZLIKKE BAYLANÍSLÍLÍǴÍNAN TEXNIKADA PAYDALANÍW

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 qozǵalısqı 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 soqlıǵısıp ketkenligi baqlanǵan. Bunıń sebebin de dál eki qaǵaz beti arasına úplengende basımlar parqı payda bolıwı menen túsindiriledi.



4.19-súwret.

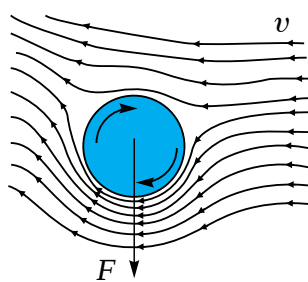


4.20.-súwret.

1. Samolyotıń qanatın kóteriwshı 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 ўstingi bόliminde samaldıń tezligi tόmengisinen ўlkenlew bolıwı kerek. Demek, samaldıń tezligi ўlken bolǵan jerdegi basım p_1 samaldıń tezligi kishi bolǵan tόmengi bόlimindegi basım p_2 den kishi boladı. Nátıyjede tόmennен joqarıǵa baǵıtlanǵan basımlardıń parqı $p = p_2 - p_1$ payda boladı. Aǵım turbulent bolsa, basımlardıń parqı ўlken boladı. Usı basımlardıń parqı sebepli samolyot qanatın kóteriwshi kúsh payda boladı.

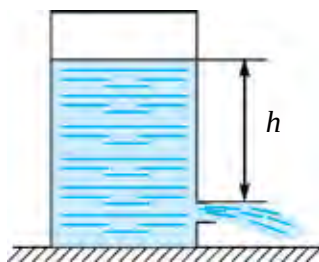


4.21-súwret.

2. Magnus effekti. Futbol maydanında múyeshten tebilgen toptıń burılıp dárwazaǵa kirgenin televizorda yamasa stadionda baqlanlar kóp. Toptıń burılıwına ne májbúrleydi? Buǵan sebep sol, toptıń ortasına emes, al biraz shetiregine tepken sheber futbolshı onı tuwrı qozǵalıwı dawamında aylanıwǵa májbúrleydi. Nátıyjede toptıń 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 ornatiłǵan. Kraynik ashılsa, onnan suyıqlıq qanday tezlik penen atlıǵıp shıǵadı?

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



1. Үйде қағаздан түрлі көрінисте пәтпелек жасаң. Қайсы пәтпелекте көтерілген күш үлкен болатынын тиякарлауға ҳәрекет етип көриң.
2. Дене тарбиясы сабағында футбол тобн мүйештен тевип, бурılıwına ерисип көриң.



1. Пәтпелек қандай күшлер тәсиринде жоғарыға көтеріледі?
2. 4.20-сүвrettegi ыдстан атлығып шығып атырған суықлық тезлиги саһлақтың бетине байланушы ма?
3. Көплеген автомобиллердің сыртқы көриниси неге ұшмүйеш, төртмүйеш ямаса соған уқсас formada жасалмады?
4. Magnus эффектinen және қай jerlerde paydalanıw мүмкин?

3-shınıғыw

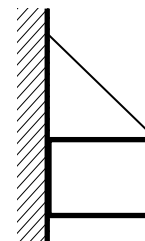
1. Арқанды салбырамайтуғын етип тартыw мүмкин бе?
2. Massası $1,2 \cdot 10^3 \text{ kg}$ болған труба jerde jatır. Onıń bir ushınan көтеріw ushın қандай күш kerek? (*Juwabi:* $\approx 6 \cdot 10^3 \text{ N}$).
3. Massası 1,35 t болған автомобилдің донгелекleri орнатылған көшерler bir-birinen 3 m uzaqlıqta jaylasqan. Avtomobildıń massa orayı aldınғы көшерden 1,2 m uzaqlıqta jaylasqan. Avtomobildıń hár bir көшерine qoyılған күшlerdi anıqlań.
4. Kub formasındaғы deneni awdarıw ushın onıń üstingi qırına қандай күш penen тәсир етиw kerek? Bunda kubtıń polға súykeliw koefficientiniń minimal мánisi neshege тең болıwı kerek? Kubtıń тәреpi a ға, massası M ға тең.
5. Тиякары kvadrattan ibarat болған биык бойлы taxta gorizontaı tegislikte turıptı. Tek sıзғыshtan paydalanıp taxta hám tegislik arasındaғы súykelis koefficientin qalay anıqlaw мүмкин?
6. Denege үлкенligi 100 N nan болған ұш күш тәсир етpekte. Eger birinshi hám ekinshi күшler arasındaғы мүйеш 60° , ekinshi hám

úshinshi kúshler arasındagı múyesh 90° 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 sıziqtan 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. Troslardan biri relstiń ushına, ekinshisi basqa ushınan 1 m qashıqlıqta jaylasqan. Troslardıń 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° bolsa, sterjenniń ildirilgen ushı vertikal menen qanday múyesh payda etedi? (*Juwabr:* $\text{tg}\alpha = 1/3$).

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

12. Suw keliw tarmaǵı tesilip, onnan joqarıǵa suw atlıǵıp shıǵa basladı. Eger sańlaqtıń beti 4 mm^2 , suwdıń atlıǵıp 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 m^3).

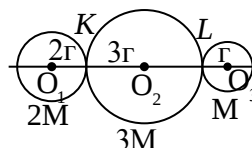
14. Órt óshiriw ushın qollanılatuğın suw trubasındagı sarıplangan suw 60 l/min. Eger trubadan shıqqan suwdıń maydanı $1,5 \text{ sm}^2$ bolsa, 2 m biyiklikte suw maydanı neshege teń boladı?

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

IV bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları

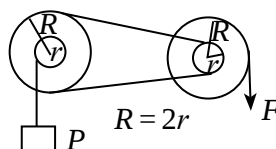
1. Massaları $2M$, $3M$ hám M bolğan sheńber formasındaǵı deneler súwrette kórsetilgendeı etip ornatılğan. Olardıń awırlıq orayı qaysı noqatta jaylasqan?

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



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

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

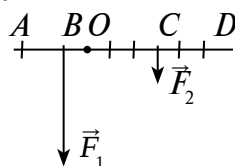


3. Kúsh iyini – bul ...

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

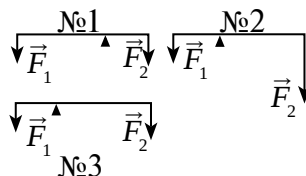
4. Súwrette rıchagqa tásir etiwshi $\vec{F}_1$ hám $\vec{F}_2$ kúshler keltirilgen. $\vec{F}_1$ hám $\vec{F}_2$ kúshlerdiń iyinlerin kórsetiń.

- 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 tútıkshede ağıp atırǵan qısılmaytuǵın suyıqlıq tezlikleriniń moduli, suyıqlıq maydanlarına kerı proporcional boladı». Bul tastıyqlawdıń atı ne?

- A) Aǵım úzlıksızlıǵı 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 túsiniń, 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 ózǵertetuǵın hesh qanday kúsh payda bolmaytuǵın teńsalmaqlıq.
Kúsh momenti	Kúshtiń kúsh iyyinine 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 richagtiñ kúshler qoyılǵan noqatlari aralıǵında boladı.
Bir iyinli richag	Tayanish richagtiñ bir ushına jaylastırılǵan bolıp, júk richagtiñ ekinshi ushına qoyıladı.
Dárejeli polispast	Qozǵalmalı hám qozǵalmas bloklar jıyındısı $F = \frac{P}{n}$. P —júktiñ awırlıǵı; F —tartıwshı kúsh.
Laminar aǵım	Suyıqlıqtıñ qatlam-qatlam bolıp aǵıwı.
Turbulent aǵım	Suyıqlıqtıñ iyrimli kórinistegi qozǵalıwı.
Aǵımınǵıń úzliksizligi teńlemesi	Maydanı hár qıylı tútıkshede aǵıp atırǵan qısılmaytuǵın suyıqlıq tezlikleriniń moduli, suyıqlıq maydanlarına kerı proporcional boladı: $S_1v_1 = S_2v_2$.
Bernulli teńlemesi	$p_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$. Suyıqlıqtıñ aǵıs tezligi úlken bolǵan jerlerde onıń basımı kishi hám kerisinshe aǵıs tezligi kishi bolǵan jerlerinde basımı úlken boladı.
Dinamikalıq basım	Suyıqlıqtıñ 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 —suwdıń aǵıw tezligi; h —biyiklik.

V bap. MEKANIKAĲ TERBELISLER HĀM TOLQĲNĲAR

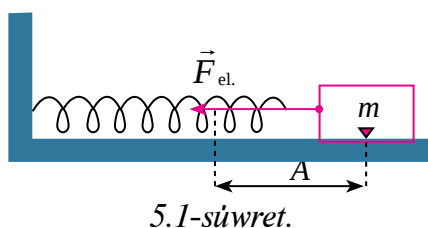
22-tema. GARMONIKALĲ TERBELISLER

Turmista ushırasatuġın qozġalıslardıń ayırımlari teń waqıt aralıġında tákırarlanıp turadı. Bunday qozġalıslar **dáwirli** qozġalıslar delinedi. Dáwirli qozġalıslar arasında deneniń teńsalmaqlıq jaġdayı átirapında geyde bir tárepke, geyde ekinshi tárepke isleytuġın qozġalıslar kóp ushırasadı. Deneniń bunday qozġalıslar **terbelmeli** yaqı qısqaşa **terbelisler** delinedi.

Teńsalmaqlıq jaġdayınan shıġarılgan deneniń ózinen-ózi ishki kúshler tásirinde payda bolatuġın terbelisler **erkin terbelisler** delinedi. Terbelip atırġan deneniń teńsalmaqlıq jaġdayınan uzaqlasıw aralıġı onıń **jılıswı** (x) delinedi. Teńsalmaqlıq jaġdayınan eń joqarı awısıwına **terbelis amplitudası** (A) delinedi.

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

Prujinanıń serpimlilik koefficienti k , massası esapqa alınbas dárejede kishi. Sistemanıń massası júkte, al bekkemligi prujınada toplanġan dep esaplaw múmkin.



Eger teńsalmaqlıq jaġdayında turġan júkti oń tárepke A aralıqqa sozıp, qoyıp jibersek, júk sozılġan prujınada (5.1-súwret) payda bolġan 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 qozǵalıwı 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, qumnıń 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: ω_0 – terbelip atırǵan sistemanıń parametrlerine baylanıslı bolǵan ciklli jiyiligi, φ_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 terbeliwi 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.

Гармоникалық тербелістердің тиықарғы параметрлері:

a) тербеліу дәуірі T —бір мәрте толық тербеліу үшін кеткен вақыт:

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

b) тербеліу жиылығы ν —1 секундта жүз беретуғын тербелістер саны:

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

Бирлігі $[\nu] = s^{-1} = \text{Hz}$;

c) цикли жиылық — 2π секундтағы тербелістер саны:

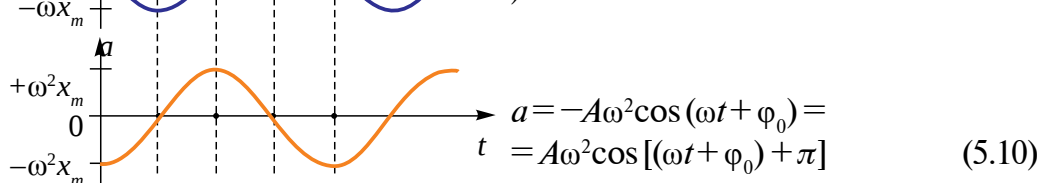
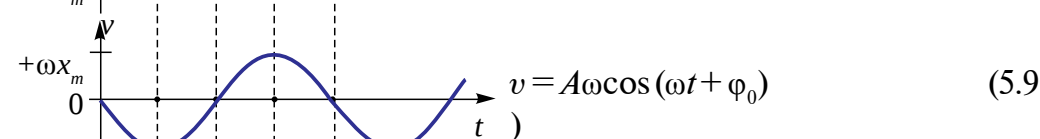
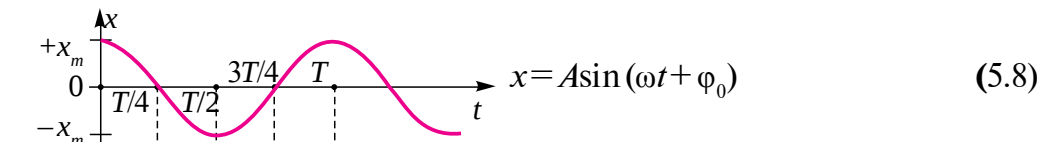
$$\omega = \frac{2\pi}{T}. \quad (5.6)$$

Гармоникалық тербелістер теңлемесі (5.2)in (5.5) һәм (5.6) ларды есапқа алып төмөндегі көриністерде жазыу мүмкін.

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

Ағысыуы вақыт дауамында синус ваки косинуслар нызамы бойынша өзгеретуғын гармоникалық тербелістерди муғдар жағынан сипатлаушы шамалардың көпшилуги (тезлик, тезленіу, кинетикалық һәм потенциал энергиялары) де гармоникалық өзгөреді.

Буні төмөндегі график һәм теңлемелерде көриуиміз мүмкін:



5.2-сүврет.

Мәселе шешіу үлгиси

1-мәселе. Ноқат гармоникалық тербелмелі қозғалыста. Максимал ағысыуы һәм тезлиги сәйкес тәрізде 0,05 м һәм 0,12 м/с қа тең. Максимал тезленіуін табың һәм ағысыуы 0,03 м ге тең болған моментте ноқаттың тезлик һәм тезленіуін табың.

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 qozğalı dep qanday qozğalısqqa ayıladı? Dáwirli qozğalısqqa turmıstan hám texnikadan misallar keltiriñ.
2. Garmonikalıq terbelistiñ qozğalısq teñlemesin jazıñ.
3. Garmonikalıq terbelistiñ awısıwı, amplitudası, dawiri, jiyiligi dep nege ayıladı?

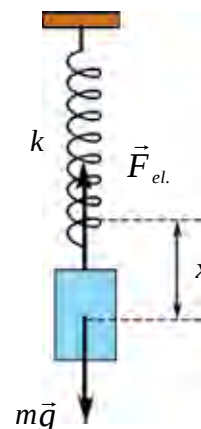
23-tema. PRUJINALÍ HÁM MATEMATIKALÍQ MAYATNIKLER

Dáwirli terbelmeli qozğalatugın dene yaki deneler sisteması **mayatnik** delinedi. Tabiyatta ushırasatugın kópshilik terbelmeli qozğalısq: prujinalı hám matematikalıq mayatniklerdiñ qozğalısqına uqsas boladı.

Bekkemligi k bolğan prujınaǵa ildirilgen m massalı júkten ibarat sistemaǵa **prujinalı mayatnik** delinedi (5.3-súwret). Ildirilgen júk tásirinde prujına x_0 aralıqqa sozıladı. Onıñ teńsalmaqlıq shártı

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

menen anıqlanadı. Prujinanı biraz x aralıqqa sozıp, qoyıp jibersek, júk vertikal baǵıtta terbelmeli qozğalısqqa keledi.



5.3-súwret.

Тăјирйбе жăрдeminde жўк жїлїсїwїnїn wақїтqа байланїлїлїғї

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

nїzam boyınsha ózgeriwin anıqlağan edik. Garmonikalıq terbelip atırған deneniń tezleniwin (5.10) dan $a = -\omega_0^2 x$ ekenligin esapqa alsaq, (5.10) teńlik tómenдеги kóriniske keledi:

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

Bul teńlikten

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

ға iye bolamız.

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

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

yaғnıy

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

Prujinalı mayatniktiń terbeliw dáwiri ildirilgen жўк massasınan shıǵarılған kvadrat túbirge tuwrı, prujına bekkemliginen shıǵarılған kvadrat túbirge kerı proporcional boladı.

Prujinalı mayatnikte energiya almasıwların kóreyik. Mayatniktiń kinetikalıq energiyası prujınanıń massası esapqa alınbağanda, $E_k = \frac{mv^2}{2}$ жўktiń kinetikalıq energiyasına teń boladı. Aldıngı temada tezlik $v = A\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ anlatpa menen anıqlanatuğın kórsetilgen edi. Ol jağdayda mayatniktiń kinetikalıq energiyası

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

ға teń boladı.

Prujinalı mayatniktiń potencial energiyası prujınanıń deformaciya energiyasına teń, yaғnıy:

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

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

Mayatnik turaqlı teńsalmaqlıq jaǵdayında bolǵanda materiallıq noqattıń awırılıǵı ($P = mg$) 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 α 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.

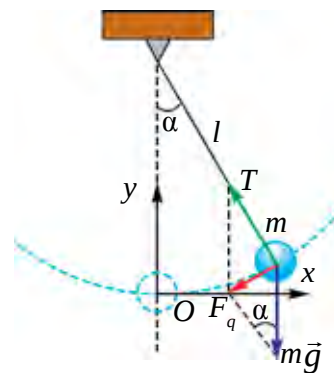
Mayatnikti qoyıp jibersek, mayatnik qaytarıwshı kúsh astında teńsalmaqlıq awhalı tárepke qozǵala baslaydı. 5.4-súwretten

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

ekenligin kóremiz.

Nyutonniń 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 ($\alpha \leq 6^\circ \text{ } | \text{ } 8^\circ$) bolǵanlıǵı hám F_q kúsh mudamı jıljıwǵa qarama-qarsı baǵdarlanganlıǵı ushın (5.19) nı

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

kóriniste jazıw múmkin. Eger materiallıq noqattıń (shardıń) terbeliw processindegi jıljıwın 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 (α) 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 korenge 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 yaki 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 yaki 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:
$T_1 = 3 \text{ s}$ $T_2 = 4 \text{ s}$ $l = l_1 + l_2$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}; T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}; T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}};$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l_1 + l_2}{g}} \cdot l_1 = \frac{T_1^2 \cdot g}{4\pi^2} \text{ hám}$ $l_2 = \frac{T_2^2 \cdot g}{4\pi^2}; T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$	$T = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ s.}$ <i>Juwabi: 5 s.</i>
Tabıw kerek $T - ?$		



1. Prujinalı mayatniktiń ciklli jiyiligin eki ese asırıw ushin onıń qaysı parametrin neshe ese ózgertiw kerek?
2. Matematikalıq mayatnik ildirilgen jiptiń awısıw müyeshi 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 túsıw 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 ($6^\circ - 8^\circ$) müyeshke awıstırıp, ol qozǵalısqqa keltiriledi. Sol waqıtta sekundomer iske túsiriledi.

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

4. Sekundomerdiń kórsetiwi 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 túsiw tezleniwi esaplanadı.
7. Mayatnik jibiniń uzınlıǵın ózgeripsten terbelisler sanı $N_2 = 30$ hám $N_3 = 40$ jaǵdayları ushın tájiriye joqarıdaǵıday tákirarlanadı.
8. Alınǵan nátiyjeler tiykarında mayatnik terbeliw dáwiri hám erkin túsiw tezleniwiń mánisleri anıqlanıp, kestege jazıladı.
9. Alınǵan nátiyjeler tiykarında tómendegi keste toltırıladı.

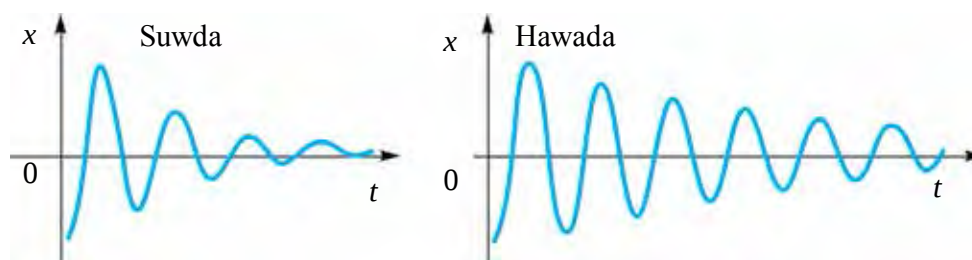
l_i , m	N_i	t_i , s	g_i , m/s ²	$\bar{g}$, m/s ²	Δg , m/s ²	$\Delta \bar{g}$, m/s ²	$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{g}}{\bar{g}} \cdot 100\%$
	20						
	30						
	40						



1. Ne sebepten mayatniktiń terbeliw dáwiri mayatnik shar massa-sına baylanışlı bolmaydı?
2. Ne sebepten Jerdiń túrli geografiyalıq keńliklerinde bul tájiriye ótkerilse nátiye 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 tárepinen súykeliw sebepli qarsılıqqa ushıraydı.



5.5-súwret.

Sol sebepli erkin terbelislerden ámelde paydalanılmaydı.

Terbelisler s nbewi ush n jumsalatu n energiyanı d wirli t rizde t liqtir p tur w kerek. Bunı n ush n terbeliwshi sistema a sırtq  k sh j rdemide d wirli t sir k rsetip tur w kerek. Mine, usınday sırttan k sh t sir etip turatu n qurılmanı n  piwayı maketi 5.6-s wrette keltirilgen. Prujına ildirilgen j kti t menge tartıp, jazdırıp jiberilse, ol terbelmeli qoz aladı. Bul waqıtta prujına ildirilgen temir  zekti n tutqası aylandırılsa, terbelisler s nbeydi. **Sırttan d wirli t rizde t sir etip turatu n k sh t sirinde j z beretu n sistemanı n terbelislerine m jb riy terbelisler delinedi.**

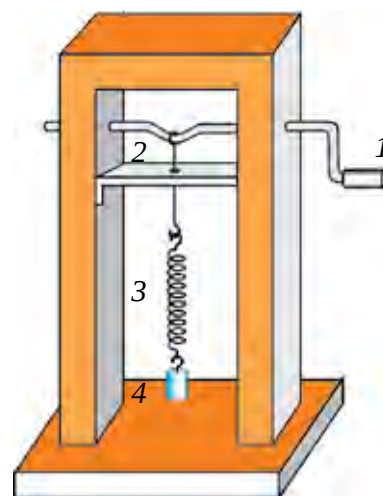
Bul m jb riy terbelislerdi payda etetu n d wirli  zgermeli sırtq  k shke **m jb rlewshi k sh** delinedi.

M jb riy terbelislerge k ndelikli turmıstan k plegen mısallar keltir w m mk n. Siz s yip t nlaytu n radioda ı, magnitofonda ı, televizorda ı radiokernaylardı n *membranası* onnan  tetu n m jb rlewshi tok t sirinde terbeledi.  yi niz yaki klası nız qaptalınan awır j k tiyelgen mashinalar  tip qalsa tereze aynalari sıqırılğanı n esitesiz. Eski beton qurılmalar (fundament, s tin)d  maydalawshı, taw j nısların k shiriwshi titirenip isleytu n *pnevmatikalıq bal alar* da d wirli t rizde t sir etetu n sırtq  k sh t sirinde isleydi. M jb riy terbelislerden paydalanıw yamasa zıyanlı halatlarda joq etiw ush n olardı  yreniw kerek. 5.6-s wrettegi q rılmadan paydalanıp, sırtq  m jb rlewshi k shti n terbeliwshi sistemada payda b latu n terbelislerge t sirin  yrenemiz.

J k (4) baylang n prujına (3)ni n ush  ilmek (2)li sımnı n ushına ildirilgen. Ilemek ush  she ber formasında bolıp, temir  zek (1) ti  do a formasında b gilgen b liminde sırganaydı. Temir  zekti aylandıra baslasaq, j k ildirilgen prujına terbele baslaydı.

 zek tutqasın tezirek aylandırısاق, j kti n terbelisleri d slep biraz arqada qalıp, keyin te lesedi. Sonda *terbelisler turaqlı* b ladı.

Bunda  zek waqıt birligi ishinde neshe m rte aylansa, j k ilingen prujına da sonsha m rte aylanadı. Demek, **terbeliw-**



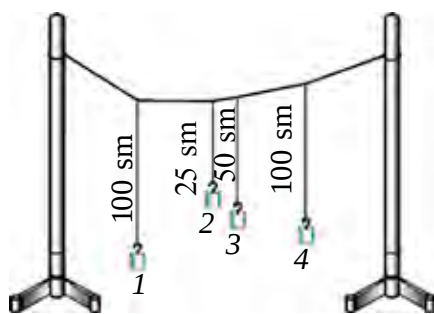
5.6-s wret.

sh sistemada jüz beretuğın májbúriy terbelisler májbúrlewshi kúsh jiyiligine teń bóladı eken.

Májbúriy terbelisler *sónbeytuğın terbelisler esaplanadı.*

Rezonans qubılısı

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



5.7-súwret.

Olarǵa 3–4 túrli uzınlıqtaǵı jiplerge ildirilgen júklerdi 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 bólǵan jaǵdaylarda onıń aqıbetin kemeytiw maqsetinde tiyisli ilajlar kóreledi. 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 denegе 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 qısılǵan prujina energiyasına iye.

Energiya dereginen támiyinleniwi sebepli sónbeytuǵın terbelisler payda etetuǵın sistemalar *avtoterbelisli sistemalar* dep ataladı. Elektr qońıraw, insannıń júregın 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. 1. Erkin terbelislerdi sónbeytuǵın terbelislerge aylandırıw 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 mısал keltiriń.



Topti alip, basketbolshilarday jerge urip oynañ. Toptiñ qozğalısı qanday qozğalısqa kiredi? Toptiñ jerge soqlıǵısıw jiyiligin hám sekiriw biyikligin ózgertiñ. Qanday halatta toptiñ qozğalısı turaqlı bolıwına itibar beriñ.

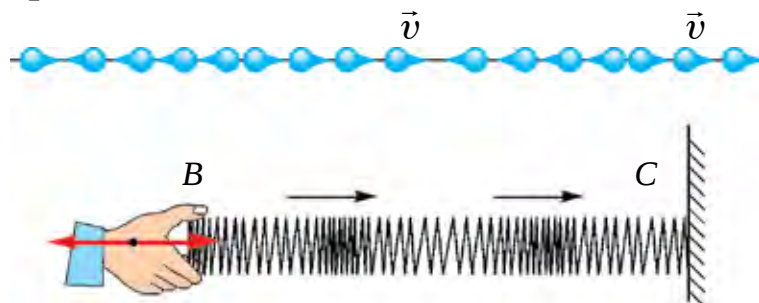
26-tema. MEXANIKALÍQ TOLQÍNLARDÍŇ ORTALÍQLARDA TARQALÍWÍ. ULTRA HÁM INFRASESLERDEN TURMÍSTA HÁM TEXNIKADA PAYDALANÍW

Bizge belgili, qanday da deneniñ ortalıqtaǵı terbelmeli qozğalısı usı dene turǵan ortalıqqa beriledi. Eger terbeliw hawada bolsa, óziniñ qozğalısın hawa bólekshelerine uzatadı. Hawa bóleksheleriniñ terbelmeli qozğalısı barlıq baǵıtlarda hawa boylap tarqaladı. Bul qubılıs suyıqlıqlarda da, qattı denelerde de júz beredi. Vakuumba mexanikalıq tolqınlar tarqalmaydı.

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

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

Tolqın tarqalıp atırǵan ortalıqta bólekshelerdiñ terbeliw baǵıtı, tolqınnıñ tarqalıw baǵıtı menen bir kósherde bolsa, bunday tolqıńǵa **boylama tolqın** delinedi.

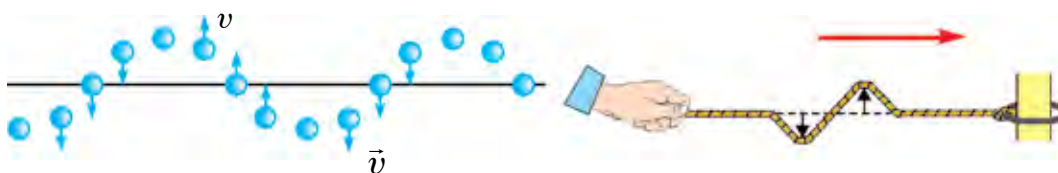


5.8-súwret.

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

Boylama toʻlqinlarga misal retinde serpimli sterjendegi toʻlqin yaki hawada tarqalgan sesti keltiriv mumkin.

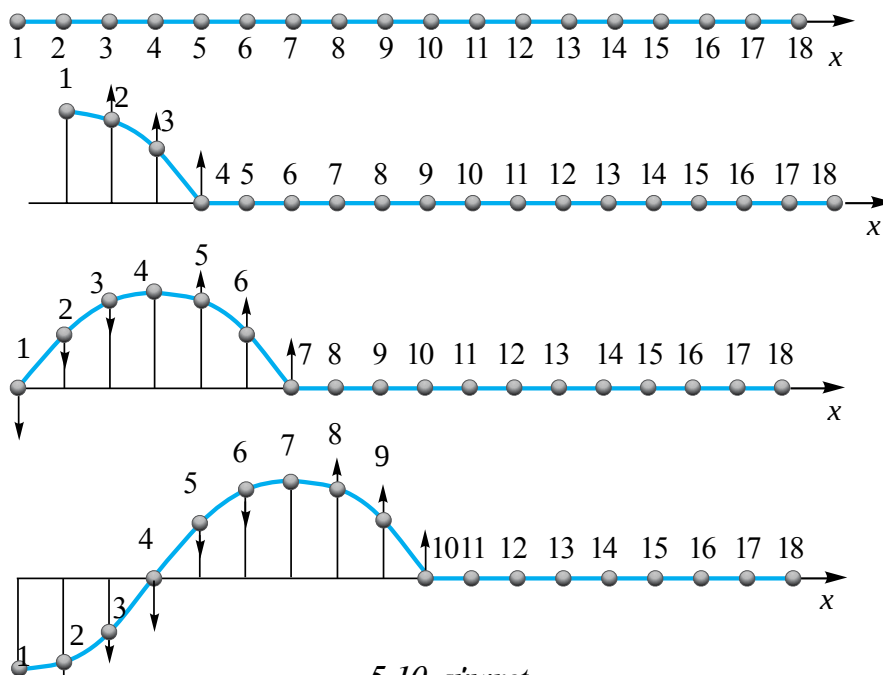
Tolqin tarqalip atirgan ortalıqta bólekshelerdiń terbeliw baǵıtı, toʻlqinniń tarqalıw baǵıtına perpendikulyar bolsa, bunday toʻlqınǵa **kóldeneń toʻlqın** delinedi.



5.9-súwret.

Kóldeneń toʻlqınlar tarqalganda ortalıqtıń bir qatlamı, ekinshisine qaraǵanda jıladı. Bunday toʻlqınlar tarqalganda ortalıqta dóńlik hám shuqırılıqlar payda boladı (5.9-súwret). Qattı denelerden ayırmashılıǵı, suyıqlıq hám gazlar qatlamlardıń jılısıwına salıstırǵanda serpimlilik qásiyetke iye emes. Sonlıqtan kóldeneń toʻlqınlar tek qattı denelerde tarqala aladı.

Kóldeneń toʻlqinniń noqattan noqatqa terbelisin uzatıw processin toʻlıq qarayıq. 5.10-súwrette kóldeneń toʻlqinniń hár $1/4 T$ waqıttaǵı halatı keltirilgen.



5.10-súwret.

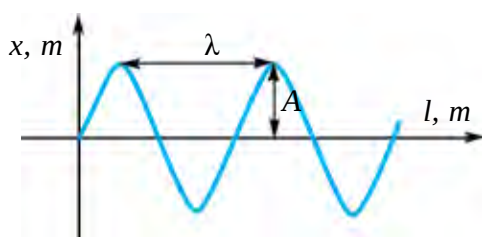
5. 10-súwrette bólekshelerdiń qanday da bir momenttegi halatı nomerlengen sharlar kórinisinde berilgen. Sharlar bir-birine jaqın jaylasqanlıqtan olar arasında óz ara tásir bar. Eger birinshi shardı terbelmeli qozǵalısqá keltirsek, yaǵnıy onı joqarıǵa hám tómenge qozǵalıwǵa májbúr etsek, sharlar arasındadıǵı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

Máselen, tórtinshi shar, birinshi shardan $1/4$ terbeliske arqada boladı. Jetinshi shardıń qozǵalısi, 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 arasındadıǵı aralıqqa *tolqın uzınlıǵı* delinedi.

Tolqın uzınlıǵı grekshe λ ("lyambda") háribi menen belgilenedi. Birinshi hám on úshinshi shar, ekinshi hám on tórtinshi, úshinshi hám on besinshi sharlar arasındadıǵı aralıq bir tolqın uzınlıǵına teń delinedi.

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



5.11-súwret.

$$\lambda = vT.$$

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

Hawızǵa yaki 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 sıızıqlı tıǵızlıǵı $\rho = \frac{m}{l}$ 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 insannıń 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, suyıq 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 insannıń 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 tarqalganda 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, $\pi \frac{1}{5}$).

2. Terbelmeli qozǵalıstı teńlemesi $x=0,06\cos 100\pi t$ kóriniste berilgen. Terbelmeli qozǵalıstı 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/s²).

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/s²).

5. Dáwirdiń qanday bóleginde noqattiń 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 serpimlilik kúshi tásir etse, noqattiń 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*).

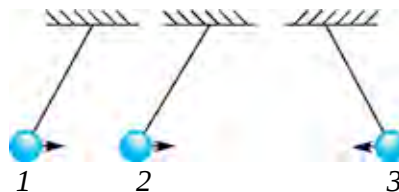
10. Túbinde kishkene tesigi bar suwlı shelek arqanǵa ildirilgen halda terbelmekte. Suwdıń kemeyiwi menen terbelis dáwiri qalay ózgeredi?

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 potentsial 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 arasındagı eń... delinedi”.**
 A) ... qısqa tolqın uzınlıǵı;
 B) ... maksimal amplituda;



- C) ... еń узин толқин узинлігі;
D) ... жоқарı тербеліслер санı жіилік.
6. **Гáпти толıqtırıń. “Kóldeneń толқинлар ... tóлқинларı esaplanadı”.**
A) ... қısılıw; B) ... кеńeyiw;
C) ... қısılıw-кеńeyiw; D) ... жілjiw.
7. **Орталıқта тарқалıp атırған толқиннıń дáwiri 10 s, толқин узинлігі 5 m bolsa, толқиннıń тарқалw тезлігі неге теń болadı?**
A) 0,5 m/s; B) 2 m/s; C) 50 m/s; D) 5 m/s.
8. **Егер materiallıq ноқат тербеліслері амплитудası 4 см bolsa, онıń bir толıқ тербелісі dawamında басıp óткен жолı qanday (см) болadı?**
A) 0; B) 4; C) 8; D) 16.
9. **Сикли жіилік деп неге айтылады?**
A) 1 секундтаğı тербеліслер санına;
B) bir тербеліс ushın ketken waqıtqa;
C) 2π секундтаğı тербеліслер санına;
D) мýyeshlik тезликтіń 1 секундтаğı ózgeriwine.
10. **Qattılığı 160 N/m болған пружинаға 400 g јúk ildirildi. Payda болған mayatniktiń тербеліс жіилігі qanday (Hz)?**
A) 1,6; B) 3,2; C) 5,4; D) 20.

V bapta úyrenilgen еń áhmiyetli túsinik, qağıyda hám nızamlar

Тербелмелі qozғalıс	Hár qanday tákirarlanıwshı qozғalıс.
Тербеліслер дáwiri	Bir máрте толıқ тербеліс ushın ketken waqıt. $[T]=1\text{ s}$.
Erkin тербеліслер	Tek baslanğısh berilgen energiya esabınan јúz beretuğın тербеліслер.
Тербеліп атırған deneniń жілjiwi	Тербеліп атırған deneniń qálegen waqıtta teńsalmaqlıq jaғdayına salıstırғanda jaylasqan ornın kórsetiwshi shama.
Тербеліслер жіилігі	Waqıt birligi ishindegi тербеліслер санı. $\nu=1/T$; $[\nu]=1/\text{s}=1\text{ Hz}$.

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. $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.
Sóniwshi terbelisler	Waqıttıń ótiwi menen amplitudası kemeyip baratuǵın terbelisler. Erkin terbelisler—sóniwshi terbelisler esaplanadı.
Rezonans qubılısı	Sırtqı májbúrlawshi kúsh jiyiligi terbeliwshi sistemanıń 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 TIYKARLARI

27-tema. JILLILIQ PROCESSLERININ QAYTIMSIZLIGI. TERMODINAMIKA NIZAMLARI

Termodinamikaliq processte sistema baslangish haldan araliq hallar orqali aqirgi halga o'tedi. Bul o'tiw qaytimli ham qaytpimsiz bolwi mumkin.

Qaytimli process dep, sistema qanday da bir halga o'tkende aqirgi halattan baslangish halga sol araliq halatlar orqali keri izbe-iz o'tiwine aytiladi.

Máselen, súykeliwsiz bolatuğın barlıq taza mexanikalıq processler qaytimli processke misal boladı. Sonın ishinde, uzın ilgekke ilingen awır mayatniktiń terbeliwi qaytimli processke jaqın boladı. Bul halatta kinetikalıq energiya ámelde tolıq potencial energiyağa aylanadı. Sonday-aq, kerisi de orınlı. Ortalıqtıń qarsılıǵı kishi bolǵanlıǵı sebepli terbelis amplitudası áste kemeyedi ham terbeliw processı uzaq dawam etedi.

Belgili qarsılıqqa ushıraytuğın yaki jılı deneden suwıq denegе jıllılıq uzatıw menen júz beretuğın hár qanday process qaytımsız boladı. Ámelde barlıq real processler qaytımsız processler esaplanadı. Joqarıdaǵı keltirilgen mayatnik misalındaǵı process te qaytımsız esaplanadı, sebebi súykeliwdi joq etiw mumkin emes. Sol sebepli mexanikalıq energiyanıń bir bólimi barlıq waqt jıllılıqqa aylanadı ham qaytımsız bolıp qorshaǵan ortalıqqa shashılıp ketedi, demek, átiraptaǵı denelerde ózgeris júz beredi, sonın ushın process qaytımsız delinedi.

Sonday-aq, ıssı deneden suwıq denegе jıllılıq muǵdarınıń uzatılıw processı de qaytımsız processlerge misal bola aladı.

Ulıwma, tabiyatta qaytimli processler joq. Real processlerdiń barlıǵı qaytımsız esaplanadı. Qaytimli processler ideallastırılǵan túsiniк bolıp tabıladı.

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

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

Deneniń ishki energiyasını mexanikalıq energiya menen almastırmaw gerek, sebebi mexanikalıq energiya deneniń basqa denelerge salıstırǵanda qozǵalıısına hám jaylasıwına baylanıslı bolsa, sol deneniń ishki energiyası deneni qurawshı bólekshelerdiń qozǵalıısına hám bir-birine salıstırmalı jaylasıwına baylanıslı esaplanadı.

Ishki energiya termodinamikaliq 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 salıstırmalı kólem ózgertilse, bul da ishki energiyanıń ózgeriwine alıp keledi, sebebi molekulalar arasındaqı aralıq ózgeredi. Demek, olardıń óz ara tásir potencial energiyaları da ózgeredi.

Ádette, sistemanıń ishki energiyası $T=0\text{ K}$ de nolge teń dep esaplanadı, biraq bul ayırıqsha áhmiyetke iye emes. Sebebi, sistema bir halattan ekinshisine ótkende ishki energiyanıń ózgeriwi ΔU 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 ΔU hám suw puwları sháynek qapqaǵın kótergende sırtqı kúshlerge qarsı (qaqpaǵınıń awırlıq kúshi) orınlanatuǵın A jumısqa jumсалadı. 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.

Termodinamikaliq sistemağa beriletuǵın jıllılıq muǵdarı onıń ishki energiyasını arttırıwı hám sırtqı kúshlerge qarsı atqarılǵan jumıstıń qosındısına teń.

Eger sistemağa 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 (latinsha “perpetuum mobile”) jasaw múmkin emesligin kórsetedi. Birinshi túr “perpetuum mobile”ǵa tiykarlangan teń muǵdarda energiya jumsamastan jumıs orınlay alatuǵın mashina 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 sistemağa berilgen jıllılıq muǵdarı (Q) nıń jıyındısına teń:

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

Termodinamikanıń birinshi nızamı energiyanıń saqlanıw hám aylanıw nızamın ańlatsa da, termodinamikaliq processtıń júz beriw baǵıtın kórsete almaydı. Mısal ushın birinshi nızam, jıllılıq muǵdarınıń ıssı deneden suwıq denegge ótiw imkanıyatı qanday bolsa, suwıq deneden ıssı denegge ótiw imkanıyatı da sonday dep kórsetedi. Al, negizinde “Tabiyatta 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 tómén temperaturalı deneden joqarı temperaturalı denegge ótpeydi.

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

ótiwi múmkin. Jillılıqtı temperaturası tómén deneden temperaturası joqarı denegé ótkeriw ushın qosımsha jumıs atqarıw kerek. Sonıń menen birge, jillılıq muǵdarı jumısqa tolıq aylanbay, onıń bir bólimi qorshaǵan ortalıqtı qızdıruwǵa jumsaladı. Usı kózqarastan ekinshi nızamnıń Planktiń tómendegi sıpatlaması da itibargá ılayıq: **tabiyatta jillılıq muǵdarı tolıq jumısqa aylanatuǵın process bolıwı múmkin emes.**

Jillılıq jumısqa aylanıwı ushın ısıtqısh hám suwıtqısh bolıwı kerek. Barlıq jillılıq mashinalarında ısıtqıshtan suwıtqıshqa beriletuǵın energiyanıń bir bólimi ǵana paydalı jumısqa aylanadı. Onda jillılıq 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 jillılıq mashinasınıń paydalı jumıs koefficienti jillılıq beriwshi hám jillılıq alıwshılardıń temperaturalarınıń parqı menen ǵana anıqlanadı.**

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

Ekinshi túr “perpetuum mobile”. Ekinshi túr “perpetuum mobile” okean suwlarındaǵı úlken muǵdardaǵı energiyadan jumıs atqarmastan paydalanıw múmkin degen ideyǵa tiykarlangan. Al, termodinamikanıń ekinshi nızamı **jillılıq muǵdarı tek jıllı deneden suwıq denegé 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 temperaturasın 1°C ǵa túsiriwge erisilse, bul 10^{24} Dj jillılıq 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 júz beriw baǵıtın kórsete ala ma?*
2. *Termodinamikanıń ekinshi nızamı táriyplerin aytıń.*
3. *Termodinamikanıń ekinshi nızamınıń áhmiyeti nede?*
4. *Täbiyatta jillılıq muǵdarı tolıq jumısqa aylanatuǵın process bolıwı múmkin be?*
5. *Jillılıq mashinasınıń paydalı jumıs koefficienti nelerge baylanıslı?*

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

Adiabataliq process.

Qorshağan ortalıq penen jillılıq muğdarı almaspay jüz beretuğın processke adiabatalıq process delinedi.

Adiabatalıq processke tez jüz beretuğın process mısıl boladı. Mısıl ushın gaz tez qısılganda atqarılğan jumıs onıń temperaturasınıń, yaǵnıy ishki energiyasınıń artıwına alıp keledi. Al, temperatura kóteriliwı nátiyjesinde átirapqa jillılıq muğdarı tarqalıwı ushın belgili waqıt kerek. Sonıń ushın da $Q=0$. Ishki janıw dvigatelinde janılǵı aralaspasınıń janıwı adiabatalıq processke mısıl boladı.

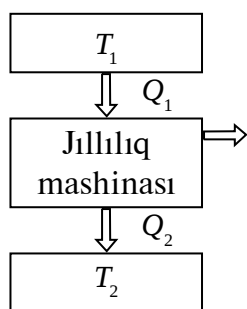
Adiabatalıq process ushın termodinamikanıń birinshi nızamı tómendegi kóriniste boladı:

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

yaǵnıy adiabatalıq processte jumıs ishki energiyanıń ózgeriwi esabınan orınlanadı.

Jillılıq mashinası dep, janılǵınıń ishki energiyasın mexanikalıq energiyaǵa aylandırıp beretuğın mashinalarǵa ayıladı.

Jillılıq mashinasınıń jumıs principi 6.1-súwrette kórsetilgen.



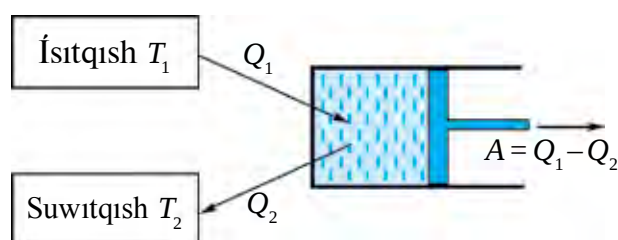
6.1-súwret.

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

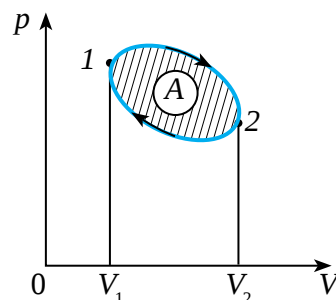
Qısılıwda jumısshı zat Q_2 jillılıq muğdarın T_2 temperaturalı suwıtqıshqa uzatadı. Jillılıq dvigateli ciklli ráwishte islewi kerek.

Aylanbalı process yaki cikl dep sistema bir qansha halatlardan ótip, dáslepki halına qaytatuğın processke ayıladı (6.3-súwret). Saat strelkası aylanıwı boylap jüz beretuğın process (gaz aldın keñeyip, keyin qısıladı) tuwrı cikl, al saat strelkası aylanıwına keri baǵıtta (gaz aldın

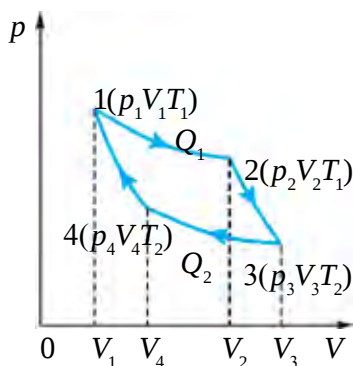
qisilip, keyin keñeyedi) jüz beretuğın process kerı cıkl delinedi. Jıllılıq mashinaları tuwrı cıkl, al suwıtqıshlar kerı cıkl tiykarında isleydi. Cıkl tamam bolğanda jumısshı zat óziniñ dáslepki halına qaytadı, yağniy onıñ ishki energiyası baslangısh mánisine iye boladı.



6.2-súwret.



6.3-súwret.



6.4-súwret.

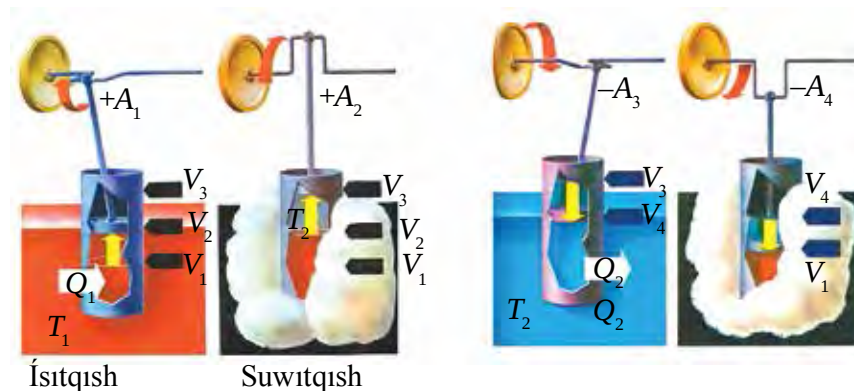
Karno cikli—izbe-iz óz ara almasıp tura-tuğın eki izotermalıq hám eki adiabatlıq processten ibarat qaytımlı aylanbalı jıllılıq processı esaplanadı. (6.4-súwret).

Karno cikli dep atalatuğın eki izotermalıq hám eki adiabatlıq processlerden ibarat cikldi 6.5-súwrette keltirilgen kolenchatlı val hám shatun ornatiłğan porshenli cilindr mısaliında korıp shıǵamız.

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

2. Keñeyiwdiñ ekinshi adiabatlıq 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, gazdıñ 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 qısılwın 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 qısılwı 3–4 izoterma menen kórsetilgen, gazdın bul halattaǵı parametrleri p_4 , V_4 , T_2 boladı.

4. Cikldın aqırǵı bóliminde gaz adiabatalıq qısılıp, porshen gaz kólemin V_4 ten V_1 ge shekem kemeytedi. Bunda atqarılǵan jumıs gaz temperaturasını baslanǵısh dárejesine kóteri w ushın jumısaladı hám sistemanın ishki energiyası artadı. 6.5-súwrettegi pV diagrammada gazdın adiabatalıq qısılwı 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 energiyasını tóliq tikleydi. Cikl dawamında ideal gaz ısıtqıshın Q_1 jıllılıq muǵdarın aladı hám suwıtqıshqa Q_2 jıllılıq muǵdarın beredi. Termodinamikanın 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 yaki Karno cikliniń paydalı jumıs koefficienti (PJK) dep tómendegi shamaǵa aytıladı:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}. \quad (6.4)$$

Eger jilliliq mashinasini atqargan jumisi esabidan alinsa, ya'niy $A = Q_1 - Q_2$ bolsa, onda

$$\eta = \frac{A}{Q_1}. \quad (6.5)$$

Sunday-aq, Karno ciklini PJK in ısıtqishti T_1 hám suıtqishti 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 jilliliq mashinasini PJK jumisshi zattın túrine baylanisli bolmay, al ısıtqishti hám suıtqishti temperaturaları menen ǵana anıqlanadı.

(6.6) ańlatpadan jáne tómendegi juwmaqlarǵa keliw múmkin:

1) jilliliq mashinasini PJK in kóteriushın ısıtqishti temperaturasını arttırıw, al suıtqishti temperaturasını azaytıw kerek;

2) jilliliq mashinasini PJK mudamı birden kishi boladı.

(6.6) ǵa muwapıq Karno PJK haqqında teoremasın jazǵan. ısıtqishti hám suıtqishti berilgen temperaturalarında qálegen dvigateldi PJK Karno ciklini PJK nen úlken bolmaydı.



1. Jilliliq mashinası dep qanday qurılmaǵa aytiladı?
2. Karno cikli dep nege aytiladı?
3. Jilliliq mashinasiniń paydalı jumıs koefficienti (PJK) qalay anıqlanadı?
4. PJK jumisshi zattın túrine baylanisli ma?
5. Jilliliq mashinasini PJK in asırıw ushın ne islew kerek?

29-tema. INSAN TURMÍSINDA JÍLLÍLÍQ DVGATELLERINÍN ÁHMIYETI. JÍLLÍLÍQ DVGATELLERI HÁM EKOLOGIYA

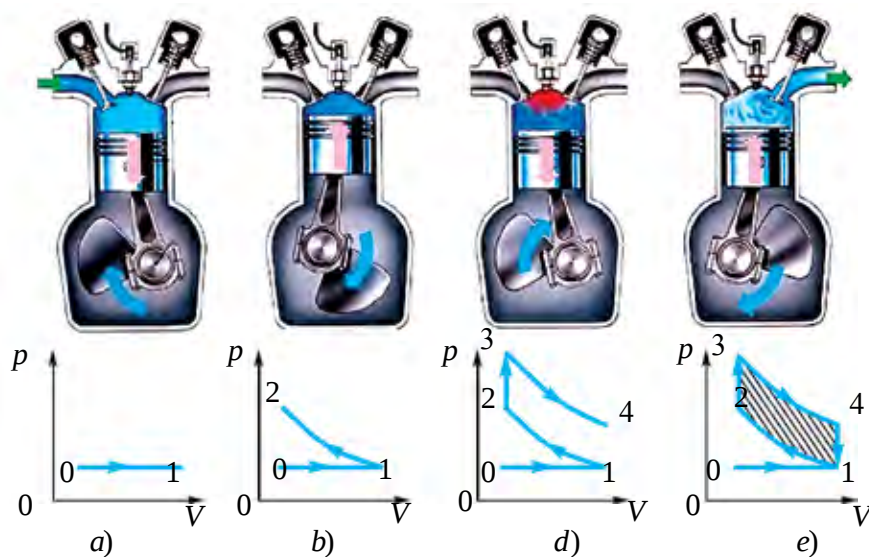
Jíllılıq dvgatelleri. Jíllılıq dvgatellerine puw mashinası, puw turbinası, ishki janıw dvgateli, reaktiv dvgateller kiredi.

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 dvgateli. Ishki janıw dvgateline 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 dvgatellerde karbyurator) járdeminde janılğı hám hawa aralaspa kórinisinde tayarlanıp, cilindrge uzatıladı. Al, cilindrde aralaspa janadı. Al, jangán ónimler atmosferağa shıgarıp taslanadı. Endi ayırım túrdegi dvgatellerge tolıq toqtalamız.

Karbyuratorlı dvgatel. Tórt taktli karbyuratorlı dvgateldiń jumıs principi hám jumısshı diagrammasın kóreyik (6.6-súwret). Sırtqı kúshler tásirinde porshen tómenge qarap qozǵalganda (6.6 a-súwret) kirkiziw klapanı ashılıp jumısshı aralaspa 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 shaqnap janıw (6.6-*d* súwret). Porshen eń joqarı halatqa jetkeninde ot aldırıwshı svecha ushqını aralaspanı 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 atqarılǵan 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.

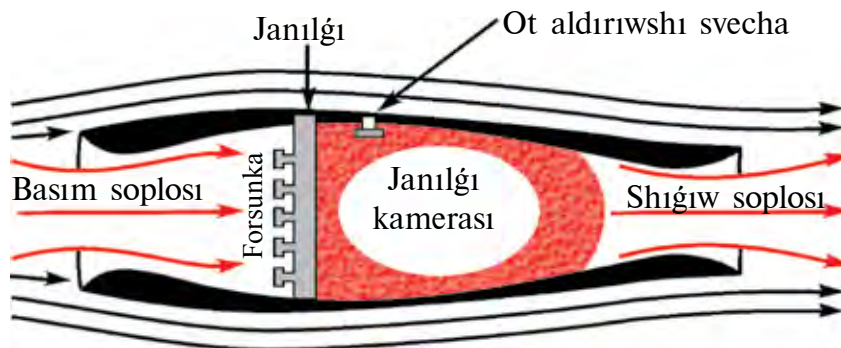
Kórilgen jabıq processte atqarılǵan jumıs processler sızıqları menen ajıratılǵan, shtrixlangan formanıń betine teń boladı. Grafikti analizlewdiń kórsetkenindey, 3–4 bólimdegi keńeyiw 1–2 bólimdegi qısılwǵa salıstırǵanda joqarıraq basımda júz beredi. Mine, sonıń nátiyjesinde dvigatel paydalı jumıs atqaradı. 3–2 hám 4–1 izoxoralıq processlerde ($V = \text{const}$) jumıs nolge teń hám joqarıda atap ótilgenindey, paydalı jumıs adiabatlıq keńeyiw hám qısılwıların parıqları menen anıqlanadı.

Ámelde ishki janıw dvigatelleriniń PJK 20–30 % ti quraydı. Olardıń PJK in asırıw ushın aralaspanı kóbirek qısıw kerek. Biraq, ishki janıw dvigatellerinde janılǵı aralaspasın júdá qattı qısıw múmkin emes, sebebi qısılǵan 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 dvigatellerdikinidey birden emes, al áste-aqırın, porshen qozǵalıwınıń qanday da bir bólimi dawamında janadı. Janılǵınıń janıw processı jumısshı boslıqtıń kólemi artıp barıwı dawamında júz

beredi. Soniń ushın da gazlardıń basımı jumıs dawamında ózgermey qaladı. Solay etip, dizelde aralaspanıń janıw processı turaqlı basımda júz beredi. Al, karbyuratorlı dvigatellerde bul process turaqlı kólemde júz beretuǵın edi. Dizel, karbyuratorlı dvigatelge 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 janılǵıda da isley beredi. Dizeller stacionar qurılmalarda, temir jol, hawa hám suw transportlarında keń qollanıladı. Házirgi payıtta kishi quwatlı dizeller avtomashına hám traktorlarda da kóp qollanıлмақта.

Reaktiv dvigatel. 6.7-súwrette reaktiv dvigateldiń sxemalı dúzilisi keltirilgen. Onıń jumıs principi tómendegishe. Samolyot ushqanda qarsısınan kiyatırǵan hawa aǵımı soplo arqalı ótip, forsunka shashıp atırǵan janılǵı menen aralasıp, jumısshı janılǵını payda etedi. Sońınan janıw kamerasına túsedı hám ot aldırıwshı svecha járdeminde janadı. Jumısshı aralaspanıń janıwı nátiyjesinde payda bolǵan gazlar úlken tezlik penen shıǵarıw sańlaǵı—soplo arqalı shıǵarıp taslanadı. Aralaspanıń janıwı basımınıń keskin artıwına alıp keledi hám nátiyjede soplodan shıǵıp atırǵan gazdıń tezligi dvigatelge 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 dvigatelleri) 60% ke shekem (reaktiv dvigateller) bolıwı múmkin. Sonıń ushın da alımlar bar dvigatellerdi jetilistiriw jolında tınımsız izleniwler alıp barmaqta. Sonıń menen birge, ishki janıw dvigatelleriniń tınımsız kóbeyip baratırǵanlıǵı tabiyatqa hám qorshaǵan ortalıqqa úlken qawıp tuwdırmaqta. Ekologiyalıq taza dvigatellerdi jaratıw búgingi kúnniń eń áhmiyetli mashqalalarından biri esaplanadı.

Tabiyatti qorgaw. Tabiyatning joqari onimi bolgan insan, onnan qalsa basqa janatlar da usi tabiyatning bir bolegi esaplanadi. Olar jasawi ham rawajlanivi ushin zarur bolgan—taza hawa, taza suw ham taza onimler kerek. Biz dem alatugin hawa jer atmosferasin qurawshi gazlarning aralaspasinan ibarat. Oning quraminda kislorod, azot, vodorod ham basqa tabiiy gazlardan tisqari shan, tutin, duz bolekheleri ham basqa aralaspalar bar. Bunnan tisqari, hawaning quraminda sanaat shigindilari da boladi.

Jilliliq dvigatellerining kop mugdarda qollanilivi da qorshaqan ortalikka unamsiz tasir korseledi. Esap-sanaqlarga qaraqanda, hazingi waqitta jer juzinde har jili 2 milliard tonna komin ham 1 milliard tonna neft jagiladi. Al, bul jerdegi temperaturaning koteriliwine ham natijede muzliqlarning erip, okeanlardagi suw qaddining koteriliwine alip keliwi mumkin. Bunnan tisqari, atmosferaqa 120 million tonna kul ham 60 million tonnaqa shekem ziyarli gaz shigariq taslanadi.

Dunyadagi 200 millionnan aslam avtomobil har kuni atmosferani uglerod (II) oksid, azot ham uglevodorodlar menen zaharleydi. Jilliliq ham atom elektr stanciyalari quvatlarining artivi menen suwqa bolgan talap ta artip baradi. Soning ushin hazir hawa ham suw saqlagishlarning pataslanivinan saqlanivdning tikkeley ham janapay usillarinan paydalaniladi. Tikkeley usil—bul turli tutinler ham gazlardi tazalap shigariw; atmosferani az pataslaytugin janilgilar—tabiiy gaz, kukiertsiz neft ham basqalardan paydalaniv; benzinsiz juretugin avtomobil dvigatellerin jaratiw ham basqalar.

Janapay usillar atmosferaning tomengi qatlamindagi zaharli zatlar koncentraciyasining keskin kemeyiwine alip keledi. Bular shigindi shigariwshi dereklarning biyikligin asiriv, meteorologiyaliq sharayatlardi esapqa alip aralaspalardi hawaqa shaship jiberivdning turli usillarinan paydalaniv ham basqalar.



1. *Jilliliq dvigatellerine neler kiredi?*
2. *Karbyuratorli dvigatelding jumis principin tusindirish.*
3. *Ishki janiv dvigateli PJK in asirivdning qanday qiyinshiligi bar?*
4. *Dizelding jumis principin tusindirish.*
5. *Reaktiv dvigatelding jumis principin tusindirish.*
6. *Tabiyatti qorgaw ushin qanday ilajlar korilmekte?*

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:	Formulası hám sheshiliwi:
$\eta = 0,4$	Cikldiń pV -diagrammasın dúzemiz $\eta = 0,4$; 1–2
$A = 8 \text{ J}$	ótiw gazdıń izotermalıq keńeyiwin; al 3–4 ótiw
$T = \text{const}$	izotermalıq qısılıwın kórsetedi.
Tabıw kerek	
$A_s - ?$	

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 bergen jıllılıq muǵdarı. Izotermalıq keńeyiwde atqarılǵan A_k jumıs gazdıń ısıtqıstıan alǵan Q_1 jıllılıq muǵdarına, al izotermalıq qısılıwdaǵı A_s jumıs gazdıń suwıtqıshına bergen Q_2 jıllılıq muǵdarına teń boladı, yaǵnıy $Q_1 = A_k$; $Q_2 = A_s$.

Onda cikldiń PJK tómendegi kórinisti aladı:

$$\eta = \frac{A_k - A_s}{A_k}.$$

Bunnan A_s nı tawıp, berilgenlerdi ornına qoyıp esaplaymız:

$$A_s = (1 - 0,4) 8 \text{ Dj} = 4,8 \text{ Dj}. \quad \text{Juwapı: } A_s = 4,8 \text{ Dj}.$$

6-shınıǵıw

1. Temperaturası 20°C ǵa kóterilse 200 g geliydiń ishki energiyası qanshaǵa ózgeredi? (Juwapı: $\Delta U = 12,5 \text{ kDj}$).

2. 320 g kislorodtı 10 K ge izobaralıq qızdırılǵanda qansha jumıs atqarıladı? (Juwapı: $A = 830 \text{ Dj}$).

3. 15°C temperaturalı 1,5 kg suwı bar ıdısqa 100°C temperaturalı 200 g suw puwı kirgizildi. Puw kondensaciyalanǵannan keyin ulıwma temperatura qanday boladı? (Juwapı: $t = 89^\circ\text{C}$).

4. Massası 290 g bolǵan hawanı 20 K ge izobaralıq qızdırılǵanda ol qansha jumıs atqarǵan hám bunda oǵan qansha jıllılıq muǵdarı berilgen? (Juwapı: 1,7 kDj; 5,8 kDj).

5. 800 mol gazdı 500 K ge izobaralıq qızdırıwda oğan 9,4 MDj jıllılıq muğdarı berildi. Bunda gaz atqarğan jumıstı hám onıń ishki energiyası qanshağa kóterilgenin anıqlań. (*Juwabı*: 3,3 MDj; 6,1 MDj).

6. Temperaturası 27°C bolğan 160 g kislorod izobaralıq qızdırılğanda onıń kólemi eki ese kóbeydi. Gazdıń keńeyiwinde atqarılğan jumıstı, kislorodtı qızdırıwğa ketken jıllılıq muğdarın, ishki energiya ózgeriwin tabıń. (*Juwabı*: 12,5 kDj; 44,2 kDj; 31,7 kDj).

7. Ideal jıllılıq mashinası qızdırgışınıń temperaturası 117° C, suwıtqıştıki 21° C. Mashinanıń 1 s ta qızdırgıştan alıp atırğan jıllılıq muğdarı 60 kDj ğa teń. Mashinanıń PJK in, 1 s ta suwıtqışqa berilip atırğan jıllılıq muğdarın hám mashinanıń quwatın esaplań. (*Juwabı*: 23 %; 146 kDj; 14 kW).

8. Ideal jıllılıq mashinasında qızdırgıştan alınıp atırğan hár bir kiloDjoul energiya esabınan 300 Dj jumıs atqarıladı. Eger suwıtqıştıń temperaturası 280 K bolsa, mashinanıń PJK in hám qızdırgıştıń temperaturasın anıqlań. (*Juwabı*: 30 %; 400 K).

9. 110 kW quwatqa erisetuğın hám bir saatta 28 kg dizel janılğı jumsaytuğın traktor dvigatelinıń PJK in tabıń. (*Juwabı*: 34 %).

10. Eger motocikl 108 km/saat tezlik penen qozğalıp, 100 km jol basqanda 3,7 l benzin jumsalsa, dvigateldiń PJK 25 % bolsa, motocikl dvigateli 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 jıllılıq 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. Jıllılıq muǵdarı óz-ózinen tómén 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) ... jıllılıq dvigateli; B) ... jıllılıq mashinası;
 C) ... reaktiv dvigateli; D) ... puw turbinası.

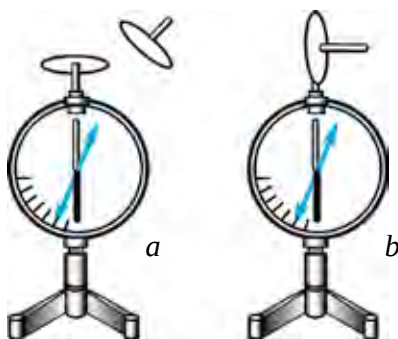
VI bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar

Termodinamikalıq sistema	Oz ara hám sırtqı deneler menen tásirlenetuǵın hámde energiya almasatuǵın zatlar hám deneler jıyındısı.
Temperatura	Makroskopiyaııq sistemanıń termodinamikalıq teńsalmaqlıq halatın xarakterlewshi fizikalıq shama.
Makroskopiyaııq sistema	Júdá kop sandaǵı atom hám molekulalardan quralǵan sistema.
Termodinamikalıq teńsalmaqlıq	Sistemanıń makroskopiyaııq parametrleri bir qansha uzaq waqıtqa shekem ózgermey turatuǵın process.

Termodinamikaliq process	Termodinamikaliq sistemanıń hesh bolmaǵanda qanday da bir parametriniń ózgeriwi.
Qaytımlı process	Sistemanıń aqırǵı halattan baslanǵısh halatqa sol aralıq halatlar arqalı, keri baǵıtta qorshaǵan ortalıqta hesh qanday ózgeris jüz bermesten ótiwi.
Qaytımsız process	Belgili qarsılıqqa ushıraytuǵın yaqi jıllı deneden suwıq denegge jıllılıq uzatıw menen jüz bereretuǵın hár qanday halat.
Ishki energiya	Zattıń barlıq molekulalarınıń tártipsiz qozǵalı kinetikalıq energiyaları hám olardıń óz ara tásir potensial energiyalarınıń jıındısı
Termodinamikanıń birinshi nızamı	$Q = \Delta U + A$ Q —jıllılıq muǵdarı; ΔU —ishki energiya ózgeriwi; A —atqarılǵan jumıs.
Termodinamikanıń ekinshi nızamı	Jıllılıq muǵdarı óz-ozinen tómén temperaturalı deneden joqarı temperaturalı denegge ótpeydi.
Adiabatalıq process	Qorshaǵan ortalıq penen jıllılıq muǵdarı almaspastan jüz beretuǵın process.
Jıllılıq mashinası	Janılǵınıń ishki energiyasın mexanikalıq energiyaǵa aylandırıp beretuǵın mashinalar.
Aylanba process yaqi cikli	Sistemanıń bir qansha halatlardan ótip, óziniń dáslepki halatına qaytatuǵın 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 —ısıtqıshtan alınǵan jıllılıq muǵdarı, Q_2 —suwıtqıshqa berilgen jıllılıq muǵdarı.

VII bap. ELEKTRODINAMIKA

30-tema. ZARYADTÍŃ SAQLANÍW NÍZAMÍ. NOQATLÍ ZARYADTÍŃ MAYDANÍ. ELEKTR MAYDAN KERNEWLILIGINÍŃ SUPERPOZICIYA PRINCIPI



7.1-súwret.

ZaryadlardíŃ saqlanıw nızamı.

Deneler elektrlengende olardağı ulıwma zaryad muǵdarı ózgere me? Bul sorawǵa juwap tabıw ushın tómendegi tájiriybenni ótkereyik (7.1 *a*-súwret).

Elektrometr alıp, onıń sterjenine metall disk ornatamız. Disk ústine qalıń teri orap, onıń ústinen izolaciya tutqalı basqa diskni ısıqlayıq. Bunda elektrometr strelkası awadı. Bul bolsa teride hám oǵan

ısıqlanǵan diskte elektr zaryadları payda bolǵanlıǵın kórsetedi.

Tájiriybenni dawam etemiz. Terige ısıqlanǵan 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 disktiń 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 muğdardagi oñ zaryadqa iye boladı. Nátiyjede denelerdegi ulıwma zaryadlar muğdarı 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.

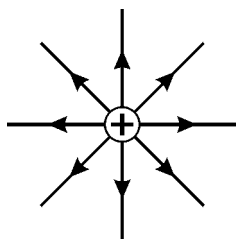
Faradey hám Maksvell teoriiyası boyınsha zaryadlangan deneler átirapında **elektr maydanı** payda boladı. Óz ara tásir usı elektr maydanı járdeminde ámelge asadı. Bul maydandı qol menen uslap, kóz benen koriw múmkin emes. Onı tek tásirlerine qarap seziw múmkin.

Elektr maydanınıń zaryadlı bólekshelerge tásirín úyreniwdiń kórsetiwi boyınsha, maydannıń tásiрі zaryadlangan dene janında kúshli, onnan uzaqlasqan sayın kúshsizlenip baradı. Elektr zaryadların payda etken maydannıń kúshli yaki kúshsiz ekenligin kórsetiw ushın elektr maydan kernewliligi dep atalatuǵın shama kirgizilgen. **Elektr maydan kernewliligi**

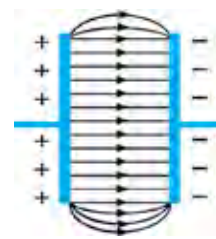
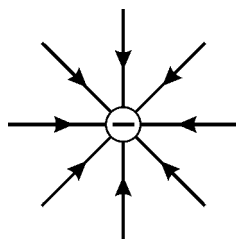
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (7.2)$$

formula menen anıqlanadı. Bunda $\vec{E}$ —maydannıń qanday da bir noqatındaǵı maydan kernewi; q_0 —maydannıń usı noqatına kirgizilgen zaryad muğdarı; $|\vec{F}|$ —elektr maydanı tárepinen kirgizilgen q_0 zaryadqa tásir etetuǵın kúsh.

Elektr maydanı kúsh shızıqları yaki 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 birligi $[E] = \frac{|F|}{|q|} = 1 \frac{N}{C}$ yaki $1 \frac{V}{m}$.

Noqatli q zaryadtiñ r aralıqta payda etken maydan kernewliliğın 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 —noqatli zaryadtan maydan kernewliliğın anıqlanatuğın noqatqa shekem bolğan 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 maydannıñ qanday da bir noqatına sınav zaryadın kirgizsek, oğan hár bir zaryad tárepinen $\vec{F}_1$ hám $\vec{F}_2$ kúshler tásir etedi (7.4-súwret). Sınav zaryadına tásir etip atırğan bul kúshlerdiñ teñ tásir etiwshisi tómendegige teñ boladı:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2. \quad (7.4)$$

Ol jağdayda A noqattağı maydannıñ kernewliliğın tómendegige teñ:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2. \quad (7.5)$$

(7.5) ańlatpa tómendegishe sıpatlanadı:

Zaryadlar sistemasınıñ qanday da bir noqatta payda etken elektr maydanınıñ kernewi, sistemağa kiriwshi hár bir zaryadtiñ sol noqatta bólek-bólek payda etken maydan kernewliliğınin vektorlıq qosındısına teñ.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n. \quad (7.6)$$

Bul elektr maydannıñ superpoziciya principi delinedi.

Superpoziciya sóziniñ sózlik mánisi “qosılıw yaki ústi-ústine túsiw” degen mánisti ańlatadı.

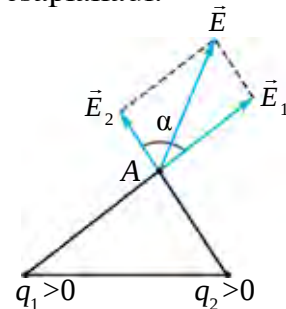
Superpoziciya principi boyınsha bir-birinen r aralıqta jaylasqan eki noqatli zaryadtiñ qanday da bir noqattağı maydan kernewin esaplayıq (7.4-súwret). Hár bir zaryadtiñ qaralıp atırğan noqattağı maydan

kernewliligi $\vec{E}_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2}$ hám $\vec{E}_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2}$ ańlatpalar boyınsha ańıqlanadı.

Zaryadlardıń usı noqattaǵı nátiyjeli maydan kernewliligi superpoziciya principine tiykarlanıp tómendegi 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, α – maydan kernewlilik vektorları arasındǵı múyesh.



7.4-súwret.

Másele sheshiw úlgisi

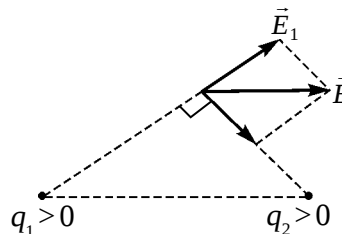
Zaryadları 4 nC dan bolǵan eki qarama-qarsı belgide zaryadlangan noqatlı zaryadlar bir-birinen 10 sm aralıqta jaylasqan. Birinshi zaryadtan 8 sm, ekinshi zaryadtan 6 sm aralıqta jaylasqan noqattaǵı maydan kernewliligi nege teń?

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:



$r_1^2 + r_2^2 = r^2$ bolǵanlıqtan $\alpha = 90^\circ$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = k \cdot q \sqrt{\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2}}$$

$$\begin{aligned} E &= 9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-9} \sqrt{\frac{1}{(8 \cdot 10^{-2})^2} + \frac{1}{(6 \cdot 10^{-2})^2}} = \\ &= 750 \frac{\text{N}}{\text{C}}. \end{aligned}$$

Juwabı: $750 \frac{\text{N}}{\text{C}}$.



1. Noqatlı zaryadtıń baqlanıp atırǵan noqattaǵı maydan kernewliligi qalay esaplanadı?

2. Superpoziciya sóziniń mánisi neden ibarat?

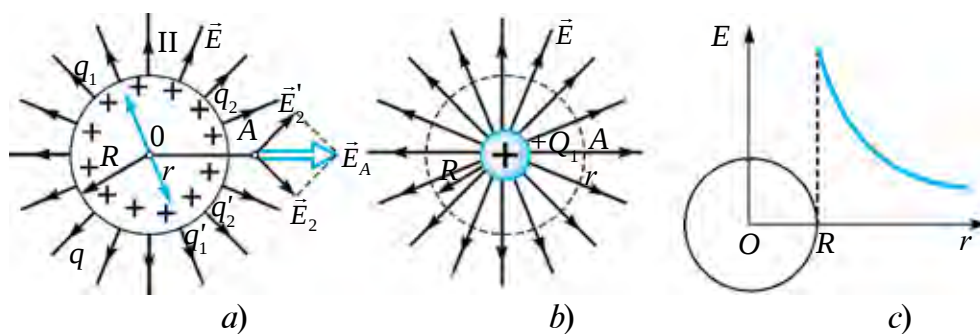
3. Superpoziciya principin táriypleń hám onıń formulasın jazıń.

31-tema. ZARYADLANGAN SHARDÍN ELEKTR MAYDANÍ. DIELEKTRIK SIÑIRGISHLIK

Radiusı R ga teń bolğan elektr ótkiziwshi shar q zaryad penen zaryadlangan bolsın (7.5-*a* súwret). Zaryadlangan bunday shardın (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 shardın 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, shardın orayına qoyılǵan oń zaryadlangan noqatlı zaryad maydanınıń kúsh sızıqları menen sáykes túsedı (7.5-*b*, súwret).



7.5-súwret.

Zaryadlangan shardın 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 mümkün:

$$E = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0 r^2} = k \cdot \frac{|q|}{r^2}. \quad (7.6)$$

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. Tiykargı elektronlar atom elektron qabıǵında jaylasadı. Plastınadaǵı elektr zaryadlarınń 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 $\vec{E}$, tiykargı 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 sıńırgishligi* delinedi:

$$\epsilon = \frac{E_0}{E}. \quad (7.7)$$

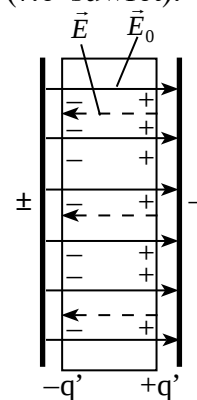
Ol jaǵdayda, dielektrik ishinde jaylastırılǵan noqatlı zaryadtan r aralıqta turǵan noqattaǵı maydan kernewligi de ϵ ese kemeyedi:

$$E = k \frac{|q|}{\epsilon \cdot r^2}. \quad (7.8)$$

Soday-aq, bir jınıslı dielektrik ishinde jaylasqan noqatlı zaryadlar arasındaǵı óz ara tásir kúshi vakuumdadaǵı tásir kúshinen ϵ 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 sıńırgishlik ólshemsiz shama esaplanadı.



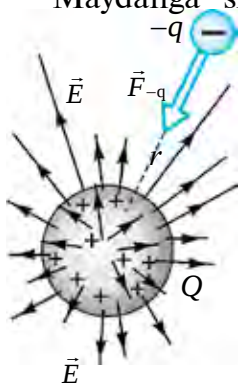
7.6-súwret.

- ❓ 1. Ne sebepten zaryadlangan shardin ishinde elektr maydanı nolge teñ boladı?
2. Zaryadlangan shardin betinde hám tisqarisında 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 oğan qanday kúsh tásir etiwı anıqlanğan edi. Sonıń ushın da elektr maydan kernewi maydanniń kúsh xarakteristikası esaplanadı.

Maydangá sınav zaryadı alıp kiriliwine tiykargı zaryad maydanı qarsılıq etedi (7.7-súret). Sonlıqtan maydan kernewge qarsı jumıs atqarıwı lazım boladı.



7.7-súwret.

Bul atqarılğan jumıs qalay anıqlanadı?

Bul jumıs tiykargı 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 zaryadtiñ elektr maydani potenciali delingende tiykargı hám maydangá kirgizilgen sınav zaryadları óz ara tásir potencial energiyasınıñ sınav zaryadı muğdarına qatnası menen ólshenetuğın shamağa ayıladı:

$$\varphi = \frac{W_{-q}}{q}. \quad (7-11)$$

Noqatli q zaryadtiñ potencialı tómendegishe anıqlanadı:

$$\varphi = k \frac{q}{\varepsilon \cdot r}. \quad (7.12)$$

Potencial túsiniğinen paydalanıp, q_1 zaryadti maydan payda etiwshi q zaryadтан r_1 uzaqlıqtağı noqattan r_2 uzaqlıqtağı noqatqa kóshiriwde atqarılğan jumıstı tabamız:

$$A = W_1 - W_2 \text{ yaki } A = q_1 \left(k \frac{q}{\varepsilon \cdot r_1} - k \frac{q}{\varepsilon \cdot r_2} \right) = q_1 (\varphi_1 - \varphi_2). \quad (7.13)$$

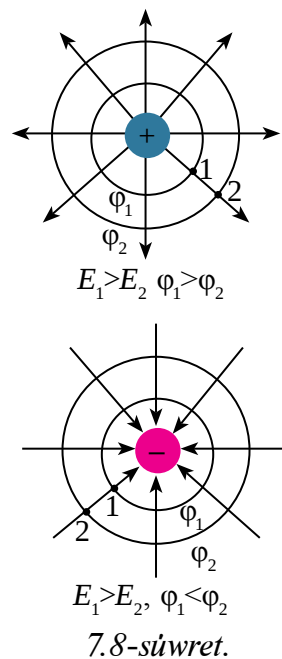
Bul ańlatpadağı $\varphi_1 - \varphi_2$ ayırma noqatlar arasındagı **potenciallar parqı**nan ibarat bolıp, oğan **elektr kernewi** delinedi hám tómendegi kóriniste jazıladı:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2. \quad (7.14)$$

Potencial hám potenciallar ayırmasınıñ birligi italyan alımı Voltanıñ húrmetine Volt (V) dep ataladı. $\varphi = \frac{W}{q}$ dan $1V = \frac{1J}{1C}$ ğa teń. Sıpatlama boyınsha $1C$ zaryadti elektr maydannıñ bir noqatınan ekinshi noqatına kóshiriwde elektr maydanı $1J$ jumıs atqaratuğın noqatlar potenciallarınıñ ayırması $1V$ qa teń boladı.

Noqatlıq zaryadтан birdey uzaqlıqta jaylasqan noqatlardıñ potencialları teń boladı. Eger usı noqatlar birlestirilip shıǵılsa, payda bolğan bet **ekvipotencial bet** delinedi.

Noqatlıq zaryadtiñ ekvipotencial beti zaryad átirapında koncentrlı sheńberler formasında jaylasadı (7.8-súwret). Maydan kúsh sızıqları ekvipotencial betke barlıq waqıtta perpendikulyar boladı.



Elektr maydan kernewligi hám potenciallar ayırması arasında tómendegi qatnas bar:

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}, \quad (7.15)$$

d —potencialları φ_1 hám φ_2 bolğan noqatlar arasındagı aralıq. Bunnan maydan kernewligi birligi $1 \frac{V}{m}$ kelip shıgadı.

Másele sheshiw úlgisi

Hawada turğan 5 sm radiuslı metall sferağa 30 nC zaryad berildi. Zaryadlangan sfera orayınan 2 sm, sfera sırtında hám sfera sırtınan 5 sm uzaqlıqtağı noqattağı maydan potencialı tabılsın.

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$q = 30 \text{ nC} = 30 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ $r = 5 \text{ sm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $r_1 = 2 \text{ sm} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $r_2 = 5 \text{ sm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$	$\varphi_{\text{ishinde}} = \varphi_{\text{betinde}} =$ $= k \frac{q}{r}$ $\varphi_{\text{sirtında}} =$ $= k \frac{q}{r + r_2}$	$\varphi_{\text{ishinde}} = \varphi_{\text{betinde}} = 9 \cdot 10^9 \frac{30 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-2}} =$ $= 5400 \text{ V};$ $\varphi_{\text{sirtında}} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{30 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot 10^{-2}} =$ $= 2700 \text{ V}.$ Birliqi: $[\varphi] = \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{\text{C}}{\text{m}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{C}} = \frac{\text{J}}{\text{C}} = \text{V}.$ Juwabi: 5400 V; 2700 V.
Tabıw kerek $\varphi_{\text{ishinde}} - ?$ $\varphi_{\text{betinde}} - ?$ $\varphi_{\text{sirtında}} - ?$		

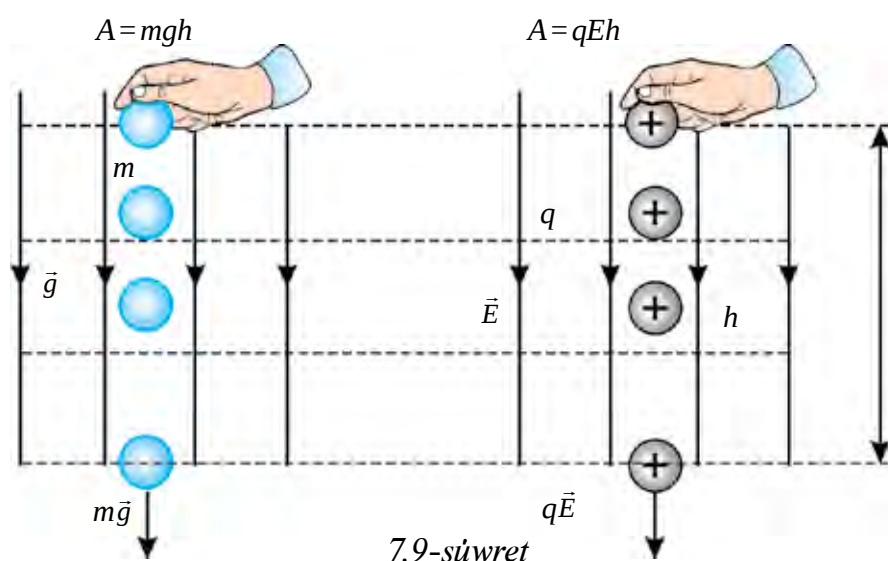


1. Elektrostatikalıq kúshitiń atqargan jumısı menen maydanda kóship atırğan zaryad potencial energiyası arasındagı baylanısı jazıń.
2. Elektr maydanında turğan zaryadtıń potencial energiyası qalay anıqlanadı?
3. Protonnan $5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ uzaqlıqtağı elektr maydan potencialın tabıń. Protonnan mine usınday uzaqlıqta jaylasqan orbita boylap qozǵalıp atırğan elektronıń potencial energiyası nege teń boladı?

33-tema. ELEKTROSTATIKALÍQ MAYDANDA ZARYADTI KÓSHIRIWDE ATQARÍLGÁN JUMÍS

Mexanikada kirgizilgen fizikalíq shamalar (kóshiw, kúsh, kúshtiń 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

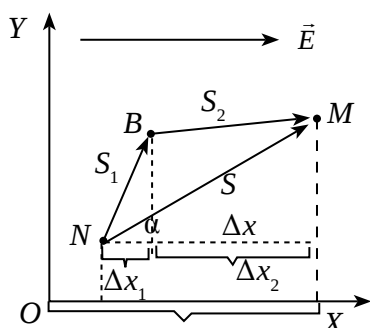
$+q$ zaryadtı bir tekli ($\vec{E}=\text{const}$) elektr maydan kúsh sızıqları boylap koshiriwde atqarılǵan jumıs

$$A_q = qEh \quad (7.16)$$

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.

Оñ 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: α – kúsh penen koshiw arasındagı 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 elektrostatikalıq 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:

$$A_1 = qE\Delta x_1 \text{ hám } A_2 = qE\Delta x_2. \quad (7.19)$$

Δx_1 hám Δx_2 sáykes ráwishte s_1 hám s_2 kóshiw vektorlarınıń X kósherdegi proekciyalrı. 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 Δx)qa baylanıslı boladı, bunday maydan *potencial maydan* delinedi. Demek, elektrostatikalıq maydan – potencial maydan eken. Sonıń ushın elektrostatikalıq 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 bolamiz. Bul formula q elektr zaryadın elektr maydanında potencialı φ_2 bolğan noqattan potencialı φ_1 bolğan noqatqa kóshiriwde atqarılğan jumıstı esaplaw formulası bolıp tabıladı.

Másele sheshiw úlgisi

100 μC 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 sıyıqları hám kóshiw vektorı arasındagı múyesh qanday bolğan?

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$q = 100 \mu C = 100 \cdot 10^{-6} C$	$A = q \cdot E \cdot s \cdot \cos \alpha$	$\cos \alpha = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-2}} = \frac{1}{2}$
$E = 4 \text{ kV/m} = 4 \cdot 10^3 \text{ V/m}$	$\cos \alpha = \frac{A}{q \cdot E \cdot s}$	$\cos \alpha = \frac{1}{2}$
$s = 4 \text{ sm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$		$\alpha = 60^\circ$
$A = 8 \text{ mDj} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ Dj}$		
Tabıw kerek		Juwabr: 60° .
$\alpha - ?$		



1. Potencial maydan dep qanday maydangá aytıladı?
2. Elektrostatalıq maydanda zaryadtı jabıq sıyıq boylap kóshiriwde atqarılğan jumıs nege teń?
3. 7.20 formuladan paydalanıp potenciallar ayırmasına sıpatlama berih.

34-tema. ELEKTR MAYDANNÍŇ ENERGIYASI

Ótkizgishti zaryadlaw ushın zaryadlar arasındagı óz ara iyterisiw kúshin jengende jumıs atqarıladı. Bul jumıs esabınan, ótkizgish 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 φ ǵa shekem ózgeredi. Deneni zaryadlawda atqarılğan jumıs:

$$A = q \cdot \varphi_{ort} \quad (7.21)$$

ga teń boladı. Dene potencialınıń ortasha mánisi onıń baslangısh hám aqırǵı mánisleriniń orta arifmetikalıq mánisine teń boladı, yaǵnıy

$$\varphi_{\text{ort}} = \frac{0 + \varphi}{2} = \frac{\varphi}{2}. \quad (7.22)$$

φ_{ort} nıń mánisin (7.21) teńlikke qoyıp, tómendegi ańlatpanı payda etemiz:

$$A = \frac{q\varphi}{2}. \quad (7.23)$$

Demek, deneni zaryadlawda atqarılǵan 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 energiyasın tómendegishe 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 energiyasın (W_{kon}) esaplawda (7.25) ańlatpadaǵı zaryad muǵdarın kondensatordıń bir qaplamasındaǵı zaryad muǵdarı menen, al potencialın onıń qaplamaları arasındaǵı potenciallar ayırması menen almasıw 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 energiyasın 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 arasıdaǵı ortalıqta toplanǵan boladı. Keńisliktiń kólemín $V = Sd$ formula arqalı esaplaw múmkin.

Zaryadlangan tegis kondensatordıń sıyımlılıǵı $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$ hám kondensator maydan kernewligi menen qaplamaları arasıdaǵı potenciallar ayırmashılıǵı arasıdaǵı baylanıs hámde (7.27) formulaǵa muwapıq tómendegige iye bolamız:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S E^2 d^2}{2d} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot E^2}{2} V. \quad (7.28)$$

Zaryadlangan tegis kondensatordıń energiyası onıń payda etken elektr maydanı kernewliginiń kvadratına hám usı maydan iyelegen keńisliktiń kólemine tuwrı proporcional eken. Maydannıń kólem birligine tuwrı kelgen energiyası *energiyanıń kólem tıǵızlıǵı* delinedi. Sıpatlama boyınsha:

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot E^2}{2V} V = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot E^2}{2}. \quad (7.29)$$

Hár bir kondensator ózinde tek zaryad toplaw emes, sonday-aq, energiya toplaw qásiyetine de iye. Kondensator alǵan energiya qaplamalar arasıdaǵı ortalıqta boladı. Bul energiyanı kondensatorda uzaq waqıt dawamında saqlawǵa bolmaydı. Kondensator alǵan zaryadın waqıt ótiwi menen onı qorshap turgan ortalıqqa uzatadı.

Kondensator elektr qarsılıǵı kishi bolǵan shınjır arqalı zaryadsızlanǵanda, óz energiyasın derlik dárhál beredi.

Másele sheshiw úlgisi

Tegis hawa kondensatorınıń sıyımlılıǵı $0,1 \mu\text{F}$ teń bolıp, 200 V potenciallar ayırmashılıǵına iye. Kondensatordaǵı elektr maydan energiyasın esaplań.

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$C = 0,1 \mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ F}$ $U_2 - U_1 = 200 \text{ V}$	$W = \frac{C(U_2 - U_1)^2}{2}$	$W = \frac{10^{-7} \cdot 40000}{2} \text{ F} \cdot \text{V}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Dj.}$
Tabıw kerek $W - ?$		Juwabı: 2 mDj.



1. Zaryadlangan deneniń alǵan energiyası qanday shamalarǵa baylanıslı?
2. Kondensatordı zaryadlawda qanday jumıs atqarıladı?
3. Zaryadlangan kondensator energiyası qay jerde toplanadı?

7-shinigiw

1. Tárepleri 10 sm bolǵan durıs úshmúyeshliktiń eki ushında -4 nC hám $+4 \text{ nC}$ 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 maydannıń qanday da bir noqatındaǵı 50 nC 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 $3 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ 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 $4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ zaryad berilgende, onıń energiyası 20 mDj ǵa teń boldı. Kondensator qaplamları arasındaǵı kernew qanday bolǵan? (*Juwabı: 1000 V*).
12. Dielektrli sińdiriwsheńligi 4 hám kernewligi $3 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ bolǵan noqattaǵı elektr maydannıń energiya tıǵızlıǵın tabıń. (*Juwabı: $159 \mu\text{Dj/m}^3$*).

VII bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları

1. Maydan kernewligi 800 V/m bolğan noqatqa jaylasqan $5 \mu\text{C}$ zaryadqa qansha elektrostatikalıq 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 (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 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 sm bolğan metall shargá $1,2 \text{ nC}$ zaryad berildi. Shar betine jaqın elektr maydan kernewligin tabıń (kV/m).
A) 27; B) 18; C) 24; D) 9.
5. Radiusı 6 sm bolğan metall shargá 24 nC zaryad berilgen. Shar orayınan 3 sm uzaqlıqtaǵı noqatta kernewlilik qanshaǵa teń boladı (kV/m)?
A) 45; B) 90; C) 60; D) 0.
6. Radiusı 12 sm bolğan shardıń betinde $0,18 \mu\text{C}$ oń zaryad tegis bólistirilgen. Shardıń 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 V bolğan eki noqat arasında kóshirilgende, 5 mDj jumıs atqarılğan. q zaryad shaması (μC) qanday bolğan?
A) 20; B) 5; C) 500; D) 50.

VII bapta ўyrenilgen eń áhmiyetli túsiniк, qağıyda hám nızamlar

Zaryadlardıń saqlanıw nızamı	Hár qanday tuyıq sistema ishindegı 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 zaryadtan 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 maydannıń superpoziciya principi	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: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n.$
Zaryadlangan shar (sfera) ishinde hám betindeǵı noqatlardaǵı payda etilgen maydan kernewliligi	$E = 0;$ $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$
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 sinirgishlik	$\varepsilon = \frac{E_0}{E}.$
Dielektrik ishinde jaylastirilgan noqatli zaryadтан r aralıqta turğan noqattağı maydan kernewiligi	$E = k \frac{ q }{\varepsilon \cdot r^2}.$
Turaqli Q on zaryadтан r aralıqta turğan $+q$ zaryadtın potencial energiyası	$W_{+q} = k \frac{Qq}{r}.$
Noqatli q zaryadtın potentialı	$\varphi = k \frac{q}{\varepsilon \cdot r}.$
Elektr kernew	$U = \varphi_1 - \varphi_2.$
Konservativ kúsh	Atqargan jumısı zaryadtın koshiw traektoriyasına baylanisli bolmagan kúsh.
Energiyanın kólemli tıǵızlıǵı	$w = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot E^2}{2}.$

VIII баp. TURAQLÍ TOK NÍZAMLARÍ

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 sorawlarğa juwap beriwden aldın elektr ótkizgishlik túsiniđin kirgizemiz.

|| **Elektr qarsılığına keri bolğan shamağa *elektr ótkizgishlik* $\left(\frac{1}{R}\right)$ delinedi.** Birliđi nemis alımı E. R. Siemens húrmetine qoyılğan.

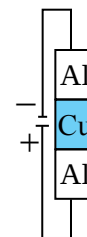
$$\gamma = \frac{1}{R}; \quad (8.1)$$

$$1 \text{ Siemens} = 1S = \frac{1}{\Omega}.$$

Metallardıń elektr ótkizgishligin úyreniwge XX ásir diń 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 jıl 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 ajratılğannan soń, olardıń massaları da ózgermegenligi anıqlandı. Atomlardıń bir-birine ótiw izleri qattı

denelerdegi ápiwayı diffuziya natijelerinen artıq bolmadı. Biraq, bul tájiriybe metallarda anıq qanday bóleksheler sebepli tok ótiwin túsindirip bermedi.

Amerikalıq fizikler T.Styuart hám R.Tolmenler tómendegishe tájiriybe ótkergen. 1916-jılı ótkerilgen bul tájiriybede metall ótkizgish oralğan úlken diametrli katushka alınıp, ol 500 ayl/min jiyilik penen aylanbalı qozğalısqı keltirilgen hám birden toqtatılğan (8.2-súwret). Bunda katushkadağı erkin zaryadlar jáne biraz waqıt inerciya menen qozğalıstı dawam etkenligi ushın qısqa waqıtlı tok payda bolğan. Bunı tok ótkizgish ushlarına jalğanğan sırğanawshı kontaktlar arqalı jalğanğan galvanometr tastıyıqlağan. Alımlar tok tasıwshı bólekshelerdiń $\frac{q_0}{m}$ salıstırma zaryadın tájiriybede anıqladı.



8.1-súwret.

Ol $1,8 \cdot 10^{11}$ C/kg ға 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.Lorenc *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 elektronlardıń kópligi esaplanadı. Máselen, mısta erkin elektronlar koncentraciyası $8,4 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}$ ke teń. Elektronlar dál gaz sıyaqlı rechgotka ionları arasındaqı keńislikti toltırıp, tártipsiz hám toqtawsız qozğalısta boladı. Elektronlardıń metallardağı tártipsiz qozğalıstı tezligi esaplanǵanda shama menen 60–100 km/s qa teń shıǵadı. Sırtqı elektr maydan joqlıǵında, ótkizgishtiń qálegen kesim beti arqalı ótiwshi elektronlar qozğalıstı tártipsiz bolǵanlıqtan elektr toǵı nolge teń boladı.

2*. P.Drude hám X.Lorencler ótkizgishliktiń elektron teoriyasınan paydalanıp shınjırdıń bir bólimi ushın Om nızamın teoriyalıq tárizde keltirip shıǵardı.

Bunıń ushın uzunlıǵı l , elektronlar koncentraciyası n hám kese 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 —elektronlardıń eki soqlıǵısıwları aralıǵındaǵı waqt. Soqlıǵısıwlarda elektron tezliginiń baǵıtı ózgeredi, biraq ortasha tezlik ózgermeydi

$$v_{\text{ort}} = \frac{eEt}{2m}. \quad (8.2)$$

Tok kúshi sıpatlaması boyınsha

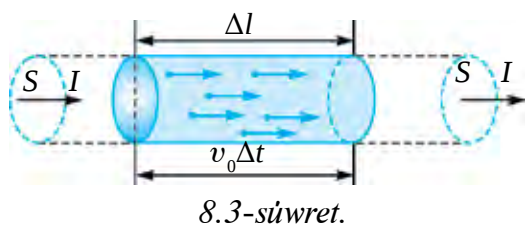
$$I = \frac{q}{t} = \frac{enV}{t} = \frac{enSl}{t} = enSv_{\text{ort}} \quad (8.3)$$

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 ótkiziwsheńlik delinedi. $\gamma = \frac{1}{R}$ ótkizgishlik ekenligi esapqa alınsa, $R = \frac{2m_e}{ne^2t} \frac{l}{S}$ — elektr qarsılıǵınıń ańlatpası kelip shıǵadı.



Bunda $\frac{2m_e}{ne^2t} = \rho$ — salıstırmalı

qarsılıq delinedi. Salıstırmalı qarsılıq delingende uzınıǵı 1 m, kese kesim maydanı 1 m² bolǵan ótkizgish qarsılıǵı

túsiniledi.

Solay etip

Shınjırdıń bir bóliminen ótiwshi tok kúshi, ótkizgish ushlarına qoyılǵan kernewge hám ótkizgishlikke tuwrı proporcional bóladi.

$$I = \gamma \cdot U. \quad (8.5)$$

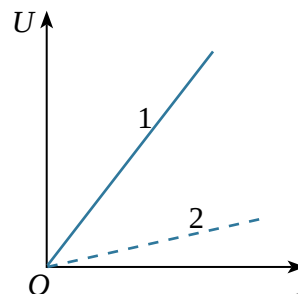
Bul baylanısı XIX ásir basında tajiriybe jolı menen nemis fizigi G. Om tapqan edi. Ádette, bunday baylanıs

$$I = \frac{U}{R} \quad (8.6)$$

kóriniste ańlatıladı.

8.4-súwrette turaqlı temperaturada eki metall ótkizgishden 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).



8.4-súwret

Zatlardıń salıstırmalı elektr ótkizgishligi boyınsha alıńǵan 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 gúmıs esaplanadı. Gúmistiń salıstırmalı elektr ótkizgishligi 20°C da $63,3 \text{ MS/m}$ ge teń. Gúmisten elektr sımların tayarlaw qımbatqa túsip ketiwi sebepli elektr ótkiziw qábileti jaǵınan keyingi orında turatuǵın mıstan paydalanıladı. Onıń salıstırmalı elektr ótkizgishligi $58,14 \text{ MS/m}$ 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.

Qollanılıwına qarap alyuminiy ótkizgishler mıstan keyingi orında turadı. Onıń salıstırmalı elektr ótkizgishligi 20°C da $35,71 \text{ MS/m}$ ge teń. Onıń eriw temperaturası mısqa salıstırǵanda shama menen eki ese az bolıp, júklemelerge shıdamlılıǵı tómey.

Salıstırmalı elektr ótkizishligi kishi bolǵan (nixrom $0,9 \text{ MS/m}$, fexral $0,77 \text{ MS/m}$) 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.

Salıstırmalı qarsılıq yaki salıstırmalı elektr ótkızgıshlıktı ólshew ushın *kondyktometr* dep atalatuǵın ásbaplar qollanıladı. Kondyktometr járdeminde suwdıń, kondensattıń yaki puwdıń sapası qadaǵalanadı. Qollanılaw tarawı—farmakologiya, medicina, bioximiya, biofizika, ximiyalıq texnologiya, azıq-awqat sanaatı, suwdı tazalaw hám t.b.



1. Metallarda qanday bólekshelerdiń tártipli qozǵalıǵı sebepli elektr toǵı payda boladı?
2. Sanaatta tek elektr ótkızgıshlıǵı joqarı bolǵan materiallar qollanıla ma?
3. Ásbaptıń volt-amper xarakteristikası delingende ne túsınıledi?

36–tema. TOK KÚSHI HÁM TOKTÍŃ TÍǴIZLÍǴI. ELEKTR TOǴÍNÍN TÁSIRLERI

Eger ótkızgıshtıń kese kesim maydanınan qálegen teń waqıtlar ishinde teń muǵdardaǵı zaryadlar aǵıp ótse, ótkızgısh *turaqlı tok* ótpekte delinedi.

Ótkızgıshtıń kese kesim maydanınan aǵıp ótken zaryad muǵdarı (q) nıń usı jumсалған t waqıt aralıǵına qatnası menen ólshenetuǵın fizikalıq shamaǵa *tok kúshi* delinedi:

$$I = \frac{q}{t}. \quad (8.7)$$

Elektr toǵınıń tiykargı xarakteristikalarınan biri *tok tıǵızlıǵı* (j) esaplanadı. Tok tıǵızlıǵı dep, tok kúshi I diń tok aǵıp otıp atırǵan baǵıtqa perpendikulyar bolǵan kese kesim maydanı S qa qatnası menen ólshenetuǵın fizikalıq shamaǵa aytıladı:

$$j = \frac{I}{S}. \quad (8.8)$$

Tok tıǵızlıǵınıń ólshem birligi retinde $\frac{A}{m^2}$ qabıl etilgen.
Tok kúshin

$$I = nev_{\text{ort}} S$$

kóriniste ańlatıw múmkin. Bunda: n —zaryad tasıwshılar koncentraciyası; e —elektron zaryadı; v_{ort} —zaryadlı deneler tártipli qozǵalıǵınıń ortasha tezligi; S —tok ótip atırǵan 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_{ort} baǵıtı menen sáykes túsedi.

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 salıstırmalı 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/mm² aralıǵında alınadı. Úydegi sıbaw astına jaylastırılǵan diametri 1,78 mm (2,5 mm²) 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/mm² átirapında boladı. Sanaat jıyiligi (50 Hz) de isleytuǵın elektr mashinaları hám transformatorlarında bul mánis 1 den 10 A/mm² 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 otkizgishlerdiń qızatuǵının bilesiz. Demek, elektr toǵınıń jıllılıq tásirleri de bar. Onnan turmıs xızmeti, sanaatta keń paydalanıladı.

Ótkizgishlerden tok ótkende onıń átirapında magnit maydanı bolatuǵının tuńǵış ret daniyalı alım Xans Kristian Ersted 1820-jılı anıqlaǵan edi. Sonnan soń kóp ótpey fransuz alımı Andre Mari Amper toklı otkizgishlerdiń 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 toqtıń magnit tási bar boladı.

Metallardan tok ótkende onıń ximiyalıq tási baqlanbaydı.

Másele sheshiw úlgisi

Diametri 1 mm bolgan ótkizgishten 5 A tok ótpekte. Ótkizgishtegi tok tıǵızlıǵın esaplań.

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$D=1 \text{ mm}$ $I=5 \text{ A}$	$j=\frac{I}{S}$ $S=\frac{\pi D^2}{4}$	$S=\frac{3,14 \cdot 1^2}{4}=0,785 \text{ mm}^2$ $j=\frac{5 \text{ A}}{0,785 \text{ mm}^2}=6,37 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$ <i>Juwabı: 6,37 $\frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$.</i>
Tabıw kerek $j=?$		



1. Tok kúshi degenimiz ne?
2. Tok tıǵızlıǵının turmıs xızmetindegi hám sanaattaǵı áhmiyeti nede?
3. Elektr toǵının tásirlerin túsindirip berin.

37-tema. TOLÍQ SHÍNJR USHÍN OM NÍZAMÍ.

TOK DEREGINÍŇ PAYDALÍ JUMÍS KOEFFICIENTI

Ótkizgishten tok ótkende ol qızadı hám belgili muǵdarda jıllılıq bólinip shıǵadı. Demek, energıyanıń saqlanıw nızamı boyınsha, ótkizgish boylap erkin elektronlar kóshkende elektrostatikalıq maydan *jumis atqaradı*. Biraq, elektr shınjırında energıya *bólinip shıqsa*, energıyanıń saqlanıw nızamı boyınsha, sonsha energıya elektr shınjırına *keliwi kerek*. Mınaday soraw tuwıladı: bul shınjırdıń qaysı bóliminde júz beredi hám qanday fizikalıq processler nátiyjesinde energıya elektr shınjırına beriledi? Dáslep anıqlastırıp alamız: elektr shınjırındaǵı energıya deregi wazıypasın elektrostatikalıq maydan atqara ala ma?

Atqara almaydı, sebebi 33-temada kórip ótilgenindey elektrostatikalıq maydanda zaryadtı *tuyıq* traektoriya boylap koshiriwde atqarılǵan 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 energıyanı elektr shınjırına jetkerip beredi.

Tok dereginde sirtqi kúshler tásirinde zaryadlardín ajralıwı júz beredi. Nátiyjede derektiń bir polyusinde oń zaryad, ekinshi polyusinde teris zaryad toplanadı. Polyusler arasında potenciallar ayırmashılıǵı payda boladı.

Toktın ximiyalıq dereklerinde sirtqi 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 sirtqi kúshler erkin zaryadlardı elektrostatalıq maydan kúshlerine qarsı kóshiriwde A_{sirtqi} jumıs atqaradı.

Bul jumıs berilgen waqıt ishinde shınjır boylap koship atırǵan q zaryad muǵdarına proporcional boladı. Sonlıqtan sirtqi kúshlerdiń atqarǵan jumısınınıń zaryad muǵdarına qatnası A_{sirtqi} 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 qozǵawshi kúshi (EQK)** delinedi hám $\mathcal{E}$ háribi menen belgilenedi:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{sirtqi}}}{q}. \quad (8.9)$$

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

$$A_{\text{sirtqi}} = \mathcal{E} It. \quad (8.10)$$

Bul payıtta tok dereginiń ishinde hám sirtqi shınjırda

$$Q_{\text{ishki}} = I^2 r t \quad \text{hám} \quad Q_{\text{sirtqi}} = I^2 R t \quad (8.11)$$

jıllılıq muǵdarı bólinip shıǵadı. Bunda r —deregiń qarsılıǵı bolıp, ol **ishki qarsılıq** dep ataladı.

Energiyanıń saqlanıw nızamı

$$Q_{\text{sirtqi}} + Q_{\text{ishki}} = A_{\text{sirtqi}}. \quad (8.12)$$

(8.9), (8.10) hám (8.11) lerdı (8.12) ge qoyıp, tiyisli ámeller atqarılǵannan soń

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \quad (8.13)$$

ga iye bolamiz. Bul a'latpa ***p'utin shinjir ushin Om nizam*** delinedi.

$R+r$ d shinjirdin ***tolq qarsiligi*** delinedi.

P'utkil shinjir ushin Om nizam

$$\mathcal{E} = IR + Ir \quad (8.14)$$

k'orinisinde jazip alamiz. Bul a'latpada'gi birinshi qosilwshi, derek polyuslerindegi U kernewine te'n:

$$IR = U.$$

Derek polyuslerindegi ***maksimal kernew*** $\mathcal{E}$ ga te'n. Bul $I=0$ bol'ganda boladi. Sirtqi shinjirga qarsiliq jal'ganbastan ash'iq qal'ganda tok k'ushi nol boladi. Usi halatta

$$U_{\max} = \mathcal{E}.$$

Derek polyuslerini'n arasinda'gi ***minimal kernew*** nolge te'n. Bul halat qisqa tutas'w j'uz bergende, ya'g'niy sirtqi qarsiliq $R=0$ bol'ganda baqlanadi. B'ul ja'gdayda tok k'ushi maksimal boladi:

$$I_{\text{qt}} = \frac{\mathcal{E}}{r}. \quad (8.15)$$

Ol ***qisqa tutas'w to'gi*** delinedi.

Sirtqi shinjirda atqaril'gan jumis ***paydali jumis*** delinedi. Oni A_p menen belgileyik. Toktin atqargan jumisi formulasinan paydalanip

$$A_f = I^2 R t$$

ni alamiz.

$$A_{\text{sirtqi}} = I^2 R t + I^2 r t$$

bol'ganliqtan, paydali jumistin sirtqi k'ushler atqargan jumisina qatnasin tabamiz:

$$\eta = \frac{A_p}{A_{\text{jat}}} = \frac{I^2 R t}{I^2 R t + I^2 r t} = \frac{R}{R+r}. \quad (8.16)$$

Procentlerde a'latil'gan bul qatnas tok deregini'n PJK delinedi.



1. Ne sebepten elektrostatikaliq maydan elektr shınjırındaǵı energiya deregi wazıypasın atqara almaydı?
2. Sırtqı kúshler delingende ne túsiniledi?
3. Elektr júrgiziwshi kúsh delingende neniń kúshi názerde tutıladı?
4. Qısqa tutasıw qanday qubılıs?

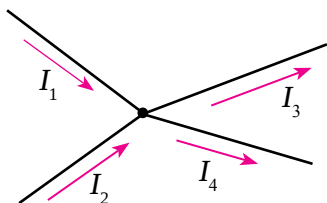
38-tema. TOK DEREKLERIN IZBE-IZ HÁM PARALLEL JALǴAW

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.

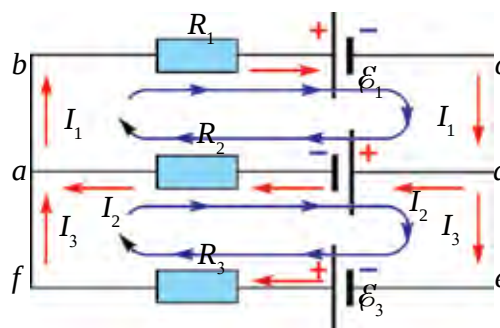
Kóplegen texnikalıq qurılımlardı qollanıw ushın joqarı kernew talap etiledi. Máselen, avtomobil motorın aylandırıp iske túsirip jiberiw ushın joqarı quwatlı 12 V lı turaqlı tok deregi kerek boladı. Bunday payıtlarda elementler yaki akkumulyatorlardı óz ara izbe-iz yaki parallel jalǵaw kerek boladı.

Tok dereklerin óz ara izbe-iz yaki 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.

Kirxoftn birinshi qagıydası. Túyinge jalğanan ótkizgishler arqalı kiretuğın hám onnan shıǵatuğın toklardın algebralıq qosındısı nolge teń:

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0. \quad (8.17)$$

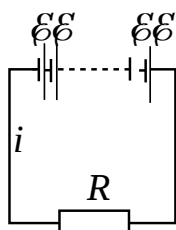
Tarmaqlangan shınjırlarda mudamı tok bağıtı boyınsha bir qansha tuyıq jollardı ajratıp alıw múmkin. Bunday tuyıq jollar *kontur* dep ataladı. Ajratıp alınğan konturdın túrli bólimlerinde túrlishe tok ótiwi múmkin. 8.6-súwrette ápiwayı tarmaqlangan shınjır keltirilgen.

Kirxoftn ekinshi qagıydası. Tuyıq kontur tarmaqlarındaǵı kernew túsiwleriniń algebralıq qosındısı, konturdaǵı EQKlardın algebralıq qosındısına teń:

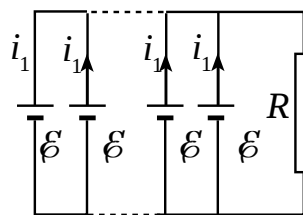
$$\begin{aligned} I_1 R_1 + I_2 R_2 &= -\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2; \\ -I_2 R_2 + I_3 R_3 &= \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2; \\ I_1 + I_2 + I_3 &= 0. \end{aligned} \quad (8.18)$$

Tok dereklerin esaplawda sırtqı kúshlerdin bağıtı oń esaplanadı.

Bul qagıydalardan paydalangan halda tok dereklerin izbe-iz hám parallel jalǵap úyrenemiz.



8.7-súwret.



8.8-súwret.

Máseleni ápiwayılastırıw ushın jalǵanıwshı barlıq elementlerdin 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. Kirxoftn ekinshi nızamın tuyıq konturǵa engizemiz:

$$n\mathcal{E} = I_1 R + nIr.$$

Bunnan

$$I = \frac{n\mathcal{E}}{R + nr}. \quad (8.19)$$

Demek, n elementti izbe-iz jalgap, batareya dūzilgende uliwma EQK n ese artadı.

Bunday jalğanıw sırtqı qarsılıq, ishki qarsılıqtan kóp ese úlken bolğanında nátiyjesi joqarı boladı. Haqıyqatında da, $R \gg nr$ bolğanda, (8.19) formuladağı nr di R ға salıstırğanda esapqa almasa da boladı. Ol jağdayda

$$I \approx \frac{n\mathcal{E}}{R},$$

yağniy n element izbe-iz jalğanğanda shınjırdağı tok kúshi, bir elementke salıstırğanda n ese boladı.

2. Batareyanı n elementti parallel jalgap shınjır dūzeyik (8.8-súwret). Onı sırtqı R qarsılıqqa jalğayıq. Kirxgoftıń eki nızamın tuyıq konturğa engizemiz.

$$I = nI_1, \quad \mathcal{E} = IR + I_1r$$

Bunda: I_1 – bir elementten ótiwshi tok kúshi. Bunnan,

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + \frac{r}{n}}. \quad (8.20)$$

Demek, n elementti parallel jalgap, batareya dūzilgende uliwma EQK ózgermeydi, ishki qarsılıǵı n ese kemeyedi.

Parallel jalğaw sırtqı qarsılıq ishki qarsılıqqa salıstırğanda kishi bolğan jağdaylarda jaqsı nátiyje beredi. $R \ll r$ bolğanda (8.25) formulanı

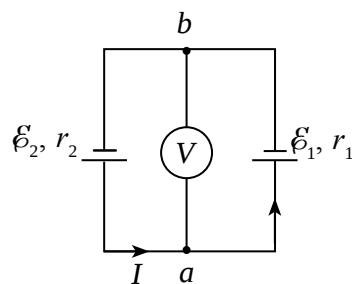
$$I \approx n \frac{\mathcal{E}}{r}$$

kóriniste jazıp alamız.

Bunnan uliwma tok kúshi, bir element beretuǵın tok kúshine salıstırğanda n ese artatuǵını kelip shıǵadı.

Ámeliyatta element EQKları hám ishki qarsılıqları hár qıylı bolğan halatlar bolıwı múmkin.

Dáslep, derektiń birdey belgidegi polyusları óz ara jalğanğan jağdaydı qarayıq. 8.9-súwrettegi elektr sızılımda ishki qarsılıqları r_1 hám r_2 hámde EQK ları $\mathcal{E}_1$ hám $\mathcal{E}_2$ bolğan eki elementtiń birdey



8.9-súwret.

belgidegi polyusleri óz ara jalgangan halat keltirilgen. Sızılmanıń *a* hám *b* noqatlarına jalgangan 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, elementrlerdiń 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-qarsı 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 jalgangan. *a* hám *b* noqatlar arasındaǵı kernewdi tabıń.

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$r_1 = 0,6 \, \Omega$ $r_2 = 0,4 \, \Omega$ $\mathcal{E}_1 = 2 \, \text{V}$ $\mathcal{E}_2 = 1,5 \, \text{V}$	$U = \frac{\mathcal{E}_2 r_1 + \mathcal{E}_1 r_2}{r_1 + r_2}$	$U = \frac{1,5 \, \text{V} \cdot 0,4 \, \Omega + 2 \, \text{V} \cdot 0,6 \, \Omega}{0,4 \, \Omega + 0,6 \, \Omega} = 1,8 \, \text{V}.$
Tabıw kerek $U = ?$		Juwabı: $U = 1,8 \, \text{V}.$



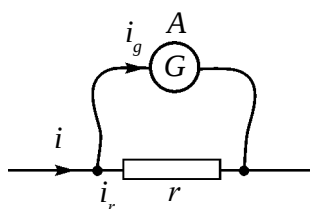
1. Kirxgof qaǵıydalarınan qanday shıńjırlardı esaplawda paydalanıw múmkin?

2. Tok dereklerin izbe-iz jalǵaw qanday jaǵdaylarda paydali boladı?

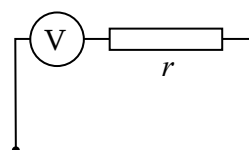
3. Qanday jaǵdaylarda tok derekleri parallel jalǵanadı?

39-tema. AMPERMETR HÁM VOLTMETRDIŇ ÓLSHEW SHEGARASÍN ARTTÍRÍW

Elektr shınjırlarında qollanılatuğın 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.

Galvanometrni ampermetr sıpatında qollanıw ushın oǵan parallel tárizde **shunt** dep atalatuğın, shaması júdá kishkene bolǵan qarsılıq jalǵanadı (8.11-súwret).

Galvanometr qarsılıǵın R , shunt qarsılıǵın r menen belgileyik. Galvanometr hám shunt óz ara parallel jalǵanǵanlıqtan olardıń ushlarındaǵı kernew U ǵa teń boladı. Ol jaǵdayda galvanometrden hám shunttan ótiwshi tok kúshleri

$$I_g = \frac{U}{R} \text{ hám } I_r = \frac{U}{r}$$

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 jalǵanatuđın shunt qarsılıǵın tabamız:

$$\frac{U}{R}(n-1) = \frac{U}{r}, \quad \boxed{r = \frac{R}{n-1}}. \quad (8.24)$$

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.

Galvanometrди 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. Shinjırdaǵı ulıwma kernew U dı U_g ǵa qatnasın

$$n = \frac{U}{U_g} \text{ dep alamız.}$$

Bunda U_g – galvanometrдиń kernewdi ólshew shegarası. Ulıwma kernew ańlatpasınıń eki tárepın de U_g ǵa bólip jibersek, $n = 1 + \frac{r}{R}$ boladı. Bunnan

$$\boxed{r = R(n-1)}. \quad (8.25)$$

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.

Мásele sheshiw úlgisi

1. Qarsılıǵı $0,04 \, \Omega$ bolǵan shunt jalǵanǵan ampermetr tarmaqqa jalǵanǵanda $5 \, \text{A}$ dı kórsetdi. Ampermetrдиń ishki qarsılıǵı $0,12 \, \Omega$. Shinjırдиń tarmaqlanbaǵan bólimindegi tok kúshin tabıń.

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$r = 0,04 \, \Omega$ $I_A = 5 \, \text{A}$ $R_A = 0,12 \, \Omega$	$r = \frac{R}{n-1},$ $n = \frac{R}{r} + 1$ $I = nI_A$	$n = \frac{0,12\Omega}{0,04\Omega} + 1 = 3 + 1 = 4;$ $I = 4 \cdot 5 \, \text{A} = 20 \, \text{A}.$
Tabıw kerek $I = ?$		Juwabı: $20 \, \text{A}.$

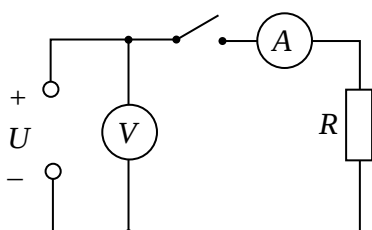


1. Ampermetrge shunt qalay tañlanadi?
2. Voltmetrga jalğnatuğın qosımsha qarsılıq qalay tañlanadi?
3. Voltmetrge qosımsha qarsılıq parallel jalğap qoyılsa ne boladı?

40-tema. LABORATORIYA JUMÍSÍ: TOK DEREGINÍŇ EQK HÁM ISHKI QARSILÍĞÍN ANÍQLAW

Jumistín maqseti: ampermetr hám voltmetr járdeminde tok dereginiń elektr júrgiziwshi kúshin hám ishki qarsılığın anıqlaw.

Kerekli ásbaplar: 1) laboratoriya universal tok deregi yaki akkumulyator batareyası; 2) ampermetr; 3) voltmetr; 4) gılt; 5) ótkizgish simları; 6) 10 Ω , 20 Ω lı qarsılıqlar.



8.12-súwret.

Jumistín orınlanıwı.

1. 8.12-súwrette keltirilgen elektr shınjırǵı jıynaladı. Shınjırǵa 10 Ω lı qarsılıq jalğanadı.
2. Gılt ashıq halda voltmetr kórsetiwi U_v jazıp alınadı. $U_v = \mathcal{E}$ ge teń dep alınadı.
3. Gılt jalğanadı hám ampermetr kórsetiwi I_A jazıp alınadı.
4. Nátiyjeleri kestege kóshiriledi.

Tájiriybe №	U_v , V	U_2 , V	I_A , A	$\mathcal{E}$, V	r , Ω
1.					
2.					

5. Tok dereginiń ishki qarsılığǵı $r = \frac{\mathcal{E} - U_2}{I}$ den esaplanadı hám nátiyjesi kestege kóshiriledi.

6. Shınjırǵa 20 Ω lıq qarsılıq jalğanıp tájiriybe tákirarlanadı.

7. 1-tájiriybe hám 2-tájiriybelerde tabılğan r_1 hám r_2 lerdı salıstırıń.



1. Elektr shınjırdań qaysı bólimi ishki, qaysı bólimi sırtqı shınjır delinedi?
2. Derektiń EQK degende neni túsinemiz?
3. Derektiń ishki qarsılığǵı neniń esabınan payda boladı?

8-shinigiw

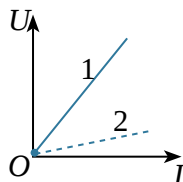
1. Batareyaniń EQK 1,55 V. Ol qarsılıǵı 3 Ω bolǵan sırtqı qarsılıqqa jalǵanganda batareya qısqıshlarındaǵı kernew 0,95 V qa teń boldı. Batareyaniń ishki qarsılıǵı nege teń?
2. EQK 30 V bolǵan batareya jalǵangan tok shınjırındaǵı tok kúshi 3 A ge teń. Batareya qısqıshlarındaǵı kernew 18 V. Batareyaniń ishki qarsılıǵın hám sırtqı shınjır qarsılıǵın tabıń.
3. Elektr toǵı deregin 5 Ω lı qarsılıqqa jalǵaganda shınjırdaǵı tok kúshi 5 A ge, 2 Ω lı qarsılıqqa jalǵanganda shınjırdaǵı tok kúshi 8 A ge teń boldı. Derektiń ishki qarsılıǵın hám EQK in tabıń (*Juwabr:* 3 Ω ; 40 V).
4. Tok deregi elementiniń EQK 1,5 V. Qısqa tutasıw toǵı 30 A. Elementtiń ishki qarsılıǵı nege teń? Eger elementtiń qarsılıǵı 1 Ω bolǵan katushkaǵa jalǵansa, element polyuslerindegi kernew qanshaǵa teń boladı?
5. Eger batareyaǵa jalǵangan sırtqı qarsılıq n ese artqanda, qarsılıqtaǵı kernew U_1 den U_2 ge artsa, batareyaniń 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 jalǵangan. 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 jalǵangan. Batareya klemmalarına jalǵangan 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 saykes rawishte 0,1 Ω hám 0,25 Ω ǵa teń. Olar parallel jalǵangan. 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 Ω bolsa, ogan jalǵanatuǵın qosımsha qarsılıqlar R_1 , R_2 , R_3 hám R_4 lerdi tabıń (*Juwabr:* 9,49,249 hám 499 k Ω).
11. Ishki qarsılıǵı 200 Ω 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 anlatıladı?
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 jalğanatuğın shunt qalay tańlanadı hám jalğanadı?
 R_A – ampermetr qarsılıǵı, r – shunt qarsılıǵı.
A) $R_A > r$, parallel jalğanadı; B) $R_A > r$, izbe-iz jalğanadı;
C) $R_A < r$, izbe-iz jalğanadı; D) $R_A < r$, parallel jalğanadı.
5. Voltmetrge jalğanatuğın qosımsha qarsılıq qalay tańlanadı hám jalğanadı?
 R_v – voltmetr qarsılıǵı, r – qosımsha qarsılıǵı.
A) $R_v > r$, parallel jalğanadı; B) $R_v > r$, izbe-iz jalğanadı;
C) $R_v < r$, izbe-iz jalğanadı; D) $R_v < r$, parallel jalğanadı.
6. Elektr shınjırı qarsılıǵı 4Ω bolğan rezistordan hám EQK 12 V, ishki qarsılıǵı 2Ω bolğan tok dereginen dúzilgen. Rezistordagı 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 qarsılığı $0,01 \Omega$ bolgan tok deregi qisqa tutasqanda, tok kúshi 1000 A boldi. Derek EQKin tabin (V).
 A) 10; B) 9; C) 12; D) 15.
10. Ishki qarsılığı 2Ω bolgan batareyağa 50Ω lı sırtqı qarsılıq jalğandı. Eger batareyanın EQK 12 V bolsa, PJK (%) in tabin.
 A) 92; B) 89; C) 96; D) 100.

VIII bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qağıyda hám nızamlar

Elektr toğı bar bolıw shártleri	1. Tok deregi bolıwı. 2. Tok ótiwshi shıńjırda erkin kóshe alatuğın zaryadlı bólekshelerdin bolıwı. 3. Shıńjır 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 shıńjır boylap kóshiriwde sırtqı kúshlerdin atqarǵan jumısı. Birliǵı — 1 V .
Pútin shıńjır 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	$\eta = \frac{R}{R+r} \cdot 100 \%$.

Kirxgoftin birinshi qagiydası	Tuyinge jalangan otkizgishler arqalı kiriwshi hám shıgıwshı toklardın algebralıq qosındısı nolge teń: $I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0$.
Kirxgoftin ekinshi qagiydası	Tuyıq kontur tarmaqlarındağı kernew túsiwiniń qosındısı, konturdağı EQKlerdın algebralıq qosındısına teń: $I_1 R_1 + I_2 R_2 + \dots + I_n R_n = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_n$.
n elementti izbe-iz jalgap batareya dúziw	$I = \frac{n\mathcal{E}}{R+nr}$. n elementti izbe-iz jalgap batareya dúzilgende ulıwma EQK n ese artadı.
n elementti parallel jalgap batareya dúziw	$I = \frac{\mathcal{E}}{R+\frac{r}{n}}$ n elementti parallel jalgap, batareya dúzilgende ulıwma EQK n ese kemeyedi.
Shunt	Ampermetr ólshew shegarasın asırıw ushın ásbapqa parallel jalğanatuğın kishi mánisli qarsılıq $r = \frac{R}{n-1}$.
Qosımsa qarsılıq	Voltmetr ólshew shegarasın asırıw ushın ásbapqa izbe-iz jalğanatuğın úlken mánisli qarsılıq, $r = R(n-1)$ ge teń.

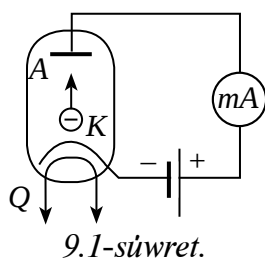
IX bap. TÚRLI ORTALÍQLARDA ELEKTR TOĖÍ

41-tema. VAKUUMDA ELEKTR TOĖÍ

Vakuumda elektr toĖín 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 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 bolekshele 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.

Vakuumdá elektr toğı elektronlar ađımınıń tártipli qozğalısanıan ibarat.

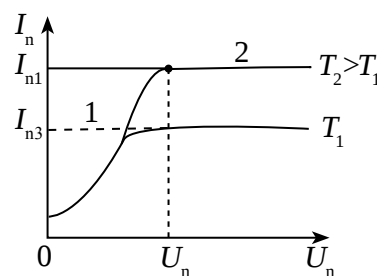
Anod hám katodtan ibarat vakuumlı lampağa **eki elektrodlı elektron lampa – diod** delinedi.

Qálegen elektron ásbaptıń qásiyeti onıń *volt-amper xarakteristikası*, yađnıy onnan ótiwshi tok kúshiniń ásbapqa qoyılğan kernewge baylanıslı ekenligi menen belgilenedi.

Diodtıń volt-amper xarakteristikasını úyreniw ushın diodtıń qızdıırǵışına turaqlı 4 V kernew berilip, mudamı saqlanadı. Nátiyjede qızdıırǵış birdey turaqlı T_1 temperaturada qızıp turadı. Anod hám katod aralıǵındaǵı kernew nolge teń bolǵanda qızğan 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.

Qızdıırǵış kernewin 6 V etip tájiriyebe tákirarlansa, onıń temperaturası T_2 boladı. Bunda toyınıw tođınıń mánisi artadı.

Xarakteristikadan kórinip turǵanıday, tok kúshiniń kernewine baylanıslılıǵı sıızqlı emes. Xarakteristikanıń 1 bóli-minde 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 shıǵarıl-mastan aldın vakuumlı diodlardan turaqsız toklardı tuwrılawda paydalanılǵan.



1. Vakuumda elektr to'g'in baqlaw ushin elektron lampa ishindegı 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 ótkizgishlerdin qarsiligi temperatura ózgeriwine qalay baylanisli?

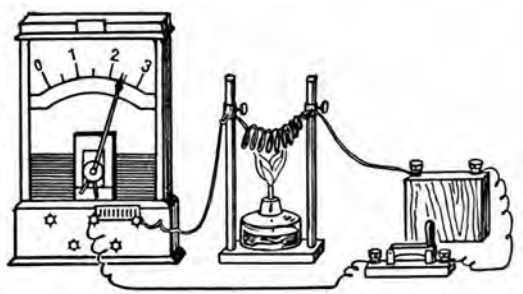
Buni pikir júrgizip kóreyik. Bir tárepten temperaturanın kóteriliwi erkin elektronlar tezliginin hám soqlıgıswlar sanının artıwına alıp keledi. Bunnan tisqari, kristall reshlyotka túyinlerindegi ionlardın terbeliw amplitudası hám onın qozgalıstağı elektronlar menen soqlıgıswlar sanı artadı. Nátiyjede zaryadlangan bólekshelerdin tártipli qozgalıs tezligi kemeyedi, al bul tok kúshinin kemeyiwine alıp keledi.

Ekinshi tárepten, temperatura kóterilgende birlik kólemdegi erkin elektronlar sanı artadı. Máselen, elektrolit eritpelerde ionlar sanı artadı.

Qaysı faktor kóbirek rol oynasa, temperaturanın artıwı ótkizgish qarsiliginin artıwına yaki kemeyiwine alıp keliwi múmkin.

Bul pikirlerdin durıslıgın tekseriw ushin tómendegi tájiriybe ótkerilgen. Elektr lampochkasına izbe-iz halda spiral formasında búklengen temir sım jalğanğan (9.3–súwret).

Dáslep, lampochka jarqırap janıp turadı. Spiral qızdırılssa, lampochkanın jarqırawı kemeyedi. Eger olarğa izbe-iz ampermetr jalğansa, ótiwshi tok kúshinin kemeygenligin kórsetedi. Bul tájiriybe



9.3–súwret.

spiral qızdırılğanda onın qarsiligi artatugının kórsetedi. Usınday tájiriybeni basqa metallar yaki metall aralaspaları menen otkerip kóriw múmkin.

Demek, **metall ótkizgishler qızdırılğanda olardin qarsiligi artadı** eken.

Eger 0°C da ótkizgish qarsılıǵı R_0 , t temperaturada R bolsa, olar arasındagı baylanıs

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta t) \quad (9.2)$$

boladı. Bunda: α – 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, α – koefficient, temperatura 1°C ǵa ózgergende ótkizgish qarsılıǵınıń ózgeriwi 0°C dagı 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.

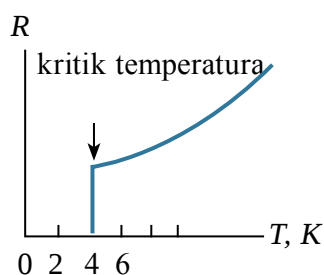
Ótkizgishler qızdırılǵanda olardıń geometriyalıq ólshemleri az ózgeredi. Ótkizgishtiń qarsılıǵı tiykarınan salıstırmalı qarsılıqtıń ózgeriwi menen ózgeredi. Salıstırmalı qarsılıqtıń temperaturaǵa baylanıslı ekenin tabıw ushın (9.2) ańlatpaǵa $R = \rho \frac{l}{S}$ hám $R_0 = \rho_0 \frac{l}{S}$ lar qoyıladı.

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha \Delta t). \quad (9.4)$$

Tómendegi kestede ayırım metallardıń salıstırmalı qarsılıǵınıń temperatura koefficienti keltirilgen:

Metall yaki aralaspa	α , $^{\circ}\text{C}$	Metall yaki aralaspa	α , $^{\circ}\text{C}$
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	Qorǵasın	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 qarsılıǵınıń temperaturaǵa baylanıslılıǵınan *qarsılıqlı termometr*de paydalanıladı. Bunday termometrler menen júdá joqarı hám júdá tómén temperaturalarđı ólshew múmkin. Máselen, platinalı termometrler menen -200°C dan $+600^{\circ}\text{C}$ ǵa shekem bolǵan temperaturalarđı $0,0001^{\circ}\text{C}$ anıqlıqta ólshew múmkin.



9.4-súwret.

Solay etip, metallarda temperatura tóménlewı menen qarsılıǵı kemeyıwı 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 ketıwı kerek. Bul kózqaraslardıń qanshelli durıslıǵın tájiriybe 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 tájiriybe ótkerip kóredi. Sınap penen ótkerilgen tájiriybe kútilmegen nátiyjeni beredi. Temperatura tóménlewı menen sınap qarsılıǵı tóménlep baradı hám $4,15\text{ K}$ (suyıq geliydiń qaynaw temperaturasınan bir qansha tómén 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 qorgásın hám qalayıda asa ótkizgishlik qubılısı baqlanadı. Keyingi izleniwlerde bunday hol koplegen metallar hám aralaspalarda 25 K nen tómén temperaturalarda baqlanadı. 1957-jılı asa ótkizgishlik qubılısı Kuper hám Bogolyubovlar tárepinen teoriyalıq tiykarlandı. 1957-jılı Kollinz tárepinen ótkerilgen tájiriybede tok deregi bolmaǵan jabıq shınjırda tok $2,5$ jıl dawamında toqtawsız aǵıp turǵan. 1986-jılı metallokeramika materiallarında joqarı temperaturalı (100 K) asa ótkizgishlik processı baqlanǵan.

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 tájiriybe ótkerip kóredi. Sınap penen ótkerilgen tájiriybe kútilmegen nátiyjeni beredi. Temperatura tóménlewı menen sınap qarsılıǵı tóménlep baradı hám $4,15\text{ K}$ (suyıq geliydiń qaynaw temperaturasınan bir qansha tómén 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 qorgásın hám qalayıda asa ótkizgishlik qubılısı baqlanadı. Keyingi izleniwlerde bunday hol koplegen metallar hám aralaspalarda 25 K nen tómén temperaturalarda baqlanadı. 1957-jılı asa ótkizgishlik qubılısı Kuper hám Bogolyubovlar tárepinen teoriyalıq tiykarlandı. 1957-jılı Kollinz tárepinen ótkerilgen tájiriybede tok deregi bolmaǵan jabıq shınjırda tok $2,5$ jıl dawamında toqtawsız aǵıp turǵan. 1986-jılı metallokeramika materiallarında joqarı temperaturalı (100 K) asa ótkizgishlik processı baqlanǵan.

Másele sheshiw úlgisi

Elektr lampochkasındaǵı wolframnan jasalǵan spiraldıń 20°C daǵı qarsılıǵı 30Ω ǵa teń. Lampochkanı 220 V turaqlı tok dereğine jalǵaǵanda onnan ótiwshi tok kúshi $0,6\text{ A}$ ge teń boldı. Lampanıń janıwındaǵı spiral temperaturasın anıqlań.

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$t = 20^{\circ}\text{C}$ $R_1 = 30\ \Omega$ $U = 220\ \text{V}$ $\alpha = 0,005\ 1/\text{grad}$	$R = R_0(1 + \alpha\Delta t)$	$R_0 = \frac{30\ \Omega}{1 + 0,005 \frac{1}{\text{grad}} 20^{\circ}\text{C}} = 27\ \Omega;$ $R = \frac{220\text{V}}{0,6\text{A}} = 366,7\ \Omega \approx 367\ \Omega;$ $\Delta t = \frac{367\ \Omega - 27\ \Omega}{27\ \Omega \cdot 0,005 \frac{1}{\text{grad}}} = 2518^{\circ}\text{C}.$
Tabıw kerek $\Delta t = ?$		Juwabı: $2518^{\circ}\text{C}.$



1. Metallarda temperatura kóteriliwi menen olardıń qarsılıǵı qalay ózgeredi?
2. Metallar qarsılıǵınıń temperaturaǵa baylanışlı halda ózgeriwinen qalay paydalanıladı?
3. Asa ótkizgishlik halatınan sanaat, transportta paydalaniwdıń 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) ısıtılğanda hám jaqtılıq túsirilgende salıstırmalı qarsılığı kemeyedi.

Yarımótkizgish qásiyetine iye bolğan elementlerge germaniy, kremniy, tellur, selen hám tağı basqalar kiredi. Sizge ximiya páninen belgili bolğanınday, 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 toğınıń tabiyatın túsiniw ushın, olardıń dúzilisin biliw kerek. Bunıń ushın quramında hesh qanday sırtqı zatlar bolmağan sap kremniy kristalın qarayıq. Siz 9-klasta atom dúzilisi menen tanısqansız. Onda atomda elektronlar qabıq-qabıq bolıp jaylasatuğının da bilip alğansız.

Kremniy atomında elektronlar qabatlar boyınsha jaylasqanda onıń eń sırtqı qabığında 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 elektron arqalı baylanısadı. Bunday baylanısıw **kovalent baylanıs** delinedi.

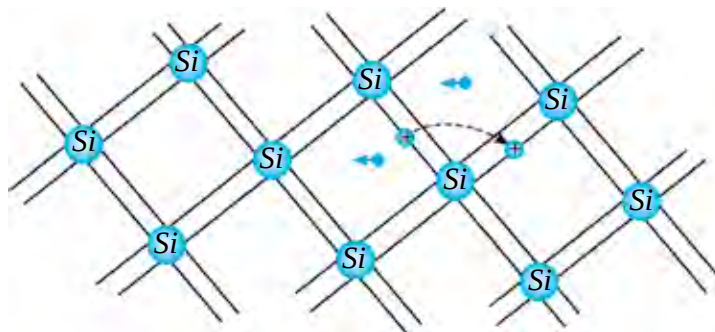
Kovalent baylanısıwda qatnasıp atırğan elektronlar **valentli elektronlar** dep te júrgiziledi. Demek, valentli elektronlar pütün kristall atomlarına tiyisli boladı.

Elektron otkizgishlik. Tómen temperaturalarda jup elektronlar payda etken baylanıs kúshli bolıp, úzilmeydi.

Sol sebepli tómén temperaturalarda kremniy elektr toğın ótkizbeydi. Temperatura kóterilgende valentli elektronlardıń kinetikalıq energiyası artadı. Ayırım baylanıslar úzile baslaydı. Olardan ayırımları barıp-kelip, júrgen jolınan shıgıp, metalldağı sıyaqlı erkin elektrónğa aylanadı. Bul elektronlar elektr maydanı tásirinde yarımótkizgish boylap kóshedi hám elektr toğın 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 shıgıp ketken jerde **gewek** payda boladı. Neytral atomnan teris zaryadlı elektron shıgıp ketken jer oń zaryadqa iye boladı.



9.5-súwret.

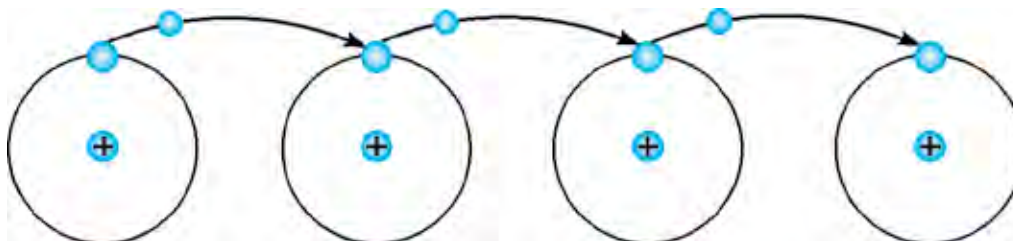
Bos gewekti kovalent baylanistaǵı basqa elektron kelip bekitedi. Biraq, endi gewek basqa jerde payda boladı. Solay etip, elektronnıń bir jerden ekinshi jerge kóshiwinde, geweklerdiń de bir qansha kóshiwi júz beredi.

Elektr maydanı bolmasa elektronlardıń hám usıǵan sáykes geweklerdiń kóshiwi 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 ótkizgishtiń izi tárepke jılısadı (9.6-súwret).

Bunday ótkizgishlik yarımótkizgishlerdiń **gewekli ótkizgishligi** yaki qısqasha **p-túrdegi ótkizgish** (latın. *positivus* —oń) delinedi.



9.6-súwret.

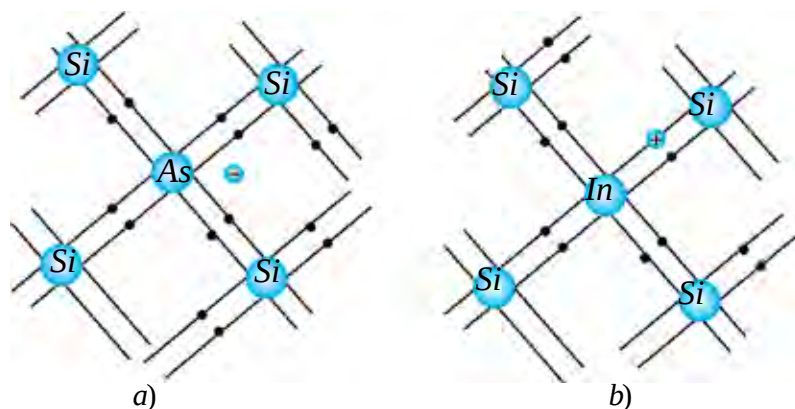
Solay etip, taza (hesh qanday aralaspalarsız) yarım otkizgishlerde erkin elektronlardıń qozǵalıǵı menen baylanıslı elektron ótkizgishlik, gewekler qozǵalıǵı menen baylanıslı gewekli ótkizgishlik boladı.

Aralaspalarsız, taza yarımótkizgishtegi ótkizgishlik **jeke ótkizgishlik** delinedi. Bunda bul zattaǵı elektron hám gewekli ótkizgishlik derlik teń boladı.

Сap 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. Yarımótkizgishtiń salıstırmalı qarsılıǵı keskin kemeyedi. Bunda qosılǵan mıshyak atomlarıń sanı yarımótkizgish atomları sanınıń on millionnan bir bólimin quraǵanda, erkin elektrónlardıń koncentraciyası (1 sm^3 qa tuwrı kelgen elektrónlar sanı) sap yarımótkizgishtikine 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 tasıwshılardıǵa 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).

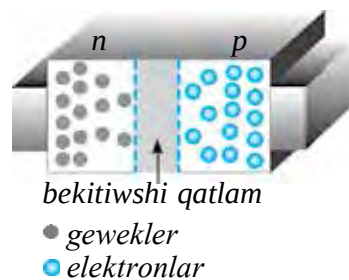
Bunday t rdegi aralaspa **akceptorli aralaspalar** delinedi. Yarim tkizgish elektr maydanına kirgizilgende, geweklerdi  k shiwi j z berip, gewekli  tkizgishlik payda boladı. Tiykarg  tok tasıwshıları geweklerden ibarat bolgan aralaspaalı yarim tkizgishler **p-t rdegi yarim tkizgishler** delinedi. Bunday yarim tkizgishlerde elektronlar tiykarg  bolmağan zaryad tasıwshılar esaplanadı.

- ❓ 1. Qanday  zgesheliklerine qarap olardı yarim tkizgishler dep atağan?
2. Elektron  tkizgishlik qanday b lekshelerdi  qozğalı menen baylanısqan?
3. Elektron menen gewek ushırasqanda qanday qubılıs j z beredi?
4. Ne sebepten yarim tkizgishti  qarsılığ  oğan kirgizilgen aralaspağa k shli d rejede baylanıslı?
5. Akceptor aralaspaalı yarim tkizgishte qanday zaryad tasıwshılar tiykarg  esaplanadı?

✍ D.I. Mendeleevti  ximiyalıq elementlerdi  d wirlik sisteması kesesin alı . Onnan III h m V topardan aralaspa sıpatında qollansa bolatuğın elementlerdi jazıp alı . IV topardağı yarim tkizgish penen aralaspaalı yarim tkizgish payda bolıw sızılmasın sızı .

44-tema. YARIM TKIZGISHLI  SBAPLAR (DIOD, TRANZISTOR) H M OLARDI  TEXNIKADA QOLLANILIW 

Qanday da bir yarim tkizgish kristalını  bir t repinde *n*-t rdegi, ekinshi t repinde *p*-t rdegi yarim tkizgishti payda eteyik (9.8-s wret). Yarim tkizgishti  orta b liminde erkin elektronlar tez bos geweklerdi toltıradı. N tiyjede yarım otkizgishti  orta b liminde zaryad tasıwshılar bolmağan oblast payda boladı. Bul oblastti   zgesheligi dielektriktindey boladı.



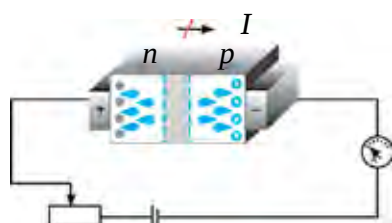
9.8-s wret.

Sonliqtan bul oblast bunnan keyin elektronlardıń p -oblastqa, geweklerdıń n -oblastqa ótiwine tosqınlıq etedi. Sol sebepli ol **bekitiwshi qatlam** delinedi.

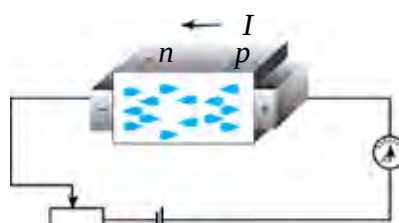
Bul yarımotkizgishti tok dereğine jalǵayıq. Dáslep yarımotkizgishtiń p -oblastın derektiń teris polyusine, n -oblastın derektiń oń polyusine jalǵayıq (9.9-súwret).

Bunda elektronlar dereğiniń 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 aralaspaǵa iye bolǵan germaniy monokristalı maydanlarınan birine indiy kepserlenedi. 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 aldındıy 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.

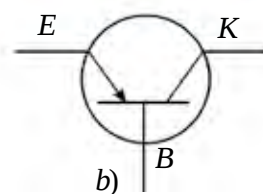
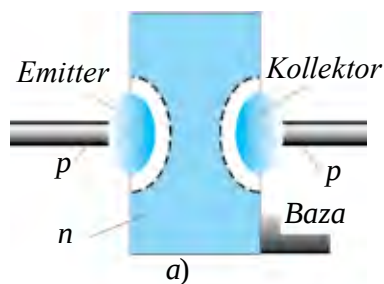
Yarımótkizgishli diodqa jaqtılıq, hawa hám sırtqı elektr, magnit maydanlarınń tásirlerin kemeytiw ushın germaniy kristalı germetik tuyıq metall qabıqqa jaylastırıladı.

Yarımótkizgishli diodtıń shártli belgisi 9.11 b -súwrette keltirilgen.

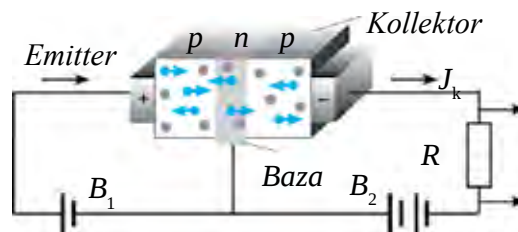
Tranzistor haqqında túsiniq.

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 tiykari, yaǵnıy **bazası** dep ataladı (9.12 a -súwret).



9.12-súwret.



9.13-súwret.

Onıń gewekli ótkizgishlikke iye bolğan eki tárepinen shıǵarılğan ushları **emitter** hám **kollektor** delinedi. Bunday türdegi tranzistorğa $p-n-p$ **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 keri $p-n$ ótiwdi payda etedi. Onda kollektorda tok qalay payda boladı? Baza—emitter aralığına qoyılğan kernew tásirinde gewekler bazağa kirip keledi. Bazanıń qalınlığı júdá kishi bolğanlığı hám de onda elektronlar koncentraciyası az bolğanlıqtan geweklerdiń júdá az bólimi elektronlarğa birigedi. Al, kópshilik gewekler kollektor oblastına ótip qaladı.

Kollektorga B_2 niń teris polyusı jalğanlıqtan gewekler oğan tartılıp, kollektor toğın quraydı. Emitter—baza shıńırındağı tok kúshi, emitter—kollektor bağıtındağı tok kúshinen biraz kishi boladı. Emitter—baza bağıtındağı tok kúshi ózgerse, emitter—kollektor bağıtında ótip atırğan tok kúshi de ózgeredi. Sonlıqtan tranzistordan ózgermeli tok signalların kúsheytiwde paydalanıladı.

Tranzistordı tayarlawda baza sıpatında p -túrdegi yarımótkizgish alınıwı da múmkin. Bul jağdayda emitter hám kollektor oblastı n -túrdegi yarımótkizgishten tayarlanadı. Bunday tranzistorga **$n-p-n$ strukturalı tranzistor** delinedi.

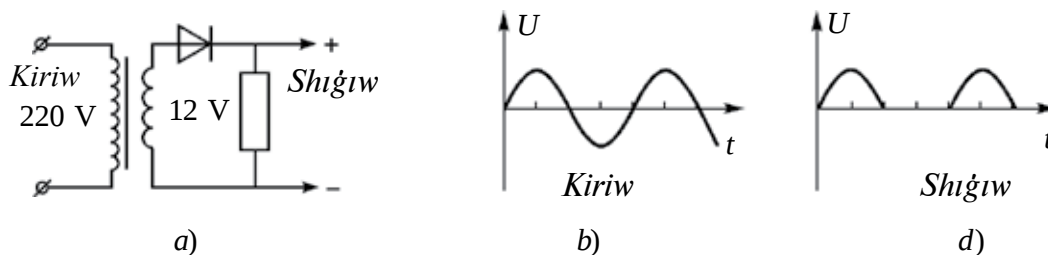
Bunday túrdegi tranzistorlardıń islew principi $p-n-p$ túrdegi tranzistordan parıqlanbaydı. Bul tranzistorda tek tok bağıtı kollektordan emitter tárepte boladı.

Integral mikrosxemalar*

Ótken ásirdiń 70-jıllarında on swmlıq teńgedey keletuğın 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 jaylastırıw hám stol kompyuterlerin jaratıw 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 júriletuğın kompyuter (Noutbuk) hám t.b. kishkene radioelektron qurılmalar jasalmaқта. Házirgi kúni teńgedey keletuğın 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 shuğıllanatuğın 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 tuwrılağısh. Bizge belgili televizor, radiopriyomnik hám usı sıyaqlı ásbaplardı kúndelikli turmısta ózgermeli 220 V tarmağına 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 kernewdıń oń yarım dáwirinde toktı ótkeredi. Al, teris yarım dáwirinde ótkermeydi. Sonlıqtan bul sxemadaǵı qurılma **bir yarım dáwirli tuwrılağısh** delinedi.

Tuwrılağısh kiriwi hám sxemadaǵı kernew formaları 9.14 b, d-súwretlerde keltirilgen. Súwretten kórinip turǵanıday, sxemada kernewdıń tek yarımınan paydalanıladı. Bunnan tısqari, onıń shaması da kúshli ózgeredi. Sol sebepli eki yarım dáwirli tuwrılağısh qollanıladı.

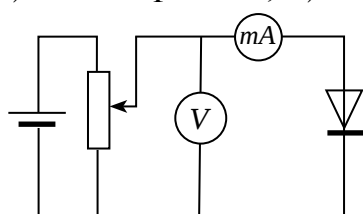


1. Yarımótkizgishli diod ne sebepten toktı tek bir tárepke ótkeredi?
2. $p-n$ ótiw degenimiz ne?
3. Yarımótkizgish qarsılıǵı $p-n$ ótiwge qalay baylanıslı?
4. Tranzistorda tuwrı hám keri $p-n$ ótiwler onıń qaysı oblastlarında boladı?
5. $p-n-p$ hám $n-p-n$ túrdegi tranzistorlar nesi menen parıqlanadı?

45-tema. LABORATORIYA JUMISI: YARIMÓTKIZGISHLI DIODTÍŇ VOLT–AMPER XARAKTERISTIKASÍN ÛYRENIW

Jumistín maqseti. Yarimótkizgishli diodtan ótiwshi tok kúshiniń qoyılǵan kernewge baylanıslılıǵın úyreniw.

Kerekli ásbaplar: 1) Yarimótkizgishli diod (kolodkada); 2) tu-raqlı tok deregi (36–42 V); 3) úzip-jalgagış; 4) ótkizgish sımları; 5) milliampermetr; 6) reostat; 7) voltmetr.



9.15-súwret.

Jumistín orınlanıwı:

1. Kerekli ásbaplar toplanıp, 9.15-súw-rettegi sıızılma boyınsha elektr shıńjırı jıynaladı.

2. Reostat jılıtqışın jılıstırıp shıǵıwda 0 V bolatuǵın halga qoyladı.

3. Úzip-jalgagış jalǵanadı.

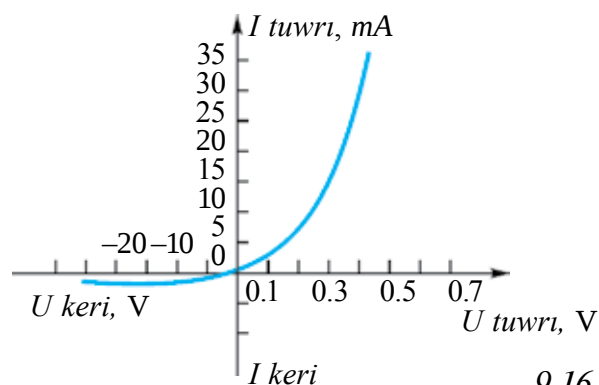
4. Reostat jılıtqışın jılıstırıp, sırtqı shıńjırǵa beriletuǵın kernew asırıp barıladı. Voltmetr hám ampermetr kórsetiwleri jazıp barıladı.

5. Ólshew nátiyjeleri kestege kirgiziledi.

U, V							
I, A							

6. Tok dereginiń polyusleri almastırıp jalǵanadı hám tájiriybe tákirarlanadı.

7. Nátiyjeler boyınsha yarimótkizgishli diodtan ótiwshi tok kúshiniń qoyılǵan kernewge baylanıslılıq grafigi sıızıladı.



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 sıızıqtan ibarat emesligine itibar berıń hám sebebin túsindiriwge hâreket etiń.
2. Ne sebepten keri bağıtta kernew qoyılsa, onnan tok ótedi?
3. Alınǵan maǵlıwmatlardan paydalanıp diodtıń tuwrı hám keri ótiw bağıtları ushın elektr qarsılıqların esaplań.

9-shınıǵıw

1. Mıs sterjennen 0,5 s dawamında tıǵızlıǵı 9 A/mm^2 bolǵan tok ótkende onıń temperaturası qalay ózgeredi? Mıstıń salıstırmalı qarsılıǵı $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, tıǵızlıǵı 8900 kg/m^3 , salıstırmalı jıllılıq siyımlılıǵı 380 Dj/(kg K) (Juwabr: $0,20^\circ \text{C}$).

2. Niobiyden jasalǵan spiral 100°C da qızdırılса onıń salıstırmalı qarsılıǵı neshe ese ózgeredi? Niobiy ushın $\alpha = 0,003 \text{ K}^{-1}$ (Juwabr: 1,3 ese artadı).

3. Nikelin sımnıń 20°C daǵı qarsılıǵı 20Ω ǵa teń edi. Ol 120°C ǵa shekem qızdırılса, qarsılıǵı nege teń boladı? Nikelin ushın $\alpha = 0,0001 \text{ K}^{-1}$.

4. Vakuumlı diodta elektron anodqa 8 Mm/s tezlik penen jetip baradı. Anod kernewin tabıń (Juwabr: 180 V).

5. Vakuumlı diodta anodtaǵı maksimal tok kúshi 50 mA ge teń boldı. Katodtan hár sekunda neshe elektron ushıp 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 V kernew berildi. Bólme temperaturasında shıńjırdadı tok kúshi 5 mA edi. Termistor ıssı suwǵa túsirilgende onnan ótiwshi tok kúshi 10 mA bolıp qaldı. Termistor qarsılıǵı neshe ese kemeygen? (Juwabı: 3 ese).

IX baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları

1. Gápti tolıqtırın. Metallardıń qızıwı sebepli olardan elektron ushıp shıǵıw qubılısına ... delinedi.
 A) ... termoelektron emissiya...; B) ...elektron emissiya...;
 C) ...shıǵıw jumısı...; D) ...toyınıw toǵı....
2. 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.
3. 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.
4. Taza yarımótkizgishten elektronlardıń tártipli qozǵalıwı sebepli 1 mA tok ótpekte. Yarımótkizgishten ótip atırǵan tolıq tok kúshi nege teń?
 A) 1 mA ; B) 2 mA ; C) $0,5\text{ mA}$; D) 0 .
5. Gápti dawam ettiriń. "Temperatura artıwı menen yarımótkizgishtıń qarsılıǵı..."
 A) ... artadı; B) ... dáslep artadı, keyin kemeyedi;
 C) ... kemeyedi; D) ... dáslep kemeyedi, keyin artadı.
6. Yarımótkizgishte tesik hám elektron ushırasqanda ne payda boladı?
 A) oń ion; B) neytral atom;
 C) teris ion; D) oń hám teris ionlar.

7. **Aralaspali 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 sıızıqlı ózgeredi.
9. **Kovalentlık 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 ўyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qağıyda hám nızamlar

Termoelektron emissiya	Metallardıń qızıwı sebepli olardan elektron uship shıǵıw qubılısı.
Vakuumda elektr toǵı	Elektronlar ionlar aǵımınıń bir tárepke qozǵalısanan ibarat.
Eki elektrodli elektron lampa	Anod hám katodtan ibarat vakuumlı lampa – diod.
Toyınıw toǵı	Katodtan uship shıǵıp atırǵan barlıq elektronlar anodqa jetip barǵanda anod toǵınıń ózgermey qalıwı.
Boguslavskiy-Lengmyur formulası	$I_a = kU^{3/2}$. Vakuumlı diodtan ótiwshi tok kúshiniń anod kernewine baylanıslılıǵı.
Metall ótkizgishler qarsılıqlarınıń temperaturaǵa baylanıslılıǵı	$R = R_0(1 + \alpha t)$; R_0 – 0°C da ótkizgish qarsılıǵı; R – t temperaturadaǵı qarsılıǵı, α – qarsılıqtıń temperatura koefficienti.
asa ótkizgishlik	Temperatura tómencelewı 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 bolatuğın zaryadlı bóleksheler bolmağın oblast.
Tuwrı $p-n$ ótiw	Bir tárepi n -túrdegi, ekinshi tárepi p -túrdegi yarımótkizgishte p -oblastın derektiń oń polyusine, n -tarawın teris polyusine jalğaganda 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 jalğaganda bekitiwshi qatlam keńeyip, tok ótpewi.
Yarımótkizgishli diod	Bir $p-n$ ótiwge iye bolğın yarımótkizgishli ásbap. Shártli belgisi  .
Tranzistor	Eki $p-n$ ótiwge iye bolğın yarımótkizgishli ásbap. $p-n-p$ hám $n-p-n$ strukturalarda boladı.
Integral mikrosxema (IMS)	Elektr shınjırı júdá joqarı dárejede tıgızlastırıp jalğagın elementlerden quralğın mikroelektron qurılma. IMSğa jalğagın elementler sanı $\sim 10^6$ ğa 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'monxojayev va b. Fizika II. – T.: “O'qituvchi”. – 2003. – 414 b.
10. A. No'monxojayev 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

MEXANIKA	3
1-tema Fizikaníñ izertlew metodlarí	3
I bap. KINEMATIKA	5
2-tema. Mexanikalíq qozǵalıś túrleri. Qozǵalıślardıñ erkinlik principi	5
3-tema. Denelerdiñ vertikal qozǵalıśı	7
4-tema. Sheñber boylap tegis emes qozǵalıś. Múyeshlik tezleniw. Tangensial tezleniw	10
5-tema. Aylanbalı hám ilgerilemeli qozǵalıśtı óz ara uzatıw	14
6-tema. Gorizonttal ılaqtırılǵan deneniñ qozǵalıśı	16
7-tema. Gorizontqa qıya ılaqtırılǵan deneniñ qozǵalıśı	18
8-tema. Laboratoriya jumısı: Gorizontqa qıya ılaqtırılǵan deneniñ qozǵalıśın úyreniw. .	22
I baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları	24
I bapta úyrenilgen eñ áhmiyetli túsinić, qaǵıyda hám nızamlar	25
II bap. DINAMIKA	28
9-tema. Dinamika nızamları	28
10-tema. Galileydiñ salıstırılalıq principi. Inercial hám inersial emes esaplaw sistemaları	32
11-tema. Gravitaciyalıq maydandaǵı qozǵalıś	35
12-tema. Dene awırılıǵınıñ qozǵalıś túrine baylanıslılıǵı	37
13-tema. Deneniñ bir neshe kúsh tásirindeǵı qozǵalıśı	40
II baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları	44
II bapta úyrenilgen eñ áhmiyetli túsinić, qaǵıyda hám nızamlar	45
III bap. MEXANIKADA SAQLANÍW NÍZAMLARÍ	47
14-tema. Energiya hám jumıs. Energiyanıñ saqlanıw nızamı. Deneniñ qıya tegislik boylap qozǵalıwında atqarılǵan jumıs	47
15-tema. Laboratoriya jumısı: Qıya tegislikte paydalı jumıs koefficientin anıqlaw	51
16-tema. Denelerdiñ absolyut serpimli hám serpimli emes soqlıǵısıwı	53
III baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları	57
III bapta úyrenilgen eñ áhmiyetli túsinić, qaǵıyda hám nızamlar	58
IV bap. STATIKA VA GIDRODINAMIKA	59
17-tema. Denelerdiñ teńsalmaqlıqta bolıw shártleri	59
18-tema. Momentler qaǵıydasına tiykarlanıp isleytuǵın mexanizmler	62
19-tema. Aylanbalı qozǵalıś dinamikası	65
20-tema. Suyıqlıq hám gazlardıñ qozǵalıśı, aǵımınıñ uzlıksızlıq teoreması. Bernulli teńlemesi	68
21-tema. Qozǵalıstaǵı gazlar hám suyıqlıqlarda basımınıñ tezlikke baylanıslılıǵınan texnikada paydalanıw	71
IV baptı juwmaqlaw boyınsha test sorawları	75
IV bapta úyrenilgen eñ áhmiyetli túsinić, qaǵıyda hám nızamlar	76

V bap. MEXANIKALÍQ TERBELISLER HÁM TOLQÍNLAR	78
22-tema. Garmonikalíq terbelisler	78
23-tema. Prujinalí hám matematikalíq mayatnikler	81
24-tema. Laboratoriya jumısı: Matematikalíq mayatnik járdeminde erkin túsiw tezleniwin anıqlaw	85
25-tema. Májbúriy terbelisler. Texnikada rezonans	86
26-tema. Mexanikalíq tolqınlardıń ortalıqlarda tarqalıwı. Ultra hám infraseslerden turmısta hám texnikada paydalanıw	90
V bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları	95
V bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qağıyda hám nızamlar	96
VI bap. TERMODINAMIKA TIYKARLARÍ	98
27-tema. Jıllılıq processlerinininiń qaytpawı. Termodinamika nızamları	98
28-tema. Adiabatalıq process. Jıllılıq mashinasınıń paydalı jumıs koefficienti. Karno cikli	102
29-tema. İnsan turmısında jıllılıq divigatelleriniń ahmiyeti. Jıllılıq divigatelleri hám ekologiya	106
VI bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları	112
VI bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qağıyda hám nızamlar	112
VII bap. ELEKTRODINAMIKA	114
30-tema. Zaryadtıń saqlanıw nızamı. Noqatlı zaryadtıń maydanı. Elektr maydan kernewililiginiń superpoziciya principi	114
31-tema. Zaryadlangan shardıń elektr maydanı. Dielektrik sinırgishlik	118
32-tema. Noqatlı zaryad maydanınıń potencialı. Potenciallar parqı	120
33-tema. Elektrostatikalıq maydanda zaryadtı kóshiriwde atqarılğan jumıs	123
34-tema. Elektr maydanıń energiyası	125
VII bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları	129
VII bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qağıyda hám nızamlar	130
VIII bap. TURAQLÍ TOK NÍZAMLARÍ	132
35-tema. Elektr ótkizgishlik. Tok kúshiniń kernewge baylanışlılığı	132
36-tema. Tok kúshi hám tok tıgızlığı. Elektr tođınıń tásirleri	136
37-tema. Toliq shınjır ushın Om nızamı. Tok dereginiń paydalı jumıs koefficienti	138
38-tema. Tok dereklerin izbe-iz hám parallel jalğaw	141
39-tema. Ampermetr hám voltmetrdıń ólshew shegarasın asırıw	145
40-tema. Laboratoriya jumısı: Tok dereginiń EJK hám ishki qarsılığın anıqlaw	147
VIII bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları	149
VIII bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qağıyda hám nızamlar	150
IX bap. TÚRLI ORTALÍQLARDA ELEKTR TOĐÍ	152
41-tema. Vakuumda elektr toğı	152
42-tema. Metall ótkizgishler qarsılıđınıń temperaturağa baylanışlılığı	154
43-tema. Yarımótkizgishlerde jeke ótkizgishlik. Aralaspalı ótkizgishlik	157
44-tema. Yarım ótkizgishli ásbaplar (diod, tranzistor) hám olardıń texnikada qollanılıwı	161
45-tema. Laboratoriya jumısı: Yarım otkizgishli diodtıń volt-amper xarakteristikasın úyrgeniw	166
IX bapı juwmaqlaw boyınsha test sorawları	168
IX bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qağıyda hám nızamlar	170
PAYDALANÍLGAN ÁDEBIYATLAR	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.Avliyovqulov. – 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 Avliyovqulov**

FIZIKA

Orta ta’lim muassasalarining 10-sinflari uchun darslik

(Qoraqalpoq tilida)

1-nashri

Ózbek tilinen awdargan *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 70×100¹/₁₆.
Ofset qagazı. «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 sıızqlar joq.
Qanaatlandırarlı	Qabına jazılǵan, biraz sıızılıp shetleri jelingen, sabaqlıqtıń tiykarǵı bóleginen ajıralıw halı bar. Paydalanıwshı tárepinen qanaatlandırarlı ońlangan. Túsken betleri qayta ońlangan, ayırım betlerine jazılǵan.
Qanaatlan-dırarsız	Qabına sıızılǵan, jırtılǵan tiykarǵı bóleginen ajıralǵan yaki joq, qanaatlanarsız ońlangan. Betleri jırtılǵan, betleri jetispeydi, sıızıp, boyap taslangan. Sabaqlıqtı tiklep bolmaydı.