

FIZIKA 10

MEHANIKA

KINEMATIKA

DINAMIKA

MEHANIKA SAKLANMA KANUNLARI

STATIKA WE GIDRODINAMIKA

MEHANIKA YRGYLDYLAR WE TOLKUNLAR

TERMODINAMIKANYŇ ESASLARI

ELEKTRODINAMIKA

HEMIŞELIK TOK KANUNLARI

DÜRLI GURŞAWLARDAKY ELEKTRIK TOGY

Orta bilim berýän mekdepleriň 10-njy synpy üçin derslik

Özbeqistan Respublikasynyň Halk bilimi ministrligi tarapyndan tassyklanan

1-nji neşirden terjime

DAŞKENT – “NISO POLIGRAF” – 2017

UO‘K: 53(075.3)

KBK 22.3ya721

F55




Awtorlar:

- N.Ş. Turdiyew** – Mehanika, IV bap. “Statika we gidrodinamika”, VIII bap. “Hemişelik tok kanunlary”, IX bap. “Dürli gurşawlardaky elektrik togy”;
- K. A. Tursunmetow** – V bap. “Mehaniki yrgyldylar we tolkunlar”;
- A. G. Ganiyew** – III bap. “Mehanikada saklanma kanunlary”, VI bap. “Termodinamika”;
- K. T. Suýarow** – I bap. “Kinematika”, VII bap. “Elektrodinamika”;
- J. E. Usarow** – II bap. “Dinamika”, V bap. “Mehaniki yrgyldylar we tolkunlar”;
- A. K. Awliýakulow** – III bap. “Mehanikada saklanma kanunlary”, VI bap. “Termodinamika”.

Syn ýazanlar:

- Ş. Usmanow** – ÖZRYA Fizika-tehnika institutynyň uly ylmy işgäri, f-m.y.k.
- B. Nurillaýew** – Nyzamy adyndaky TDPU kafedra müdiri, dosent, pedagogika ylmlarynyň,
- Z. Sangirowa** – RTM baş metodisti,
- B. Saidhojaýewa** – Daşkent welaýaty, Pskent tümenindäki 5-nji mekdebiň fizika mugallymy, Özbekistanda at gazanan Halk tälimi işgäri.
- F. Narýalyow** – Daşkent şäheriniň Sergeli tümenindäki 303-nji mekdebiň mugallymy,
- Z. Tajibaýewa** – P. F. Borowskiý adyndaky lukmançylyk kolležiniň mugallymy,
- N. Berdirasulow** – Daşkent şäheriniň Sergeli tümenindäki 104-nji mekdebiň mugallymy,

ŞERTLI BELGILER:

- | – fiziki ululyklara kesgitleme; esasy kanunlar;
-  – möhüm formulalar;
- * – bu temalar fizikany çuňňur öwrenmäge islegi bolan okuwçylar üçin niýetlenen;
-  – okuwçy tarapyndan ýerine ýetirilýän amaly iş;
-  – temanyň tekstini okap çykandan soň, goýlan soraglara jogap beriň;

Respublikanyň ýörite kitap gaznasynyň serişdeleriniň hasabyndan çap edildi

ISBN 978-9943-4868-2-9

© N. Ş. Turdiyew we başg. 2017
© “Niso Poligraf” neşirýaty
(original-maket), 2017

MEHANIKA

1-nji tema. FIZIKANYŇ BARLAG METODLARY

Fizikada tebigatdaky prosesleri we hadysalary öwrenmekde özboluşly barlag metodlary bar.

Fizika eksperimental ylym hasaplanýar. Şu sebäpli-de tejribe geçirmek prosesi aýratyn şertleri talap edýär. Munda öwrenilýän prosese daşky täsir bolmazlygyna hereket edilýär.

Mundan daşary, proseslere degişli fiziki parametrleriň arasyndaky baglanyşygy matematiki aňlatmalar arkaly berilýär. Şoňa görä fizikler prosesleriň mundan beýläkki gidişini ýa-da oň nähili bolandygyny has takyk aýdyp bermegi başardylar. Beýik italýan fizigi Galileo Galileý şeýle diýip ýazypdy: “Tebigat kitabyny” düşünmek üçin onuň ýazylan dilini bilmelisiň. Bu dil – matematikadyr.

Gözegçiliklerden ençeme hadysalar üçin belli bir kanunalaýyklyklaryň bardygy çak edilýär. Beýle takmynlara *ylmy gipoteza* diýilýär.

Gipotezany barlamak üçin, alymlar tejribe (eksperiment) geçirýärler. Munuň üçin tebigy şerte ýakynlaşdyrylan *mahsus şertler* döredilýär.

Gipotezany şekillendirmek we eksperiment geçirmek hem-de onuň netijelerini düşündirmek üçin, şu prosesiň ýa-da hadysanyň modeli düzülýär. Haýsy-da bolsa bir prosesiň *modeli* diýlende onuň ykjamlanan, tertipleşdirilen, möhüm taraplary tapawutlandyrylyp görkezilen ýagdaýy düşünilýär. Muňa mysal hökmünde material nokat we ideal gaz düşüňjelerini mysal getirip aýtmak mümkin.

Eksperiment geçirmek prosesinde daşky täsirlerden doly gutulyň bolmaýar. Şoňa seretmezden, alnan netijä görä ideal şertde nähili netije çykjakdygyny aýdyp bermek mümkin bolýar. Bu ideal ýagdaýa *ylmy ideallaşdyrma* diýilýär. Hut ynha şu hadysalar daşardan garalanda çylşyrymly duýulsa-da, ýöne olar boýun egýän kanunlaryň ýönekeýdigini görkezýär.

Fiziki prosesleriň gidişi baradaky gipoteza tassyklansa, ol *fiziki kanuna* öwrülýär.

Mehanikanyň esasy mazmunyny beýik iňlis alymy Isaak Nýuton tarapyndan döredilen üç kanun, bütindünýä dartylma kanuny, maýyşgaklyk we sürtülme güýçlerine degişli kanunalaýyklyklar düzýär. Gaz prosesleri üçin onuň basyşynyň, göwrüminiň we temperaturasynyň arasyndaky baglanyşygy aňladýan kanunlar açyldy. Dynçlyk ýagdaýynda duran zarýadlanan bölejikleriň arasyndaky özara täsir fransuz fizigi Şarl Kulon tarapyndan açylan kanuna boýun egýär.

Giň gerimli hadysalary düşündirýän kanunlar toplumyna *ylmy nazaryýet* diýilýär. Meselem, Nýutonyň kanunlary mehanikanyň klassyk nazaryýetini düzýär. Iňlis fizigi D.K.Makswell tarapyndan döredilen kanunlar elektromagnetizm üçin klassyk nazaryýetiň mazmunyny düzýär.

Ylmy nazaryýet öz içine kanunlar bilen birlikde bu kanunlary şekillendirmekde peýdalanylýan fiziki ululyklaryň we düşünjeleriň kesgitlemelerini hem alýar.

Iň möhümi, fiziki nazaryýetdäki ähli anyklanýan ululyklar *tejribede ölçelýän* bolmaly.

Ähli fiziki kanunlar we nazaryýetler hakykata ýakyn bolmaly. Çünki nazaryýeti döretmekde hemişe prosesniň we hadysanyň modelinden peýdalanylýar. Şoňa görä kanunlaryň we nazaryýetleriň *ulanylyş çägi* bolýar, Meselem, klassyk mehanikanyň kanunlary diňe ýagtylygyň tizliginden örän kiçi tizlikde hereketlenýän jisimler üçin ýerlikli bolýar. Elementar bölejikler çaltlandyryjylarynda bu subut edilen. Klassyk mehanika, şonuň ýaly-da, örän kiçi massaly bölejikleriň (elektronlaryň) hereketini dogry aňladyp bilmeýär.

Täzeden tapylan fiziki nazaryýetler öňkülerini ýatyrmaýar, eýsem ony üstüni ýetirýär we häsiýetlendirýär. Täze fiziki nazaryýete goýlan möhüm talaplardan biri *laýyklyk prinsipidir*. Bu diýildigi kesgitli araçäkde täze nazaryýet, öňki nazaryýet bilen laýyk bolmalydyr.



1. Näme sebäpden fiziki nazaryýetdäki ähli anyklanýan ululyklar tejribede ölçelýän bolmaly?
2. Gipoteza haçan fiziki kanuna öwrülýär?

I bap. KINEMATIKA

2-nji tema. MEHANIKI HEREKETIŇ GÖRNÜŞLERI. HEREKETLERIŇ ÖZBAŞDAKLYK PRINSIPI

7-nji synpda siz dürli mehaniki hereketler bilen tanşypdyňyz. Olary bilelikde ýatlalyň:

1. Gönüçzykly deňölçegli hereket. Beýle hereketde jisimiň hereket traýektoriyasy göni çyzykdan ybarat bolýar. Hereket tizliginiň ululygy we ugry üýtgemeyär. Geçilen ýol $s = v \cdot t$ formula bilen anyklanýar.

2. Gönüçzykly deňölçegsiz hereket. Beýle hereketde jisimiň hereket traýektoriyasy göni çyzykdan ybarat bolýar. Hereket tizliginiň ululygy üýtgeýär, ýöne ugry üýtgemeyär. Geçilen ýol $s = v_{\text{ort}} \cdot t$ formula bilen anyklanýar. Munda v_{ort} –jisimiň ortaça tizligi.

3. Gönüçzykly deňtizlenýän (haýallaýan) hereket. Beýle hereketde jisimiň hereket traýektoriyasy göni çyzykdan ybarat bolýar. Hereket tizliginiň ululygy bir deňölçegli artýar (kemelýär), ýagny deň wagtlaryň içinde birmeňzeş ululyga artýar (kemelýär), ýöne ugry üýtgemeyär. Geçilen ýol $s = v_0 \cdot t \pm \frac{at^2}{2}$ formula bilen anyklanýar (“+”) alamat deňtizlenýän, $a > 0$, (“–”) alamat deňhaýallaýan ($a < 0$) bolanda goýulýar.

4. Egri çyzykly deňölçegli hereket. Egri çyzykly hereketiň hususy haly hökmünde töwerek boýunça deňölçegli hereketi almak mümkin. Beýle hereketde hemişe tizligiň ugry üznüksiz üýtgäp, traýektoriya galtaşma boýunça ýönelen bolýar. Hereketiň esasy parametrleri: v –çyzykly tizlik; ω –burç tizlik; T –aýlawlar döwri; v –aýlawlar ýygylgy; S_{duga} –duganyň uzynlygy; s –geçilen ýol.

Ýokarda getirilen hereketlerde jisim diňe bir hereketde gatnaşan ýagdaýlar öwrenilendigini nygtamak ýerliklidir. Durmuşda köplenç jisimler bir wagtyň özünde birnäçe hereketde gatnaşýar. Meselem, derýa boýunça hereketlenýän

gämi, otlynyň wagonynyň içinde ýöräp barýan adam, uçup barýan samolýotdan taşlanan ýük we ş.m. Munda derýada hereketlenýän gämi öz dwigateliniň dartýş güýji sebäpli bir ugurda v_1 tizlik bilen hereketlense, suw ony v_2 tizlik bilen akymyň ugrunda hereketlendirýär. Bu mysallarda jisimiň iki hereketde-de gatnaşyandygy görnüp dur.

Şeýle sorag döreyär. Gämä öz dwigateliniň dartýş güýji sebäpli berlen v_1 tizlik derýanyň akýş tizligine baglymy? Uçup barýan samolýotdan taşlanan ýüküň düşüş wagty samolýotyň tizligine baglymy?

Tejribelerden görnüşi ýaly, gäminiň tizligi suwuň akýş tizligine, samolýotdan taşlanan ýüküň düşüş wagty samolýotyň tizligine bagly däl!

Mundan şeýle netije gelip çykýar.

Jisim gatnaşýan hereketler özbaşdak bolup, olaryň hereket tizligi (tizlenmesi) bir-birine bagly däldir. Muňa hereketleriň özbaşdaklyk prinsipi diýilýär.

Şoňa görä islendik çylşyrymly herekete, ýönekeý hereketleriň jemi diýip garamak mümkin. Bu hereketler bir-birine täsir etmeyär. Eger olardan biri öz hereketini üýtgetse ýa-da bütinleý togtatsa, başgasyna munuň täsiri bolmaýar. Hut ine şu prinsip esasynda biz öwrenýän prosesdäki wektor ululyklary aýratyn düzüjilere bölýäris. Olary koordinata oklaryna proyeksiýelemek hem şu principe esaslanandyr. Tizlik wektorlaryny goşup jemleýji tizligi çykarmak hem şu prinsip esasynda bolýar. Şoňa esaslanmak bilen birnäçe hereketde gatnaşan jisimiň hereketi üçin aşakdakylary ýazýarys:

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

Olara laýyklykda ululyklaryň x we y oklaryna bolan proyeksiýalary aşakdaky ýaly bolýar:

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

Mesele çözmegiň mysallary

Teplohodyň ýata suwdaky tizligi 70 km/sagat. Ol akym boýunça bir-birinden 36 km uzaklykda ýerleşýän pristanlaryň aralygyny näçe wagtda geçýär? Derýanyň akymynyň akys tizligi 2 km/sagat.

Berlen: $s = 36 \text{ km}$ $v_{\text{tep.}} = 70 \text{ km/sagat}$ $v_{\text{derýa.}} = 2 \text{ km/sagat}$ <hr/> Tapmaly $t = ?$	Formulasý we çözülişi: $s = v \cdot t; v = v_{\text{tep.}} + v_{\text{derýa.}}$ $s = (v_{\text{tep.}} + v_{\text{derýa.}}) \cdot t;$ <hr/> Bondan $t = \frac{s}{v_{\text{tep.}} + v_{\text{derýa.}}} t = \frac{36}{(70+2)} \frac{\text{km}}{\text{km/soat}} = 0,5 \text{ sagat.}$ <p style="text-align: right;"><i>Jogaby: 0,5 sagat.</i></p>
---	---



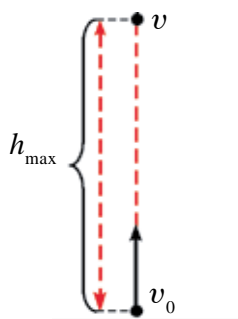
1. Nähili ýagdaýlarda tizlik wektory düzüjilere bölünýär?
2. Hereketleriň özbaşdaklyk prinsipi nämeden ybarat?
3. Näme sebäpden jisim bir wagtda birnäçe hereketde gatnaşýan bolsa, hereketler bir-birine täsir etmeyär?

3-nji tema. JISIMLERIŇ WERTIKAL HEREKETI

Haýsy-da bolsa bir jisimi elimizde saklap durup, soň ony taşlap goýbersek, jisim dartys güýji netijesinde göni ýeriň üstüne tarap hereketlenýär. Jisimiň beýle hereketine *pese garap wertikal hereket* diýilýär. Beýle hereketler bilen siz 7-nji synpda tanşypdyňyz. Bu temada ony biz hereketleriň özbaşdaklyk prinsipi nukdaý nazaryndan garap çykarys.

Jisim wertikal (dikligine) hereketlenende oňa bir ýa-da birnäçe güýçler (agyrylyk güýji, howanyň garşylyk güýji, Arhimed güýji) täsir edýär. Jisimiň dik ýokary (wertikal) hereketinde meseläni ýönekeýleşdirmek maksadynda howanyň *garşylyk güýjüni* we *Arhimed güýjüni* hasaba almaýarys.

Jisimi ýokary wertikal ugurda v_0 başlangyç tizlik bilen zyňyp, onuň hereketini gözegçilik edeliň (1.1-nji surat). Eger jisim diňe şu v_0 tizlik bilen ýokary hereketlenende ol t wagtyň içinde $h_1 = v_0 \cdot t$ beýiklige göterilen bolardy. Emma ýeriň dartys güýji täsirinde şu t wagtyň içinde jisimiň göteriliş beýikligi $h_2 = gt^2/2$ -ä kemelýär. Onda jisimiň göterilmegi mümkin bolan beýiklik $h = h_1 - h_2$ -ä deň bolýar, ýagny jisimiň hereket deňlemesi



1.1-nji surat.

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

arkaly aňladylyar.

Ýokary wertikal zyňlan jisimiň hereketi deňölçegli haýallaýan hereketden ybarat.

Jisimiň t wagtdan soňky tizligi

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

aňlatmanyň kömeginde anyklanýar. Jisim iň beýik göteriliş nokadyna ýetenden soň togtaýar ($v=0$) we pese garap wertikal hereketini başlaýar.

(1.4) aňlatmanyň çep tarapyny nola deňläp, jisimiň göterilmegi üçin giden wagtyny hasaplamagyň aňlatmasyna eýe bolarys:

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

Jisimiň maksimal göteriliş beýikliginiň aňlatmasy aşakdaky ýaly bolýar:

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

Howanyň garşylygy hasaba alynmaýan derejede kiçi bolan şertde dik ýokary zyňlan jisimiň göterilmegi üçin giden wagty onuň düşüş wagtyna deň bolýar, ýagny $t_k = t_r$. şonuň ýaly-da, jisim nähili tizlik bilen dik ýokary oklansa, ol zyňlan ýerine edil şeýle tizlik bilen gaýdyp düşýär.

Pese wertikal zyňlan jisimiň hereketi deňtizlenýän hereketden ybarat bolýar. Munda jisimiň t wagtdan soňky tizligi

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

aňlatmanyň kömeginde anyklanýar. Pese wertikal zyňlan jisimiň hereket deňlemesini aşakdaky ýaly ýazýarys:

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

Jisimiň wertikal hereket kanunalaýyklyklaryny birinji bolup beýik italiýan alymy G. Galileý tejribeler esasynda öwrendi. Geçirilen tejribeler esasynda jisimleriň wertikal düşüşinde iki kanunalaýyklygyň bardygy anyklandy. Birinjiden, jisimiň wertikal düşüşi gönüçyzykly deňtizlenýän hereketden ybarat, ikinjiden, hemme jisim erkin gaçýan wagtynda hemişelik tizlenme bilen hereketlenýär.

Jisimiň erkin gaçmagy deňtizlenýän hereket bolanlygy hasaba alynsa, bu hereket üçin hem gönüçyzykly deňtizlenýän hereketiň ähli deňlemeleri ýerlikli bolýar, diňe olarda a tizlenmäni g erkin gaçma tizlenmesi bilen, s ýoly bolsa h beýiklik bilen çalşyrmaly (1-nji jedwel).

Erkin gaçma deňtizlenýän, (dik ýokary zyňlan jisim deňölçegli haýallaýan) hereketde bolanlygy üçin jisimiň hereketiniň ortaça tizligi aşakdaky aňlatmanyň kömeginde anyklanýar:

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

Mesele çözmegiň mysallary

1. Beýikligi 20 m bolan binadan gaçýan jisimiň başlangyç tizligi 15 m/s. Onuň ýere çaknyşan wagtyndaky tizligi nämä deň?

<p>Berlen:</p> <p>$h = 20 \text{ m}$</p> <p>$v_0 = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$</p> <p>$g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$</p> <hr/> <p>Tapmaly</p> <p>$v = ?$</p>	<p>Formulasý:</p> <p>$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$</p>	<p>Çözülişi:</p> <p>$v = \sqrt{(15^2 + 2 \cdot 10 \cdot 20)} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$</p> <p style="text-align: right;"><i>Jogaby: $25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$</i></p>
--	--	--

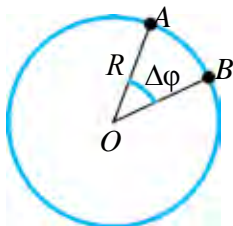
1-nji jedwel

Deňtizlenýän hereket deňlemeleri	Erkin gaçmadaky hereket deňlemeleri
$v = v_0 + at$ 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. Ýokary wertikal zyňlan jisimiň hereketi nähili özbaşdak hereketlerden ybarat?
2. Ýokary wertikal zyňlan jisimiň hereket deňlemesinde näme üçin tizlenme minus alamatda alnan?
3. Jisim ýokary göterilen mahalynda onuň tizlenmesi üýtgeýärmí?
1. Dik ýokary zyňlan jisimiň göteriliş wagty bilen gaýýan wagtyňyň deňdigini subut ediň.
2. Jisimi ýokary nähili tizlik bilen oklasak, ol zyňlan ýerine edil şeýle tizlik bilen gaýdyp düşüşini subut ediň.

4-nji tema. TÖWEREK BOÝUNÇA DEÑÖLÇEGSIZ HEREKET. BURÇ TIZLENMESI. TANGENSIAL TIZLENME



1.2-nji surat.

Siz 7-nji synpda töwerek boýunça deňölçegli hereket bilen tanşypdyňyz. Şu temada töwerek boýunça deňölçegsiz hereketi öwreneris. Töwerek boýunça deňölçegli herekete degişli fiziki ululyklary ýada salalyň (1.2-nji surat).

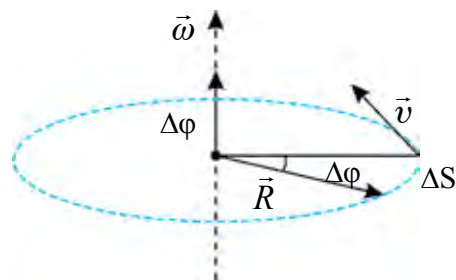
1. Töwerek boýunça deňölçegli hereketlenýän material nokadyň wagt birligi içinde duga boýunça geçen ýoluna san taýdan deň bolan ululyga çyzykly tizlik diýilýär we aşakdaky ýaly aňladylýar.

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

2. Töwerek boýunça deňölçegli hereketde töweregiň radiusy öwrülme burçunyň şu öwrülme üçin giden wagta gatnaşygyna burç tizligi diýilýär:

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

Burç tizligi-de, çyzykly tizlik ýaly wektor ululyk hasaplanýar. Onuň ugry sag wint (buraw) düzgünine laýyklykda anyklanýar. Munda sag wint başynyň aýlanma ugry material nokadyň aýlawy bilen gabat gelse, onuň ujunyň ugry burç tizliginiň wektorynyň ugry bilen gabat gelýar (1.3-nji surat).



1.3-nji surat

Köp ýagdaýlarda aýlanma hereket edýän jisimler öz aýlanma tizligini üýtgedýär. Meselem, maşyn ýerinden gozganyp, belli bir tizlige ýetýänçe ýa-da tormozlanyp togtayança onuň tigirleri şeýle hereketlenýär.

Töwerek boýunça hereketlenýän jismiň burç tizligi wagtyň dowamynda üýtgäp durýan hereket üýtgeýän aýlanma hereket diýilýär.

Üýtgeýän aýlanma hereketleriň arasynda burç tizligi islendik deň wagt aralygynda deň mukdarda üýtgäp durýan hereketler hem duşýar. Meselem, duralga ýakynlaşýan ýa-da ondan uzaklaşýan awtobusyň tigiri deňölçegli üýtgeýän aýlanma hereket edýär. Şeýle hereketlerde burç tizliginiň özgeriş çaltlygy burç tizlenmesi diýlip atlandyrylýan fiziki ululyk bilen häsiýetlendirilýär.

Burç tizliginiň üýtgemeginiň şu özgeriş üçin giden wagta gatnaşygy bilen ölçelýän ululyga burç tizlenmesi diýilýär.

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

Deňölçegli üýtgeýän aýlanma hereketiň burç tizlenmesi wagtyň dowamynda üýtgemeyär, çünki onuň burç tizligi-de deň wagt aralyklarynda deň mukdara üýtgeýär. Eger hereketlenýän material nokadyň başlangyç burç tizligi ω_0 , Δt wagt geçenden soňky burç tizligi ω bolsa, burç tizliginiň özgerişi $\Delta\omega = \omega - \omega_0$ bolýar. Onda (1.12) deňleme aşakdaky görnüşde ýazylýar:

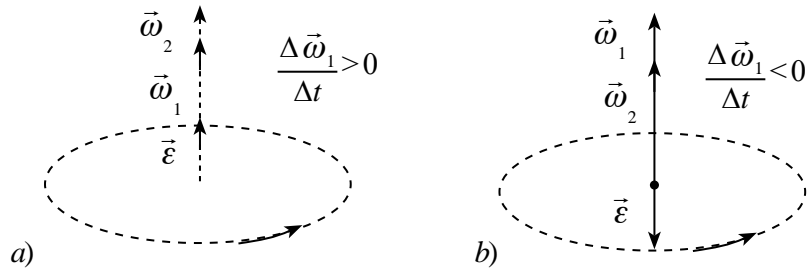
$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} \quad (1.13)$$

Mundan burç tizlenmesiniň birligi $[\varepsilon] = \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$ gelip çykýar. (1.13) aňlatmadan islendik wagtdaky burç tizligini kesgitlemegiň formulasy gelip çykýar:

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

(1.14)

Burç tizligi hareket dowamynda barha deňölçegli artsa, aýlanma hareket deňtizlenýän bolýar ($\varepsilon > 0$) (1.4-nji *a* surat). Aýlanma hareketiň burç tizligi aýlaw prosesinde barha deňölçegli kemelse, beýle aýlanma herekete deňölçegli haýallaýan diýilýär we $\varepsilon < 0$ bolýar (1.4-nji *b* surat).



1.4-nji surat

Aýlanma herekete burç tizligi wektor ululyk bolanlygy üçin onuň burç tizlenmesi-de wektor ululykdyr. Çünki, (1.13) deňlikdäki Δt skalýar ululyk. $\omega > \omega_0$ bolanda, $\varepsilon > 0$ bolup, $\vec{\varepsilon}$ burç tizliginiň wektory bilen bir tarapa, $\omega < \omega_0$ bolanda, $\varepsilon < 0$ bolup, burç tizligine ters ýönelen bolýar.

Deňölçegli üýtgeýän aýlanma hareketiň deňlemelerini almak üçin deňölçegli üýtgeýän gönüçyzykly hareketiň deňlemelerindäki geçen s ýoly öwrülme burçy φ bilen, tizlik v -ni burç tizligi ω bilen we tizlenmesi a -ny burç tizlenmesi ε bilen çalşyrmak ýeterlidir. Bu hareketleriň özara deňeşdirilen deňlemeleri aşakdaky jedwelde getirilen:

Gönüçyzykly deňölçegli üýtgeýän
hereket ($a = \text{const}$)

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

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

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

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

Deňölçegli üýtgeýän aýlanma
hereket ($\varepsilon = \text{const}$)

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

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

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

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

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

eger $v_0 = 0$ bolsa,

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

eger $a < 0$ bolsa,

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

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

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

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

eger $\omega_0 = 0$ bolsa,

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

eger $\varepsilon < 0$ bolsa,

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

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

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

Aýlanma hereketde material nokadyň çyzykly tizliginiň san bahasy üýtgeýän ýagdaýlar hem duşýar. Beýle wagtda material nokadyň çyzykly tizliginiň özgermegi bilen bagly tizlenme emele gelýär. Bu tizlenme tizligiň san bahasynyň özgermegi sebäpli emele gelenliginden, onuň ugry tizligiň ugry bilen gabat gelýär. Şoňa görä ony galtaşma, ýagny *tangensial tizlenme* diýip atlandyrylýar we onuň aňlatmasy aşakdaky ýaly bolýar:

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

Şeýdip, aýlanma hereketlenýän material nokadyň çyzykly tizligi-de özgerse, onuň umumy tizlenmesi

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

aňlatma arkaly anyklanýar. Bu ýerde: $a_\tau = \varepsilon R$ -e deň.



1. Deňölçeqli üýtgeýän hereketiň burç tizlenmesi diýip nähili fiziki ululyga aýdylýar? Ol nähili birlikde ölçelýär?
2. Burç tizligiň ugry nähili anyklanýar?
3. Normal ýa-da tangensial tizlenmesi bolmadyk egri çyzykly hereket barmy?
4. Tigir deňölçeqli hayallaýan hereket edip 1 min. dowamynda ýygylgyny 300 1/min.-dan 180 1/min çenli kemeltdi. Tigiriň burç tizlenmesini we şu döwürdäki doly aýlawlar sanyny tapyň.

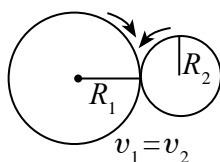
5-nji tema. AÝLAWLY WE ÖÑE GITME HEREKETI ÖZARA GEÇİRMEK

Gündelik durmuşda hereketlenýän transport serişdeleriniň hereketi syn edilse, olaryň dwigateli birmeňzeş işläp dursa-da, olaryň dürlüçe tizlikde hereketlenýändigini görmek mümkin. Awtomobil tekiz ýolda uly tizlik bilen ýapgytlyga çykanda, batgaly ýerlerde haýal ýöreyär. Edil şeýle dokmaçylykda, senagatda ulanylýan stanoklarda-da olaryň dürli bölekleri dürlüçe tizlikde aýlanýandygyny görmek mümkin. Gündelik durmuşda ulanylýan tikin maşynynda-da aýlanma hereket we ony baryp-gelýän (öňe gidýän) herekete aýlap berýän mehanizmler ulanylýar (1.5-nji surat).

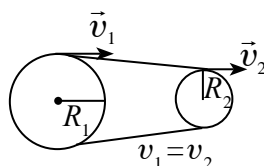


1.5-nji surat

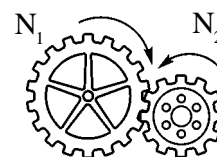
Şeýle mehanizmlerde aýlanma hereketi geçirmegiň friksion, lentaly we dişli tigr ýaly usullary bar bolup, şu temada siz olar bilen taňsarsyňyz.



1.6-njy surat



1.7-nji surat



1.8-nji surat

Friksion usulda hereketi geçirmek. Aýlanma hereketi friksion usulda geçirmek üçin dürli diametrli iki tigr bir-birine güýç bilen gysyp durulýar. Olardan biri sagat strelkasynyň ugry boýunça aýlansa, ikinjisi sürtülme güýjüniň täsirinde herekete gelip, sagat strelkasynyň aýlawyna garşylykly ugurda aýlanýar (1.6-njy surat).

Friksion geçirmek usulyndan, diňe geçirilýän kuwwat onçakly uly bolmadyk ýagdaýlarda peýdalanylýar. Bu hereketde tigrler bir-birine görä typýarlar, şu sebäpli tigrleriň halkalarynyň çyzykly tizlikleriniň modullary san taýdan özara deň bolýar: $v_1 = v_2$ ýa-da

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

Hereketi lentaly geçirmek. Aýlanma hereketi lentaly geçirmekde iki tigr bir-birine güýçli dartylan lenta bilen birikdirilýär (1.7-nji surat). Munda geçirmek sürtülmäniň hasabyna amala aşyrylýar. Hereket geçiriji şkiwi (tigiri) herekete getirýän we hereketi kabul edýän şkiwe (tigire) hereketleniji şkiw diýilýär. Lentaly geçirmekde-de aýlanýan tigrleriň çyzykly tizlikleriniň modullary özara deň: $v_1 = v_2$.

Burç tizlikleri bolsa tigrleriň radiuslary arkaly özara aşakdaky gatnaşykda bolýar:

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

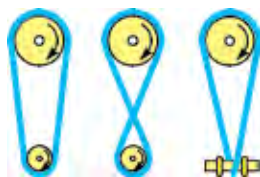
Hereketi dişli tigrler arkaly geçirmek. Dürli diametri iki dişli tigriniň dişlerini bir-birine geýdirmek arkaly aýlanma hereketi geçirmek usuly dişli geçirmek diýlip atlandyrylýar (1.8-nji surat). Birinji tigrdäki dişleriň sany N_1 bolup, sekundyna v_1 gezek aýlansyn, onuň bilen dişleşen ikinji tigr bolsa N_2 sany dişe eýe bolup, sekundyna v_2 gezek aýlansyn. Dişleşme nokadynda wagt birligi içinde birinji tigriniň $N_1 \cdot v_1$ dişi geçende, ikinjisiniň $N_2 \cdot v_2$ dişi geçýär. Iki tigriniň wagt birligi içinde dişleşme nokadyndan geçen dişleriň sany deň bolýar, ýagny:

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

Mundan, bir-birine dişleşen tigrlerden her biriniň aýlanma ýygylgy onuň dişleriniň sanyna ters proporsional bolýar:

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

1.9-njy suratda herekete getiriji we hereketleniji wallar bir tarapa we garşylykly tarapa aýlaýan ýagdaýda lentalar birikdirilişi getirilen.



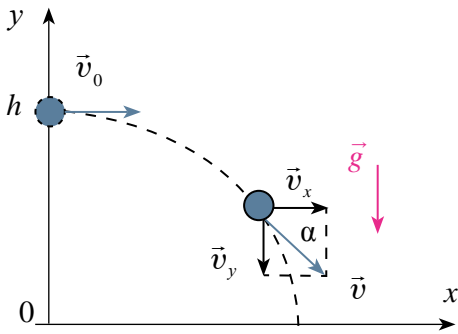
1.9-njy surat



1. Aýlanma hereketi friksion geçirmegiň nähili artykmaçlyklary we kemçilikleri bar?
2. Aýlanma hereketi lentaly geçirmekde ulanylýan mehanizmlere mysallar getiriiň?
3. Aýlanma hereketi dişli geçirmek nähili amala aşyrylýar?

6-njy tema. GORIZONTAL ZYŇLAN JISIMIŇ HEREKETI

Beýikligi h -a deň bolan stoluň üstünde göni çyzyk boýunça hereketlenýän şarjagazyň hereketine gözegçilik edeliň. Ilki şarjagaz öz inersiyasy bilen stoluň üstki böleginde gönüçyzykly hereket edýär.



1.10-njy surat

Şarjagaz stoluň çetinden ýere ýetip gelýänçe iki hereketde gatnaşýar. Ýagny, başlangyç ugurda öz hereketini dowam etdirýändigini hem-de wertikal ugurda hereketlenip, pese düşýändigini görýäris. Şarjagazyň bu hereketi haýsy-da bolsa bir beýiklikden gorizontaly zyňlan jisimiň hereketine mysaldyr. Bu hereketi häsiýetlendirmek üçin XOY koordinata ulgamyny saýlap alyp, ony atylyş

nokadyna baglaýarys (1.10-njy surat). Howanyň garşylygy hasaba alynmaýan derejede kiçi bolanda, jisim gorizontaly ugurda hemişelik v_0 tizlik bilen deňölçegli hereket edýär. Şonuň üçin islendik t wagtdan soňky gorizontaly ugurdaky orun üýtgetmesi ýa-da uçuş uzaklygy aşakdaky ýaly hasaplanýar:

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

Jisim tizliginiň x we y oklardaky proyeksiýalary aşakdaky ýaly aňladylýar:

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

Jisim wertikal ugurda bolsa h beýiklikden başlangyç tizliksiz deňtizlenýän hereket edip erkin gaçýar. Şonuň üçin islendik t wagtdan soňky wertikal ugur boýunça ýagdaýy aşakdaky ýaly hasaplanýar:

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

Gorizontaal zyňlan jisimiň XOY tekizlikdäki hereket traýektoriyasynyň deňlemesi (1.21) we (1.23) aňlatmalara görä aşakdaky ýaly bolýar:

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

(1.24) aňlatma parabolanyň deňlemesini aňladýar. Diýmek, gorizontaal zyňlan jisim parabola çyzygy boýunça hereket edýär. h beýiklikden zyňlan jisimiň uçuş wagty

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

aňlatmanyň kömeginde anyklanýar. Onda jisimiň uçuş uzaklygy

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

görnüşi alýar.

Gorizontaal zyňlan jisim bir wagtyň özünde gorizontaal ugurda deňölçepli we wertikal ugurda deňtizlenýän hereket edip, erkin gaçýar. Hereketiň ahyryndaky (t wagt geçenden soň) gorizontaal we wertikal ugrundaky tizlikler laýyklykda $v_x = v_0$ we $v_y = g \cdot t$ bolýar. Onda jisimiň ýere gaçandaky tizligi aşakdaky ýaly anyklanýar:

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

ýa-da

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

Egri çyzyk boýunça hereketlenýän jisimiň orun üýtgetmesi onuň geçen ýoluna deň bolmaýar. Şonuň ýaly-da, gorizontaal zyňlan jisimiň hereketi dowamynda tizlik wektorynyň moduly we ugry üznüksiz üýtgäp durýar.

Mesele çözmegiň mysallary

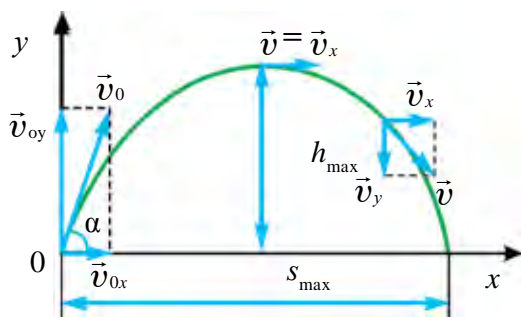
1. Jisim 35 m beýiklikden 30 m/s tizlik bilen gorizonta oklandy. Onuň ýere gaçýan tizligini tapyň.

Berlen: $h = 35 \text{ m}$ $v_0 = 30 \text{ m/s}$ $g \approx 10 \text{ m/s}^2$	Formulasy: $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$	Çözülişi: $v = \sqrt{(30 \text{ m/s})^2 + 2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 35 \text{ m}} =$ $= 40 \text{ m/s.}$
Tapmaly $v = ?$		Jogaby: 40 m/s.



1. Gorizonta zyňlan jisim nähili hereketlerde gatnaşýar?
2. Gorizonta zyňlan jisimiň traýektorýasy nähili çyzykdan ybarat?
3. Gorizonta zyňlan jisimiň tizliginiň gorizonta we wertikal düzüjilerinden haýsýsý jisimiň hereketi dowamynda üýtgemeyär?
4. Gündelik durmuşdan tema degişli goşmaça mysallar getirip bilersiňizmi?
5. Gorizonta ugurda başlangyç 10 m/s tizlik bilen zyňlan jisimiň uçuş uzaklygy, zyňlan beýikligine deň boldy. Jisim nähili beýiklikden zyňlan?

7-nji tema. GORIZONTA ÝAPGYT ZYŇLAN JISIMIŇ HEREKETI



1.11-nji surat

Gorizonta görä haýsý-da bolsa burç astynda ýapgytlygyna zyňlan jisimiň hereketine syn etsek, onuň ilki gorizonta ugurda zyňlan nokadyndan uzaklaşýandygyny hem-de wertikal ugurda ýokary galýandygyny görýäris. Diýmek, gorizonta ýapgyt zyňlan jisim bir wagtyň özünde gorizonta we wertikal ugurlar boýunça

hereketlenýän eken. Gorizonta ugurda jisim deňölçegli hereketlenýär. Ol wertikal ugurda maksimal beýiklige görerilýänçe deňölçegli haýallaýan, soňra pese garap deňizlenýän hereket edýär (1.11-nji surat).

Gorizonta burç astynda zyňlan jisimiň hereket traýektorýasy parabola görnüşinde bolýar. Jisim uçuş prosesinde bir wagtyň özünde gorizonta

we wertikal ugurlarda hereketlenýänligi üçin jisimiň v_0 başlangyç tizligini gorizonta (v_{0x}) we wertikal (v_{0y}) düzüjilere bölýäris:

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

Hasaplamalary ýönekeýleşdirmek üçin howanyň garşylygyny hasaba almaýarys. Jisimiň islendik t wagtdan soňky gorizonta ugurdaky orun üýtgetmesi aşakdaky

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

deňlikden anyklanýar.

Jisimiň islendik t wagtdaky gorizonta we wertikal ugurdaky tizligi aşakdaky deňliklerden anyklanýar:

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

Gorizonta ýapgytlygyna zyňlan jisimiň hereketi dowamynda tizliginiň gorizonta düzüjisi üýtgemese-de, tizligiň wertikal düzüjisi ýokary galanda barha deňölçepli kemelýär we traýektoriyanyň iň ýokary nokadynda nola deň bolýar. Diýmek, gorizonta burç astynda zyňlan jisimiň traýektoriyasynyň iň ýokary nokadynda minimal tizlige eýe bolýar:

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

Şondan soň, jisim şu nokatdan v_{0x} tizlik bilen gorizonta zyňlan jisim ýaly hereket edýär.

Jisimiň traýektoriyasynyň iň ýokary göteriliş nokadynda $v_y = 0$ ýa-da $v_0 \sin \alpha - gt = 0$ gatnaşykdan göteriliş wagty anyklaýarys:

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

Jisimiň maksimal göteriliş beýikligi aşakdaky ýaly bolýar

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

Jisimiň pese garap hereket (gaçýan) wagty, onuň ýokary göteriliş wagtyna deň, ýagny $t_k = t_t$. Mundan jisimiň umumy uçuş wagty:

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

Gorizonta burç astynda zyňlan jisim gorizonta ugurda deňölçegli hereket edýär. Şu sebäpli jisimiň uçuş uzaklygy tizligiň diňe gorizonta düzüjisine bagly bolýar. Uçuş uzaklygyny hasaplamak üçin uçuş wagtynyň aňlatmasyny $s_x = v_0 \cdot t = v_{0x} \cdot t = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$ aňlatma goýýarys we

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

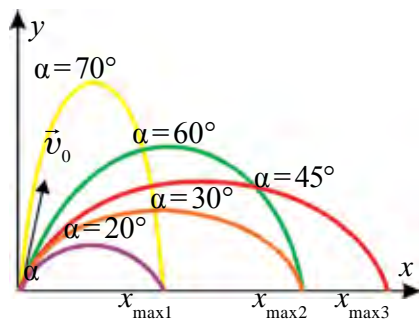
ýa-da

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

eýe bolarys. Şu aňlatmadan görnüşi ýaly, gorizonta görä burç astynda zyňlan jisimiň uçuş uzaklygy zyňylma burçuna bagly. 1.12-nji suratda jisimiň uçuş uzaklygy we göteriliş beýikliginiň zyňylma burçuna baglylygy getirilen. Suratdan görnüşi ýaly burçuň barha artmagy bilen göteriliş beýikligi hem barha artýar.

Jisimiň uçuş uzaklygy ilki başdaky zyňylma burçunyň artmagy bilen artýar we 45° -a deň bolanda maksimal baha ýetýär. Soňra burçuň artmagy bilen uçuş uzaklygy kemelýär.

Gorizonta görä burç astynda zyňlan jisimiň hereket traýektoriyasynyň deňlemesini getirip çykarýarys. Munuň üçin



1.12-nji surat

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

deňlemä (1.29) deňlemeden

$t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$ wagty tapyp goýsak,

traýektoriya deňlemesi aşakdaky görnüşde digi gelip çykýar:

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

Diýmek, gorizonta ýapgyt zyňlan jisim koordinata başlangyjyndan geçýän parabola boýunça hereketlenýän eken, çünki $x=0$ da $y=0$ bolýar. Bu deňlemedäki x^2 öňündäki koeffisiýentiň otrisatel alamatly bolanlygy parabolanyň şahalarynyň pese garap ýönelenligini aňladýar.

Real şertlerde howanyň garşylygy uçuş uzaklygyna güýçli täsir edýär. Meselem, 100 m/s bilen zyňlan snaryad wakuumda 1000 m-e uçup barsa, howada 700 m-e barýar. Tejribeler, zyňylma burçuny 30–40° edip alynsa, zyňlan jisim iň uzak aralyga gidýändigini görkezýär.

Mesele çözmegiň mysallary

1. Pökgi 10 m/s tizlik bilen gorizonta 30° ýapgytlykda zyňyldy. Ol näçe beýiklige göteriler?

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$v_0 = 10 \text{ m/s}$ $\alpha = 30^\circ$ $g = 9,81 \text{ m/s}^2$	$h_{\max} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$	$h_{\max} = \frac{\left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \cdot 1/4}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 1,27 \text{ m.}$
Tapmaly $h = ?$		<i>Jogaby: 1,27 m.</i>



1. Basketbolçy pökini tora düşürmek üçin özüniň boýuny hasaba alýarmy?
2. Gorizonta ýapgyt zyňlan jisim howa garşylygy hasaba alnanda nähili traýektoriya boýunça hereketlenýär?
3. Ok-ýaý atmak ýaryşyna gatnaşýan sportçy kemanyň okuny gorizonta görä nähili burç astynda atmaly?

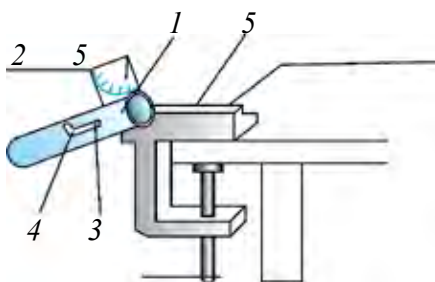


Howluda ýa-da wannada wodoprowod kranyna şlang birikdirip, suwy dürli burç astynda sepip görüň. Netijäni derňäň.

8-nji tema. LABORATORIÝA IŞI: GORIZONTA ÝAPGYT ZYŇLAN JISIMIŇ HERKETINI ÖWRENMEK

Işiň maksady. Jisimiň uçuş uzaklygynyň zyňylma burçuna baglylygyny barlamak.

Gerekli esbaplar we enjamlar. Ballistik sapaňça, metal şarjagaz, ölçeg lentasy, 2–3 list ak we gara kagyz (kopirowka).



1.13-nji surat

Işiň ýerine ýetirilişi.

1. Ballistik sapaňça laboratoriýa stolunyň gyrasyna ornaşdyrylýar (1.13-nji surat).
2. Ballistik sapaňçanyň ýapgytlyk burçuny 30° edip tutguja berkidilýär (*Ýapgytlyk burçy sapaňça berkidilen transportiriň kömeginde anyklanýar*).
3. Tutguç yza çekilýär we ony stwoluň ilgençegine girizilýär.
4. Metal şarjagaz stwoluň içine ýerleşdirilýär.
5. Tutgujy ilgençekden çykaryp goýberilýär we şarjagazyň düşýän ýeri anyklanýar.
6. Tejribe ýokardaky ýaly iň bolmanda 3 gezek gaýtalanýar.
7. Ballistik sapaňçanyň ýapgytlyk burçuny 45° -a goýup tejribe gaýtalanýar.
8. Hasaplanan ululyklaryň bahasy aşakdaky jedwele ýazylýar.

Zyňylma burçy	Tejribe	l , uçuş uzaklygy, (m)	l_{ort} , (m)	Δl , (m)	Δl_{ort} , (m)
30°	1-nji tejribe				
	2-nji tejribe				
	3-nji tejribe				
45°	1-nji tejribe				
	2-nji tejribe				
	3-nji tejribe				



1. Gorizonta görä ýapgyt zyňlan jisimiň hereketiniň traýektoriyasy nähili bolýar?
2. Gorizonta görä ýapgyt zyňlan jisimiň uçuş uzaklygy nähili ululyklara bagly?
3. v_0 başlangyç tizlik bilen burç astynda zyňlan jisimiň gaçýan wagtyndaky tizligi nähili bolýar we gorizont bilen nähili burç emele getirýär?
4. Tejribede alnan netijelere görä uçuş uzaklygy we uçuş wagtynyň bahasy zyňylma burçuna baglylygyny derňäň.

1-nji gönükme

1. Motorly gaýyk derýada menzile ýetip barmak üçin 1,8 sagat, gaýdyp gelmek üçin bolsa 2,4 sagat wagt sarplandy. Eger sal iberilse, menzile näçe wagtda ýetip barar? (Jogaby: 14,4 sagat).

2. Metrodaky eskalator adamy 30 s-da ýokary alyp çykýar. Eger adam we eskalator birlikde hereketlense, 10 s-da göterilýär. Eskalator dynç dursa adam näçe wagtda ýokary çykar? (Jogaby: 15 s).

3. Jisim 80 m beýiklikden erkin gaçýar. Gaçmagyň ahyrky sekundyndaky orun üýtgetmäni tapyň. Hereket dowamyndaky ortaça tizligini anyklaň. Jisimiň başlangyç tizligini nola deň diýip hasaplaň. (Jogaby: 35 m, 20 m/s).

4. Eger wertikal ýokary zyňlan jisim ýoluň ahyrky 1/4 bölegini 3 s-da geçen bolsa, ol näçe wagt göterilipdir? Onuň başlangyç tizligi nähili bolupdyr? (Jogaby: 6 s, 60 m/s).

5. Eger başlangyç tizliksiz erkin gaçýan jisim ahyrky sekuntda 75 m ýoly geçen bolsa, ol nähili beýiklikden gaçypdyr? Hereketiň ahyryndaky tizligi nämä deň? (Jogaby: 320 m, 80 m/s).

6. Iki şarjagaz bir nokatdan 20 m/s başlangyç tizlik bilen 1 sekunt wagt interwaly bilen ýokary wertikal zyňlydy. Birinji şarjagaz zyňlandan näçe wagt geçensoň, şarlar duşuşýar? (Jogaby: 2,5 s).

7. Mahowik aýlananda halkasyndaky nokatlaryň tizligi 6 m/s olardan oka 1,5 sm ýakyn aralykda bolan nokatlaryň tizligi bolsa 5,5 m/s bolsa, mahowigiň radiusy näçe? (Jogaby: 18 sm).

8. Mehaniki hereket I tigirden II tigire lenta arkaly geçirilýär. Eger II tigiriň burç tizligi $100 \pi \text{ s}^{-1}$, tigirleriň radiuslary degişlilikde 30 we 10 sm bolsa, I tigrir minudyna näçe gezek aýlanýar? (Jogaby: 300 gezek).

9*. Magnitofon saraýjysy 4 m/s tizlik bilen 40 s-da lentany sarady. Eger saraýjynyň başlangyç radiusy 2 sm, ahyrky radiusy 6 sm bolsa, lentanyň galyňlygyny anyklaň. (Jogaby: 0,063 mm).

10. h beýiklikden v_0 başlangyç tizlik bilen gorizonta zyňlan jisim baryp düşen nokadyna hut düşmegi üçin ony $h/3$ beýiklikden nähili gorizonta tizlik bilen zyňmaly? (Jogaby: $v = \sqrt{3} v_0$).

I baby jemlemek üçin test soraglary

- 1. Motorly gaýygyň derýanyň akymy boýunça ýüzendäki kenara görä tizligi 6 m/s, akyma garşy ýüzende bolsa 4 m/s. Derýanyň akymynyň tizligi (m/s) nämä deň?**
A) 0,5; B) 1; C) 2,5; D) 5.
- 2. Jisim 15 m/s tizlik bilen wertikal pese garap taşlandy. Ol 2 s geçensoň nähili tizlige eýe bolar (m/s)?**
A) 25; B) 35; C) 30; D) 45.
- 3. Jisim nähili tizlik bilen wertikal oklansa, ol 6 s-dan soň zyňlan ýerine gaýdyp düşer (m/s)?**
A) 20; B) 35; C) 30; D) 40.
- 4. Dik ýokary zyňlan jisimiň tizligi 2 s geçensoň, iki esse kemeldi. Ol nähili tizlik bilen zyňlan?**
A) 30; B) 40; C) 50; D) 60.
- 5. Massalary 100 g we 150 g bolan iki metal şarjagaz birmeňzeş tizlik bilen dik ýokary zyňlydy. Olaryň haýsysy beýigräk göteriler? Howanyň garşylygyny hasaba almaň.**
A) massasy kiçi bolan şarjagaz;
B) massasy uly bolan şarjagaz;
C) ikisi birmeňzeş beýiklige çenli göterilýär;
D) berlen maglumatlar ýeterli däl.
- 6. Aýlanma hereket 50 sany dişi bolan tigiden 150 sany dişi bolan tigre geçirilýär. Birinji tigr 2 s dowamynda bir gezek doly aýlanyp çykrsa, ikinji tigriniň aýlanma döwri näçe?**
A) 3 s; B) 7,5 s; C) 5 s; D) 6 s.

7. Egri çyzykly deňölçegli hereketde aşakdaky ululyklaryň haýsysy üýtgemeyär?
- A) pursatlaýyn tizlik moduly; B) tizlenme moduly;
C) ortaça tizlik moduly; D) tizlenme wektory.
8. Egri çyzykly deňölçegli hereketde tizlenme wektorynyň ugry nähili?
- A) traýektoriyanyň egrilik radiusy boýunça merkeze;
B) traýektoriya galtaşma;
C) hereket traýektoriasy boýunça;
D) egri çyzyk radiusy boýunça merkezden daşary.
9. 125 m beýiklikdäki minaradan jisim 30 m/s tizlik bilen gorizonta ugurda zyňyldy. Jisimiň uçuş uzaklygyny anyklaň.
- A) 300 m; B) 120 m; C) 240 m; D) 150 m.
10. Jisim ýerden gorizonta görä 30° burç astynda 20 m/s başlangyç tizlik bilen zyňyldy. Başlangyç tizlik wektorynyň gorizonta we wertikal düzüjilerini anyklaň (m/s).
- A) 10 we 14,1; B) 17,3 we 10; C) 14,1 we 10; D) 20 we 10.

I bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, düzgünler we kanunlar

Ylmy gözegçilik	Ylmy barlag metody bolup ulgamly, işeňňir, maksada gönükdirilen bolýar.
Gipoteza	Haýsy-da bolsa bir proses, hadysa barada takmyny aýdylan pikir.
Tejribe (eksperiment)	Gipotezanyň dogrudygyny barlamak üçin mahsus şertlerde geçirilýär.
Model	Ykjamlaşan, tertipleşdirilen, möhüm taraplary aýratynlandyryp görkezilen halat.
Ylmy ideallaşdyrma	Alnan netijä görä ideal şertde nähili netije çykýandygyny aýdyp bermek.
Ylmy nazaryýet	Giň gerimli hadysalary düşündirýän kanunlar toplumu.
Laýyklyk prinsipi	Kesgitli araçäkde täze nazaryýetiň, öňki nazaryýet bilen gabat gelmegi.

Egri çyzykly deňölçegli hereket	Hereket traýektoriyasy egri çyzykdan ybarat bolan, tizliginiň ululygy üýtgemeýän, ýöne ugru traýektoriya galtaşma ýagdaýynda üýtgeýän hereket.
Hereketleriň özbaşdaklyk prinsipi ýa-da superpozisiýasy	Jisim gatnaşýan hereketler özbaşdak bolup, olaryň hereket tizligi (tizlenmesi) bir-birine bagly dälligi.
Ýokary garap wertikal hereket	Ýeriň dartuş güýjüniň ugruna garşylykly hereket. Hereket deňlemesi $h = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2}$.
Pese garap wertikal hereket	Ýeriň dartuş güýjüniň ugrundaky hereket. Hereket deňlemesi $h = v_0 \cdot t + \frac{gt^2}{2}$.
Üýtgeýän aýlanma hereket	Burç tizligi wagtyň dowamynda üýtgäp durýan aýlanma hereket.
Burç tizlenmesi	Burç tizliginiň üýtgemeginiň şu özgeriş üçin giden wagta gatnaşygy bilen ölçelýän ululyk $\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$.
Töwerek boýunça deňölçegli üýtgeýän hereketde islendik wagtdaky burç tizligini kesgitlemegiň formulasy	$\omega = \omega_0 + \varepsilon\Delta t$.
Tangensial tizlenme	Tizligiň san bahasy özgermegi sebäpli emele gelýär $\vec{a}_\tau = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$.
Egri çyzykly hereketiň doly tizlenmesi	$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$.
Friksion usulda hereketi geçirmek	Dürli radiusly iki tigr bir-birine täsir (degýän) üstleri arkaly geçirilýän hereket.
Hereketi lentalý geçirmek	Hereket bir tigiden ikinjisine berk dartylan lenta arkaly geçirilýär.

Hereketi dişli tigrler arkaly geçirmek	Dürli diametri iki dişli tigrini dişlerini birbirine geýdirmek arkaly aýlanma hereketi geçirmek.
Gorizonta zyňlan jisimiň uçuş uzaklygy we ýere çaknyşandaky tizligi	$s = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} ; \quad v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} .$
Gorizonta burç astynda zyňlan jisimiň minimal tizligi	$v_{\min} = v_0 \cdot \cos \alpha .$
Gorizonta burç astynda zyňlan jisimiň göteriliş beýikligi	$h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} .$
Gorizonta burç astynda zyňlan jisimiň uçuş wagty	$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} .$
Gorizonta burç astynda zyňlan jisimiň uçuş uzaklygy	$s = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} .$
Gorizonta zyňlan jisimiň hereket traýektoriyasy deňlemesi	$y = h - \frac{g}{2v_0^2} x^2 .$
Gorizonta burç astynda zyňlan jisimiň hereket traýektoriyasy deňlemesi	$y = x \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{g \cdot x^2}{2v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} .$

II bap. DINAMIKA

9-njy tema. DINAMIKANYŇ KANUNLARY

Bizi gurşaýan gurşawdaky jisimleriň hereketi mehanikanyň kanunlaryna boýun egýär.

Jisimiň hereketiniň üýtgemeginiň sebäplerini XVI asyryň ahyry we XVII asyryň başynda ilkinji gezek tejribeler arkaly jikme-jik öwrenen alym Galileýdi. Galileý jisimiň hereketini üýtgetmeginiň sebäbi barada aşakdaky ýaly ýazyppy:

Eger jisime başga hiç hili jisimler täsir etmese, jisim Ýere görä özüniň dynçlyk ýagdaýyny ýa-da gönüçyzykly deňölçegli hereketini saklaýar.

Galileý tarapyndan açylan bu kanun mehanikanyň esasy kanunlarynyň döremeginde birinji ädim boldy.

Bu kanunlary açmak üçin Nýutona hiç hili çylşyrymly esbap-enjamlar zerur bolmandyr. Munuň üçin ýönekeý tejribeler ýeterli bolan. Mundaky iň uly kynçylyk jisimleriň dürli-dürli hereketleriniň içinden iň möhümini, iň umumysyny görmegi başarmakdan ybaratdy.

Dinamika grekçe “dynamis” sözünden alnan bolup “güýç” diýen manyny aňladýar. Eger biz nähilidir jisimiň herekete gelendigini görsek, oňa täsir edýän başga bir jisimi hem görýäris. Başga jisim, herekete gelen jisimi dartmagy, iteklemegi ýa-da oňa aralykdan täsir etmegi mümkin (meselem, magnitiň demir şara täsiri). Ýerden haýsy-da bolsa beýiklige göterip goýlan jisim goýberilse aşak gaçýar. Bu tejribeleriň ählisinde **jisimiň tizliginiň üýtgemegi (ýagny tizlenme) hemişe başga bir jisimiň täsiri sebäpli emele gelýär.** Bu jümle Nýutonyň mehanikasynyň iň möhüm netijesi hasaplanýar.

Jisimleriň bir-biri bilen özara täsirleşme prosesine – **özara täsir** diýilýär. Fizikada ähli özara täsirler hökman jübüt bolýar. Ýagny, islendik täsir ters täsiri emele getirýär.

Ýöne beýle netijä derrew gelinmändir. Beýik akyldar Aristotel jisimiň hereketiniň üýtgemeginiň sebäbini açmaga hereket edipdir. Onuň ýazmagyna görä, “Eger jisime itekleýji güýç täsir etmegini bes etse, hereketlenýän jisim togtap galýar”. Ýere göräli bolan dynçlyk ýagdaýy jisimiň tebigy ýagdaýy diýip düşündiripdir.

Şol döwürlerde Ýeri Älemiň merkezi diýip garandyklary sebäpli, möhüm bir sebäp bolmasa, jisim özüniň tebigy dynçlyk ýagdaýyna gaýdýar diýip düşündiripdirler. Hakykatan hem, tekiz asfalt ýolda barýan awtomobiliň benzini gutaryp galsa, dwigateli öçýär. Awtomobil biraz ýöräp togtayar. Edil şeýle netijäni welosipede, köldäki gaýyga-da ulanmak mümkin.

Alnyp barylan gözegçilikler we netijeler esasynda dinamikanyň birinji kanuny tapylypdy. Ol aşakdaky ýaly aňladylýar:

Inersial ulgam diýlip atlandyrylýan şeýle hasaplama ulgamlar bar, ýagny ondaky jisim başga jisimlerden ýeterli derejede uzak ýerleşýän bolsa, dynç ýa-da gönüçzykly deňölçegli hereketde bolýar.

Bu kanun bir tarapdan, inersial hasaplama ulgamyna kesgitleme berse, ikinji tarapdan, hakykatdan hem, şeýle ulgamlaryň bardygyny barlamak mümkinçiligini berýär. Mehanikanyň birinji kanuny, inersial hasaplama ulgamyny aýratyn mahsus orna goýýar.

Aýlanýan gaty jisimiň her bir nokady tizlenme bilen hereketlenýär. Islendik bölejigiň tizlenmesi jisimdäki başga bölekleriň täsiri sebäpli bolýar. Başgaça aýdanda, gaty jisimi düzýän bölejikler “erkin jisim” bolup bilmeýär we oňa Nýutonyň birinji kanunyny ulanyp bolmaýar.

Şeýdip, jisimleriň dynç ýa-da gönüçzykly deňölçegli hereket ýagdaýyndan çykmagynyň sebäbi başga jisimleriň täsiridigini bildik. Jisimleriň bir-birine bolan täsiri güýç bilen häsiýetlenýär.

Nýutonyň kesgitlemegine görä, mehanikada, jisimleriň bir-birine täsiri netijesinde tizlenme almagyna sebäp bolýan mukdar ölçegine güýç diýilýär.

Bu güýje hil taýdan berlen kesgitlemedir. Bu bilen mehanikada iki tassyklamany girizdik:

- 1) jisimlerde tizlenme, güýjüň täsiri sebäpli bolýar;
- 2) tizlenme berýän güýç başga jisimleriň täsiri sebäpli bolýar.

Güýç düşünjesi iki jisime degişlidir. Güýç wektor ululyk bolup ugra eýe. Güýji mukdar taýdan kesgitlemek üçin ony ölçemeli. Munuň üçin ony başga bir etalon güýç bilen deňeşdirilýär.

Tebigy taýdan nähili bolmagyna seretmezden, güýçleriň jisime bir wagtdaky täsiri onuň tizligini üýtgetmese (ýagny, oňa tizlenme bermese), moduly taýdan deň we garşylykly ýönelen bolýar.

Tejribelerden görnüşi ýaly, jisimiň alan tizlenmesi oňa goýlan güýçden daşary jisimiň häsiýetlerine-de bagly. Diýmek, bu häsiýeti anyklaşdyryp almalý. Mehanikada bu häsiýet **jisimiň massasy** bilen kesgitlenýär.

Size 7-nji synpdan mälüm bolşy ýaly, jisime goýlan güýjüň jisimiň alan tizlenmesine gatnaşygy hemişelik ululykdyr

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

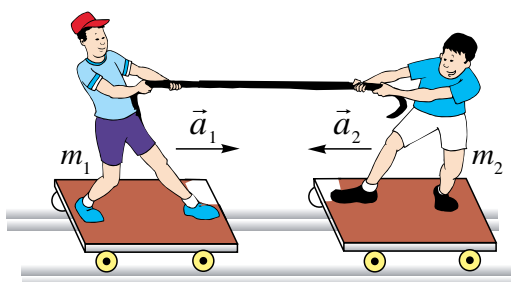
Jisime degişli $\frac{F}{a}$ gatnaşyk bilen ölçelýän ululyga inert massa diýilýär.

Massa – jisimiň inertlik häsiýetini kesgitleýär, ýagny onuň güýjüň täsirinde näçe tizlenme almak ukybyny häsiýetlendirýär.

Massa düşünjesi girizilenden soň, dinamikanyň ikinji kanuny aşakdaky ýaly häsiýetlendirilýär:

Jisimiň alan tizlenmesi goýlan güýje göni, jisimiň massasyna ters proporsional bolýar:

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



2.1-nji surat

Bu aňlatma tebigatyň şeýle bir fundamental formulasy bolup, oňa ullakan asman jisimleriniň hereketi hem, şemal uçuran maýda gum bölejiginiň hereketi-de boýun egýär.

Ýokarda aýdylyşy ýaly, özara täsir hemişe jübüt bolýar. Meselem, 2.1-nji suratda *Alyşir Bahadyra*

tanap arkaly täsir etse, *Bahadyr* hem *Alyşire* ters täsir edýär. Netijede *Alyşir* hem, *Bahadyr* hem tizlenme alýar.

Şu tejribe we şoňa meňzeş hadysalara gözegçilik edip, dinamikanyň üçünji kanuny çykarylýar:

Täsir hemişe ters täsiri emele getirýär. Olar san bahasy taýdan bir-birine deň bolup, bir göni çyzyk boýunça garşylykly ýönelen:

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

Bu güýçler dürli jisimlere goýlanlygyndan, bir-birini deňagramlylaşdyryp bilmeyär. Ýagny, özara täsirleşýän jisimler bu güýçleriň täsirinde aýry-aýry tizlenme alýar:

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

Mesele çözmegiň mysallary. F güýjüň täsirinde m_1 massaly jisim 2 m/s^2 tizlenme alýar. m_2 massaly jisim bolsa, şol güýjüň täsirinde 5 m/s^2 tizlenme alýar. Bu jisimler özara birikdirilse, olar şol güýjüň täsirinde nähili tizlenme bilen hereketlenýär?

Berlen:

$$a_1 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$a_2 = 5 \text{ m/s}^2$$

$$m_1; m_2.$$

Tapmaly

$$a - ?$$

Formulasý:

$$F = m_1 \cdot a_1; \quad F = m_2 \cdot a_2$$

$$m_1 \cdot a_1 = m_2 \cdot a_2; \quad m_1 = \frac{a_2}{a_1} m_2$$

$$F = (m_1 + m_2) \cdot a;$$

$$m_2 a_2 = \left(\frac{a_2}{a_1} m_2 + m_2 \right) \cdot a$$

$$a = \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2}$$

Çözülişi:

$$a = \left(\frac{2 \cdot 5}{2 + 5} \right) \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{10}{7} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1,43 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

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



1. *Dinamikanyň kanuny boýunça Galileý aýdan pikirde nähili ýalňyşlyk bardy?*
2. *Inert massa diýende nämäni düşünyäris?*
3. *Özüňize mälim bolan özara täsirleri aýdyň we mysallar getiriň.*
4. *Özara täsir netijesinde näme üçin jisimler hemişe hem tizligini üýtgetmeýär?*

10-njy tema. GALILEÝIŇ OTNOSITELLIK PRINSIPI. INERSIAL WE INERSIAL DÄL HASAPLAMA ULGAMLARY

Otnositellik prinsipiniň açylmagynyň esasy sebäplerinden biri, Ýeriň hereketi, has takygy onuň öz okunyň daşynda aýlanýandygy baradaky gipoteza boldy. Şeýle sorag döreýär: eger Ýer öz okunyň töwreginde aýlanýan bolsa, näme üçin biz ony Ýeriň üstünde geçirilen eksperimentlerde duýmaýarys? Bu meseläniň üstündäki ara alyp maslahatlaşmalara gatnaşan orta asyrda ýaşap döredijilik eden Nikolaý Orema (XIV asyr), Alawuddin Ali al-Kuşçylar (XV asyr) aşakdaky netijä gelipdirler: Ýeriň aýlanmagy onuň üstünde geçirilen tejribelere täsir etmeýär.

Çak edeliň, siz synpdaşlaryňyz bilen birlikde ullakan gäminiň içinde, daşky aýnalary garaldylan otagynda otyrsyňyz. Şonda synpdaşlardan biri häzir gämi dynç durmy ýa-da hereketdemi, diýen soragy berdi. Daşky paluba çykmazdan, muny nähili kesgitlemek mümkin? Çagalardan biri: “Geliň, tejribe geçirip göreris. Stoldaky zatlardan birini ýokardan aşak taşlap görýäris. Eger gämi hereketsiz bolsa, ol wertikal düşer. Hereketde bolsa, düşüş döwründe gäminiň poly öňe gidip, azajyk yza düşýär”, diýip teklip etdi. Dürli zatlar taşlap görülende hemmesi pola tarap dik ýagdaýda hut bir ýere gaçdy. Diýmek, gämi dynç dur, diýen netijä gelindi. Daşky paluba çykyp garalsa, gämi bir tekiz Gaýkanmazdan ýüzüp barýan eken! Diýmek, mehaniki tejribeleri dynçlykda duran synp otagynda geçirilse-de, gönüçyzykly deňölçegli hereketlenýän wagonyň ýa-da gäminiň içinde geçirilse-de birmeňzeş bolýan eken.

Muňa birinji bolup Galileý öz ünsüni gönükdiripdi. Galileý hem siz çak edişiňiz ýaly, ullakan gäminiň içinde bolýan mehaniki prosesler, eger gämi gönüçyzykly deňölçegli hereketlenýän bolsa, edil dynçlykda duranda nähili geçse, şeýle bolýandygyny ýazyp galdyrypdyr. Munda hasaplama ulgamy hökmünde Ýer däl, eýsem hereketlenýän wagon ýa-da gämi alynýar.

Dynçlyk ýagdaýynda duran ýa-da otnositel gönüçyzykly deňölçegli hereketlenýän hasaplama ulgamlaryna *inersial hasaplama ulgamlary* diýilýär.

Bir tekiz akýan derýada gämi akym boýunça ýüzüp barýan bolsa, hasaplama ulgamy hökmünde kenary ýa-da suwy almak mümkin. Edil şeýle, gönüçyzykly deňölçegli hereketlenýän otlynyň wagonynda otly boýunça

hereketlenýän adam üçin hasaplama ulgamy hökmünde wagony ýa-da Ýeri almak mümkin. Adamyň wagona görä tizligi v , wagonyň Ýere görä tizligi u bolsun. Eger adam wagonyň hereket ugry bilen birmeňzeş ugurda hereketlense, onuň Ýere görä tizligi $u+v$ bolýar. Hereket garşylykly ugurda bolsa, $u - v$ bolýar. Muňa **Galileyiň tizlikleri goşmak düzgüni** diýilýär.

Tejribeler inersial hasaplama ulgamlarynda sagatlar birmeňzeş döwür bilen ýöreyändigini görkezdi.

Jisimleriň orun üýtgetmesi hasaplama ulgamlarynda birmeňzeş bolmaýar. Çünki hereketlenýän wagonyň içindäki adamyň wagona görä orun üýtgetmesi Ýere görä orun üýtgetmesinden kiçi bolýar. Jisimiň massasyny dynçlyk ýagdaýynda duran wagonyň içinde ölçelende-de, gönüçzykly deňölçegli hereketlenýän wagonda ölçände-de birmeňzeş çykýar.

Şeýdip, inersial hasaplama ulgamlarynda wagt, massa, tizlenme we güýç *birmeňzeş (invariant)* bolýar.

Dynçlyk ýagdaýynda duran hasaplama ulgamynda güýç F -e, massa m -e, tizlenme a -ga deň bolsa, gönüçzykly deňölçegli hereketlenýän ulgamda deňişlilikde F' , m' we a' bolýar. $F = F'$; $m = m'$ we $a = a'$ bolanlygy sebäpli, Nýutonyň ikinji kanuny $F = F' = ma$ ýa-da $F' = m'a'$ ýaly aňladylýar. Mundan Nýuton kanunlary ähli inersial hasaplama ulgamlarynda ýerlikli bolýandygy gelip çykýar.

Galileyiň otositellik prinsipini umumy ýagdaýda aşakdaky ýaly kesgitlemek mümkin:

Ähli inersial hasaplama ulgamlarynda hemme mehaniki prosesler birmeňzeş geçýär.

Ýöne şeýle bir zady ýatdan çykarmak bolmaýar. Biziň bilşimiz ýaly, gönüçzykly deňölçegli hereket gaty seýrek duşýar. Bu diýildigi inersial hasaplama ulgamlary örän kem bolýar. Şoňa görä hemişe inersial ulgam ýakyn bolan ulgamlaryň bardygyny ýatda saklamalydyrys. Ýeri biz inersial hasaplama ulgamy diýip garaýarys. Hakykatda, ol öz okunyň töwereginde we Günüň daşynda aýlanýar. Aýlanma hereketde hemişe tizlenme bar. Şoňa seretmezden Ýeri inersial hasaplama ulgamyna girizýäris. Munuň sebäbi, bu tizlenmäniň örän kiçiligindedir. Meselem, bu tizlenme ekwatorda $0,035 \text{ m/s}^2$ -a deň bolup, erkin gaçma tizlenmesine garanda örän kiçi. Şoňa görä, ony hasaba almazdan, hereketi deňölçegli diýip garamak mümkin. Ýeriň Günüň daşynda aýlanandaky tizlenme mundan-da kiçi. Şoňa görä Ýeri inersial hasaplama ulgamyna girizýäris. Edil şeýle, Ýere görä gönüçzykly

deňölçeqli hereketlenýän otlyny-da inersial hasaplama ulgamyna girizmek bolýar.

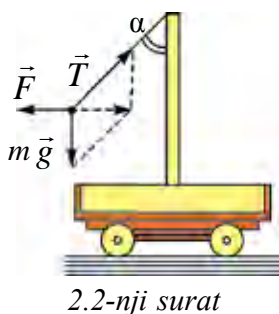
Ýokarda nygtalyşy ýaly, gönüçzykly deňölçeqli hereketlenýän ulgamlarda Nýutonyň kanunlary ýerlikli bolýar. Eger hasaplama ulgamy egri çzykly ýa-da tizlenme bilen hereketlenýän bolsa näme? Şeýle ulgamlara **inersial däl hasaplama ulgamlary** diýilýär. Nädip inersial däl hasaplama ulgamlarynda Nýutonyň kanunlaryndan peýdalanmak mümkin? Ondan peýdalanmak üçin tizlenmäniň emele geliş sebäbini ýatlalyň. Tizlenmäniň emele geliş – bu güýç. Diýmek, Nýutonyň ikinji kanunyndan peýdalanmak üçin jisime başga jisimler tarapyndan täsir edýän güýçler bilen birlikde **inersiýa güýjüni** girizýäris. Inersiýa güýji jisime başga jisimler tarapyndan däl, eýsem hasaplama ulgamy tizlenme bilen hereketlenýändigigi sebäpli täsir edýär. Onda Nýutonyň ikinji kanuny aşakdaky

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

görnüşinde bolýar.

Inersiýa güýjüniň aňlatmasyny tapmak üçin tizlenmäniň absolýut bahasy \vec{a}_{ab} we tizlenmäniň otnositel bahasy \vec{a}_{otn} -iň tapawudyndan peýdalanýarys. Onda inersiýa güýji aňlatmasy aşakdaky ýaly bolýar:

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



Aýdylanlara mysalda garalyň. Kiçi bir arabajykda sütün ornaşdyrylan bolup, oňa 2.2-nji suratda görkezilişi ýaly maýatnik asylan. Arabajyk Ýere görä \vec{a}_{ab} hemişelik tizlenme bilen hereketlenýär. Maýatnik arabajyga görä gozganmaýan: $a_{otn}=0$. Maýatnige $m\vec{g}$, $m\vec{a}_i$ we \vec{T} güýçler täsir edýär. \vec{T} – maýatnik asylan ýüpüň dartgynlyk güýji. Ýöne bu güýçler maýatnige tizlenme bermeýär. Nýutonyň ikinji kanuny ýerine

ýetirilmegi üçin oňa inersiýa güýji $\vec{F}_i = -m\vec{a}_i$ -ni girizmeli. Onda

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

Diýmek, Nýutonyň ikinji kanuny şertli ýagdaýda ýerine ýetirilýär.

Maýatnigiň gysarma burçy $\text{tg}\alpha = \frac{a_i}{g}$.



1. Inersial hasaplama ulgamlary diýende nämäni düşünyäris?
2. Inersial hasaplama ulgamlarynda nähili fiziki ululyklar birmeñzeş bolýar?
3. Nýutonyň üçünji kanuny inersial hasaplama ulgamlary üçin ýerliklimi?

11-nji tema. GRAWITACION MEÝDANDAKY HEREKET

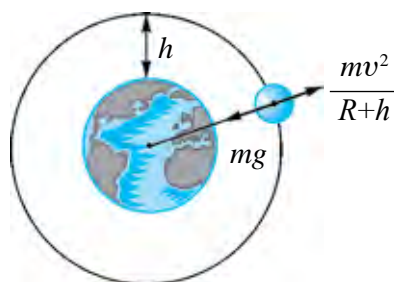
Siz 7-nji synpda Ýer öz daşynda hemişelik dartýşma meýdany emele getirýändigini we şu meýdan arkaly jisimleri özüne dartyp durýandygyny bilýärsiňiz. Diýmek, Ýerde bolýan ähli hereketlere dartýşma meýdany öz täsirini ýetirýär.

Dagyň çür depesine çykyp, ondan gorizont al ugurda v_0 tizlik bilen käbir jisim zyňlydy, diýip çak edeliň. Jisim uçup baryp, A nokada düşýär. Onda onuň görnüşi Nýuton tarapyndan çyzylan 2.3-nji surata meñzeş bolýar.

Jisim tizligi barha artdyrylsa, B we C nokatlara düşýär. Tizligiň belli bir bahasyndan başlap jisim Ýere gaçmazdan, Ýeriň daşynda töwerek boýunça herekete edýär. Bu jisim indi Ýeriň emeli hemrasyna öwrülýär. Emeli hemranyň hereketi, dartýşma meýdanyndaky hereket bolýar. *Näme sebäpden hemra Ýere gaçmaýar? Nähili tizlikde bu ýagdaýy görmek mümkin?* Ilki bilen, hemra täsir edýän güýçleri alyp garalyň. Hemra hemişe Ýeriň dartýş güýji täsir edýär. Mundan daşary, oňa howanyň garşylyk güýji täsir edýär. Garşylyk güýji kem bolmagy üçin ony atmosferanyň iň ýokary gatlaklaryna alyp çykmaly.



2.3-nji surat



2.4-nji surat

Amalda Ýeriň üstünden 300–400 km beýiklikde howanyň garşylygy ýok diýen ýaly. Diýmek, şeýle beýiklikde Ýeriň dartýş güýjüni hemrasyna berlen

tizlik sebäpli emele gelen merkezden gaçýan güýç kompensirleýär (2.4-nji surat).

Onda:

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

h beýikligi Ýeriň radiusy R_{yer} -e görä hasaba almasa hem bolýan ýagdaý üçin $R_{yer} + h \approx R_{yer}$ we

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

Ony hasaplamak üçin $R_{yer} \approx 6400$ km, $g = 9,8$ m/s² diýip alynsa, v –niň bahasy:

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

-a deň bolýar.

Bu tizlige **birinji kosmos tizligi** diýilýär.

Şeýle tizlik bilen hereketlenen Ýeriň emeli hemrasy $T_1 = \frac{2\pi R_{yer}}{v_1} = 84$ min 12 s-da Ýeriň daşyny bir gezek aýlanyp çykýar.

Amalda bir gezek aýlanyp çykmak üçin giden wagt hasaplap çykylan wagtdan uly bolýar. Muňa sebäp hemranyň orbitasynyň radiusy bilen Ýeriň radiusynyň bir-birinden tapawutlanýanlygydyr.

Şeýdip uly radiusly orbitalarda hereketlenýän hemralaryň tizligi Ýeriň üstüne ýakyn orbitalarda hereketlenýän hemralaryň tizliginden kiçi bolýar.

Şeýle hemralaryň aýlanma döwri:

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

Bu ýerde: T_1 –Ýeriň üstüne ýakyn orbitalarda hereketlenýän hemralaryň aýlanma döwri.

Islendik beýiklikde aýlanýan hemranyň aýlanma döwrüniň formulasyndan peýdalanylýan emeli hemra Ýerden mälim beýiklikdäki bir nokatda “gymyldamazdan” durmagy gerek bolan beýikligi tapmak mümkin. Diýmek, hemranyň aýlanma döwri 24 sagada deň bolmagy üçin nähili beýiklikde hereketlenmeli? Hasaplamalaryň görkezişi ýaly, beýiklik

$h = 6,6 R_{\text{Yer}}$ ýagny takmynan 42000 km-e deň bolmaly!

Şeýle orbita *geostasionar* orbita diýilýär.

Biziň planetamyзда adamzat taryhynda birinji gezek öňki SSSR-de 1957-nji ýylyň 4-nji oktýabrynda Ýeriň emeli hemrasy uçuryldy. Hemra şar şeklinde bolup, diametri 58 sm, massasy 83,6 kg-dy. Hemra ýeriň daşyny 1400 gezek aýlaw edip, umumy ýagdaýda 60 million km aralygy geçdi. 1961-nji ýylyň 12-nji aprelinde adam birinji gezek kosmosa çykdy. Birinji kosmonawt Ýuriý Alekseyewiç Gagarin öňki SSSR raýatydy. Soňluk bilen, 1969-njy ýylyň 20-nji iýulunda amerikalý astronomlar Neýl Armstrong we Edwin Oldrinler birinji bolup Aýa gondular.

Gün ulgamyna girýän planetalara barmak üçin kosmos gämisine *ikinci kosmos tizligi* berilmeli. Onuň san bahasy 11,2 km/s-a deň.

Alys ýyldyzlara barmak üçin bolsa Gün ulgamynyň dartyş güýjüni ýeňip çykyp gitmeli. Munuň üçin kosmos gämisi *üçünji kosmos tizligine* eýe bolmaly. Onuň bahasy 16,7 km/s-a deň.

Kosmosy zabt eden kosmonawtlaryň arasynda biziň watandaşlarymyz W. Janibekow we özbek milletine degişli S. Şaripow hem bar.



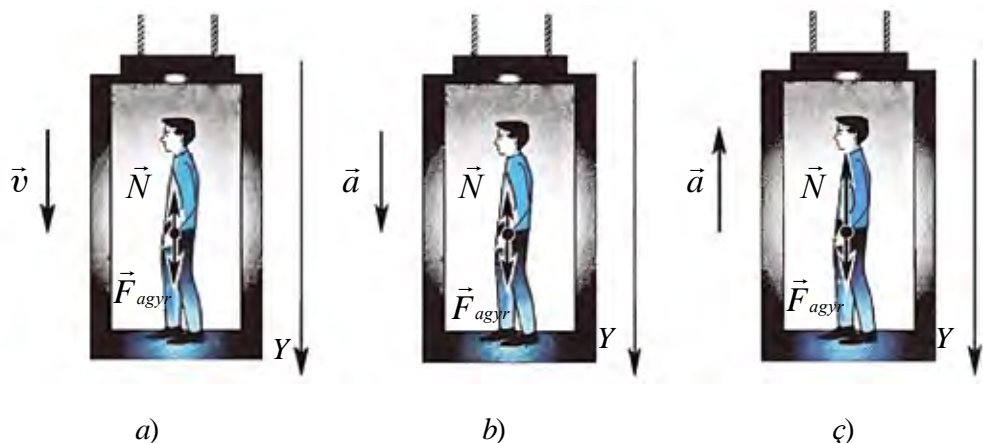
1. Náme sebäpden Ýer, özüniň daşynda hereketlenýän emeli hemrany çekip almaýar?
2. Aýy hem birinji kosmos tizligi bilen hereketlenýän hemra diýip garamak mümkinmi?
3. Emeli hemranyň ýeriň üstünden beýikliginiň artmagy bilen onuň tizligi nähili üýtgeýär?

12-nji tema. JISIMIŇ AGYRLYGYNÝŇ HEREKETIŇ GÖRNÜŞINE BAGLYLYGY

Häzirki günde ençeme administratiw binalar, ýaşayyş jaýlary köp etažly edip gurlan. Ýokarky etažlara çykmak we düşmek üçin liftlerden peýdalanylýar. Liftde çykýan we düşýän adamyň hereketine garalyň.

1. Massasy m bolan adam liftde dur. Lift pese ýa-da ýokary hemişelik $\vec{v} = \text{const}$ tizlik bilen hereketlenýän ýagdaýda (2.5-nji a surat) adamyň liftiň poluna (daýanja) berýän täsiri (agyrlýgy) $P = mg$ bolýar. Başgaça aýdanda, lift

hemişelik tizlik bilen hereketlenende jisim agyrlıgy lift dynçlyk ýagdaýynda duranda nähili bolsa, şeýleligine galýar.



2.5-nji surat

2. Lift pese \vec{a} tizlenme bilen düşýär (2.5-nji *b* surat). Onda Nýutonyň ikinji kanunyna görä

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

Bu ýerde \vec{N} –liftiň polunyň reaksiýa güýji, m –jisimiň massasy.

Nýutonyň üçünji kanunyna görä jisim agyrlıgy $\vec{P} = -\vec{N}$. Şoňa görä (2.7) ni hasaba alyp ýazýarys

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

Jisimiň hereket wagtyndaky netijeýji agyrlıgy

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

bolýar.

Şundan görnüşi ýaly, lift pese tarap a tizlenme bilen hereketlense, adamyň agyrlıgy ma -ga kemeleýän eken. Eger lifti saklap durýan tros ýiti boşadylsa, lift pese tarap $a=g$ tizlenme bilen hereketlenýär we adamyň agyrlıgy

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

bolýar.

Jisimiň daýanja ýa-da asma edýän güýji nola deň bolýan, ýagny agyrlygy ýitýän halata *agramsyzlyk* diýilýär.

Diýmek, jisim agramsyzlyk ýagdaýyna geçmegi üçin aşak tarapa $g=9,81 \text{ m/s}^2$ tizlenme bilen hereketlenmeli. *Mundan jisimler erkin gaçanda agramsyzlyk ýagdaýynda bolýandygy gelip çykýar.* Bölekleýin agramsyzlyk ýagdaýy sallançak uçanda, bökmegiň düşüş böleginde, ýapgytlykdan inersiýasy bilen böken motosiklçide görmek mümkin. Bu örän gysga wagtdowam edýär. Ýeriň emeli hemralarynda, orbital stansiýalarda ýaşayan kosmonawtlar uzak möhlet agramsyzlyk ýagdaýynda bolýar. Beýle wagtda adam organizminde gan aýlanyş we iýmitlenme ulgamy bozulýar. Orbital stansiýalarda agramsyzlyk ýagdaýynyň zyýanly netijelerini ýok etmek üçin mahsus çäreler görülýär.

3. Lift ýokary tarap \vec{a} tizlenme bilen göterilýär (2.5-nji ç surat). Munda adamyň liftiň poluna (daýanja) edýän agyrlygy

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

-a deň bolýar.

Şundan görnüşi ýaly, lift ýokary tarap tizlenme bilen göterilse, adamyň agyrlygy ma baha artýar. Bu ýagdaýa **artykmaç ýükleme** diýilýär.

Ýüklemäni, jisimiň hereket döwründäki agyrlygynyň, dynçlyk ýagdaýyndaky agyrlygyna gatnaşygy bilen tapylýar:

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

Bu ýagdaýda doly ýükleme daýanja düşýär. Ýöne adamyň göwresi boýunça bölekleýin ýüklenmeler peýda bolýar. Meselem, adamyň kellesiniň agyrlygy onuň boýnuna, kelläniň, boýnuň, egniň we elleriň agyrlygy bolsa bile we ş. m. aýaklara düşýär. Eger liftiň tizlenmesi $0,3-1 \text{ m/s}^2$ töwereginde bolsa, adam ony duýmaýar. Ýöne sesden çalt uçýan samolýotlarda, raketanyň göterilişinde tizlenme 100 m/s^2 çenli ýetýär. Bu ýagdaýa düşen ujujylaryň we kosmonawtlaryň aýtmagyna görä, agyrlyk olary oturgyja mäkämläp taşlaýar, elleri galdyrmak örän agyrlyk edýär, gabagy göterip, gözi açmak çendenaşa kyn bolýar.

Mesele çözmegiň mysallary

Lift pese garap $4,5 \text{ m/s}^2$ tizlenme bilen düşýär. Ondaky jisimiň agyrlıgy näçe esse kemeler?

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$a = 4,5 \text{ m/s}^2$	$P = m(g - a)$	$n = \frac{10}{(10 - 4,5)} \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{10}{5,5} = 1,82$
$g = 10 \text{ m/s}^2$	$F = mg \quad n = \frac{F}{P}$	
Tapmaly	$n = \frac{mg}{m(g - a)} = \frac{g}{g - a}$	
$n = ?$		Jogaby: 1,82 esse.

- ❓ 1. Samolýotdan böken paraşýtçy: a) paraşut açylýança erkin gaçanda; b) paraşut açylan wagtda; d) paraşutda bir tekiz düşýän wagtynda nähili ýagdaýda bolýar?
2. Eger ýokary göterilýän ýa-da düşýän lift tormozlanyp başlasa, ondaky adam nähili ýagdaýda bolýar?
3. Jisim gorizonta ugurda tizlenýän hereketlense, onuň agyrlıgy üýtgeýärmä?

13-nji tema. JISIMIŇ BIRNÄÇE GÜYJÜŇ TÄSIRINDÄKI HEREKETI

Nýutonyň ikinji kanunyny öwrenmekde jisime diňe bir güýç täsir edýän ýagdaýa garalypdy. Nýutonyň üçünji kanunyny öwrenenkdä jisimler täsirleşende birnäçe güýçler özara täsirleşýändigini gördük.

Gündelik durmuşda hem jisime diňe bir güýç täsir edýän ýagdaý bolmaýar. Hereketlenýän jisimlere dartyjy güýçden daşary sürtülme güýji hem täsir edýär. Gorizonta üstde duran m massaly jisime F_d dartyjy güýç täsir edýän bolsun. Bu wagtda oňa $F_{sür}$ sürtülme güýji hem täsir edýär. Eger $F_d > F_{sür}$ bolsa, jisim herekete gelýär. Munda jisimiň alan tizlenmesini kesgitlemek üçin haýsy güýçden peýdalanýarys? Munda *deň täsir edýän güýç* düşüňjesinden peýdalanýlar. Deň täsir edýän güýç diýlende jisime goýlan ähli güýçleriň geometrik jemi, ýagny netijeleşýän güýç düşünilýär. Bu ýagdaýda

$$\vec{F} = \vec{F}_t + \vec{F}_{sür} \text{ bolýar.}$$

Çekiji güýç we sürtülme güýçleriniň wektor jemini koordinata oklaryna proyeksiýalar bilen çalşyryp, algebraik jemi alynýar. Onda jisime täsir ediji güýçleriň özara garşylykly yönelenliginden onuň moduly

$$F = F_t - F_{\text{sür.}}$$

bilen anyklanýar.

Jisimiň alan tizlenmesi Nýutonyň ikinji kanunyna görä

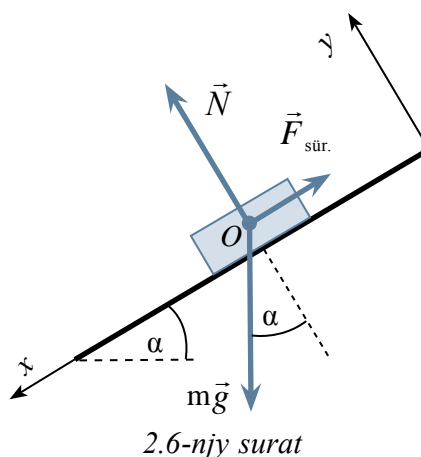
$$a = \frac{F_t - F_{\text{sür.}}}{m} \quad (2.11)$$

bilen anyklanýar.

Jisime birnäçe güýçler täsir edýän ýagdaý üçin iki meselä garap geçeliň.

1. Ýapgyt tekizlige goýlan jisimiň deňagramlylyk şertine we gaçma tizlenmesine garalyň (2.6-njy surat). Munda α -ýapgyt tekizligiň ýapgytlyk burçy. Ýapgyt tekizlik bilen oňa goýlan tagtajygyň arasyndaky sürtülme koeffisiýenti μ -a deň.

Ýapgyt tekizlikde duran tagtajyga agyrylyk güýji $m\vec{g}$, normal reaksiýa güýji \vec{N} we ýapgyt tekizlik boýunça ýokary yönlen dynçlyk ýagdaýyndaky sürtülme güýji $\vec{F}_{\text{sür.}}$ täsir edýär.



2.6-njy surat

x okuny ýapgyt tekizlik boýunça pese ugrukdyrýarys, y -okuny tekizlige perpendikulýar ugrukdyrýarys.

Ýapgyt tekizlikde jisim deňagramlylykda galmagy üçin oňa täsir edýän güýçleriň deň täsir edijisi nola deň bolmaly:

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

Mundan koordinata oklaryna bolan proyeksiýalar üçin deňlemeler ulgamyny ýazalyň:

$$1) x \text{ okunyň ugry boýunça } mg \sin\alpha - \vec{F}_{\text{sür.}} = 0;$$

$$2) y \text{ okunyň ugry boýunça } -mg \cos\alpha + N = 0.$$

Jisim ýapgyt tekizlikde deňagramlylykda galmagy üçin $\vec{F}_{\text{sür.}} \geq mg \cdot \sin\alpha$ deňsizlik ýerine ýetirilmeli.

Birinji deňlemä görä $\vec{F} = mg \cdot \sin\alpha$, N ikinji deňlemä görä $N = mg \cdot \cos\alpha$ bolýar. Bu aňlatmalary $\vec{F}_{sür.} = \mu N$ deňligi hasaba alsak, $mg \sin\alpha \leq \mu mg \cos\alpha$ deňsizlik ýerine ýetirilýär. Mundan $\tan\alpha \leq \mu$ gelip çykýar.

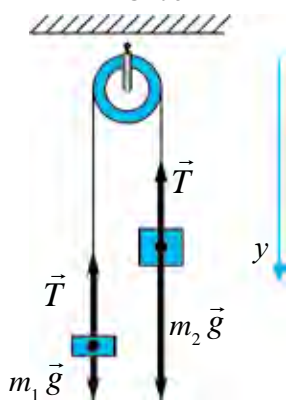
Şeýdip, $\tan\alpha \leq \mu$ şert ýerine ýetirilende tagtajyk ýapgyt tekizlikde deňagramlylykda galýar.

Eger $\tan\alpha \geq \mu$ bolsa, jisim ýapgyt tekizlik boýunça pese garap tizlenme bilen hereketlenýär. Tizlenmäni tapmak üçin $ma = mg \cdot \sin\alpha - \mu mg \cdot \cos\alpha$ deňlemäni düzýäris. Deňligiň iki tarapyny m -e gysgaldyp,

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

alarys.

2. Massasy hasaba alynmaýan derejede kiçi bolan gozganmaýan bloga m_1 we m_2 massaly ýükler asylan (2.7-nji surat). Eger $m_2 > m_1$ bolsa, ýükleriň hereketlenme tizlenmesiniň we ýüpüň dartgynlygy tapylsın. Blokdaky sürtülme güýjüniň we ýüpüň massasy hasaba alynmasyn.



2.7-nji surat

Her bir ýüke iki güýç täsir edýär: agyrlýk güýji we ýüpüň dartgynlyk güýji.

Bloğun we ýüpüň massasyny hem-de sürtülmäni hasaba almazlyk baradaky talap şuny aňladýar, ýagny ýüpüň iki tarapdaky dartgynlygy birmeňzeş bolýar. Ony T bilen belgiläp alýarys.

Ýükler üçin Nýutonyň ikinji kanunynyň deňlemesini ýazyp alýarys:

Ýüp süýnmeýän bolanlygyndan, ýükleriň orun üýtgetme moduly we şoňa laýyk, tizlikleri we tizlenmeleri deň bolýar. Ýükleriň tizlenme modulyny

a bilen belgileýäris. Onda y okuny pese ugrukdyryp, oňa bolan proyeksiýalar üçin deňlemeler ulgamyny ýazýarys:

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

Ikinji deňlemeden birinji deňlemäni aýyrýarys

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

Mundan

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

Birinji deňlemeden ikinji deňlemäni aýryp $T = m_1(g + a)$ -ny, ikinjiden birinjini aýryp, $T = m_2(g - a)$ -ny alýarys. Bu –tizlenme bilen biri pese, ikinjisi ýokary hereketlenýän jisimleriň agyrlýgy. Ýükler tizlenme bilen hereketlenýänligi sebäpli massalary dürlüçe bolsa-da, agyrlýklary birmeňzeş bolýar. Tizlenme üçin tapylan aňlatmany ýüpüň islendik tarapy üçin ýazylan aňlatmasyna goýsak,

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

-e eýe bolarys. Şu aňlatma bilen her bir ýüküň agyrlýgy tapylýar.

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



1. Jisime goýlan deň täsir ediji güýç nähili anyklanýar?
2. Güýçleriň koordinata oklardaky proyeksiýalary bilen işlemek, wektorlary goşmaga garanda nähili atykmaçlyklara eýe?
3. Jisime birnäçe güýç täsir edende onuň deňagramlylykda bolmak şerti nähili anyklanýar?
4. Blokdaýy ýüplere asylan ýükleriň agyrlýgy hereket döwründe näme üçin deň bolup galýar?

2-nji gönükme

1. Öýüň üçegi gorizonta görä 30° -y düzýär. Üçegiň üstünde ýörän adam aýakgabynyň aşagy bilen üçegiň üstüniň arasyndaky sürtülme koeffisiýenti näçe bolanda, ol typmazdan ýöräp bilýär? (Jogaby: 0,58).

2. Gozganmaýan blok arkaly geçirilen tanabyň uçlaryna 50 g we 75 g li ýükler asylan. Tanabyň we bloguň massasy hasaba alynmaýan derejede kiçi. Tanaby süýnmeýän diýip alyp, ýükleriň hereket tizlenmesini we tanabyň dartgynlylyk güýjüni tapyň. (Jogaby: $1,96 \text{ m/s}^2$; 0,6 N).

3. Arabanyň üstünde suwuklyk guýlan gap goýlan. Araba gorizont ugurda a tizlenme bilen hereketlenýär. Suwuklygyň üsti durnukly halatda bolanda, gorizont bilen nähili burçy emele getirýär? (Jogaby: $\text{tg} \alpha = \frac{a}{g}$).

4. Hemişelik güýjüň täsirinde hereket başlan jisim birinji sekuntda 0,5 m ýol geçdi. Eger jisimiň massasy 25 kg bolsa, täsir ediji güýç nämä deň? (Jogaby: 25 N).

5. Hemişelik güýjüň täsirinde hereket başlan 50 g massaly jisim 2 sekuntda 1 m ýol geçdi. Täsir ediji güýç nämä deň? (Jogaby: 0,025 N).

6. Liftäki suw salnan bedrede jisim ýüzüp ýör. Eger lift ýokary (aşak) a tizlenme bilen hereketlense, jisimiň batyş çuňlugy üýtgärmi?

7. Massasy M bolan silindre ýüp saralan. Soňra silindri aşak taşlap goýberilip, ýüpi ýokary çekip durulýar. Munda silindriň massa merkezi ýüpüň ýaýylan döwründe hut birmeňzeş beýiklikde galdy. Ýüpüň dartgynlyk güýji nämä deň.

8. Gorizonta ýerleşýän tagtakyda ýük dur. Ýük bilen tagtakygyň arasyndaky sürtülme koeffisiýenti 0,1. Tagtakyga gorizonta ugurda nähili a tizlenme berilse, onuň üstündäki ýük typyp düşer? (Jogaby: 1 m/s²).

9. Kagyz listiniň üstünde göni silindr dur. Silindriň beýikligi 20 sm we esasynyň diametri 2 sm. Kagyzy nähili minimal tizlenme bilen çekilse, silindr agdarylar. (Jogaby: $a = 0,1$ m/s²).

10. Massasy 6 t bolan, ýük ýüklenen awtomobil 0,6 m/s² tizlenme bilen hereketlenip başlady. Eger ol şol dartyş güýjünde ýerinden 0,4 m/s² tizlenme bilen gozgansa, oňa ýüklenen ýüküň massasy näçe bolupdyr? (Jogaby: 3 t).

II baby jemlemek üçin test soraglary

- Sözlemi dolduryň. Dynçlyk ýagdaýynda duran ýa-da gönüçyzykly deňölçegli hereketlenýän hasaplama ulgamlary ... diýilýär.**
 - ... otnositel hasaplama ulgamlary;
 - ... inersial hasaplama ulgamlary;
 - ... inersial däl hasaplama ulgamlary;
 - ... absolýut hasaplama ulgamlary.
- Massasy 10 kg bolan jisim 20 N güýjüň täsirinde nähili hereket edýär?**
 - 2 m/s tizlik bilen deňölçegli;
 - 2 m/s² tizlenme bilen tizlenýän;
 - 2 m/s² tizlenme bilen haýallaýan;
 - 20 m/s tizlik bilen deňölçegli.

3. 1 m/s^2 tizlenme bilen ýokary göterilýän liftde 50 kg massaly adam dur. Adamyň agyrlыgy näçä deň (N)?
 A) 50; B) 500; C) 450; D) 550.
4. Gozganmaýan bloga tanap arkaly massalary m_1 we m_2 bolan ýükler asylan. Olar nähili tizlenme bilen hereketlenýär? $m_1 < m_2$ diýip alınsyn.
 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. Liftiň nähili hereketinde ondaky jisimde ýükleme emele gelýär?
 A) Ýokary hemişelik tizlik bilen;
 B) Pese hemişelik tizlik bilen;
 C) Ýokary hemişelik tizlenme bilen;
 D) Lift hereketsiz bolanda.
6. Hemranyň *geostasionar* orbitasy diýlende näme düşünilýär?
 A) Hemranyň Ýeriň üstünden minimal orbitasy;
 B) Hemranyň Ýeriň üstünden maksimal orbitasy;
 C) Hemranyň Ýeriň üstünden mälim beýiklikde süýşmän duran orbitasy;
 D) Hemrada kosmonawtlar gözegçilik alyp barýan orbita.
7. Dinamometriň uçlaryna iki 60 N -dan bolan garşylykly güýçler goýulsa, dinamometr näçe nýutony görkezýär?
 A) 15; B) 30; C) 60; D) 120.
8. 3 N we 4 N güýçler bir nokatda goýlan. Güýçleriň ugurlarynyň arasyndaky burç 90° . Deň täsir ediji güýjüň moduly nähili (N)?
 A) 1; B) 5; C) 7; D) 3.

II bapda öwrenilen iň möhüm düşünjeler, düzgünler we kanunlar

Dinamikanyň birinji kanunyna Galileý beren kesgitleme	Eger jisime başga hiç hili jisimler täsir etmese, jisim Ýere görä özüniň dynç ýagdaýyny ýa-da gönüçyzykly deňölçegli hereketi saklaýar.
Dinamikanyň birinji kanuny	Inersial ulgam diýlip atlandyrylýan şeýle hasaplama ulgamlary bolup, ondaky jisim başga jisimlerden ýeterli derejede uzak ýerleşýän bolsa, dynç ýa-da gönüçyzykly deňölçegli hereketde bolýar.

Güýç	Jisimleriň bir-birine täsiri netijesinde tizlenme almaga sebäp bolýan mukdar ölçege.
Inert massa	Jisime degişli $\frac{F}{a}$ gatnaşyk bilen ölçelýän ululyk.
Dinamikanyň ikinji kanuny	Jisimiň alan tizlenmesi goýlan güýje göni, jisimiň massasyna ters proporsional bolýar: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ jisimiň massasynyň onuň tizlenmesine köpeltmek hasyly jisime deň täsir ediji güýje deň: $F = m\vec{a}$.
Dinamikanyň üçünji kanuny	Täsir hemişe ters täsirini emele getirýär. Olar san bahasy taýdan bir-birine deň bolup, bir göni çyzyk boýunça garşylykly ýönelen: $\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$.
Inersial hasaplama ulgamlary	Otnositel dynçlyk ýagdaýynda duran ýa-da gönüçyzykly deňölçegli hereketlenýän hasaplama ulgamlary.
Inersial däl hasaplama ulgamlary	Egri çyzykly ýa-da tizlenme bilen hereketlenýän hasaplama ulgamlary.
Inersiýa güýji	Hasaplama ulgamy tizlenme bilen hereketlenýändigini sebäpli emele gelen güýç.
Birinji kosmos tizligi	Ýeriň emeli hemrasy bolup galmak üçin jisim eýe bolmaly bolan tizlik – 7,91 km/s.
Ikinji kosmos tizligi	Gün ulgamyna girýän planetalara barmak üçin gerek bolýan tizlik – 11,2 km/s.
Üçünji kosmos tizligi	Gün ulgamynyň dartuş güýjüni ýeňip çykyp gitmek üçin gerek bolýan tizlik – 16, 7 km/s.
\vec{a} tizlenme bilen wertikal hereketlenýän jisim agyrlygy	$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$ – aşak düşýän jisimiň agyrlygy. $\vec{P} = m(\vec{g} + \vec{a})$ – ýokary göterilýän jisimiň agyrlygy.
Agramсызлык	Jisimiň daýanja ýa-da asma edýän güýji nola deň bolýan, ýagny agyrlygy ýitýän halat.
Ýükleme	$n = \frac{P}{mg} = \frac{g+a}{g}$.

III bap. MEHANIKA DA SAKLANMA KANUNLARY

14-nji tema. ENERGIYA WE IS. ENERGIYANYŇ SAKLANMA KANUNY. JISIMIŇ ÝAPGYT TEKIZLIK BOÝUNÇA HEREKETLENENDE EDILEN IS

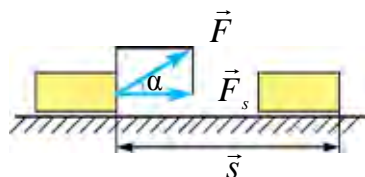
Energiya – dürli görnüşdäki hereketleriň we özara täsirleriň mukdar ölçegidir (ol grekçe *energeia – täsir* sözünden alnan). Energiya tebigatdaky hereketleriň görnüşine garap, dürlüçe bolýar. Meselem, mehaniki, ýylylyk, elektromagnit, ýadro energiýalary we başgalar. Özara täsir netijesinde bir görnüşdäki energiya başgasyna öwrülýär. Ýöne bu prosesleriň ählisinde, birinji jisimden ikinjisine berlen energiya (nähili görnüşde bolmagyna seretmezden) ikinji jisim birinjisinden alan energiya deň bolýar.

Nýutonyň ikinji kanunundan mälim bolşy ýaly, jisimiň mehaniki hereketini üýtgetmek üçin oňa başga jisimler tarapyndan täsir bolmaly. Başgaça aýdanda, bu jisimleriň arasynda energiýalar çalşygy bolup geçýär. Mehanikada ynha şeýle energiya çalşygyny häsiýetlendirmek üçin *mehaniki iş* düşüňjesi girizilen we ol fizikada *A* harpy bilen belgilenýär.

Mehaniki iş. Güýjüň şu güýjüň täsiri ugrunda ýüze çykan orun üýtgetmä skalýar köpeltmek hasylyna deň bolan ululyga mehaniki iş diýilýär, ýagny

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

Bu ýerde: α – güýç \vec{F} we orun üýtgetme \vec{s} arasyndaky burç (3.1-nji surat).



3.1-nji surat

Eger $\cos \alpha = \frac{F_s}{F}$; $F_s = F \cdot \cos \alpha$ ekenligini hasaba alsak, (3.1) aşakdaky görnüşi alýar:

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

bu ýerde F_s – güýjüň orun üýtgetme ugruna proyeksiýasy.

(3.2) aňlatma esaslanyp, aşakdaky ýaly netije çykarmak mümkin: eger $\alpha < \frac{\pi}{2}$ bolsa, $0 < \cos \alpha < 1$ – güýjüň işi položitel, güýç we orun üýtgetme ugry gabat gelýär;

eger $\alpha > \frac{\pi}{2}$ bolsa, $-1 < \cos \alpha < 0$ – güýjüň işi otrisatel, güýç bilen orun üýtgetmäniň ugry garşylykly bolýar;

eger $\alpha = \frac{\pi}{2}$ bolsa, $\cos 90^\circ = 0$ bolup, güýjüň ýerine ýetiren işi nola deň, güýç orun üýtgetmäniň ugruna dik bolýar.

Iş additiw (*additiv* – latynça *jem*) ululykdyr (fizikada additiw sözi – ulgamdaky fiziki ululyk umumy ýagdaýda bitewi hasaplanyp, ol şu ululygy düzüji bölekleriň jeminden ybarat diýen manyny aňladýar).

Eger jisime birnäçe güýç täsir edýän bolsa,

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

bolýar, onda doly iş, bu güýçleriň deň täsir edijisi ýerine ýetirýän işe deňdir.

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

ýa-da

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

Işň birligi. Işň SI -däki birligi Joule (J):

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

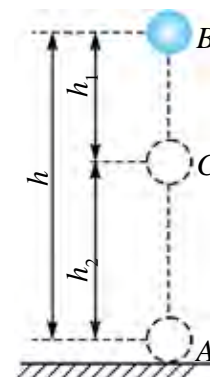
Işň SI-däki birligi hökmünde 1 N güýjüň jisimi 1 m aralyga orun üýtgedende ýerine ýetiren işi kabul edilen.

Agyrlyk güýjüniň işi. Ýeriň üstünde ýakyn beýikliklerde jisime Ýer tarapyndan $P = mg$ agyrlyk güýji täsir edýär. Ýeriň üstünden h beýiklikdäki B nokatdan Ýeriň derejesinden hasaplanan h_2 beýiklikdäki C nokada geçende jisimiň orun üýtgetmesi $h_1 = h - h_2$ -ä deň (3.2-nji surat). Munda agyrlyk güýjüniň ýerine ýetiren işi aşakdaky ýaly aňladylýar:

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

Bu ýerde: P –jisimiň agyrlýgy, m –onuň massasy, g –erkin gaçma tizlenmesi, h –wertikal boýunça, h_1 we h_2 beýiklikleriň arasyndaky aralyk.

Agyrlyk güýjüniň ýerine ýetiren işi ýoluň görnüşine bagly bolmazdan, diňe düşüş beýikligine bagly. Şonuň üçin hem agyrlýk güýjüniň täsirinde ýerine ýetirilýän işler traýektorýanyň görnüşine däl, eýsem jisimiň başlangyç we ahyrky ýagdaýyna bagly. Beýle güýçlere *potensial* ýa-da *konserwatiw* güýçler diýilýär. Bu güýçleriň meýdanyna bolsa *potensial meýdan* diýilýär.



3.2-nji surat

Jisim pese hereketlenende agyrlýk güýji we orun üýtgetme ugry gabat gelyänligi sebäpli edilen iş položitel, ýokary hereketlenende bolsa, olar garşylykly ýönelenliginden otrisatel bolýar. Şonuň üçin agyrlýk güýjüniň täsirinde jisim orun üýtgedip, ýene başlangyç ýagdaýyna gaýdan halatdaky umumy iş nola deň bolýar.

Ulgamyň doly mehaniki energiýasy diýip, onuň kinetik we potensial energiýalarynyň jemine aýdylýar. Meselem Ýeriň üstünden h beýiklikde Ýere görä v tizlik bilen hereketlenýän m massaly jisimiň doly mehaniki energiýasy

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

Doly mehaniki energiýa jisimleriň özara täsiri wagtyň geçmegi bilen üýtgemeyär:

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

Muňa *mehaniki energiýanyň saklanma kanuny* diýilýär.

Geçirilen köp tejribeler, nazary netijeler energiýanyň saklanma kanunynyň berk ýerine ýetirilýändigini görkezýär. Diňe bir tebigatda energiýanyň bir görnüşden başgasyna (meselem, mehaniki energiýadan ýylylyk energiýasyna) öwrülýär. Şonuň üçin hem bu kanuna energiýanyň saklanma we öwrülme kanuny hem diýilýär. Ol tebigatyň esasy kanunlaryndan bolup, diňe bir makroskopik däl, eýsem mikrojisimler ulgamy üçin hem ýerliklidir.

Energiya hiç haçan ýok bolmaýar hem, ýokdan peýda bolmaýar hem ol diňe bir görnüşden başga görnüşe öwrülmeği mümkin.

Ýapýk ulgamda doly energiya saklanýar.

Mysal üçin, h beýiklikden düşýän jisimiň potensial energiýasy onuň agyrlýk güýjüne bagly bolup, tejribe haýsy wagtda geçirilýändigine umuman bagly däl.

Peýdaly täsir koeffisiýenti. Maşynyň we dwigatelleriň özüne sarplanýan energiýanyň näçe bölegi peýdaly işe öwrülmeğini görkezýän ululyk girizilen.

Peýdaly işiň doly işe gatnaşygy peýdaly täsir koeffisiýenti (PTK) diýlip atlandyrylýar we η harpy bilen belgilenýär.

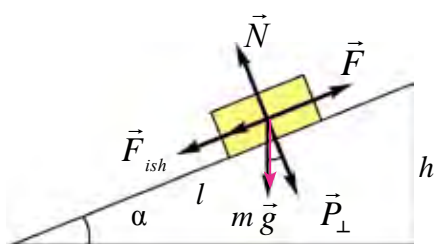
Eger peýdaly işi A_f , doly işi A_t bilen belgilesek, onda PTK formulasy aşakdaky ýaly ýazylyar:

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

PTK birden (100%-den) uly bolmaýar. Maşynlarda we dwigatellerde sürtülme güýjüniň işi sebäpli doly energiýanyň bir bölegi zaýa bolýar we şu sebäpli PTK hemişe birden kiçi bolýar.

Ýapgyt tekizlikde we jisim ýokary çekilende edilen işe garap geçeliň. Mehanikanyň altyn düzgünine laýyklykda güýçden näçe esse utulsa, ýoldan sonça esse utdurylýar.

Ýapgyt tekizlik hem işden utuş bermeýär. Ýapgytlyk burçuny kemeldip ýüki götermäge sarp edilen güýçden utulýar. Ýöne orun üýtgetme aralygy arzanlygy sebäpli edilen iş üýtgemeyär.



3.3-rasm

Uzynlygy l , beýikligi h bolan ýapgytlykda agyrlýgy P bolan ýokary hereketlenýän jisime garalyň (3.3-nji surat). Munda jisime $F_{sür}$, sürtülme güýji, ýapgyt tekizlige parallel bolan F_t ýokary çekiji güýç, ýapgyt tekizlige perpendikulýar ýönelen P_{\perp} güýç we

tekizlige perpendikulýar güýje garşylykly tarapa ýönelen N güýç (tekizligiň reaksiya güýji) täsir edýär.

Eger sürtülme güýji hasaba alynmasa,

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

-a deň bolýar. Ýöne sürtülme hasaba alynsa,

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

we

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

bolýar. Onda A_t aşakdaky görnüşi alýar:

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

Peýdaly täsir koeffisiýenti:

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

Ýüke täsir edýän dartys güýji

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

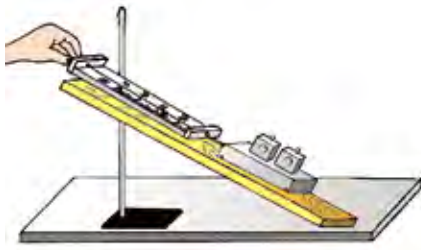


1. *Mehaniki iş nähili anyklanýar?*
2. *Agyrlyk güýjüniň işi nämä deň?*
3. *Tebigatda energiýanyň saklanma kanuny hemişe ýerine ýetirilýärmí?*
4. *Ýapgyt tekizlik işden utuş berýärmí?*

15-nji tema. LABORATORIÝA IŞI: ÝAPGYT TEKIZLIKDE PEÝDALY TÄSIR KOEFFISIÝENTINI KESGITLEMEK

Işiň maksady: Ýapgyt tekizlik we ondan nämä maksatda peýdalanylýandygyny öwrenmek. Dinamometrde jisimleriň agyrlygyny ölçemek endigini şekillendirmek. Peýdaly we doly iş hem-de peýdaly täsir koeffisiýenti baradaky bilimleri amalda berkitmek. ýalňyşlyklary hasaplamak endiklerini şekillendirmek.

Gerekli esbaplar: uzyn ýuka tagta, gysgyçly ştatiw, agaç brusok, ýükler toplumu, dinamometr.



3.4-nji surat

Işň ýerine ýetirilişi:

1) ýuka tagta ştatiwe berkidilýär. Soňra ýapgyt tekizligiň uzynlygy l we beýikligi h ölçäp alynýar;

2) dinamometriň kömeginde agaç brusogyň agyrlygy P anyklanýar;

3) brusogy ýapgyt tekizlige goýup, dinamometriň kömeginde ýapgyt tekizlik boýunça F güýç bilen ýokary garap bir

tekiz (silkmazden) çekilýär;

4) $A_t = F \cdot l$ kömeginde doly, $A_f = P \cdot h$ kömeginde peýdaly işler hasaplanýar.

5) $\eta = \frac{A_f}{A_t}$ aňlatmanyň kömeginde ýapgyt tekizligiň peýdaly täsir koeffisiýenti hasaplanýar.

Tejribe iň bolmanda üç gezek gaýtalanýar we netijeler aşakdaky jedwele ýazylýar.

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

Tejribäni dürli ýapgyt tekizlikler (dürli h beýiklikler) üçin geçirip, peýdaly täsir koeffisiýentiniň ýapgyt tekizligiň burçuna baglylygy barada netijeler çykarylýar.



1. Ýapgyt tekizlik nähili gurluş we ol nähili maksatda ulanylýar?
2. Peýdaly we doly işler nähili anyklanýar?
3. Peýdaly işiň doly işden kem bolmagyna sebäp näme?
4. Peýdaly täsir koeffisiýentiniň ýapgyt tekizligiň burçuna baglylygyny nähili düşündirýärsiňiz?

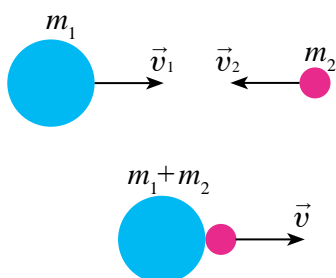
16-njy tema. JISIMLERIŇ ABSOLÝUT MAÝYŞGAK WE MAÝYŞGAK DÄL ÇAKNYŞMAGY

Çaknyşma diýip, iki ýa-da ondan köp jisimleriň örän gysga wagtyň dowamyndaky täsirleşmegine aýdylýar.

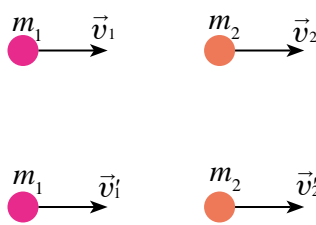
Çaknyşma tebigatda örän köp duşýar. Bilýard şarlarynyň çaknyşmagy, adamyň ýere bökmeği, çekiç bilen çüýüň kakylmagy, futbolçynyň pökgini depmeği we başgalar çaknyşma mysal bolýar.

Çaknyşma netijesinde jisimleriň deformirlenişine garap olar iki görnüşe: absolýut maýyşgak we absolýut maýyşgak däl çaknyşmalara bölünýär.

Absolýut maýyşgak däl çaknyşma. Absolýut maýyşgak däl çaknyşma diýip, iki deformirlenýän şarlaryň çaknyşyp, bile ýa-da birmeňzeş tizlik bilen hereketlenýändigine aýdylýar. Çaknyşmadan soň şarlar birleşip, hereket etmeği mümkin. Plastilinden ýa-da laýdan ýasalan şarjagazlaryň çaknyşmagy muňa mysal bolup biler (3.5-nji surat).



3.5-nji surat



3.6-njy surat

m_1 massaly jisimiň çaknyşmadan öňki tizligi \vec{v}_1 , m_2 massaly jisimiň çaknyşmadan öňki tizligi \vec{v}_2 bolsun. Çaknyşmadan soňky tizlik \vec{v} bolsa, impulsyň saklanma kanunyny ulanyp aşakdakyny alarys:

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

Mundan

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

Absolýut maýyşgak däl çaknyşmada mehaniki energiýanyň saklanma kanuny ýerine ýetirilmän, onuň bir bölegi şarlaryň içki energiýasyna öwrülýär.

Absolýut maýyşgak çaknyşma diýip, iki deformirlenmeýän şarlaryň çaknyşmagyna aýdylýar. Munda şarlaryň çaknyşmadan öňki kinetik energiýalary, çaknyşmadan soň hem dolulygyna kinetik energiýa öwrülýär.

Absolýut maýyşgak çaknyşmada impulsyň we kinetik energiýanyň saklanma kanunlary ýerine ýetirilýär.

m_1 we m_2 massaly şarlaryň çaknyşmagyna çenli tizlikleri degişlilikde \vec{v}_1 we \vec{v}_2 çaknyşmadan soň bolsa \vec{v}'_1 we \vec{v}'_2 bolsun. Olaryň hereket ugurlaryny hasaba alyp sag tarapa ýönelen hereketi položitel, çep tarapa ýönelenini bolsa otrisatel alamat bilen alarys (3.6-njy surat). Şu ýagdaý üçin impulsyň we kinetik energiýanyň saklanma kanunlary aşadaky ýaly bolýar:

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

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

Ýokardaky formulalary birlikde çözüp, v'_1 we v'_2 tizlikleri tapmak mümkin:

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



1. *Absolýut maýyşgak däl çaknyşma diýip nähili çaknyşma aýdylýar?*
2. *Absolýut maýyşgak däl çaknyşmada energiýanyň saklanma kanuny ýerine ýetirilýärm?*
3. *Absolýut maýyşgak çaknyşma diýip nähili çaknyşma aýdylýar?*

Mesele çözmegiň mysallary

Hemişelik F güýjüň täsirinde wagon 5 m ýoly geçdi we 2 m/s tizlik aldy. Eger wagonyň massasy 400 kg we sürtülme koeffisiýenti 0,01 bolsa, güýjüň eden A iş anyklansyn.

<p>Berlen:</p> <p>$F = \text{const};$ $s = 5 \text{ m};$ $v = 2 \text{ m/s}$ $m = 400 \text{ kg};$ $\mu = 0,01$</p> <hr/> <p>Tapmaly $A - ?$</p>	<p>Çözülüşi:</p> <p>Güýjüň eden işi: A, wagony orun üýtgedendäki iş A_0-ga we oňa kinetik energiýa E_k bermek üçin edilen işleriň jemine deň</p> $A = A_0 + E_k.$ <p>Bu ýerde: $F_{\text{sür.}} = \mu P$. $P = mg$ bolýandygyny hasaba alsak</p> <p>$A_0 = F_{\text{iş}} \cdot s = \mu mgs$. Öz gezeginde, wagon alan kinetik energiýa</p> $E_k = \frac{mv^2}{2}$ <p>Şeýdip, F güýjüň eden işi $A = \mu mgs + \frac{mv^2}{2}$.</p> <p>Berlenlerden peýdalanyp</p> $A = 0,01 \cdot 400 \cdot 9,8 \cdot 5 \text{ J} + \frac{1}{2} \cdot 400 \cdot 4 \text{ J} = 996 \text{ J}.$ <p style="text-align: right;"><i>Jogaby:</i> $A = 996 \text{ J}$.</p>
---	--

3-nji gönükme

1. 0,3 m/s tizlik bilen hereketlenýän 20 t massaly wagon 0,2 m/s tizlik bilen hereketlenýän 30 t massaly wagony kowup ýetýär. Eger çaknyşma maýyşgak däl bolsa, olar özara çaknyşandan soň wagonlaryň tizligi nähili bolar? (*Jogaby:* $v = 0,24 \text{ m/s}$).

2. Adam massasy 2 kg bolan jisimi 1 m beýiklige 3 m/s² tizlenme bilen göterende näçe iş edýär? (*Jogaby:* $A = 26 \text{ J}$).

3. Massasy 6,6 t bolan kosmos gämisi orbita boýunça 7,8 m/s tizlik bilen hereketlenýän bolsa, onuň kinetik energiýasy nämä deň bolar? (*Jogaby:* $E_k = 200 \text{ GJ}$).

4. 5 m beýiklikden erkin gaçýan 3 kg massaly jisimiň ýeriň üstünden 2 m beýiklikdäki potensial we kinetik energiýalary nämä deň? (*Jogaby:* $E_p = 60 \text{ J}$; $E_k = 90 \text{ J}$).

5. Pökgini ýerden gaýdyp $2h$ beýiklige göterilmegi üçin ony h beýiklikden pese nähili başlangyç tizlik v_0 bilen taşlamaly? Çaknyşma absolyut maýyşgak diýlip hasaplansyn. (*Jogaby:* $v_0 = \sqrt{2gh}$).

6. Massasy 1 kg bolan material nokat töwerek boýunça 10 m/s tizlik bilen deňölçegli hereketlenýär. Döwrüň dördten bir ülsünde, döwrüň ýarysynda, bitin döwürde impulsyň özgerişini tapyň. (*Jogaby:* 14 kg·m/s; 20 kg·m/s; 0).

7. Massasy 0,5 kg bolan jisim 4 m/s tizlikde ýokary wertikal zyňlydy. Jisim maksimal beýiklige göterilende agyrylyk güýjüniň işini, potensial energiýasynyň we kinetik energiýasynyň özgerişini tapyň. (Jogaby: 4 J; 4 J; -4 J).

8. Massalary 1 kg we 2 kg bolan maýyşgak däl şarlar bir-birine tarap, degişlilikde, 1 we 2 m/s tizlik bilen hereketlenýär. Çaknyşandan soň ulgam kinetik energiýasynyň özgerişini tapyň (Jogaby: 3 J).

9. Massasy 15 t bolan trolleybus ýerinden $1,4 \text{ m/s}^2$ tizlenme bilen gozgandy. Garşylyk koeffisiýenti 0,02. Başlangyç 10 m ýolda dartuş güýjüniň eden işi we garşylyk güýjüniň eden işi tapyň. Munda trolleybus näçe kinetik energiýa alaypdyr? (Jogaby: 240 kJ, -30 kJ, 210 kJ).

10. Çananyň beýikligi 2 m we esasy 5 m bolan depelikde düşýär we depeligiň esasyndan 35 m gorizontaly ýoly geçip togtayar. Sürtülmäni bütün ýoluň dowamynda birmeňzeş diýip hasaplap, sürtülme koeffisiýentini tapyň. Şoňa meňzeş usul bilen tejribede, meselem, otluçöpüň gutusy bilen çyzgyjyň arasyndaky sürtülme koeffisiýentini tapyň. (Jogaby: 0,05).

III baby jemlemek üçin test soraglary

- 1. ... dürli görnüşdäki hereketleriň we özara täsirleriň mukdar ölçegidir. Sözlemi dolduryň.**
A) Energiýa; B) Potensial energiýa;
C) Kinetik energiýa; D) Elektrik energiýa.
- 2. Energiýanyň SI-däki birligi näme?**
A) Watt; B) Joule; C) Kaloriya; D) N · m.
- 3. ... güýjüň şu güýjüň täsirinde bolup geçen orun üýtgetmä skalyar köpeltmek hasylyna deň bolan ululyk. Sözlemi dolduryň.**
A) Energiýa; B) Potensial energiýa;
C) Kinetik energiýa; D) Mehaniki iş.
- 4. Energiýa hiç haçan ýok bolmaýar hem, ýokdan peýda bolmaýar hem ol diňe bir görnüşden başgasyna öwrülmeği mümkin. Bu nämäniň kesgitlemesi?**
A) Nýutonyň birinji kanuny; B) Nýutonyň ikinji kanuny;
C) Energiýanyň saklanma kanuny; D) Nýutonyň üçünji kanuny.

III bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, düzgünler we kanunlar

Energiýa	Dürli görnüşdäki hereketleriň we özara täsirleriň mukdar ölçegi. Onuň SI-däki birligi 1 J.
Mehaniki iş	Güýjüň şu güýjüň täsirinde bolup geçýän orun üýtgetmä skalýar köpeltmek hasylyna deň bolan ululyk. $A = F \cdot s \cdot \cos\alpha$.
Ulgamyň doly mehaniki energiýasy	Ulgamyň kinetik we potensial energiýalarynyň jemi.
Energiýanyň saklanma kanuny	Energiýa hiç haçan ýok bolmaýar hem, ýokdan peýda bolmaýar hem, ol diňe bir görnüşden başgasyna öwrülýär.
Peýdaly täsir koeffisiýenti	Peýdaly işiň doly işe gatnaşygy: $\eta = \frac{A_f}{A_t} \cdot 100\%$.
Çaknyşma	Iki ýa-da ondan köp jisimleriň örän gysga wagtyň dowamyndaky täsirleşmegi.
Absolýut maýyşgak çaknyşma	Iki deformirlenmeýän şarlaryň çaknyşmagy.
Absolýut maýyşgak däl çaknyşma	Iki deformirlenýän şarlaryň çaknyşyp, bile ýa-da birmeňzeş tizlik bilen hereketlenmegi.

IV bap. STATIKA WE GIDRODINAMIKA

17-nji tema. JISIMLERIŇ DEŇAGRAMLYLYKDA BOLMAK ŞERTLERI

Öýüň petigine asylan lýustra mysalynda goýlan güýçlere garalyň (4.1-nji surat).

Munuň üçin, ilki bilen, 6-njy synpda öwrenilen jisimleriň massa merkezi baradaky düşüňjani ýada salalyň. *Massa merkezi* diýlende jisimiň ähli massasy jemlenen hyýaly nokat düşünilýär.

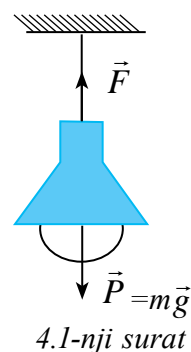
Şoňa görä jisime täsir edýän güýçleri massa merkezine görä alarys. Asylyp goýlan lampa pese ýönelen agyrlyk güýji \vec{P} täsir edýär. Netijede ony saklap durýan ýüp dartgyn bolup çekilýär. Ýüpe emele gelen dartgynlyk güýji \vec{F} we agyrlyk güýji \vec{P} massa merkezinden geçýän göni çyzykda ýatýar we ugry taýdan garşylykly bolýar. Bu güýçler san bahasy taýdan deň bolýar. Bu güýçleri wektorlary goşmak düzgünine laýyklykda goşulsa, netijeleýji güýç nola deň bolýar. Şoňa görä lampa deňagramlylykda galýar.

Haýsy-da bolsa bir jisim ýapgyt tekizlikde deňagramlylykda duran ýagdaýa garalyň (4.2-nji surat). Munda jisime goýlan güýçleri massa merkezine görä garalyň. Jisime ilki agyrlyk güýji $m\vec{g}$ täsir edýär.

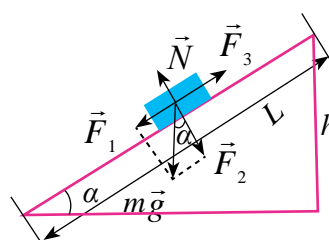
Bu güýji \vec{F}_1 we \vec{F}_2 düzüjilere böleliň.

Munda \vec{F}_1 güýç jisimi ýapgyt tekizlik boýunça pese typdyrmaga hereket edýär. \vec{F}_2 güýç ýapgyt tekizligiň üstüne berýän basyş güýjüni emele getirýär. Bu güýç üst tarapyndan jisime reaksiýa güýji \vec{N} emele gelmegine getirýär. Jisim typmaga garşylykly ugurda sürtülme güýji \vec{F}_3 täsir edýär.

Munda-da jisime täsir edýän ähli güýçleriň wektor jemi nola deň bolýar.



4.1-nji surat



4.2-nji surat

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

Ýokardakylardan gelip çykyp aşakdaky netijäni çykarmak mümkin:

Aýlanma okuna eýe bolmadyk jisim ýa-da jisimler ulgamynyň deňagramlylykda galmagy üçin oňa täsir edýän güýçleriň wektor jemi nola deň bolmaly.

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

Deňagramlylygyň görnüşleri.

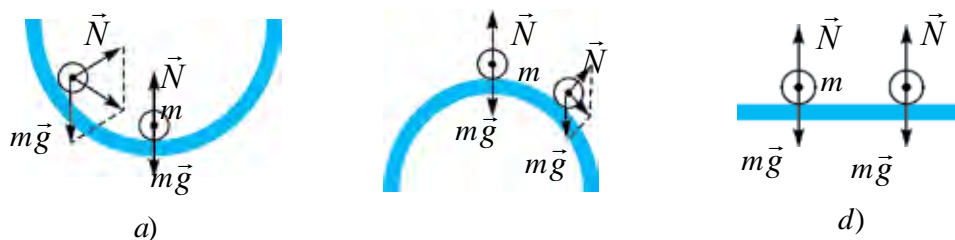


4.3-nji surat

Eger haýsy-da bolsa jisim deňagramlylykda duran bolsa, ony hemişe şeýle ýagdaýda galýar diýip bolmaýar (4.3-nji surat). Çünki real şertlerde oňa daşardan tötänleýin itergiler berlip durulýar. Beýle itergilerden jisimleri doly azat etmegiň mümkinçiligi ýok. Möhümi şeýle itergilerden soň jisim deňagramlylykda galýarmy ýa-da deňagramlylyk bozulýarmy şony bilmeli. Şonuň üçin daşky itergi arkaly deňagramlylyk ýagdaýyndan çykan jisime täsir ediji netijeleýji güýjüň ugruny kesgitlemeli. Emele gelýän netijeleýji güýjüň ugruna görä deňagramlylyk üç görnüşde bolýar.

1. Durnukly deňagramlylyk. Jisimi deňagramlylyk ýagdaýyndan çete çykarylanda, ony başlangyç ýagdaýyna gaýtaryjy güýç emele gelýän deňagramlylyga *durnukly deňagramlylyk* diýilýär (4.4-nji a surat). Munda ýarym sferanyň içine goýlan şarjagaz deňagramlylyk ýagdaýyndan çetleşdirilende, oňa täsir edýän güýçleriň deň täsir edijisi ony ýene deňagramlylyk ýagdaýyna gaýtarýar.

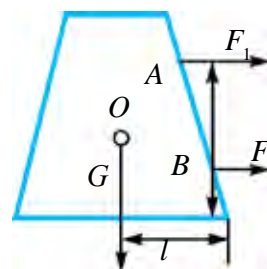
2. Durnuksyz deňagramlylyk. Jisimi deňagramlylyk ýagdaýyndan çete çykarylanda, ony başlangyç ýagdaýyndan uzaklaşdyrýan güýç emele gelýän deňagramlylyga *durnuksyz deňagramlylyk* diýilýär (4.4-nji b surat). Munda ýarym sferanyň üstüne goýlan şarjagaz deňagramlylyk ýagdaýyndan çetleşdirilende, oňa täsir edýän güýçleriň deň täsir edijisi ony deňagramlylyk ýagdaýyndan has-da çetleşdirýär.



4.4-nji surat

3. Tapawutsyz deňagramlylyk. Jisimi deňagramlylyk ýagdaýyndan çete çykarylanda, onuň ýagdaýyny üýtgedýän hiç hili güýç emele gelmese *tapawutsyz deňagramlylyk* diýilýär (4.4-nji ç rasm). Gorizontál üstüň üstüne goýlan şarjagaza daşky itergi berlende, ýerinden süýşýär. Ýöne oňa täsir edýän güýçleriň deň täsir edijisi nola deň bolýar.

4.5-nji suratda getirilen jisime agyrlýk merkezinden aşakda ýerleşýän B nokada F_1 güýç täsir etdirilse ($F_1 > F_{\text{sür.}} \cdot F_{\text{sür.}}$ –sürtülme güýji), jisim öňe gidýän herekete gelýär. Güýjüň ululygyny üýtgetmezden ony A nokada orny üýtgedilse, jisim gyşaryp başlaýar. Agyrlýk merkezinden pese ýönelen G wektor bilen jisim aşaky esasyň konturyňň çetki nokadynyň arasyndaky aralyk l kemelip başlaýar. Güýç täsir etdirmek dowam etse, G wektor jisim esasyň çäklendirýän konturyň içinden çykýar we jisim agdarylýar.



4.5-nji surat

Şeýdip jisimiň durnuklylygy (berkararlygy):

- 1) jisimiň agyrlýgyna;
- 2) jisimiň esasy üstüniň ululygyna;
- 3) agdaryjy güýjüň agyrlýk merkezinden näçe aşak goýlandygyna bagly.

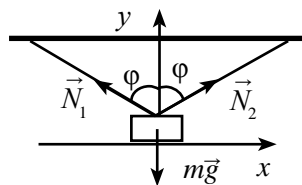
$$F_1 = \frac{mgl}{h}. \quad (4.1)$$

Mesele çözmegiň mysallary

1. Massasy 10 kg bolan jisim iki süýnmeýän tanaba asylan. Olar özara 60° burç emele getirmek bilen deňagramlylykda galýar. Tanaplaryň dartgynlyk güýçlerini hasaplaň.

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

Tapmaly
 $N_1 = ?; N_2 = ?$



Çözülüşi:

Çyzga görä, ýüke täsir ediji ähli \vec{N}_1 , \vec{N}_2 we $m\vec{g}$ güýçler bir nokatda kesişýär.

Şoňa görä, deňagramlylyk şerti iki deňleme bilen anyklanýar.

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

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

Olar bilen matematiki üýtgetmeler amala aşyrylandan soň

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

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

Jogaby: 100 N.



1. Jisimleriň massa merkezi ýerleşýän nokadyň ugrunda güýç täsir etdirilse, näme görmek mümkin?
2. Aýlanma okuna eýe bolmadyk jisimlere täsir edýän güýçleriň wektor jemi nola deň bolsa, näme görmek mümkin?
3. Deňagramlylygyň görnüşlerine durmuşdan we tehnikadan mysallar getirin.

18-nji tema. PURSATLAR DÜZGÜNINE ESASLANYP IŞLEÝÄN MEHANIZMLER

6-njy synpda Siz ýönekeý mehanizmlerden ryçag, gozganýan we gozganmaýan bloklar, worot we lebyodka bilen tanyşansyňyz. Olaryň işleýşine üns berilse, ählisinde aýlanma oklary bar.

Şeýle jisimleriň deňagramlylykda bolmagy üçin olara täsir edýän güýçleriň wektor jemi nola deň bolmagy ýeterli dälligi-de aýdylypdy. Munda güýç goýlan nokadyň, aýlanma okundan nähili uzaklykda bolmagyna-da bagly bolýar.

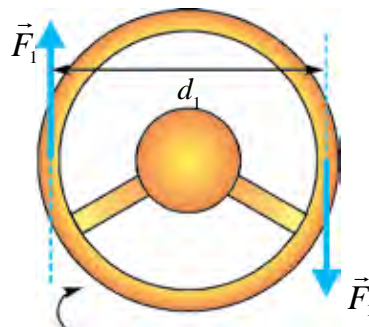
Güýç goýlan nokatdan, aýlanma okuna çenli bolan iň gysga aralyk **güýjüň egni** diýlip atlandyrylýar. Munda, güýç we egin hemişe özara perpendikulýar bolýar.

|| **Güýjüň güýç egnine köpeltmek hasylyna güýç momenti diýilýär:**
 $M = F \cdot l$,

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

Jisim güýç momentiniň täsirinde aýlanma okunyň töwereginde towlanýar. Munda jisime täsir edýän güýç momenti, jübüt güýjüň täsirine meňzeş bolýar. **Jübüt güýç** diýlende, ugry garşylykly, ululyklary deň, ýöne bir okda ýatmaýan güýçler düşünilýär.

Muňa mysal hökmünde awtomobiliň rulunyň öwrülmegini getirmek mümkin (4.6-njy surat). Aýlanma oky ruluň ortasynda bolup, oňa jübüt F_1 güýçler täsir edýär.



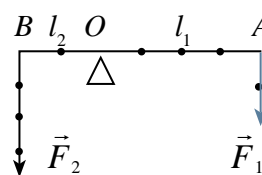
4.6-njy surat

Netijeleýji güýç momenti ruly bir tarapa öwürýän momentleri özara goşup tapylýar:

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

Eger aýlanma okuna eýe bolan jisime birnäçe güýçler täsir edýän bolsa, bu güýçleriň momentlerini özara goşmak arkaly netijeleýji moment tapylýar. Munda jisimi sagat strelkasynyň ugrunda aýlaýan güýç momentlerini položitel alamatda, sagat strelkasynyň ugruna garşylykly ugrunda aýlaýan güýç momentlerini otrisatel alamatda alynýar.

4.7-nji suratda masştably çyzgyjyň O nokadyndan ştatiwe asylyp, ondan dürli uzaklykda goýlan ýükler getirilen. Munda A nokada asylan ýükleriň agyrlыgy F_1 -e, aýlanma okundan uzaklygy l_1 -e deň bolup çyzgyjy sagat strelkasynyň ugrunda hereketlendirýän momenti emele getirýär. B nokada asylan ýükleriň agyrlыgy F_2 -ä, aýlanma okundan uzaklygy l_2 -ä deň bolup, çyzgyjy sagat strelkasynyň ugruna garşylykly ugrunda aýlanýan güýç momentini emele getirýär. Netijeleýji güýç momentini tapmak üçin jisime täsir ediji güýç momentleriniň alamatyny hasaba alyp goşýarys:



4.7-nji surat

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

Mundan görnüşi ýaly, jisim deňagramlykda galmagy üçin $M = 0$ bolmaly.

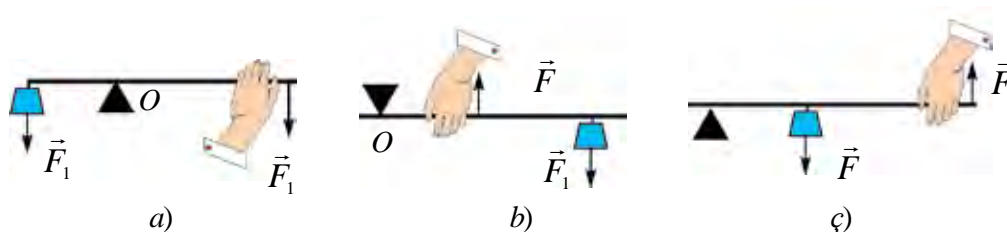
Şoňa görä aýlanma okuna eýe bolan jisimleriň deňagramlylyk şerti aşakdaky ýaly bolýar:

Aýlanma okuna eýe bolan jisime täsir edýän güýç momentleriniň wektor jemi nola deň bolanda jisim deňagramlylykda galýar:

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

Bu düzgün Arhimed tarapyndan tapylan bolup, *pursatlar düzgüni* diýip atlandyrylýar. **Pursatlar düzgünine esaslanyp işleýän ýönekeý mehanizmlere** ryçag, gozganmaýan we gozganýan bloklar, worot, wint (domkrat)laryň işleýiş prinsipi pursatlar düzgünine esaslanandyr.

Ryçag. Amalyýetde ryçagyň üç görnüşi ulanylýar (4.8-nji surat).



4.8-nji surat

Iki eginli ryçagda (4.8-nji a surat) daýanç ryçagyň güýçler goýlan nokatlarynyň aralygynda bolýar.

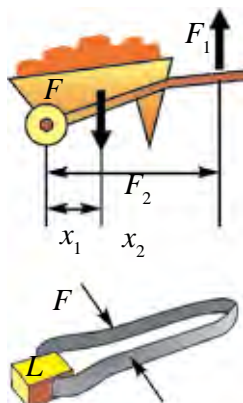
Bir eginli ryçagda (4.8-nji b surat) daýanç ryçagyň bir ujuna ýerleşdirilen bolup, ýüki ryçagyň ikinji ujuna goýulýar. Saklap durýan güýji daýanç we ýük goýlan nokatlaryň aralygyna ýerleşdirilýär. Olarda güýçler antiparallel yönelen bolýar. Adamyň eli, hoz çakýan gysgyç olara mysal bolup biler (4.9-njy surat).

Ryçagyň üçünji görnüşinde (4.8-nji ç surat) daýanç ryçagyň bir ujuna ýerleşdirilen bolup, ýüki daýanç we saklap durýan güýç goýlan nokatlaryň aralygyna goýulýar. Olarda hem güýçler antiparallel yönelen bolýar. Araba, atyşgir olara mysal bolup biler (4.10-njy surat).

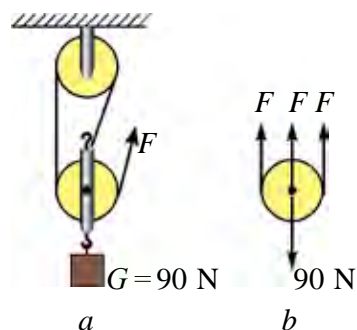
Bloklar. Durmuşda we tehnikada bloklardan peýdalananda gozganýan we gozganmaýan bloklar toplumyndan peýdalanylýar. Toplumda bloklar özara birikdirilip, *derejeli polispast* emele getirilýär.



4.9-njy surat



4.10-njy surat



4.11-nji surat

4.11-nji suratda ynha şeýle **derejeli polispast** getirilen. Derejeli polispastda asylan ýük agyrlýgy bloklara saralan tanaplara paýlanýar.

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

(4.3)

Şoňa görä polispastda ýük näçe tanaba paýlansa, ýüki götermek üçin gerek bolýan güýç şonça esse kem bolýar.



1. Jisime täsir ediji güýç momentleri nähili düzgün esasynda goşulýar?
2. Aýlanma okuna eýe bolan jisimiň deňagramlylygyna degişli mysallar getirijiň.
3. Polispastda gozganmaýan bloklaryň sany barha artsa, onuň güýji artdyryp bermek ululygy nähili üýtgeýär?

19-njy tema. AÝLAWLY HEREKETIŇ DINAMIKASY

Siz ençeme söweşjeň filmleri tomaşa edeniňizde, sürüji awtomobiliň ruluny ýiti gapdala towlanda maşyn agdarylyp gidenligini görensiňiz. Sirkde motosiklçiniň diwar boýunça ýöreyşini-de görensiňiz.

Şeýle tejribe geçirip göreljiň. Bedräniň içine azajyk suw salyp, ony vertikal tekizlikde aýlalyň. Bedre aýlanma dowamynda ýokary nokatdan geçende bedredäki suw dökülmezden geçýär.

Ýokarda getirilen mysallardan maşyny agdaryjy, motosiklçini diwara gysyp durýan we bedredäki suwuň agyrlygyny deňagramlylaşdyryjy güýjüň bardygy gelip çykýar.

Bu güýç nähili emele gelýär we onuň ululygy nämelere bagly?

Munuň üçin töwerek boýunça deňölçegli hereket edýän jisimde merkeze ymtylýan güýç bardygyny ýada salalyň:

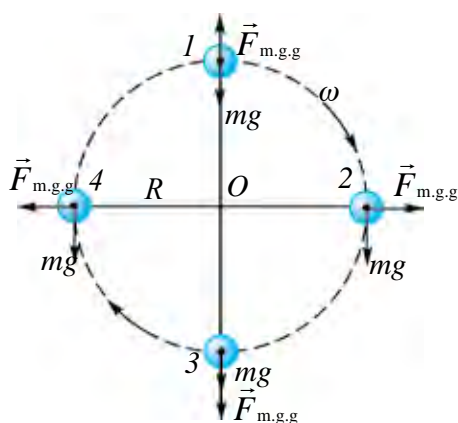
$$F_{m.y.g} = \frac{mv^2}{R}. \quad (4.4)$$

Nýutonyň üçünji kanunyna görä:

$$F_{m.y.k} = F_{m.g.g}$$

merkezden gaçýan güýç $\vec{F}_{m.g.g}$ hem peýda bolýar.

Ynha şu merkezden gaçýan güýç ýiti öwrülen maşyny agdaryar we aýlanýan bedräniň dünderilen ýagdaýynda suwuň dökülmegine ýol bermeýär.



4.12-nji surat

4.12-nji suratda R radiusly töwerek boýunça hereketlenýän jisime täsir ediji güýçler görkezilen. Birinji ýagdaýda merkezden gaçýan güýç $\vec{F}_{m.g.g}$ agyrlýk güýji $m\vec{g}$ -a garşylykly ýönelenligi sebäpli jisimiň agyrlýgy kemelýär:

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

Üçünji ýagdaýda jisimiň agyrlýk güýji we merkezden gaçýan güýç pese, ýagny bir tarapa ýönelen. Şoňa görä,

jisimiň agyrlýgy artýar:

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

Merkezden gaçýan güýji aýlanýan jisimlerde hem-de jisimiň hereketi dowamynda aýlanmagy zerur bolan ýagdaýlarda hasaba alynýar.

Edil şeýle ýoluň öwrüm böleklerinde merkeze ymtylýan güýjüň täsirinde wertikal halatdan gyşarmany görmek mümkin. Bu halat awariýa getirmezligi üçin welosipedçiler ýa-da motosiklçiler aýlanma merkezine

tarap biraz gyşaryp hereketlenmelidirler (4.13-nji *a* surat). Awtomobilde bu güýji deňagramlylaşdyrmak üçin ýoluň bir tarapyny biraz göterip gurulýan boldy (4.13-nji *b* surat). Tramwaýlaryň we otlularyň relsleri ýoluň öwrümlü ýerlerinde daşky töweregi biraz göterilip gurulýar.



4.13-nji surat

Mesele çözmegiň mysallary

Jisim haýsy-da bolsa beýiklikden gaçyp, halka boýunça hereketlenýär. Halkanyň radiusy nähili bolanda jisim halkanyň T nokadyndan düşüp gitmeýär. Jisimiň T nokatdaky tizligi 30 m/s.

Berlen:

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

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

Tapmaly

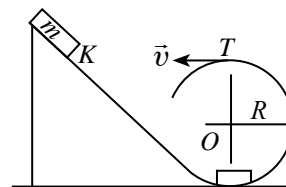
$R - ?$

Çözülişi:

Jisim T nokatdan düşüp gitmezligi üçin $F_{agyr.} = F_{m.g.g}$ şert ýerine ýetirilmeli.

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

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



Jogaby: 90 m.



1. Merkezden gaçýan güýjüň täsirine esaslanyp işleýän nähili esbaplary bilýärsiňiz?
2. Ýoluň öwrümlü böleklerinde näme sebäpden awtomobilleriň ýöreýiş tizligi çäklendirilýär?
3. Maşynyň sürüjisi ýiti öwrümlü ýerine ýakynlaşanda näme etmeli? Näme üçin sürüji ygal bolanda, ýolda dökülen ýapraklar köp bolan wagtda we sürçekde gaty ägä bolmaly?

20-nji tema. SUWUKLYKLARYŇ WE GAZLARYŇ HEREKETI, AKYMYŇ ÜZNÜKSIZLIK TEOREMASY. BERNULLI DEŇLEMESI

Siz dynçlyk ýagdaýynda duran suwuklyklaryň we gazlaryň gabyň diwaryna basyş bermegi barada bilipdiňiz. Tebigatda we durmuşda suwuklyk dynçlyk ýagdaýyndan daşary, hereketde-de bolýar. Ýap, kanal, derýalar we wodoprowod turbalarynda akýan suwda nähili güýçler emele gelýär? Muny öwrenmek üçin ýapda akýan suwuň üstüniň ýagdaýyny bir ýada salalyň. Suwy köp, giň kanalda haýal akýan suwuň orta bölegi bir tekiz, takmynan bir çyzyk boýunça, hereket edýär. Muny suwda bile akyp barýan çöpleriň hereketini synlap göz ýetirmek mümkin (4.14-nji surat). Beýle akym **gatlakly** ýa-da **laminar akym** diýilýär. Dagdan düşüp gelýän ýabyň suwy çalt akýar. Oňa taşlanan maýda çöpleriň, ýapraklaryň hereketine syn edilse, köp ýerlerinde girdap, ýagny tüweleý görnüşindäki hereketler emele gelýär (4.15-nji surat.) Beýle akyma **turbulent** akym diýilýär. Diýmek, suwuklyk haýsy-da bolsa bir näýda akanda suwuklygyň näýyň diwarlaryna sürtülmeği sebäpli gatlaklaryň süýşmeği näýyň orta böleginde çaltrak, çetki böleklerinde haýalrak bolýar eken.

Sürtülmäni hasaba almadyk ýagdaýda, suwuklygyň kese kesiginiň meýdany üýtgeýän näý boýunça akysyna garalyň (4.16-njy surat)

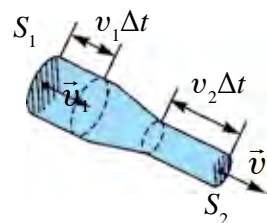
Suwuklyk näýyň S_1 meýdana eýe bolan bölegine v_1 tizlik bilen girip, S_2 meýdanly böleginden v_2 tizlik bilen çykyp gidýär. Kiçi bir Δt wagtyň içinde S_1 meýdandan m_1 massaly suwuklyk, S_2 meýdandan m_2 massaly suwuklyk akyp geçýär. Massanyň saklanma kanunyna esasan $m_1 = m_2$. Massalaryň ýerine suwuklygyň dykzlygy ρ we göwrümi V arkaly aňlatmasyny goýsak $\rho_1 S_1 v_1 \Delta t = \rho_2 S_2 v_2 \Delta t$. Suwuklygyň gysylmaýanlygy hasaba alynsa, $\rho_1 = \rho_2$ bolýar. Onda



4.14-nji surat



4.15-nji surat



4.16-njy surat

$S_1 v_1 \Delta t = S_2 v_2 \Delta t$ bolýar. Deňligiň iki tarapyny Δt -ge bölüp goýbersek,

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

-ä eýe bolarys. Alnan netijäni aşakdaky ýaly kesgitlemek mümkin:

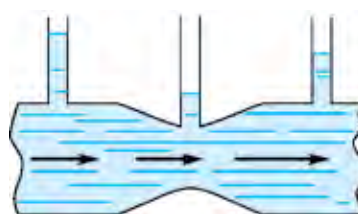
Dürli kesik meýdanly naýda akýan gysylmaýan suwuklygyň tizlikleriniň moduly, suwuklygyň kesik meýdanlaryna ters proporsional bolýar.

Muňa gysylmaýan suwuklyk üçin *akym üznüksizligi* deňlemesi diýilýär.

Şeýdip, akym naýynyň giň böleginde suwuklygyň tizligi kiçi, dar ýerinde bolsa uly bolýar. Wodoprowod şlangyndan suw sepilende suwy uzagrağa sepme üçin şlangyň ujy gysylýar.

Hereketlenýän suwuklyklarda basyşyň paýlanyşyna garalyň.

Ýokarky böleginde inçe ölçegli naýlary birikdirilen, dürli meýdanly naý boýunça suwuklyk akýan bolsun (4.17-nji surat). Suwuklygyň stasionar akymynda her bir ölçeg naýlary boýunça suwuklyk göterilýär.



4.17-nji surat

Suwuklygyň sütünleriniň beýikliklerine görä naýyň diwarlaryna berýän basyşy barada pikir ýöretmek mümkin. Tejribelerden görnüşi ýaly naýyň giň bölegindäki basyş, onuň dar bölegine görä uly bolýar. Akym üznüksizligi deňlemesine görä naýyň giň böleginde akym tizligi kiçi, dar böleginde uly bolýar. Mundan aşakdaky netijäni alarys:

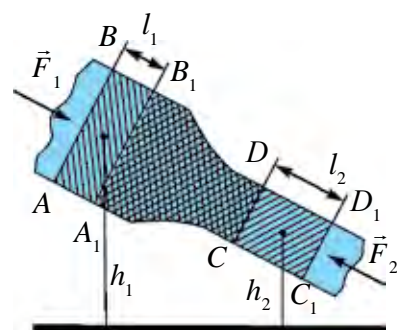
Suwuklygyň akym tizligi uly bolan ýerlerinde onuň basyşy kiçi we tersine akym tizligi kiçi bolan ýerlerinde uly bolýar.

Suwuklygyň basyşynyň akymyň tizligine baglylygynyň matematiki aňlatmasyny 1738-nji ýylda D. Bernulli anyklyady.

Bernulli deňlemesini suwuklygyň akymyna mehaniki energiýanyň saklanma kanunyny ulanyp çykarmak mümkin.

Suwuklyk akýan kese kesiginiň meýdany üýtgeýän naýy gorizonta görä ýapgyt edip ornaşdyralyň (4.18-nji surat.)

Naýyň giň bölegindäki AB meýdandan başlap belli bir suwuklygyň göwrümüne aýry garalyň. Bu göwrümiň akyp geçmegi üçin t wagt gerek bolsun. Suwuklyk gysylmaýan bolanlygyndan şu wagtyň dowamynda naýyň



4.18-nji surat

dar bölegindäki CD meýdanyndan hem şonça göwrümdäki suwuklyk akyp geçýär. Suwuklygyň AB meýdanyny S_1 , ondan akyp geçiş tizligini v_1 we CD meýdanysy S_2 , ondan akyp geçiş tizligini v_2 bilen belgiläliň. Basyş güýçleri F_1 we F_2 hem-de aýry alnan göwrümdäki suwuklyk agyrlyk güýjüniň täsirinde t wagtyň dowamynda sag tarapa süýşýär. Munda edilen iş

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

Suwuklygyň stasionar akymynda $A_1 B_1$ we CD aralykdaky (4.18-nji suratda ştrihlenen meýdan) suwuklygyň energiýasy üýtgemeyär, ýagny $ABB_1 A_1$ göwrümi eýelän suwuklyk ornuny üýtgedip, $CDD_1 C_1$ göwrümi eýeleýär. Energiýanyň saklanma kanunyna görä daşky güýçleriň ýerine ýetiren işi energiýanyň özgermegine deň:

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

$S_2 l_2 = S_1 l_1 = \Delta V$ bolýandygy hasaba alnyp ΔV -ge gysgaldylsa

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

Muňa ideal suwuklyk ýa-da gaz akymy üçin **Bernulli deňlemesi** diýilýär.

Eger $h_1 = h_2$ bolsa,

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

Mesele çözmegiň mysallary

Düýbünde dyky bilen ýapylan, kiçi yşy bolan gaba 1 m beýiklikde suw guýlan. Suwuň üstüne massasy 1 kg we meýdany 100 sm^2 bolan porşen goýlan. Gabyň diwary bilen porşeniň aralygyndan suw syzyp geçmeýär. Dyky alnan badyna suw yşdan nähili tizlik bilen atylyp çykar?

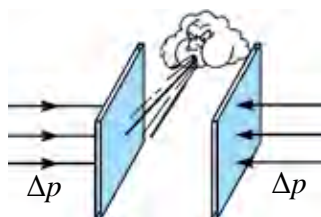
<p>Berlen:</p> <p>$m = 1 \text{ kg}$</p> <p>$S = 100 \text{ sm}^2$</p> <p>$h = 1 \text{ m}$</p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p>Tapmaly</p> <p>$v = ?$</p>	<p style="text-align: center;">Çözülişi:</p> <p>Bernulli deňlemesinden peýdalanýarys. Suwuň akymynyň basyşy p_o atmosfera basyşyna deň. Yşdan başlap h beýiklikdäki porşeniň aşagyndaky basyş $p_o + \frac{mg}{S}$ -e deň. Bernulli deňlemesine görä</p> $p_o + \frac{\rho v^2}{2} = p_o + \rho g h + \frac{mg}{S}.$ <p>Mundan $v = \sqrt{2gh + \frac{2mg}{\rho S}} \approx 4,9 \text{ m/s.}$ Jogaby: 4,9 m/s.</p>
--	---



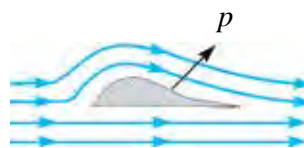
1. Suwuklygyň dinamiki basyşy diýende nämäni düşüňýärsiňiz?
2. Laminar we turbulent akymlar nähili kesgitlenýär?
3. Özüňiz ýaşayan ýerde akýan suwlar nähili görnüşde akýandygyny kesgitläp beriň.
4. Näme sebäpden suwuklygyň tizligi artsa, onuň basyşy kemelýär?

21-nji tema. HEREKETLENÝÄN GAZLARDA WE SUWUKLYKLARDA BASYŞYŇ TIZLIGE BAGLYLYGYNDAN TEHNIKADA PEÝDALANMAK

Suwuklyk dynçlyk ýagdaýynda duranyna garanda hereket ýagdaýynda basyş özgerýändigini gördük. Bu basyşa **dinamiki basyşa** bagly diýilýär. Dinamiki basyş suwuklygyň ýa-da gazyň tizligine bagly bolýandygyny görmek üçin aşakdaky ýaly tejribe geçireliň. Iki list kagyzy alyp, dik ýagdaýda saklalyň. Soňra kagyzyň arasyna üfläliň (4.19-njy surat). Şonda kagyzzar bir-birine tarap ymtylyp ýakynlaşýar. Munuň sebäbi, kagyzzaryň arasyndaky howa üfleme netijesinde herekete gelýär we ol ýerdäki basyş kemelýär. Kagyzzaryň daşky tarapyndaky basyş, içki bölegindäkiden uly bolup galanlygy sebäpli, kagyzzary gysyjy güýç peýda bolýar. Bir tarapa hereketlenýän iki gämi käte hiç hili sebäpsiz çaknyşyp gidenligi anyklyanan. Munuň sebäbini hem edil iki kagyzy listiniň arasyna üflenende basyşlar tapawudynyň emele gelýändigini bilen düşündirilýär.



4.19-njy surat

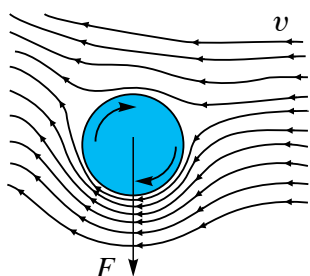


4.20-nji surat

1. Samolýotyň ganatyny göteriji güýç. Samolýotlaryň perwazy hem hut şu hadysany öwrenmek sebäpli amala aşyryldy. Muny samolýotyň ganatynyň mahsus guruluşy bilen düşündirilýär (4.20-nji surat).

Samolýotyň ganaty “süýri” şeklinde ýasalyp, oňa gelip urulýan şemal, ganatyň aşaky we üstki tarapyndan geçýär. Üstki böleginde şemal geçmeli

bolan ýol aşaky böleginden köpräk. Şu sebäpli üstki böleginde şemalyň tizligi aşakysyndan ulurak bolmaly. Diýmek, şemalyň tizligi uly bolan ýerdäki basyş p_1 şemalyň tizligi kiçi bolan aşaky bölegindäki p_2 basyşdan kiçi bolýar. Netijede aşakdan ýokary yönelen basyşlar tapawudy $p = p_2 - p_1$ emele gelýär. Akym turbulent bolsa, basyşlar tapawudy uly bolýar. Şu basyşlar tapawudy sebäpli samolýotyň ganatyny göteriji güýç peýda bolýar.

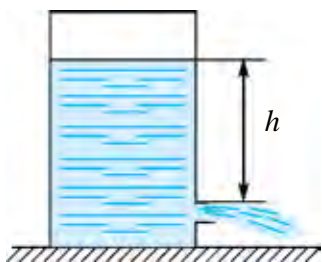


4.21-nji surat

2. Magnus effekti. Futbol meýdanynda burçdan depilen pökginiň öwrülip derwezä girendigini telewizorda ýa-da stadiona köp görensiňiz. Pökgini öwrülmäge näme mejbur edýär? Muňa sebäp, pökginiň ortasyna däl, eýsem biraz gyraragyna depen ökde futbolçy ony göni hereketi dowamynda öwrülmegine mejbur edýär. Netijede pökginiň çep we sag tarapyndaky howa akymynyň tizligi üýtgeýär we basyşlar tapawudy emele gelip, pökgini derweze tarapa öwürýär. Muňa *Magnus effekti* diýilýär (4.21-nji surat).

3. Gapdaky ýşdan atylyp çykýan suwuklygyň tizligini hasaplamak.

Bernulli deňlemesinden peýdalanylýp, suwuklygyň üstünden h çuňlukda bolan gabyň ýşndan atylyp çykýan suwuklygyň tizligini hasaplamak mümkin (4.22-nji surat).



4.22-nji surat

Gapdaky suwuklygyň üstki meýdanyndaky basyş, p_o atmosfera basyşyna deň. Suwuklygyň tizligi $v_o = 0$. Suwuklyk çykýan ýşň öňündäki basyş hem p_o -a deň. Ýşdan çykýan suwuklygyň tizligini v bilen belgiläp, bu iki ýer üçin 4.9-njy formulany ulanýarys:

$$p_o + \frac{\rho v^2}{2} = p_o + \rho gh, \text{ mundan}$$

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

Muňa ideal suwuklyk üçin *Torriçelli formulasy* diýilýär.

Mesele çözmegiň mysallary

Boýy 5 m bolan sisternada ýerden 50 sm beýiklikde kran ornaşdyrylan. Kran açylsa, ondan suwuklyk nähili tizlik bilen atylyp çykar?

<p>Berlen:</p> <p>$H = 5 \text{ m}$</p> <p>$h = 50 \text{ sm} = 0,5 \text{ m}$</p> <hr/> <p>Tapmaly</p> <p>$v = ?$</p>	<p>Formulasý:</p> $v = \sqrt{2g(H - h)}$	<p>Çözülişi:</p> $v = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (5 \text{ m} - 0,5 \text{ m})} =$ $= \sqrt{20 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} 4,5} \approx 9,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ <p>Jogaby: $\approx 9,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$</p>
---	--	--



1. Öýde kagyздan dürli görnüşdäki batberek ýasaň. Haýsy batberekde görteriji güýç uly bolýandygyny esaslandyrmaga synanyşyň.

2. Bedenterbiýe dersinde futbol pökgüsini burçdan depip, ony pyrlandyryp görüň.



1. Batberek nähili güýçleriň täsirinde ýokary göterilýär?

2. 4.22-nji suratdaky gapdan atylyp çykýan suwuklygyň tizligi ysýň meýdanyna baglymy?

3. Köp awtomobilleriň daşky görnüşini näme üçin üçburçluk, dörtburçluk ýada şoňa meňzeş görnüşde ýasalmaýar?

4. Magnus effektinden ýene haýsy ýerlerde peýdalanmak mümkin?

3-nji gönükme

1. Tanaby sallanmaýan edip çekmek mümkinmi?

2. Massasy $1,2 \cdot 10^3 \text{ kg}$ bolan truba ýerde ýatyr. Onuň bir ujundan götermek üçin nähili güýç gerek? (Jogaby: $\approx 6 \cdot 10^3 \text{ N}$).

3. Massasy 1,35 t bolan awtomobiliň tigirleri ornaşdyrylan oklar bir-birinden 3 m uzaklykda ýerleşýär. Awtomobiliň massa merkezi öňki okdan 1,2 m uzaklykda ýerleşýär. Awtomobiliň her bir okuna goýlan güýçleri anyklaň.

4. Kub şekliňdäki jisimi agdarmak üçin onuň üstki gyraňyna nähili güýç bilen täsir etmeli? Munda kubuň pola sürtülme koeffisiýentiniň minimal bahasy näçä deň bolmaly? Kubuň tarapy a -ga, massasy M -e deň.

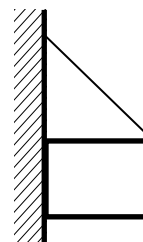
5. Esasy kwadratdan ybarat bolan beýik boýly tagtajyk gorizont tekizlikde dur. Diňe çyzgyçdan peýdalanyp tagtajyk bilen tekizligiň arasyndaky sürtülme koeffisiýentini nähili kesgitlemek mümkin?

6. Jisime ululygy 100 N-dan bolan üç güýç täsir edýär. Eger birinji we ikinji güýçleriň arasyndaky burç 60° , ikinji we üçünji güýçleriň arasyndaky burç 90° bolsa, güýçleriň deň täsir edijisini tapyň. (Jogaby: 150 N).

7. Uzynlygy 10 m bolan kir serilýän tanapda agyrlýgy 20 N bolan kostýum asylygy dur. Kostýum ildirilen geým ildirgiç tanabyň ortasynda bolup, tanap berkidilen nokatlardan geçen gorizontaly çyzykdan 10 sm pesde ýerleşýär. Tanabyň dartgynlyk güýjüni tapyň. (*Jogaby*: 500 N).

8. Wertikal diwara tanap bilen osib goýlan ýaşyk 4.23-nji suratda görkezilişi ýaly galyp bilermi?

9. Uzynlygy 10 m, massasy 900 kg bolan rels iki parallel tross bilen görterilýär. Trosslardan biri relsiň ujuna, ikinjisi başga ujundan 1 m aňyrdan ýerleşýär. Trosslaryň dartgynlyk güýçlerini tapyň. (*Jogaby*: 4 kN; 5 kN).



4.23-nji surat

10. Bir jynsli agyr metal steržen eplendi we bir ujundan erkin asyp goýuldy. Eger epleme burçy 90° bolsa, sterženiň asylan uýj wertikal bilen nähili burç emele getirýär? (*Jogaby*: $\text{tg}\alpha = 1/3$).

11. Derýanyň suwy onuň haýsy ýerinde çalt akýar: suwuň üstki bölegindemi ýa-da belli bir çuňlukdaky; derýanyň ortasyndaky ýa-da kenara ýakyn ýerindemi?

12. Suw turbasy deşilip, ondan ýokary suw atylyp çykyp başlady. Eger yşyň meýdany 4 mm^2 , suwuň atylyp çykyş beýikligi 80 sm bolsa, bir sutkada näçe suw zaýa bolar? (*Jogaby*: 1380 l).

13. Suwasty gämisi 100 m çuňlukda ýüzýär. Okuw maşky wagtynda onda kiçi yş açyldy. Eger yşyň diametri 2 sm bolsa oňa suw nähili tizlik bilen girer? Yş arkaly bir sagatda näçe suw girer? Gäminiň içindäki basyş atmosfera basyşyna deň. (*Jogaby*: 44,3 m/s; 50 m^3).

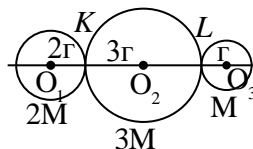
14. Ot söndürmek üçin ulanylýan suw turbasyndaky suw sarpy 60 l/min. Eger turbadan çykan suwuň meýdany $1,5 \text{ sm}^2$ bolsa, 2 m beýiklikde suwuň meýdany näçä deň bolýar?

15. Näme sebäpden bişen ýumurtga garap atylan ok ony deşip geçýär, ýöne çig ýumurtgany kül-peýekun edýär?

IV baby jemlemek üçin test soraglary

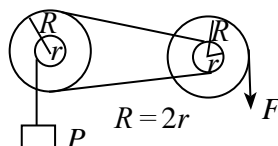
1. Massalary $2M$, $3M$ we M bolan tegelek şeklindäki jisimler suratda görkezilişi ýaly ornaşdyrylan. Olaryň agyrylyk merkezi haýsy nokatda ýerleşýär?

- A) KL nokatlaryň arasynda;
 B) L nokadynda;
 C) M nokadynda;
 D) LM nokatlaryň arasynda.



2. Suratda getirilen ulgam deňagramlylykda dur. F güýç R -iň näçe bölegine deň.

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

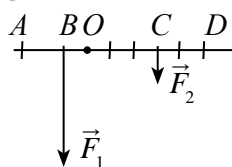


3. Güýjüň egni – bu....

- A) ryçagyň uzynlygy;
 B) ryçagyň aýlanma okundan ahyryna çenli bolan aralyk;
 C) güýç wektorynyň ugrundan aýlanma okuna çenli bolan iň gysga aralyk;
 D) ryçaga täsir ediji jübüt güýçleriň arasyndaky iň gysga aralyk.

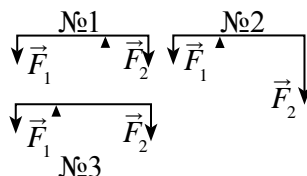
4. Suratda ryçaga täsir ediji \vec{F}_1 we \vec{F}_2 güýçler getirilen. \vec{F}_1 we \vec{F}_2 güýçleriň eginlerini görkeziň.

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



5. Suratda getirilen ryçaglardan haýsasy deňagramlylykda bolýar?

- A) Diňe 1;
 B) Diňe 2;
 C) Diňe 3;
 D) Diňe 1 we 3.



6. Güýç momenti nähili birlikde ölçelýär?

- A) Nýuton metr ($N \cdot m$);
 B) Joul (J);
 C) Watt sekunt ($W \cdot s$);
 D) Joul/sekunt (J/s).

7. “Dürli meýdanly naýda akýan gysylmaýan suwuklygyň tizlikleriniň moduly, suwuklygyň meýdanlaryna ters proporsional bolýar”. Bu tassyklamanyň ady näme?

- A) Akym üznüksizligi deňlemesi; B) Torriçelli deňlemesi;
C) Bernulli deňlemesi; D) Magnus düzgüni.

8. Torriçelli formulasyny görkeziň.

- 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 deňlemesini görkeziň.

- 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. Boýy 5 m bolan sisternanyň aşagyna kran ornaşdyrylan. Kran açylsa ondan suwuklyk nähili tizlik bilen atylyp çykýar?

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

IV bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, düzgünler we kanunlar

Durnukly deňagramlylyk	Jisimi deňagramlylyk ýagdaýyndan çete çykarylanda, ony başlangyç ýagdaýyna gaýtarýan güýç emele gelýän deňagramlylyk.
Durnuksyz deňagramlylyk	Jisimi deňagramlylyk ýagdaýyndan çete çykarylanda, ony başlangyç ýagdaýyndan uzaklaşdyrýan güýç emele gelýän deňagramlylyk.
Parhsyz deňagramlylyk	Jisimi deňagramlylyk ýagdaýyndan çete çykarylanda, onuň ýagdaýyny üýtgedýän hiç hili güýç emele gelmeýän deňagramlylyk.
Güýç momenti	Güýjüň güýç egnine köpeldilmegi: $M = F \cdot l$
Aýlanma okuna eýe bolan jisimiň deňagramlylykda galmak şerti	Jisime täsir edýän güýç momentleriniň wektor jemi nola deň bolanda jisim deňagramlylykda galýar: $\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 + \dots + \vec{M}_n = 0.$
Iki eginli ryçag	Daýanç ryçagyň güýçler goýlan nokatlarynyň aralygynda bolýar.

Bir eginli ryçag	Daýanç ryçagyň bir ujuna ýerleşdirilen bolup, ýük ryçagyň ikinji ujuna goýulýar.
Derejeli polispast	Gozganýan we gozganmaýan bloklar toplumy $F = \frac{P}{n}$. P – ýüküň agyrlýgy; F – çekiji güýç.
Laminar akym	Suwuklygyň gatlak-gatlak bolup akmagy.
Turbulent akym	Suwuklygyň tüweleýli görnüşdäki hereketi.
Akym üznüksizligi deňlemesi	Dürli meýdanly naýda akýan gysylmaýan suwuklygyň tizlikleriniň moduly, suwuklygyň meýdanlaryna ters proporsional bolýar: $S_1v_1 = S_2v_2$.
Bernulli deňlemesi	$p_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$. Suwuklygyň akym tizligi uly bolan ýerlerinde onuň basyşy kiçi we tersine akym tizligi kiçi bolan ýerlerinde basyş uly bolýar.
Dinamiki basyş	Suwuklygyň hereketi netijesinde emele gelýän basyşy.
Magnus effekti	Aýlanma hereket edýän jisimiň taraplarynda gazyň ýa-da suwuklygyň basyşlarynyň tapawudy peýda bolmagy netijesinde jisimiň hereket ugrunyň üýtgemegi.
Torriçelli formulasy	$v = \sqrt{2gh}$; v – suwuň akyş tizligi; h – beýiklik.

V bap. MEHANIKI YRGYLDYLAR WE TOLKUNLAR

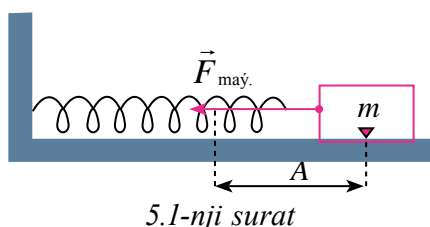
22-nji tema. GARMONIK YRGYLDYLAR

Durmuşda duşýan hereketleriň käbirleri deň wagt aralygynda gaýtalanyp durýar. Şeýle hereketlere *döwürleýin* hereketler diýilýär. Döwürleýin hereketleriň arasynda jisimiň deňagramlylyk ýagdaýy daşynda kä bir tarapa, kä ikinji tarapa edýän hereketi köp duşýar. Jisimiň beýle hereketi *yrgyldyly hereket* ýa-da gysgaça *yrgyldylar* diýilýär.

Deňagramlylyk ýagdaýyndan çykarylan jisimiň öz-özünden içki güýçleriň täsirinde edýän yrgyldylara *hususy (erkin) yrgyldylar* diýilýär. Yrgyldaýan jisimiň deňagramlylyk ýagdaýyndan uzaklaşma aralygyna onuň *süýşmegi* (x) diýilýär. Deňagramlylyk ýagdaýdan iň uly çetleşmegine *yrgyldy amplitudasy* (A) diýilýär.

Mehaniki yrgyldylary görmek üçin puržiniň ujuna berkidilen ýüküň yrgyldylary bilen tanşalyň (5.1-nji surat). Bu suratdaky puržine berkidilen ýük gorizonta steržende sürtülmesiz hereketlenip bilýär, çünki şarjagazyň agyrylyk güýjüni sterženiň reaksiýa güýji deňagramlylaşdyrýar.

Puržiniň maýyşgaklyk koeffisiýenti k , massasy hasaba alynmaýan derejede kiçi. Ulgamyň massasy ýükde, gatylygy bolsa puržinde toplanan diýip hasaplamak mümkin.



Eger deňagramlylyk ýagdaýynda duran ýüki sag tarapa A aralyga süýşürüp, goýbersek, ýük süýnen puržinde (5.1-nji surat) emele gelen maýyşgaklyk güýji

$$F_{\text{maý.}} = -kA \quad (5.1)$$

täsirinde deňagramlylyk ýagdaýy tarap hereket edip başlaýar. Wagt geçdigi saýyn ýüküň süýşmegi A-dan kemelip ugraýar, ýöne ýüküň tizligi bolsa barha artýar. Ýük deňagramlylyk ýagdaýyna ýetip gelensoň, onuň süýşmegi (x) nola deň bolanlygy üçin maýyşgaklyk güýji nola deň bolup galýar. Ýöne ýük *inersiýasy* sebäpli çep tarapa garap hereketlenip başlaýar. Puržinde emele gelen maýyşgaklyk güýjüniň moduly hem barha artýar. Ýöne maýyşgaklyk güýji hemişe ýüküň süýşmesine ters ýönelenligi üçin, ol ýüki tormozlap başlaýar. Netijede ýüküň hereketi barha haýallaşyp, ahyrynda ol togtaýar. Indi ýük gysylan puržinde emele gelen maýyşgaklyk güýjüniň täsirinde ýene deňagramlylyk ýagdaýyna tarap hereket edip başlaýar.

Döwürleýin ýagdaýda yrgyldaýan ulgamyň wagtyň dowamynda haýsy kanun boýunça özgerýänligini kesgitlemek üçin woronka gum dolduryp, ony ýüp bilen asyp, yrgyldadyp goýbereliň. Woronkanyň yrgyldy prosesinde onuň aşagyndaky karton kagyzy bir tekiz çekip başlasak, gumuň kagyzyndaky zyň sinusoida şeklindedigine şaýat bolýarys. Mundan aşakdaky netije gelip çykýar: *Döwürleýin yrgyldaýan jisimiň süýşmegi wagtyň geçmegi bilen sinuslar ýa-da kosinuslar kanuny boýunça üýtgeýär.* Munda süýşmäniň iň uly bahasy amplituda A-ga deň bolýar:

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

bu ýerde: ω_0 – yrgyldaýan ulgamyň parametrlerine bagly bolan siklik ýygylygy, φ_0 – başlangyç faza. ($\omega_0 t + \varphi_0$) bolsa yrgyldy başlananyndan t wagt geçendäki yrgyldy fazasy.

Matematikadan mälim bolşy ýaly, $\sin \alpha = \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)$; şonuň üçin (5.2)-ni

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

diýip hem ýazmak mümkin.

Wagtyň dowamynda parametrleri sinus ýa-da kosinuslar kanuny boýunça üýtgeýän yrgyldylara *garmonik yrgyldylar* diýilýär.

Diýmek, deňagramlylyk ýagdaýyndan çykarylan puržinli maýatnik garmonik yrgyldaýan eken. Ulgam garmonik yrgyldamagy üçin: 1) jisim deňagramlylyk ýagdaýyndan çykarylarda onda ulgamy deňagramlylyk ýagdaýyna gaýtaryjy içki güýçleriň emele gelmegi; 2) yrgyldaýan jisim inertlige eýe bolup, oňa sürtülme we garşylyk güýçleri täsir etmeli däldir. Bu şertlere yrgyldy hereketiň ýüze çykyş şertleri diýilýär.

Garmonik yrgyldylaryň esasy parametrleri:

a) yrgyldy döwri T –bir gezek doly yrgyldy üçin giden wagt:

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

b) yrgyldy ýygylgy ν –1 sekuntda bolup geçýän yrgyldylar sany:

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

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

c) siklik ýygylgyk 2π sekundaky yrgyldylar sany:

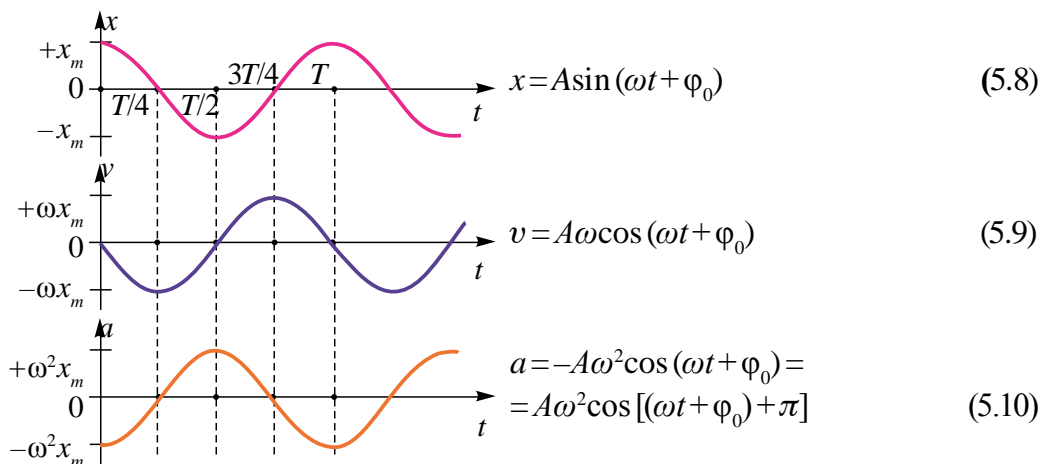
$$\omega = \frac{2\pi}{T}. \quad (5.6)$$

Garmonik yrgyldylar deňlemesi (5.2)ni (5.5) we (5.6) -lary hasaba alyp aşakdaky görnüşlerde ýazmak mümkin.

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

Süýşmegi wagtyň dowamynda sinus ýa-da kosinuslar kanuny boýunça üýtgeýän garmonik yrgyldylary mukdar taýdan häsiýetlendirýän ululyklaryň aglabasy (tizlik, tizlenme, kinetik we potensial energiýalary) hem garmonik üýtgeýär.

Muny aşakdaky grafiklerde we deňlemelerde görüp bileris:



5.2-nji surat

Mesele çözmegiň mysallary

1-nji mesele. Nokat garmonik yrgyldy hereket edýär. Maksimal süýşmesi we tizligi degişlilikde 0,05 m we 0,12 m/s-a deň. Maksimal tizlenmesini tapyň we süýşme 0,03 m-e deň bolan momentde nokadyň tizligini we tizlenmesini tapyň.

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

Tapmaly

a_{\max} -?

v -?

a -?

Formulasy we çözülişi:

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

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

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

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

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

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



1. Döwürleýin hereket diýip nähili herekete aýdylýar? Döwürleýin herekete durmuşdan we tehnikadan mysallar getiriň.
2. Garmonik yrgyldy hereket deňlemesini ýazyň.
3. Garmonik yrgyldynyň süýşmegi, amplitudasy, döwri, ýyglygy diýip nämä aýdylýar?

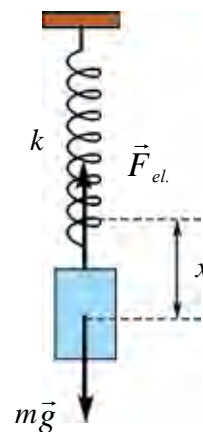
23-nji tema. PURŽINLI WE MATEMATIKI MAÝATNIKLER

Döwürleýin yrgyldy hereket edýän jisim ýa-da jisimler ulgamyna **maýatnik** diýilýär. Tebigatda duşýan aglaba yrgyldyly hereketler: puržinli we matematiki maýatnikleriň hereketine meňzeş bolýar.

Gatylygy k bolan puržine asylan m massaly ýükden ybarat ulgama **puržinli maýatnik** diýilýär (5.3-nji surat). Asylan ýüküň täsirinde puržin x_0 aralyga süýnýär. Onuň deňagramlylyk şerti

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

bilen anyklanýar. Puržini biraz x -a sozup, goýersek, ýük wertikal ugurda yrgyldyly herekete gelýär.



5.3-nji surat

Tejribäniň kömeginde ýüküň süýşmesiniň wagta baglylygy

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

kanun boýunça üýtgeýşini anyklapdyk. Garmonik yrgyldaýan jisimiň tizlenmesini (5.10)-dan $a = -\omega_0^2 x$ bolýandygyny hasaba alsak, (5.10) deňlik aşakdaky görnüşe gelýär:

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

Bu deňlikden

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

-e eýe bolarys.

Diýmek, garmonik yrgyldaýan jisimiň siklik yrgyldy ýygylgy yrgyldy ulgamyna girýän jisimleriň parametrlerine bagly eken. (5.12) puržinli maýatnigiň siklik (döwürleýin) ýygylgyny tapmagyň formulasy diýilýär.

Yrgyldy döwrüniň kesgitlemesine görä $T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{2\pi\nu} = \frac{2\pi}{\omega_0}$ dan

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

ýagny

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

Puržinli maýatnigiň yrgyldy döwri asylan ýük massasyndan çykarylan kwadrat köke göni, puržiniň gatylygyndan çykarylan kwadrat köke ters proporsional bolýar.

Puržinli maýatnikde energiýa çalşyklaryna garalyň. Maýatnigiň kinetik energiýasy puržiniň massasy hasaba alynmanda, $E_k = \frac{mv^2}{2}$ ýüküň kinetik energiýasyna deň bolýar. Öňki temada tizlik $v = A\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ aňlatma bilen anyklanyşy görkezilipdi. Onda maýatnigiň kinetik energiýasy

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

-e deň bolýar.

Puržinli maýatnigiň potensial energiýasy puržiniň deformasiýa energiýasyna deň, ýagny:

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

Köplenç ulgamyň doly energiýasy $E_t = E_k + E_p$ -ni bilmek uly ähmiýete eýe:

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

Eger $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ bolýandygyny hasaba alsak,

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

ýa-da

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

ekenligi gelip çykýar.

Üns beriň, puržinli maýatnigiň doly energiýasy wagta bagly bolmadyk hemişelik ululyk eken, ýagny mehaniki energiýanyň saklanma kanunynyň ýerine ýetirilýändigini görmek mümkin.

Süýnmeýän we agramsyz ýüpe asylan hem-de deňagramlylyk ýagdaýy daşynda döwürleýin yrgyldyly hereket edýän material nokada **matematiki maýatnik** diýilýär.

Maýatnik durnukly deňagramlylyk ýagdaýynda bolanda material nokadyň agyrlýgy ($P = mg$) dargynlyk güýji T -ni deňagramlylaşdyrýar (5.4-nji surat). Çünki olaryň modullary deň bolup, bir göni çyzyk boýunça, garşylykly tarapa ýönelen. Eger maýatnigi α burça gysartsak, mg we T güýçler özara burç emele getirip ýönelenligi üçin bir-birini deňagramlylaşdyryp bilmeýär. Şeýle güýçleriň goşulşmagyndan maýatnigi deňagramlylyk ýagdaýyna **gaýtaryjy güýç** emele gelýär.

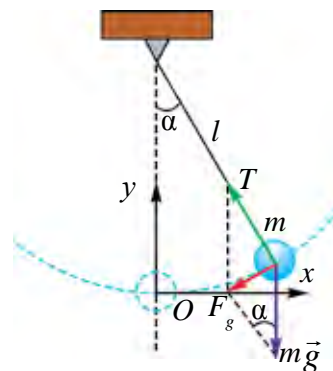
Maýatnigi goýbersek, maýatnik gaýtaryjy güýjüň täsiri astynda deňagramlylyk ýagdaýyna tarap hereket edip başlaýar. 5.4-nji suratdan

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

bolýandygyny görýäris.

Nýutonyň ikinji kanunyna görä, F_g güýç material nokada a tizlenme berýär. Şonuň üçin

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



5.4-nji surat

Örän kiçi gyşarma burçlarynda ($\alpha \leq 6^\circ \div 8^\circ$) bolanlygy we F_g güýç hemişe süýşmä garşylykly ýönelenligi üçin (5.19)-y

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

görnüşde ýazmak mümkin. Eger material nokadyň (şarjagazyň) yrgyldy prosesindäki süýşmesini x harpy bilen belgilesek hem-de $a = -\omega_0^2 x$ gatnaşyk hasaba alynsa, $-m\omega_0^2 x = mg \frac{x}{l}$.

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

bolýar. Yrgyldy döwrüniň kesgitlemesine görä, $T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{2\pi\nu} = \frac{2\pi}{\omega_0}$ bolany üçin:

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

Matematiki maýatnik yrgyldy döwrüni anyklaýan bu formula **Gýugensiň formulasy** diýlip atlandyrylýar. Mundan matematiki maýatnigiň aşakdaky kanunlary gelip çykýar:

1) matematiki maýatnigiň gyşarma burçy (α) kiçi bolanda yrgyldy döwri onuň yrgyldy amplitudasyna bagly däl.

2) matematiki maýatnigiň yrgyldy döwri oňa asylan ýüküň massasyna hem bagly däl.

3) matematiki maýatnigiň yrgyldy döwri onuň uzynlygyndan çykarylan kwadrat köke göni proporsional we erkin gaçma tizlenmesinden çykarylan kwadrat köke ters proporsional eken.

Munda matematiki maýatnigiň yrgyldysy

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

aňlatma bilen belgilenýär.

Ýrgyldynyň amplitudasy ýa-da gyşarma burçy uly bolanda, matematiki maýatnigiň yrgyldysy garmonik bolman galýandygyny nygtamak gerek.

Çünki, $\sin \alpha \approx \frac{x}{l}$ -e deň bolmaýar we maýatnigiň hereket deňlemesiniň çözüwi sinus ýa-da kosinus görnüşinde bolman galýar.

Mesele çözmegiň mysallary

1-nji mesele. Birinji maýatnigiň yrgyldy döwri 3 s ikinjisiniňki 4 s-a deň. Olar uzynlyklary jemine deň bolan maýatnigiň yrgyldy döwrini tapyň.

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$T_1 = 3 \text{ s}$ $T_2 = 4 \text{ s}$ $l = l_1 + l_2$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}; T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}; T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}$	$T = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ s.}$
Tapmaly $T = ?$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l_1 + l_2}{g}} \cdot l_1 = \frac{T_1^2 \cdot g}{4\pi^2}$ we $l_2 = \frac{T_2^2 \cdot g}{4\pi^2}; T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$	$Jogaby: 5 \text{ s.}$



1. Puržinli maýatnigiň siklik ýygylgyny iki esse artdyrmak üçin onuň haýsy parametrini näçe esse üýtgetmeli?
2. Matematiki maýatnik asylan ýüpiň gyşarma burçy haýsy kanun boýunça üýtgeýär?
3. Nähili şert ýerine ýetirilende, matematiki maýatnigiň yrgyldylary garmonik bolýar?

24-nji tema. LABORATORIÝA IŞI: MATEMATIKI MAÝATNIGIŇ KÖMEGINDE ERKIN GAÇMA TIZLENMESINI KESGITLEMEK

Işň maksady: Erkin gaçma tizlenmesini matematiki maýatnigiň kömeginde kesgitlemek usulyny öwrenmek.

Gerekli esbap we enjamlar. Matematiki maýatnik, laboratoriya uniwersal ştatiw, sekundomer, ölçeg lentasy.

Işň ýerine ýetirilişi:

1. Ýüpi mümkingadar uzynrak ýagdaýda mäkämläp, onuň uzynlygy ölçelýär. Şaryň radiusy r anyklanýar. Alnan netije jedwele ýazylýar.

$$l_1 = (l_{\text{ýüp}} + r) m.$$

2. Şarjagazy deňagramlylyk ýagdaýyndan onçakly uly bolmadyk ($6^\circ - 8^\circ$) burça gyşardyp, ol herekete getirilýär. Şu pursatda sekundomer işe düşürilýär.

3. Matematiki maýatnigiň yrgyldylar sany sanalýar. Maýatnik $N_1 = 20$ gezek yrgyldanda sekundomer togtadylýar.

4. Sekundomeriň görkezişi bellik edilýär we jedwele ýazylýar.

5. $T = \frac{t}{n}$ dan yrgyldy döwri anyklanýar.

6. $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ aňlatma görä erkin gaçma tizlenmesi hasaplanýar.

7. Maýatnigiň ýüpüniň uzynlygyny üýtgetmezden yrgyldylar sany $N_2=30$ sany we $N_3=40$ sany ýagdaýlary üçin tejribe ýokardaky ýaly gaýtalanýar.

8. Alnan netijeler esasynda maýatnigiň yrgyldy döwri we erkin gaçma tizlenmesiniň bahalary anyklanyp, jedwele ýazylýar.

9. Alnan netijeler esasynda aşakdaky jedwel doldurylýar.

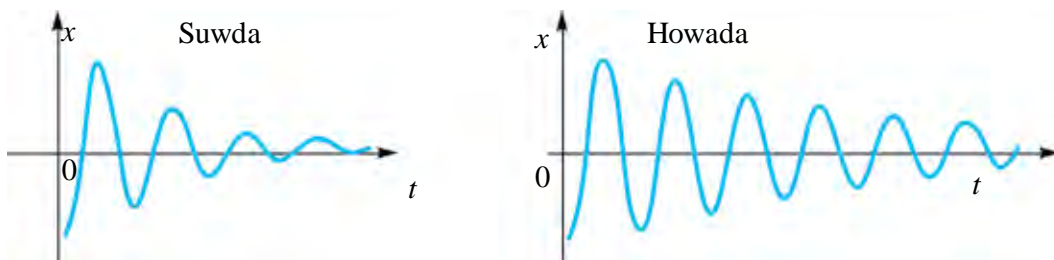
$l_i,$ m	N_i	$t_i,$ s	$g_i,$ m/s ²	$\bar{g},$ m/s ²	$\Delta g,$ m/s ²	$\Delta \bar{g},$ m/s ²	$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{g}}{\bar{g}} \cdot 100\%$
	20						
	30						
	40						



1. Näme sebäpden maýatnigiň yrgyldy döwri maýatnigiň şarjagazynyň massasyna bagly bolmaýar?
2. Näme sebäpden Ýeriň dürli geografik giňliklerinde şu tejribe geçirilse netije dürlüçe çykýar?
3. Matematiki maýatnigiň şarjagazynyň ölçegleri üýtgedilse, onuň yrgyldy döwri nähili üýtgeýär?

25-nji tema. MEJBURY YRGYLDYLAR. TEHNIKADA REZONANS

Haýsy-da bolsa bir gurşawda ýüze çykýan erkin yrgyldylar togtaýan bolýar (5.5-nji surat). Çünki yrgyldy döwründe yrgyldaýan jisim gurşaw tarapyndan sürtülme sebäpli garşylyga duşýar.



5.5-nji surat

şu sebäpli erkin yrgyldylardan amalda peýdalanylmaýar.

Yrgyldylar sönmezligi üçin ulanylan energiýany döwürleýin ýagdaýda üstüni ýetirip durmaly. Munuň üçin yrgyldaýan ulgam daşky güýjüň täsirinde döwürleýin täsir edip durmalydyr. Ynha şeýle daşardan güýç täsir edip durýan gurluşyň ýönekeý maketi 5.6-njy suratda getirilen. Puržine asylan ýüki pese çekip, goýberilse, ol yrgyldyly hereket edýär. Bu wagtda puržin asylan demir özeniň dessesi aýlandyrylsa, yrgyldylar sönmeýär. **Daşardan döwürleýin ýagdaýda täsir edip durýan güýjüň täsirinde bolup geçýän ulgamyň yrgyldylaryna mejbury yrgyldylar diýilýär.**

Bu mejbury yrgyldylary emele getirýän döwürleýin üýtgeýän daşky güýje **mejbur ediji güýç** diýilýär.

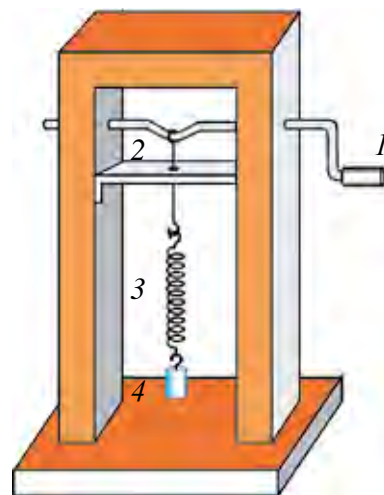
Mejbury yrgyldylara gündelik durmuşdan köp mysallar getirmek mümkin. Siz söýüp diňleýän radiodaky, magnitofondaky, telewizordaky radiokerneýleriň *membranasy* ondan geçýän mejbur ediji toguň täsirinde yrgyldaýar. Öýüňiziň ýa-da synpyňzyň ýanyndan agyr ýük ýüklenen maşynlar geçende äpişgäniň aýnalary sandyraýandygyny eşidensiňiz. Köne beton gurluşlari (fundament, sütün) dargadyjy, dag jynslaryny goparyjy titröp işleýän *pnewmatik çekiçler* hem döwürleýin ýagdaýda täsir ediji daşky güýjüň täsirinde işleýär. Mejbury yrgyldylardan peýdalanmak ýa-da zyýanly ýagdaýlary ýok etmek üçin olary öwrenmek gerek. 5.6-njy suratdaky gurluşdan peýdalanyp, daşky mejbur ediji güýjüň yrgyldaýan ulgamda emele gelýän yrgyldylara täsirini öwreneris.

Ýük (4) daňlan puržiniň (3) uýy ilgençekli (2) simiň ujuna asylan. Ilgençegiň uýy halka şeklinde bolup, demir özeniň (1) ýaý şeklinde eplenen böleginde typýar. Demir özeni aýlap başlasak, ýükli puržin yrgyldap başlaýar.

Özeniň dessesini tizräk aýlasak, ýüküň yrgyldylary ilki biraz yza galyp, soň deňleşýär. Şonda *yrgyldylar durnukly* bolýar.

Munda özen wagt birligi içinde näçe gezek aýlansa, ýükli puržin hem şonça gezek aýlanýar. Diýmek, **yrgyldaýan ulgamda ýüze çykýan mejbury yrgyldylar mejbur ediji güýjüň ýyglygyna deň** bolýar eken.

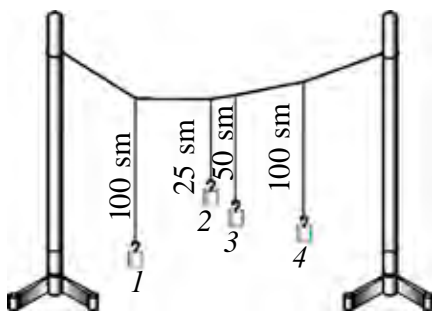
Mejbury yrgyldylar *sönmeýän yrgyldylardyr*.



5.6-njy surat

Rezonans hadysasy

Indi yrgyldaýan ulgamda ýüze çykýan yrgyldylar amplitudasynyň mejbur edii güýje nähili bagly bolýandygyna garalyň. Munuň üçin ýönekeýje tejribe geçirýäris. 4–5 m uzynlykdaky ýüpi otagyň bir ujundan ikinji ujuna biraz asyldyryp çekýäris.



5.7-nji surat

Olara 3–4 sany dürli uzynlykdaky ýüplere asylan ýükleri daňýarys (5.7-nji surat).

Birinji ýük asylan ýüpüň uzynlygyny dördünji ýük asylan ýüpüň uzynlygy bilen birmeňzeş edip saýlaýarys. Birinji maýatniki deňagramlylyk ýagdaýdan çete çykaryp, goýbersek, ol yrgyldap başlaýar. Onuň yrgyldysy umumy daňlan ýüp arkaly başga maýatniklere geçip, olar hem

ýuwaşjadan yrgyldyly herekete gelýär. Maýatniklerde durnukly yrgyldylar emele gelenden soň ikinji, üçünji we dördünji maýatnikler yrgyldysyna üns bersek, dördünji maýatnikiň amplitudasy iň uly bolýandygyna göz ýetireris. Dördünji we birinji maýatnikleriň uzynlygy birmeňzeş bolanlygy sebäpli, olaryň erkin yrgyldylar döwri (ýygylgy) özara deň bolup çykýar.

Diýmek, *mejbury yrgyldylarda mejbur ediji güýjüň ýygylgy, yrgyldaýan ulgamyň hususy yrgyldylarynyň ýygylgyna deň bolanda yrgyldylaryň amplitudasy iň uly bolýar, ýagny rezonans ýüze çykýar.*

Daşky mejbur ediji güýjüň ýygylgy, yrgyldaýan ulgamyň hususy ýygylgyna deň bolanda, yrgyldylar amplitudasynyň ýiti artmagy hadysasyna rezonans diýilýär.

Rezonans döwründe amplitudanyň artyp gitmegine sebäp mejbur ediji güýjüň ugry bilen yrgyldaýan jisimiň hereket ugrunyň özara laýyk gelmegidir.

Rezonans hadysasyndan tehnikada we durmuşda giň peýdalanylýar. Sagatlarda, ähli görnüşdäki jaňlarda, sirenalarda, pnevmatik çekiçlerde rezonans hadysasyndan peýdalanylýar.

Ýöne rezonans hadysasy käbir ýagdaýlarda zyýanlydyr.

Meselem, derýanyň üstüne gurlan asma köpriden adam geçýän mahalynda ol yrgyldap durýar. Ondan geçýän adamyň haýal ýa-da çalt ýöreýşine garap köpriniň yrgyldysy ulalmagy ýa-da haýallamagy mümkin.

Eger ädim ätmek ýgylygy, köpriniň hususy ýgylygyna gabat geläýse, köprini saklap durýan troslaryň üzülip gitmegi mümkin.

Rezonans zyýanly bolan ýagdaýlarda onuň netijesini kemeltmek maksadynda degişli çäreler görüýär. Kärhanalarda stanoklardaky bölekleriň aýlanmagy netijesinde rezonans bolmazlygy üçin bina fundamenti agyr we uly edip gurulýar. Awtomobillardäki yrgyldylary tiz söndürmek üçin *amortizatorlar* ornaşdyrylýar.

Awtoyrgyldylar. Sönmeýän mejburi yrgyldylaryň bolmagy üçin daşky döwürleýin güýç täsir edip durmaly. Ýöne ulgamdaky yrgyldylar daşky döwürleýin güýjüň täsirisiz hem togtamaýan bolmagy mümkin. Eger erkin yrgyldap bilýän ulgamyň içinde energiýa çeşmesi bolsa we bu çeşmeden yrgyldaýan jisime ýitiren energiýanyň öwezini dolmak üçin zerur energiýanyň gelip durmagyny ulgamyň özi sazlap bilse, beýle ulgamda togtamaýan yrgyldylar ýüze çykýar.

Maýatnikli, ýönekeý sagat şeýle tipdäki ulgamyň in ýönekeý mysalydyr. Bu ulgam mälum energiýa goruna, ýagny ýerden nähilidir beýiklige göterilen yüküň potensial energiýasyna ýa-da gysylan puržiniň energiýasyna eýe.

Energiýa çeşmesinden üpjün edilýändigini sebäpli sönmeýän yrgyldylary emele getirýän ulgamlar *awtoyrgyldyly ulgamlar* diýlip atlandyrylýar. Elektrik jaň, adamyň ýüregini we öýkenini hem awtoyrgyldyly ulgam diýip garamak mümkin.

Ulgamda daşky döwürleýin güýç täsirisiz içki çeşmäniň täsirinde bolup bilýän togtamaýan yrgyldylar awtoyrgyldylar diýlip atlandyrylýar.

Mejburi yrgyldylaryň ýgylygy daşky güýjüň ýgylygy bilen birmeňzeş bolýar. Awtoyrgyldylaryň ýgylygy we amplitudasy ulgamyň şahsy aýratynlyklary bilen belgilenýär. Awtoyrgyldylaryň amplitudasy şu yrgyldylary emele getiren başlangyç gysga wagtly täsiriň (itergi) ululygyna bagly däl.



1. *Erkin yrgyldylary togtamaýan yrgyldylara öwürmek üçin näme etmeli?*
2. *Nähili yrgyldylara mejburi yrgyldylar diýilýär?*
3. *Rezonans hadysasy nähili şertde emele gelýär?*
4. *Rezonans peýdaly ýa-da zyýanly bolýan ýagdaýlar üçin mysal getirin.*



Pökgini alyp, basketbolçylar ýaly ýere urup oýnaň. Pökginiň hereketi nähili herekete girýär? Pökginiň ýere çaknyşma ýygylgyny we böküş beýikligini ütgediň. Haýsy ýagdaýda pökginiň hereketi durmukly bolşuna üns beriň.

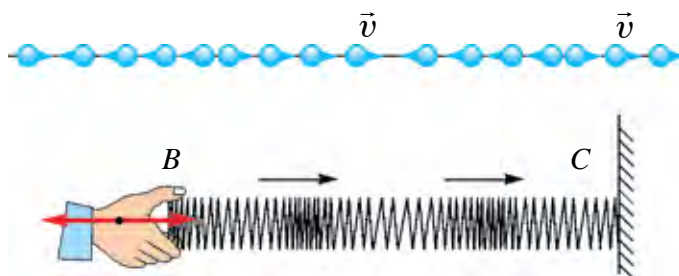
26-njy tema. MEHANIKI TOLKUNLARYŇ GURŞAWLARDA ÝAÝRAÝŞY. ULTRA WE INFRASESLERDEN DURMUŞDA WE TEHNIKADA PEÝDALANMAK

Bize mälim bolşy ýaly, haýsy-da bolsa jisimiň gurşawdaky yrgyldyly hereketi şu jisim duran gurşawa geçirilýär. Eger yrgyldy howada bolsa, özüniň hereketini howa bölejiklerine geçirýär. Howa bölejikleriniň yrgyldyly hereketi ähli ugurda howa boýunça ýaýraýar. Bu hadysa suwuklyklarda hem, gaty jisimlerde-de ýüze çykýar. Wakuumda mehaniki tolkunlar ýaýramaýar.

Yrgyldynyň gurşawda wagt boýunça ýaýrama prosesine **tolkun** diýilýär.

Umuman alanda, mehaniki tolkunlar iki hili bolýar: boý we kese tolkunlar.

Tolkun ýaýraýan gurşawda bölejikleriň yrgyldynyň ugry, tolkun ýaýrama ugry bilen bir okda bolsa, beýle tolkuna **boý tolkun** diýilýär.

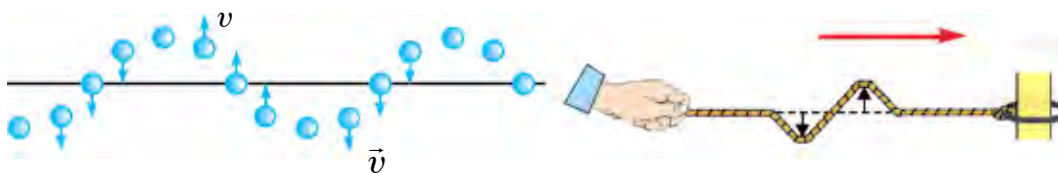


5.8-nji surat

Boý tolkunlar ýaýranda gurşaw gysylma we giňelme deformasiýasyna duşýar (5.8-nji surat). Suwuklyklarda we gazlarda beýle deformasiýa gurşawyň bölejikleriniň dykzlaşmagy ýa-da seýrekleşmegi arkaly bolýar. Boý tolkunlar ähli gurşawlar: gaty, suwuk we gaz halyndaky gurşawlarda ýaýramagy mümkin.

Boý tolkunlara mysal hökmünde maýyşgak steržendäki tolkunda ýa-da howada ýaýran sesi getirmek mümkin.

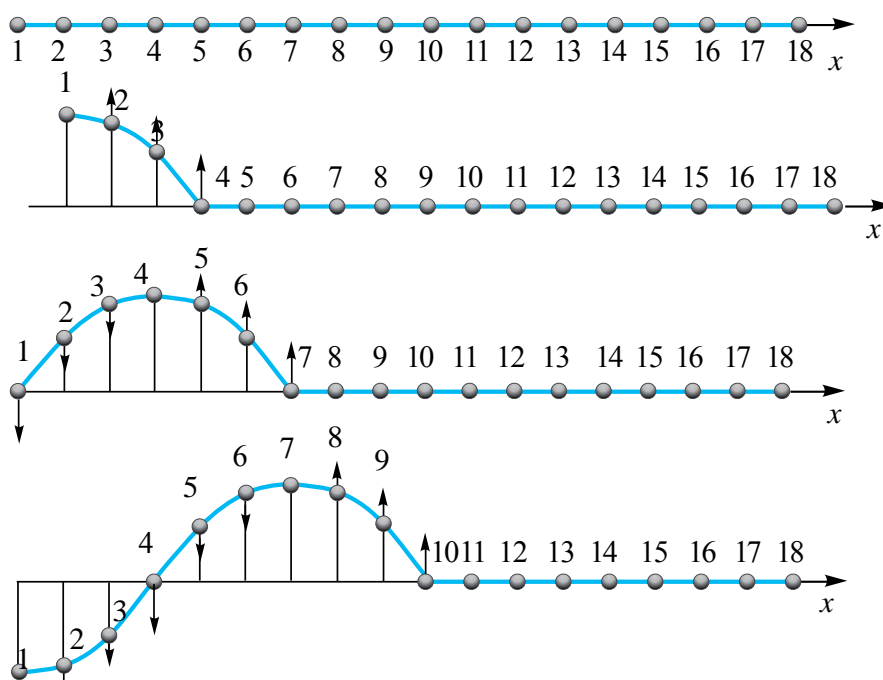
Tolkun ýaýraýan gurşawda bölejikleriň yrgyldynyň ugry, tolkunyň ýaýrama ugruna perpendikulýar bolsa, beýle tolkuna **kese tolkun** diýilýär.



5.9-njy surat

Kese tolkunlar ýaýranda gurşawyň bir gatlagy, ikinjisine görä süýşýär. Beýle tolkunlar ýaýranda gurşawda tümmek we çukurlar emele gelýär (5.9-njy surat). Gaty jisimlerden tapawutlylykda, suwuklyk we gazlar gatlaklaryň süýşmegine görä maýyşgaklyk aýratynlygyna eýe däl. Şoňa görä kese tolkunlar diňe gaty jisimlerde ýaýrap bilýär.

Kese tolkunyň nokatdan nokada yrgyldyny geçirmek prosesine jikme-jik garalyň. 5.10-njy suratda kese tolkunyň her $\frac{1}{4} T$ wagtdaky ýagdaýy getirilen.



5.10-njy surat

5.10-njy suratda bölejikleriň nähilidir momentdäki ýagdaýy nomerlenen şarjagazlar görnüşinde berlen. Şarjagazlar bir-birine ýakyn ýerleşýänligi üçin olaryň arasynda özara täsir bar. Eger birinji şarjagazy yrgyldy

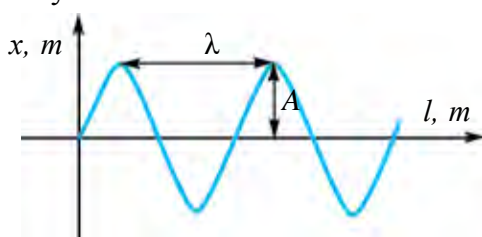
herekete getirsek, ýagny ony ýokary we aşak hereketlenmäge mejbur etsek, şarjagazlaryň arasyndaky özara täsir sebäpli galanlary hem onuň hereketini gaýtalaýar. Ýöne olaryň hereketi öňküsine garanda gijigen (faza taýdan süýşen) ýagdaýda bolýar.

Meselem, dördünji şar, birinji şardan $\frac{1}{4}$ yrgylda yzda bolýar. Ýedinji şaryň hereketi, birinji şardan $\frac{1}{2}$ sany yrgylda, onunjysy $\frac{3}{4}$ sany yrgylda yza galýar. On üçünji şar birinji şardan bir doly yrgylda yzda galýar, ýagny onuň bilen birmeňzeş fazada yrgyldaýar.

Iki bir-birine iň ýakyn aralykda ýerleşýän we birmeňzeş fazada yrgyldaýan nokatlaryň arasyndaky aralyga *tolkun uzynlygy* diýilýär.

Tolkun uzynlygy grekçe λ (“lambda”) harpy bilen belgilenýär. Birinji we on üçünji şar, ikinji we on dördünji, üçünji we on bäşinji şarlaryň arasyndaky aralyk bir tolkun uzynlygyna deň diýilýär.

Diýmek, bir döwrüň içinde tolkun ýaýran aralyk tolkun uzynlygyna deň bolýar:



5.11-nji surat

$$\lambda = vT.$$

Munda v – tolkununyň ýaýrama tizligi (5.11-nji surat). Yrgyldy döwrüniň ýygylýga baglylygy $v = \frac{1}{T}$ hasaba alynsa, $\lambda = \frac{v}{\nu}$ bolýar. Birligi $[\lambda] = 1 \text{ m}$.

Howza ýa-da dynç şemalsyz wagtda suwuň üstüne daş taşlansa, daş düşen nokatdan başlap hemme tarapa yrgyldylar ýaýrap başlaýar. Bu tolkunlar töwerek şeklinde bolup, tümmeleklerden we çukurlyklardan ybarat bolýar.

Kirişniň yrgyldylarynyň, şu kiriş boýunça ýaýraýşy ýönekeý tolkuna mysal bolup biler.

Ondaky yrgyldynyň ýaýrama tizligi $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ we şonuň üçin:

a) ýaýrama tizligi kirişniň dartgynlyk güýji T we onuň çyzykly dykzlygy $\rho = \frac{m}{l}$ -e bagly;

b) gurşawyň maýyşgaklygy näçe uly bolsa, yrgyldylaryň ýaýrama tizligi şonça uly bolýar.

Ses we onuň tebigaty. Maýyşgak gurşawda ýaýraýan tolkunlaryň ýygylgy 20 Hz-dan (käbir edebiýatlarda 16 ýa-da 17 Hz) 20000 Hz çenli bolsa, beýle mehaniki tolkunlary adamyň eşidiş organy duýýar. Beýle tolkunlar – *ses tolkunlary* ýa-da *ses* diýlip atlandyrylýar. Ýygylgy 20 Hz-dan kiçi bolan tolkunlar infrases diýlip atlandyrylýar we muny adam duýmaýar.

Ýygylgy 1 Hz-dan 10^{13} Hz çenli bolan tolkunlaryň aýratynlygyny öwrenýän fizikanyň bölümine *akustika* diýilýär.

Ses boý tolkun bolup, gurşawyň dykzlygyna, onuň aýratynlygyna bagly bolan tizlik bilen ýaýraýar.

Gurşawyň temperaturasy hemişelik bolanda basyşyň özgerişi dykzlygyň özgerişine göni proporsional we $\frac{p}{\rho} = \text{const}$ bolany üçin gazlarda sesiň ýaýrama tizligi basyşa bagly bolmaýandygyny nygtamak gerek.

Ýöne gazlarda sesiň ýaýrama tizligi onuň temperaturasyna bagly.

Gaty jisimlerde bolsa, hem boý, hem kese tolkunlar ýaýraýar, şonuň üçin sesiň boý tizligi $v_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$, kese tolkunynyň ýaýrama tizligi $v_k = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$ formula bilen hasaplanýar.

Bu ýerde: E – gurşaw üçin Ýunguň moduly, G – süýşme moduly. Gaty jisimlerde boý tolkunlaryň ýaýrama tizligi kese tolkunlaryň ýaýrama tizliginden iki esse diýen ýaly uly, çünki $E > G$.

Şonuň üçin ýer titremesini iki gezek duýýarys, çünki ýer titremesi merkezinden biz duran ýere boý tolkun öňräk, kese tolkun bolsa soňrak ýetip gelýär.

Adamyň gulagynyň sesi duýuş we eşidiş zolagynyň ýygylgy 16 Hz-dan 20000 Hz bolan seslere dogry gelýär.

Ýygylgy 20 kHz-dan ýokary bolan ses tolkunlaryn ultrasesler diýilýär. Ultrasesler özboluşly häsiýetlere eýe bolup, hususan-da, olar ýagtylyk şöhleleri ýaly giňişlikde inçe şöhle görnüşinde ýaýraýar.

Ultrasesler aşakdaky ugurlarda giň ulanylýar:

1) ultrasesler metallaryň içindäki ýaryklary, suwuň astyndaky zatlary, şol sanda, deňiz balyklarynyň sürüsi ýerleşýän ýerleri kesgitlemekde;

2) gaty, suwuk we gaz halyndaky jisimleriň fiziki häsiýetlerini öwrenmekde.

- 3) örän gaty we port jisimlere mehaniki işlenende, olary arassalanda;
- 4) lukmançylykda böwrek, bagyr, göwre we şular ýaly adam içki agzalarynyň ýagdaýyny öwrenmekde peýdalanylýar.

Ýarganatlar özi çykarýan ultrasesiň garşysyndaky päsgelçilikden serpiggen bölegini kabul edip, päsgelçiligi duýýar we baryp urulmaýar.



1. Boý we kese tolkunlar bir-birinden nämesi bilen tapawutlanýar?
2. Boý tolkunlar ýaýranda gurşaw nähili deformasiýa duçar bolýar?
3. Tolkunyň uzynlygyny nähili kesgitlemek mümkin?

5-nji gönükme

1. Matematiki maýatnik 1 min 40 s içinde 50 gezek yrgyldady. Maýatnigiň yrgyldy döwrüni we siklik ýygylgyny tapyň. (Jogaby: 2 s, $\pi \frac{1}{s}$).

2. Yrgyldyly hereket deňlemesi $x=0,06\cos 100\pi t$ görnüşde berlen. Yrgyldyly hereket amplitudasyny, ýygylgyny we döwrüni tapyň. (Jogaby: 6 sm, 50 Hz, 20 ms).

3. Nokat garmonik yrgyldyly hereket edýär. Iň uly süýşme $A=10$ sm, tizligiň iň uly bahasy $v_m=20$ sm/s. Yrgyldylaryň siklik ýygylgy we nokadyň maksimal tizlenmesi tapylysyn. (Jogaby: 2 rad/s; 0,4 m/s²).

4. Nokat amplitudasy $A=0,1$ m, döwri $T=2$ s bolan garmonik yrgyldyly hereket edýär. Süýşme $x=0,06$ m bolan momentdäki tizlik we tizlenme tapylysyn. (Jogaby: 0,25 m/s; 0,6 m/s²).

5. Döwrüň nähili böleginde nokadyň tizligi onuň maksimal bahasynyň ýarysyna deň bolýar? Garmonik yrgyldylaryň başlangyç fazasy nola deň. (Jogaby: $\frac{1}{12} T$).

6. Maddy nokat amplitudasy $A=5$ sm bolan garmonik yrgyldyly hereket edýär. Eger nokada $F=0,2$ N maýyşgak güýç täsir etse, nokadyň kinetik, potensial we doly energiýasy tapylysyn.

7. Gatylygy 100 N/m, ýüküniň massasy 10 g bolan puržinli maýatnigiň yrgyldylar ýygylgy nähili (Hz)? (Jogaby: 16 Hz).

8. Eger puržinli maýatnigiň puržininiň ýarysy kesip taşlansa, onuň yrgyldylarynyň ýygylgy nähili üýtgeýär?

9. Matematiki maýatnigiň uzynlygy 2,5 m, oňa asylan şarjagazyň massasy 100 g. Yrgyldy döwri nähili (s)? (Jogaby: 3,14 s).

6. Sözlemi dolduryň. “Kese tolkunlar ... tolkunlarydyr”.
- A) ... gysylma; B) ... giňelme;
C) ... gysylma-giňelme; D) ... süýşme.
7. Gurşawda ýaýraýan tolkunyň döwri 10 s, tolkun uzynlygy 5 m bolsa, tolkunyň ýaýrama tizligi nämä deň bolýar?
- A) 0,5 m/s; B) 2 m/s; C) 50 m/s; D) 5 m/s.
8. Eger material nokadyň yrgyldylarynyň amplitudasy 4 sm bolsa, onuň bir doly yrgyldy dowamynda geçen ýoly nähili (sm) bolýar?
- A) 0; B) 4; C) 8; D) 16.
9. Siklik ýygylýk diýip nämä aýdylýar?
- A) 1 sekundaky yrgyldylar sanyna;
B) bir yrgyldy üçin giden wagta;
C) 2π sekundaky yrgyldylar sanyna;
D) burç tizligiň 1 sekundaky özgerişine.
10. Gatylygy 160 N/m bolan puržine 400 g ýük asyldy. Emele gelen maýatnigiň yrgyldy ýygylýgy nähili (Hz)?
- A) 1,6; B) 3,2; C) 5,4; D) 20.

**V bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler,
düzgünler we kanunlar**

Yrgyldyly hereket	Islendik gaýtalanýan hereket.
Yrgyldylar döwri	Bir gezek doly yrgyldy üçin giden wagt. $[T]=1\text{ s}$.
Erkin yrgyldylar	Diňe başlangyç berlen energiýanyň hasabyna ýüze çykýan yrgyldylar.
Yrgyldaýan jisimiň süýşmegi	Yrgyldaýan jisimiň islendik pursatda deňagramlylyk ýagdaýyna görä ýerleşýän ornuny görkezýän ululyk.
Yrgyldylar ýygylýgy	Wagt birligi içindäki yrgyldylar sany. $\nu=1/T$; $[\nu]=1/s=1\text{ Hz}$.
Puržinli maýatnik	Gatylygy k bolan puržine m massaly ýük asylyp, erkin yrgyldap bilýän ulgam: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

Matematiki maýatnik	Gozganmaýan, agramsyz ýüpe asylan, ölçegleri ýüpüň uzynlygyna görä hasaba almaz ýaly derejede kiçi bolan şarjagazdan ybarat yrgyldaýan ulgam. $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
Togtaýan yrgyldylar	Wagtyň geçmegi bilen amplitudasy barha kemelýän yrgyldylar. Erkin yrgyldylar – togtaýan yrgyldylardir.
Rezonans hadysasy	Daşky mejbur ediji güýjüň ýygylgy yrgyldaýan ulgamyň erkin (hususy) yrgyldylarynyň ýygylgyna deň bolanda yrgyldylar amplitudasynyň ýiti artmagy.
Boý tolkunlar	Tolkun ýaýraýan gurşaw bölejikleriniň yrgyldy ugry bilen tolkun ýaýrama ugry özara gabat gelýän tolkunlar. Gaty, suwuk we gaz halyndaky gurşawlarda ýaýraýar.
Kese tolkunlar	Tolkun ýaýraýan gurşaw bölejikleriniň yrgyldy ugry bilen tolkun ýaýrama ugry özara perpendikulýar bolan tolkunlar. Olar diňe gaty jisimlerde ýaýraýar.
Tolkun uzynlygy	Tolkunyň bir döwrüň içinde geçen aralygy: $\lambda = vT$. Birligi $[\lambda] = 1 \text{ m}$.

VI bap. TERMODINAMIKANYŇ ESASLARY

27-nji tema. ÝYLYLYK HADYSALARYNYŇ ÖWRÜLIŞIKSIZLIGI. TERMODINAMIKANYŇ KANUNLARY

Termodinamik hadysada ulgam başlangyç ýagdaýdan aralyk ýagdaýlar arkaly ahyrky ýagdaýa geçýär. Bu hadysanyň öwrülişikli we öwrülişiksiz bolmagy mümkin.

Öwrülişikli hadysa diýip, ulgam haýsy-da bolsa ýagdaýa geçende ahyrky ýagdaýdan başlangyç ýagdaýa şol aralyk ýagdaýlar arkaly ters zygiderlikde geçmegine aýdylýar.

Meselem, sürtülmesiz bolýan ähli sap mehaniki prosesler öwrülişikli hadysa mysal bolýar. Şol sanda, uzyn ilgençege asylan agyr maýatnigiň yrgyldysy öwrülişikli hadysa ýakyn bolýar. Munda kinetik energiýa amalda doly potensial energiýa öwrülýär. Şonuň ýaly-da, tersi-de ýerlikli. Gurşawyň garşylygy kiçi bolanlygy sebäpli yrgyldy amplitudasy haýal kemelýär we yrgyldy prosesi uzak dowam edýär.

Mälim garşylyga duşýan ýa-da gyzgyn jisimden sowuk jisime ýylylyk geçirmek bilen bolup geçýän islendik hadysa öwrülişiksiz bolýar. Amalda ähli real prosesler öwrülişiksiz hadysalardyr. Ýokardaky getirilen maýatnigiň mysalyndaky hadysa-da öwrülişiksizdir, çünki sürtülmäni ýok edip bolmaýar. Şu sebäpli mehaniki energiýanyň bir bölegi hemme wagt ýylylyga öwrülýär we öwrülişiksiz bolup daşky gurşawa ýaýrap gidýär, diýmek, töwerekdäki jisimlerde özgeriş bolup geçýär, şonuň üçin hadysa öwrülişiksiz diýilýär.

Şonuň ýaly-da, gyzgyn jisimden sowuk jisime ýylylyk mukdarynyň geçirilmek prosesi-de öwrülişiksiz hadysalara mysal bolup biler.

Umuman, tebigatda öwrülişikli hadysalar ýok. Real hadysalaryň hemmesi öwrülişiksizdir. Öwrülişikli hadysalar ideallaşdyrylan düşünjedir.

İçki energiýa. Termodinamik ulgamyň köp molekulalardan we atomlardan düzülenligi size mälim. Ol içki energiýa eýe, ýagny molekulalar hemişe hereketde bolanlygy üçin kinetik energiýa eýe. Şunuň bilen birlikde maddanyň molekulalarynyň arasynda özara täsir güýji bolanlygy sebäpli molekulalar özara täsir potensial energiýasyna eýe bolýar.

Termodinamik ulgamyň içki energiýasy diýip, onuň ähli molekulalarynyň tertipsiz hereketiniň kinetik energiýalarynyň we olaryň özara täsir potensial energiýalarynyň jemine aýdylýar.

Jisimiň içki energiýasyny mehaniki energiýa bilen çalşyrmak bolmaýar, çünki mehaniki energiýa jisimiň başga jisimlere görä hereketine we ýerleşişine bagly bolsa, şu jisimiň içki energiýasy jisimi düzüji bölejikleriň hereketine we bir-birine görä ýerleşişine baglydyr.

İçki energiýa termodinamik ulgamyň bir bahaly funksiýasydyr, ýagny ulgamyň her bir ýagdaýyna içki energiýanyň anyk bir bahasy dogry gelip, ol ulgam bu ýagdaýa nädip gelendigine umuman bagly däl. Eger gaz gyzdyrylsa, molekulalaryň we atomlaryň tizlikleri hem artýar. Bu bolsa içki energiýanyň artmagyna getirýär. Eger basyş ýa-da udel göwrüm özgerdilsen, bu hem içki energiýanyň üýtgemegine getirýär, çünki molekulalaryň arasyndaky aralyk üýtgeýär. Diýmek, olaryň özara täsir potensial energiýalary hem üýtgeýär.

Adatda, ulgamyň içki energiýasy $T=0$ K-da nola deň diýlip hasaplanýar, ýöne bu möhüm ähmiýete eýe däl. Çünki ulgam bir ýagdaýdan ikinjisine geçende içki energiýanyň özgerişi ΔU ähmiýete eýe bolýar.

Termodinamikanyň birinji kanuny. Munuň üçin gyzdyrylýan çäýnek mysalyna garalyň. Çäýnegiň alýan ýylylyk mukdary Q içindäki suwuň gyzmagyna, ýagny suwuň içki energiýasynyň artmagyna ΔU we suw buglary çäýnegiň gapagyny göterende daşky güýçlere garşy (gapagyň agyrlyk güýji) edilýän A işe sarp edilýär. Bu hadysa üçin energiýanyň saklanmak we öwrülme kanuny

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

görnüşe eýe bolýar. Bu termodinamikanyň birinji kanunynyň matematiki görnüşidir.

Termodinamik ulgam berilýän ýylylyk mukdary onuň içki energiýasyny artdyrmagyna we daşky güýçlere garşy edilen işiň jemine deň.

Eger ulgam ýylylyk mukdaryny berýän bolsa, Q položitel, eger ulgamdan ýylylyk mukdary alynýan bolsa, Q otrisatel alamat bilen alynýar. Şonuň ýaly-da, eger ulgam daşky güýçlere garşy iş edýän bolsa, A iş položitel, daşky güýçler ulgamyň üstünde iş edýän bolsa, A iş otrisatel bolýar.

Termodinamikanyň birinji kanuny birinji görnüş ebedi dwigatel (latynça “perpetuum mobile”) ýasamak mümkin däldigini görkezýär. Birinji görnüş “perpetuum mobile” esasan deň mukdarda energiýa sarp etmezden iş edip bilýän maşyn gurmak barada pikir ýöredilýär. Energiýanyň saklanma we öwrülme kanuny bolan termodinamikanyň birinji kanunynda bolsa tebigatda bolup geçýän ähli proseslerde energiýa öz-özünden peýda bolmaýar we ýok bolmaýar, diňe bir görnüşden başgasyna öwrülmeği mümkin, diýip bellenýär. Termodinamikanyň birinji kanuny aşakdaky ýaly-da kesgitlenýär:

Ulgam bir ýagdaýdan ikinji ýagdaýa geçende içki energiýanyň özgerişi daşky güýçleriň işi (A') we ulgamyň berlen ýylylyk mukdarynyň (Q) jemine deň:

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

Termodinamikanyň birinji kanuny energiýanyň saklanma we öwrülme kanunyňy aňlatsa-da, termodinamik hadysanyň ýüze çykyş ugruny görkezip bilmeýär. Mysal üçin birinji kanun, ýylylyk mukdarynyň gyzygyn jisimden sowuk jisime geçiş mümkinçiligi nähili bolsa, sowuk jisimden gyzygyn jisime geçiş mümkinçiligi-de şeýle diýip görkezýär. Aslynda bolsa “tebigatda öz-özünden nähili prosesler bolup geçmegi mümkin”, diýen sorag döreýär. Muňa termodinamikanyň ikinji kanuny jogap berýär.

Termodinamikanyň ikinji kanuny. Bu kanunyň kesgitlemesiniň birnäçe görnüşleri bar bolup, olaryň iň ýönekeýi Klauzius kesgitlemesini getirýäris.

|| **Ýylylyk öz-özünden pes temperaturaly jisimden ýokary temperaturaly jisime geçmeýär.**

Amalda çäksiz uly bolan okean suwlaryndaky ýylylyk öz-özünden temperaturasy diňe suwuňkydan pesräk bolan jisime geçmegi mümkin. Ýylylygy temperaturasy pes jisimden temperaturasy ýokary jisime geçirmek üçin goşmaça iş etmeli. Şunuň bilen birlikde, ýylylyk mukdary işe doly öwrülmän, onuň bir bölegi daşky gurşawy gyzdymaga sarplanýar. Şu nukdaý nazardan ikinji kanunyň Plankyň aşakdaky kesgitlemesi hem

üns bererlikdir: **tebigatda ýylylyk mukdary dolulygyna işe öwrülýän hadysanyň bolmagy mümkin däl.**

Ýylylygyň işe öwürilmegi üçin gyzdyryjy we sowadyjy bolmaly. Ähli ýylylyk maşynlarynda gyzdyryjydan sowadyja berilýän energiýanyň diňe bir bölegi peýdaly işe öwürülýär. Onda ýylylyk maşynlarynyň PTK nähili ululyklara bagly we ony artdyrmak üçin näme etmeli diýen sorag döreyär. Bu soraga termodinamikanyň ikinji kanunynyň Karno kesgitlemesi jogap berýär: **ideal ýylylyk maşynynyň peýdaly täsir koeffisiýenti diňe ýylylyk berýänleriň we ýylylyk alýanlaryň temperaturalarynyň tapawudy bilen anyklanýar.**

Termodinamikanyň kanunlary amalda nähili ýylylyk maşynlaryny ýasamak mümkinligi we olaryň PTK-ni artdyrmak üçin nämelere üns berilmelidigi barada ýollanma berýär.

Ikinji görnüş “perpetuum mobile”. Ikinji görnüş “perpetuum mobile” okean suwlaryndaky ullakan mukdardaky energiýadan iş etmezden peýdalanmak mümkin diýen taglyma esaslanan. Termodinamikanyň ikinji kanuny bolsa **ýylylyk mukdary diňe gyzgyn jisimden sowuk jisime öz-özünden geçmegi mümkin, tersi üçin bolsa goşmaça iş etmek zerur diýip nygtaýar.** Bu bolsa ikinji görnüş “perpetuum mobile”ni ýasamak mümkin däldigini görkezýär.

Eger ikinji görnüş “perpetuum mobile”ni ýasamak mümkin bolanda-dy adamzat örän ullakan energiýa çeşmesine eýe bolardy. Okeanlarda bar bolan 10^{21} kg suwuň temperaturasyny $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -a peseltmek başarsa, bu 10^{24} J ýylylyk mukdaryny bölüp almaga mümkinçilik berýär. Şonça energiýa berýän kömri demir ýol sostawyna ýüklesek, onuň uzynlygy 10^{10} km-i düzýär. Bu bolsa baryp Gün ulgamynyň diametrine deň aralykdyr.



- 1. Termodinamikanyň birinji kanuny hadysanyň bolup geçiş ugruny görkezip bilermi?*
- 2. Termodinamikanyň ikinji kanunynyň kesgitlemelerini aýdyň.*
- 3. Termodinamika ikinji kanunynyň ähmiýeti nämede?*
- 4. Tebigatda ýylylyk mukdary dolulygyna işe öwrülýän hadysanyň bolmagy mümkinmi?*
- 5. Ýylylyk maşynynyň peýdaly täsir koeffisiýenti nämelere bagly?*

28-nji tema. ADIABATIK HADYSA. ÝYLYLYK MAŞYNYNYŇ PEÝDALY TÄSIR KOEFFISIÝENTI. KARNO SIKLI

Adiabatik hadysa.

Daşky gurşaw bilen ýylylyk mukdaryny çalyşmazdan bolup geçýän prosese adiabatik hadysa diýilýär.

Adiabatik hadysa tiz bolup geçýän prosese mysal bolýar. Mysal üçin gaz tiz gysylanda edilen iş onuň temperaturasynyň, ýagny içki energiýasynyň artmagyna getirýär. Temperaturanyň artmagy netijesinde daş-töwerege ýylylyk mukdarynyň ýaýramagy üçin bolsa mälum wagt gerek. Şonuň üçin hem $Q=0$. Içinden ýandyrylýan dwigatelde ýangyç garyndysynyň ýanmagy adiabatik hadysa mysal bolýar.

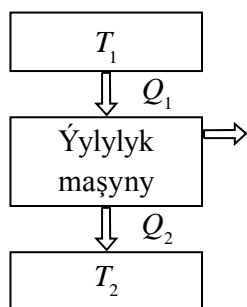
Adiabatik hadysa üçin termodinamikanyň birinji kanuny aşakdaky görnüşde bolýar:

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

ýagny adiabatik hadysada iş içki energiýanyň üýtgemeginiň hasabyna edilýär.

Ýylylyk maşyny diýip, ýangyjyň içki energiýasyny mehaniki energiýa öwürüp berýän maşynlara aýdylýar.

Ýylylyk maşynyň iş prinsipi 6.1-nji suratda görkezilen. Bir sikilde T_1 temperaturaly gyzdyryjydan Q_1 ýylylyk mukdary akyp, T_2 temperaturaly sowadyja Q_2 ýylylyk mukdary gaýtarylýar we $A = Q_1 - Q_2$ mukdardaky iş edilýär. 6.2-nji suratda ýylylyk maşynyň gurluşy görkezilen. Islendik dwigatel üç bölekden ybarat: işçi madda (gaz ýa-da bug), gyzdyryjy we sowadyjy. Gyzdyryjydan Q_1 ýylylyk mukdary alan işçi madda giňelip iş edýär. Ýangyjyň ýanmagy netijesinde gyzdyryjynyň temperaturasy T_1 hemişelik bolup galýar.

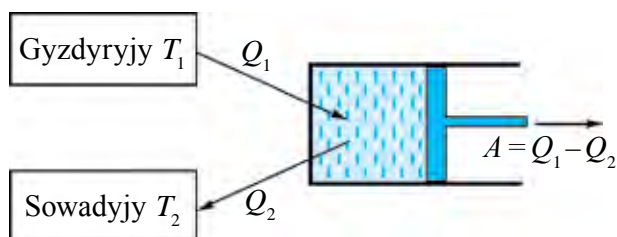


6.1-nji surat

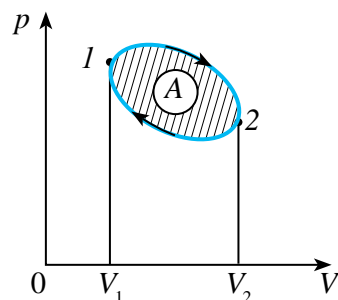
Gysylanda işçi madda Q_2 ýylylyk mukdaryny T_2 temperaturaly sowadyja geçirýär. Ýylylyk dwigateli siklik ýagdaýda işlemelidir.

Aýlawly hadysa ýa-da sikl diýip ulgam birnäçe ýagdaýlardan geçip, başlangyç ýagdaýyna gaýdýan prosese aýdylýar (6.3-nji surat). Sagat strelkasy aýlawly boýunça bolup geçýän proses (gaz ilki giňelip, soň gysylýar) dogry sikl, sagat strelkasynyň aýlawyna ters ugurda (gaz ilki gysylyp, soň

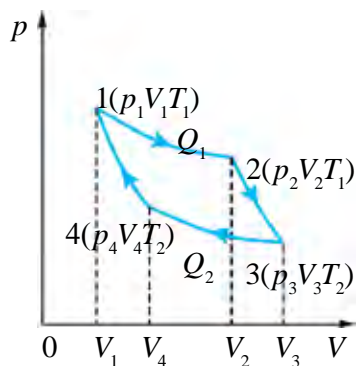
giňelýär) bolup geçýän prosese bolsa ters sikl diýilýär. Ýylylyk maşynlary dogry sikl, sowadyjylar bolsa ters sikl esasynda işleýär. Sikl gutaranda işçi madda özünüň başlangyç ýagdaýyna gaýdýar, ýagny onuň içki energiýasy başlangyç bahasyna eýe bolýar.



6.2-nji surat



6.3-nji surat



6.4-nji surat

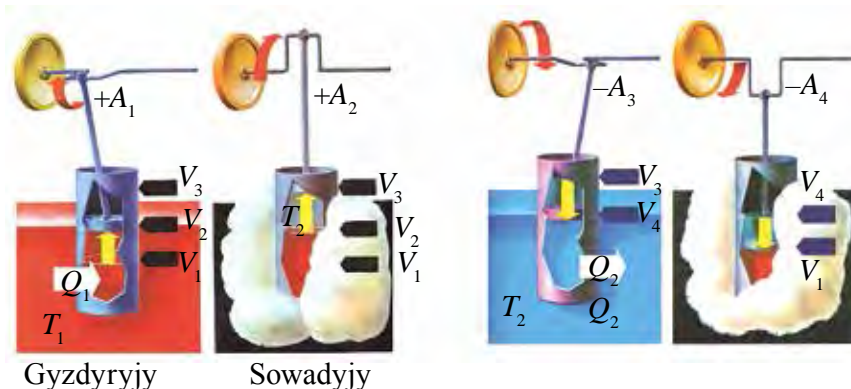
Karno sikli – nobatma-nobat özara çalşyp durýan iki izotermik we iki adiabatik hadysadan ybarat öwrülişikli aýlawly ýylylyk prosesidir. (6.4-nji surat).

Karno sikli diýlip atlandyrylýan iki izotermik we iki adiabatik hadysalardan ybarat sikli 6.5-nji suratda getirilen tirsek şekilli wal we şatun ornaşdyrylan porşenli silindriň mysalynda garap geçýäris.

1. Silindrdäki porşen iň peski ýagdaýynda, gazyň V_1 göwrümini düzýär. Silindri T_1 temperaturaly gyzdyryjyly gaba ýerleşdirilen. Başlangyç ýagdaýdaky gazyň temperaturasy T_1 , basyşy p_1 we göwrümi V_1 bolsun, şu prosesi 6.4-nji suratdaky pV diagrammada gazyň başlangyç ýagdaýyny 1 diýip belgileýäris. T_1 temperaturaly gyzdyryjydan silindre Q_1 ýylylyk mukdary berilýär we gazyň gyzdyryjydan alýan ýylylyk mukdarynyň hasabyna onuň izotermik ýagdaýda göwrümi V_2 çenli giňelmesi amala aşýar. Ahyrynda, gazyň ikinji ýagdaýdaky parametrleri p_2 , V_2 , T_1 bolýar. Bu ýagdaýda gaz A_1 iş edýär. 6.4-nji suratdaky pV diagrammada gazyň izotermik giňelmesi 1–2 izoterma bilen görkezilen.

2. Giňelmäniň ikinji adiabatik basgançagynda Q_1 ýylylyk mukdary kemeldilse-de, porşen V_2 -den V_3 çenli giňelýär. Gazyň içki energiýasynyň hasabyna porşen A_2 iş edýär, gazyň temperaturasy peselýär. 6.4-nji suratdaky

pV diagrammada gazyň adiabatik giňelmesi 2–3 adiabata bilen görkezilen, gazyň bu ýagdaýdaky parametrleri p_3, V_3, T_2 bolýar.



6.5-nji surat

3. Gazyň izotermik gysylmagyny amala aşyrmak üçin silindr T_2 sowadyja ýerleşdirilýär we porşen gysylýar, gazyň göwrümi V_3 -den V_4 çenli kemeldilip başlaýar. Bu hadysanyň izotermik bolmagy üçin A iş doly ýylylyga öwrülip, gaz Q_2 ýylylyk mukdaryny sowadyja geçirýär, 6.5-nji b suratdaky pV diagrammada gazyň izotermik gysylyşy 3–4 izoterma bilen görkezilen, gazyň bu ýagdaýdaky parametrleri p_4, V_4, T_2 bolýar.

4. Sikliniň ahyrky böleginde gaz adiabatik gysylyp, porşen gaz göwrümini V_4 -den V_1 çenli kemeldýär. Munda edilen iş gazyň temperaturasyny başlangyç derejesine götermek üçin sarplanýar we ulgamyň içki energiýasy artýar. 6.5-nji suratdaky pV diagrammada gazyň adiabatik gysylmagy 4–1 adiabata bilen görkezilen, gazyň bu ýagdaýdaky parametrleri p_1, V_1, T_1 bolýar, ýagny başlangyç ýagdaýdaky bahasyny eýeleýär.

Şeýdip, ideal gaz özüniň başlangyç ýagdaýyna gaýdýar we içki energiýasyny doly dikeldýär. Sikl dowamynda ideal gaz gyzdyryjydan Q_1 ýylylyk mukdaryny alýar we sowadyja Q_2 ýylylyk mukdaryny berýär. Termodinamikanyň birinji kanunyna laýyklykda, $Q_1 - Q_2$ ýylylyk mukdary iş etmäge sarplanýar we bu iş san bahasy taýdan sikl gurşap duran meýdana deň.

Ýylylyk maşynynyň peýdaly täsir koeffisiýenti. Ýylylyk maşynynyň ýada Karno sikliniň peýdaly täsir koeffisiýenti (PTK) diýip aşakdaky ululyga aýdylýar:

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

Eger ýylylyk maşynynyň ýerine ýetiren işi hasaba alynsa, ýagny $A = Q_1 - Q_2$ bolsa, onda

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

Şonuň ýaly-da, Karno sikliniň PTK-ni gyzdryjynyň T_1 we sowadyjynyň T_2 temperaturalary arkaly hem aňlatmak mümkin:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \quad (6.6)$$

Diýmek, ideal ýylylyk maşynynyň PTK işçi maddanyň görnüşine bagly bolman, eýsem diňe gyzdryjynyň we sowadyjynyň temperaturalary bilen anyklanýar.

(6.6) aňlatmadan ýene aşakdaky netijelere gelmek mümkin:

- 1) ýylylyk maşynynyň PTK-ni görtermek üçin gyzdryjynyň temperaturasyny artdyrmaly, sowadyjynyň temperaturasyny bolsa peseltmeli;
- 2) ýylylyk maşynynyň PTK hemişe birden kiçi bolýar.

(6.6)-a görä Karno PTK baradaky teoremasyny ýazypdyr. Gyzdryjynyň we sowadyjynyň berlen temperaturalarynda islendik dwigateliň PTK Karno sikliniň PTK-dan uly bolmaýar.



1. *Ýylylyk maşyny diýip nähili gurluşa aýdylýar?*
2. *Karno sikli diýip nämä aýdylýar?*
3. *Ýylylyk maşynynyň peýdaly täsir koeffisiýenti (PTK) nähili anyklanýar?*
4. *PTK işçi maddanyň görnüşine baglymy?*
5. *Ýylylyk maşynynyň PTK-ni artdyrmak üçin näme etmeli?*

29-njy tema. ADAMYŇ DURMUŞYND A ÝYLYLYK DWIGATELLERINIŇ ÄHMIÝETI. ÝYLYLYK DWIGATELLERI WE EKOLOGIÝA

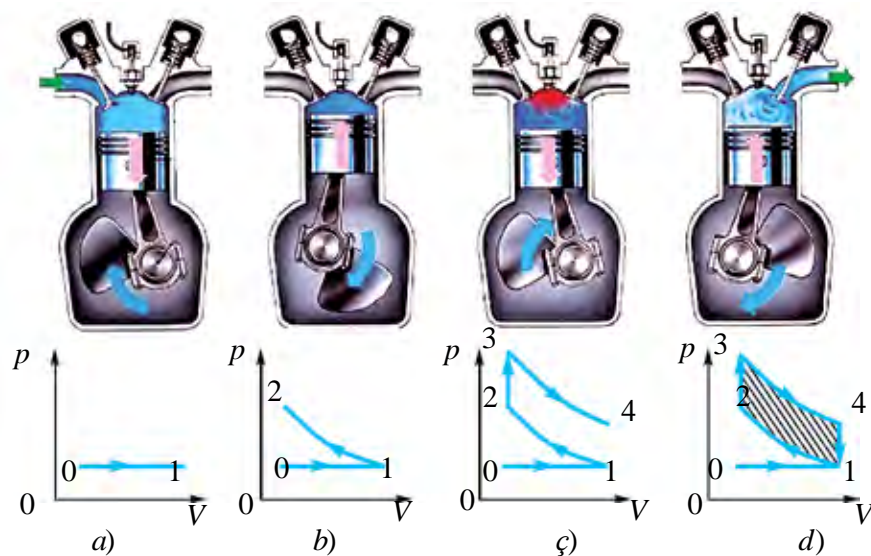
Ýylylyk dwigatelleri. Ýylylyk dwigatellerine bug maşyny, bug turbinasy, içinden ýandyrylýan dwigatel, reaktiw dwigateller girýär.

Bug maşyny. Bug maşynlary we bug turbinalarynda gyzdyryjy wezipesini bug gazany, işçi madda wezipesini bug, sowadyjy wezipesini bolsa atmosfera ýa-da ulanylan bugy sowadyjy gurluş – kondensator ýerine ýetirýär.

Içinden ýandyrylýan dwigatel. Içinden ýandyrylýan dwigatelde gyzdyryjy we işçi madda wezipesini ýangyç, sowadyjy wezipesini bolsa atmosfera ýerine ýetirýär.

Adatda, ýangyç hökmünde benzin, spirt, kerosin we dizel ýangyjy ulanylýar. Mahsus gurluş (meselem, benzinli dwigatellerde karbýurator) kömeginde ýangyç we howa garyndy görnüşinde taýýarlanyp, silindre geçirilýär. Silindrde bolsa garyndy ýanýar. Ýanyş önümleri bolsa atmosfera çykaryp taşlanýar. Indi käbir görnüşdäki dwigatellere jikme-jik durup geçýäris.

Karbýuratorly dwigatel. Dört taktly karbýuratorly dwigateliň iş prinsipine we işçi diagrammasyna garalyň (6.6-njy surat). Daşky güýçleriň täsirinde porşen pese garap hereketlenende (6.6-njy *a* surat) giriziji klapany açylyp işçi garyndy silindre düşýär.



6.6-njy surat

Proses atmosfera basyşy astynda izobarik ýagdaýda bolup geçýär. Porşen iň aşaky ýagdaýa ýetende giriziji klapany ýapylyp, birinji takt (soruş takty) gutarýar: grafikde proses 0–1 göni çyzyk bilen görkezilen. Ikinji (gysyş) takty hem (6.6-njy *b* surat) daşky güýjüň täsirinde bolup geçýär.

Iki klapany hem ýapyk we gaz adiabatik ýagdaýda gyzýar. Bu grafikde 1–2 çyzyga dogry gelýär. Üçünji takt iş prosesinde uçgunlap ýanma (6.6-njy *ç* surat). Porşen iň ýokary ýagdaýa ýetende ot aldyryjy sweçanyň uçguny garyndyny ýakýar we gazyň basyşy ýiti artýar. Grafikde bu 2–3 izohorik prosesde laýyk gelýär. Klapany ýapyk durup, porşen pese garap hereketlenýär, ýagny adiabatik ýagdaýda giňelýär. 3–4 çyzyk işçi ýoly taktyna dogry gelýär (6.6-njy *ç* surat). Görnüşi ýaly, bu taktta gazyň basyşy peselýär, göwrümi artýar, temperaturasy peselýär. Munda edilen iş položitel bolup, ol gazyň içki energiýasynyň kemelmeginiň hasabyna ýerine ýetirilýär. Dördünji çykarmak takty 6.6-njy *d* suratda şekillendirilen. Porşen iň pese ýetende çykaryjy klapany açylyp, ýanma önümlerini çykaryjy gurluş arkaly daşky gurşawa çykaryp taşlanýar. Gazyň basyşy peselýär we taktyň ahyrynda atmosfera basyşyna deň bolup galýar. Grafikde bu izohorik proses 4–1 çyzyk bilen görkezilen. Porşen mahowigiň energiýasynyň hasabyna ýokary ýagdaýyna gaýdýar we takt gutarýar.

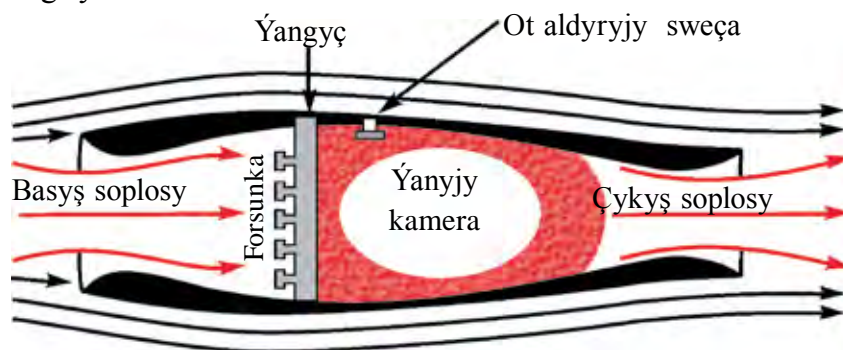
Garalan ýapyk prosesde edilen iş prosesleriň çyzyklary bilen bölünen, ştrihlenen şekiliň meýdanyna deň bolýar. Grafiğiň derňewi, 3–4 bölekdäki giňelme 1–2 bölekdäki gysylma garanda ulurak basyşda bolup geçýändigini görkezýär. Hut şonuň netijesinde dwigatel peýdaly iş edýär. 3–2 we 4–1 izohorik proseslerde ($V = \text{const}$) iş nola deň we ýokarda agzalyşy ýaly, peýdaly iş adiabatik giňelmeleriň we gysylmalarıň tapawutlary bilen anyklanýar.

Amalda içinden ýandyrylýan dwigatelleriniň PTK 20–30% -i düzýär. Olaryň PTK-ni artdyrmak üçin bolsa garyndyny köpräk gysmaly. Ýöne içinden ýandyrylýan dwigatellerde ýangyç garyndysyny örän gaty gysmak mümkin däl, çünki gysylan ýangyç gyzyp, öz-özünden ýanyp gitmegi mümkin. Bu bolsa dwigateliň iş prinsipini bozýar.

Dizel. Nemes inženeri Dizel ýokardaky kynçylyklardan azat we PTK ep-esli ýokary bolan dwigateli döretdi. Dizellerde gysyş derejesi ep-esli ýokary bolup, onuň ahyrynda howanyň temperaturasy, ýangyç öz-özünden ot almagy üçin ýeterli derejede ýokary bolýar. Ýangyç bolsa karbýuratorly dwigatelleriňki ýaly birden däl, eýsem ýuwaş-ýuwaşdan, porşeniň hereketiniň

haýsy-da bolsa bir bölegi dowamynda ýanýar. Ýangyjyň ýanyş prosesi işçi boşlugyň göwrüminiň barha artmagy dowamynda bolup geçýär. Şonuň üçin hem gazlaryň basyşy iş dowamynda üýtgeşsiz galýar. Şeýdip, dizelde garyndynyň ýanyş prosesi hemişelik basyşda bolup geçýär. Karbýuratorly dwigatellerde bolsa bu proses hemişelik göwrümde bolup geçýärdi. Dizel, karbýuratorly dwigatele garanda tygşytlyrak bolup, PTK hem ep-esli ýokary, 40% -i düzýär. Onuň kuwwaty-da ep-esli uly bolmagy mümkin. Şunuň bilen birlikde, ep-esli arzan ýangyçda-da işläberýär. Dizeller statsionar gurluşlarda, demir ýol, howa we suw transportlarynda giňden ulanylýar. Häzirki wagtda kiçi kuwwatly dizeller awtomaşynlarda we traktorlarda hem köp ulanylýar.

Reaktiv dwigatel. 6.7-nji suratda reaktiv dwigateliň shematik gurluşy getirilen. Onuň iş prinsipi aşakdaky ýaly. Samolýot uçanda garşysyndan gelýän howa akymy soplo arkaly geçip, forsunka saçýan ýangyç bilen garyyp, işçi ýangyjy emele getirýär. Soňra ýanjy kamera düşýär we ot aldryjy sweçanyň kömeginde ýanýar. İşçi garyndynyň ýanmagy netijesinde emele gelen gazlar uly tizlik bilen çykaryjy deşigi –soplo arkaly çykaryp taşlanýar. Garyndynyň ýanmagy basyşyň ýiti artmagyna getirýär we netijede soplodan çykýan gazyň tizligi dwigatele girýän gazyň tizliginden örän uly bolýar. Hut şu tizlikleriň tapawudy netijesinde impulsyň saklanma kanunyna laýyklykda, reaktiv dartys güýji emele gelýär.



Häzirki ýylylyk maşynlarynyň PTK 40%-den (içinden ýandyrylýan dwigateller) 60% çenli (reaktiw dwigateller) bolmagy mümkin. Şonuň üçin hem alymlar bar dwigatelleri kämilleşdirmek ugrunda dyngysyz gözlegler alyp barýarlar. Şunuň bilen birlikde, içinden ýandyrylýan dwigatelleriniň dyngysyz köpelig barýanlygy tebigata we daşky gurşawa uly howp döredýär. Ekologik arassa dwigatelleri döretmek bu günki günüň iň derwaýys meselelerinden biridir.

Tebigaty goramak. Tebigatyň ýokary önümi bolan adam, galyberse-de başga jandarlar hem şu tebigatyň bir bölegidir. Olaryň ýaşamagy we ösmegi üçin bolsa zerur nygmatlar–arassa howa, arassa suw we arassa önümler gerek. Biz dem alýan howa Ýeriň atmosferasyny düzýän gazlaryň garyndysydyr. Onuň düzüminde kislorod, azot, wodorod we başga tebigy gazlardan daşary tozan, tüsse, duz bölejikleri we başga garyndylar bar. Mundan daşary, howanyň düzüminde senagat çykyndylary hem bolýar.

Ýylylyk dwigatelleriniň köp mukdarda ulanylmagy-da daşky gurşawa erbet täsir edýär. Hasap-hesiplere garanda, häzirki wagtda Ýer ýüzünde her ýyl 2 milliard tonna kömür we 1 milliard tonna nebit ýakylýar. Bu bolsa Ýerdäki temperaturanyň ýokarlanmagyna we netijede buzluklaryň eräp, okeanlardaky suwuň derejesiniň göterilmegine getirmegi mümkin. Mundan daşary, atmosfera 120 million tonna kül we 60 million tonna çenli zäherli gaz çykaryp taşlanýar.

Dünýädäki 200 milliondan artyk awtomobil her gün atmosferany uglerod (II) oksid, azot we uglewodorodlar bilen zäherleýär. Ýylylyk we atom elektrik stansiýalarynyň kuwwatларыnyň artmagy bilen suwa bolan zerurlyk hem barha artýar. Şonuň üçin häzir howa we suw basseýnleriniň hapalanmagyndan saklanmagyň gönüden-göni we gytaklaýyn usullaryndan peýdalanylýar. Gönüden-göni usul–bu dürli tüsseleri we gazlary arassalap çykarmak; atmosferany kem hapalaýan ýangyçlar–tebigy gaz, kükürtsiz nebitden we başgalardan peýdalanmak; benzinsiz ýöreýän awtomobil dwigatellerini döretmek we başgalar.

Gytaklaýyn usullar atmosferanyň peski gatlagyndaky zäherli maddalaryň konsentrasiýasynyň ýiti kemelmegine getirýär. Bular çykyndy çykýan çeşmeleriň beýikligini artdyrmak, meteorologik şertlerini hasaba alyp garyndylary howa saçyp goýbermegiň dürli usullaryndan peýdalanmak we başgalar.



1. *Ýylylyk dwigatellerine nämeler girýär?*
2. *Karbýuratorly dwigateliň iş prinsipini düşündiriň.*
3. *Içinden ýandyrylýan dwigateliň PTK-ni artdyrmagyň nähili kynçylygy bar?*
4. *Dizeliň iş prinsipini düşündiriň.*
5. *Reaktiw dwigateliň iş prinsipini düşündiriň.*
6. *Tebigaty goramak üçin nähili çäreler görülyär?*

Mesele çözmegiň mysallary

Peýdaly täsir koeffisiýenti 0,4-e deň bolan Karno siklinde gazyň izotermik ýagdaýda giňelmeginde edilen iş 8 J bolsa, gazyň izotermik ýagdaýda gysylmagyndaky iş anyklansyn.

Berlen:	Formula sywe çözülişi:
$\eta = 0,4$	Sikliň pV -diagrammasyny düzýäris $\eta=0,4$; 1–2
$A = 8 \text{ J}$	geçiş gazyň izotermik giňelmesini; 3–4 geçiş bolsa
$T = \text{const}$	izotermik gysylyşyny görkezýär.
Tapmaly	
$A_s = ?$	

Karno sikliniň PTK aşakdaky ýaly anyklanýar:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

bu ýerde: Q_1 – gazyň gyzdyryjydan alan ýylylyk mukdary, Q_2 – gazyň sowadyja beren ýylylyk mukdary. Izotermik giňelende edilen $A_{\text{giň}}$ iş gazyň gyzdyryjydan alan Q_1 ýylylyk mukdaryna, izotermik gysylmadaky A_{gys} iş bolsa gazyň sowadyja beren Q_2 ýylylyk mukdaryna deň bolýar, ýagny $Q_1 = A_{\text{giň}}$; $Q_2 = A_{\text{gys}}$.

Onda sikliň PTK aşakdaky görnüşi alýar:

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

Mundan A_{gys} -ny tapyp, berlenleri ýerine goýup hasaplaýarys:

$$A_s = (1 - 0,4) \cdot 8 \text{ J} = 4,8 \text{ J}. \quad \text{Jogaby: } A_s = 4,8 \text{ J}.$$

6-njy gönükme

1. Temperaturasy 20 °C-a artanda 200 g geliýniň içki energiýasy näçä üýtgeýär? (Jogaby: $\Delta U = 12,5 \text{ kJ}$).

2. 320 g kislorody 10 K-a izobarik gyzdyrylanda näçe iş edilyär? (Jogaby: $A = 830 \text{ J}$).

3. 15 °C temperaturaly 1,5 kg suw bolan gaba 100 °C temperaturaly 200 g suw bugy girizildi. Bug kondensirlenenden soň umumy temperatura nähili bolar? (Jogaby: $t = 89 \text{ °C}$).

4. Massasy 290 g bolan howany 20 K -a izobarik gyzdyranda ol näçe iş edipdir we munda oňa näçe ýylylyk mukdary berlipdir? (Jogaby: 1,7 kJ; 5,8 kJ).

5. 800 mol gazy 500 K-a izobarik gyzdyranda oňa 9,4 MJ ýylylyk mukdary berildi. Munda gazyň eden işiniň we onuň içki energiýasynyň näçe artandygyny anyklaň. (*Jogaby:* 3,3 MJ; 6,1 MJ).

6. Temperaturasy 27° C bolan 160 g kislorod izobarik gyzdyrylanda onuň göwrümi iki esse artdy. Gazyň giňelmesinde edilen işi, kislorody gyzdyrmaga giden ýylylyk mukdaryny, içki energiýanyň özgerişini tapyň. (*Jogaby:* 12,5 kJ; 44,2 kJ; 31,7 kJ).

7. Ideal ýylylyk maşyny gyzdyryjynyň temperaturasy 117° C, sowadyjynyňky 21° C. Maşynyň 1 s-da gyzdyryjydan alyan ýylylyk mukdary 60 kJ-a deň. Maşynyň PTK-ni, 1 s-da sowadyja berilýän ýylylyk mukdaryny we maşynyň kuwwatyny hasaplaň. (*Jogaby:* 23 %; 146 kJ; 14 kW).

8. Ideal ýylylyk maşynynda gyzdyryjydan alynýan her bir kilojoul energiýanyň hasabyna 300 J iş edilýär. Eger sowadyjynyň temperaturasy 280 K bolsa, maşynyň PTK-ni we gyzdyryjynyň temperaturasyny anyklaň. (*Jogaby:* 30 %; 400 K).

9. 110 kW kuwwata eýe bolýan we bir sagatda 28 kg dizel ýangyç sar edýän traktoryň dwigateliň PTK-ni tapyň. (*Jogaby:* 34 %).

10. Eger motosikl 108 km/sagat tizlik bilen hereketlenip, 100 km ýol geçende 3,7 l benzin sarp edilse, dwigateliň PTK 25 % bolsa, motosikliň dwigateliň alan ortaça kuwwaty nähili bolýar? (*Jogaby:* 8,9 kW).

VI baby jemlemek üçin test soraglary

1. **Termodinamikanyň birinji kanunyny görkeziň.**
 A) $\Delta U = Q + A$; B) $Q = \Delta U + A$;
 C) $Q = \Delta U - A$; D) $\Delta U = Q - A$.
2. **Sözlemi dolduryň. Daşky gurşaw bilen ýylylyk mukdary çalyşmazdan bolup geçýän prosese ... hadysa diýilýär.**
 A) ... izotermik; B) .. izohorik; C) ... adiabatik; D) ...izobarik.
3. **Sözlemi dolduryň. Karno sikliniň peýdaly täsir koeffisiýenti ...**
 A) ... bire deň; B) ... birden uly;
 C) ... nola deň; D) ... birden kiçi.
4. **Ýylylyk mukdary öz-özünden pes temperaturaly jisimden ýokary temperaturaly jisime geçmeýär. Bu kesgitleme nämäni aňladýar?**
 A) Termodinamikanyň I kanuny; B) Termodinamik deňagramlylygy;
 C) Termodinamikanyň II kanuny; D) Termodinamik hadysa.
5. **Sözlemi dolduryň. Ýangyjyň içki energiýasyny mehaniki energiýa öwürüp berýän maşyna ... diýilýär.**
 A) ... ýylylyk dwigateli; B) ... ýylylyk maşyny;
 C) ... reaktiw dwigateli; D) ... bug turbinasy.

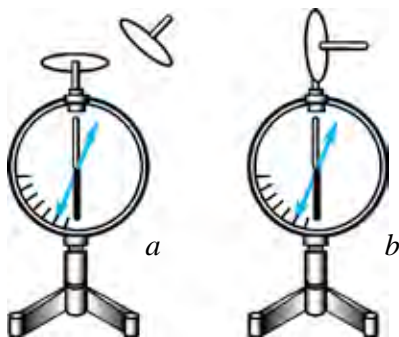
VI bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, düzgünler we kanunlar

Termodinamik ulgam	Özara we daşky jisimler bilen täsirleşýän hem-de energiýa çalyşýan maddalar we jisimler toplумы.
Temperatura	Makroskopik ulgamyň termodinamik deňagramlylyk ýagdaýyny häsiýetlendirýän fiziki ululyk.
Makroskopik ulgam	Örän köp sandaky atomlardan we molekulalardan düzülen ulgam.
Termodinamik deňagramlylyk	Ulgamyň makroskopik parametrleri ep-esli uzak wagta çenli üýtgeşsiz durýan proses.
Termodinamik hadysa	Termodinamik ulgamda bolup geçýän islendik üýtgeşmeler.

Öwrülišikli hadysa	Ulgamyň ahyrky ýagdaýdan başlangyç ýagdaýa şol aralyk ýagdaýlar arkaly, ters ugurda daşky gurşawda hiç hili özgeriş bolmazdan geçmegi.
Öwrülišiksiz hadysa	Mälim garşylyga duşýan ýa-da gyzgyn jisimden sowuk jisime ýylylyk geçirmek bilen bolup geçýän islendik ýagdaý.
Içki energiýa	Maddanyň ähli molekulalaryň tertipsiz hereket kinetik energiýalary we olaryň özara täsir potensial energiýalarynyň jemi
Termodinamikanyň birinji kanuny	$Q = \Delta U + A$ Q – ýylylyk mukdary; ΔU – içki energiýa özgerişi; A – edilen iş.
Termodinamikanyň ikinji kanuny	Ýylylyk mukdary öz-özünden pes temperaturaly jisimden ýokary temperaturaly jisime geçmeýär.
Adiabatik hadysa	Daşky gurşaw bilen ýylylyk mukdary çalyşmazdan bolup geçýän hadysa.
Ýylylyk maşyny	Ýangyjyň içki energiýasyny mehaniki energiýa öwürüp berýän maşynlar.
Aýlawly hadysa ýa-da sikl	Ulgamyň birnäçe ýagdaýlardan geçip, özüniň başlangyç ýagdaýyna gaýdýan hadysa.
Karno sikli	Nobatma-nobat özara çalşyp durýan iki izotermik we iki adiabatik hadysalardan ybarat öwrülišikli aýlanma ýylylyk prosesi.
Ýylylyk maşynynyň peýdaly täsir koeffisiýenti	$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$, Q_1 – gyzdyryjydan alnan ýylylyk mukdary, Q_2 – sowadyja berlen ýylylyk mukdary.

VII bap. ELEKTRODINAMIKA

30-njy tema. ZARÝADYŇ SAKLANMA KANUNY. NOKATLANÇ ZARÝADYŇ MEÝDANY. ELEKTRIK MEÝDANYŇ GÜÝJENMESINIŇ SUPERPOZISIÝA PRINSIPI



7.1-nji surat

Zarýadlaryň saklanma kanuny. Jisimler elektriklenende olardaky umumy zarýadyň mukdary üýtgeýärmí? Bu soraga jogap tapmak üçin aşakdaky tejribäni geçireliň (7.1-nji *a* surat).

Elektrometr alyp, onuň sterženine metal disk ornaşdyrýarys. Diskiň üstüne galyň mawut dolap, onuň üstünden izolirlenen desseli başga disk sürteliň. Munda elektrometriň strelkasy gyşarýar. Bu bolsa mawutda we oňa sürtülen diskde elektrik

zarýadlarynyň emele gelendigini görkezýär.

Tejribäni dowam etdirýäris. Mawuda sürtülen disk ikinji elektrometriň sterženine degirýäris (7.1-nji *b* surat). Munda ikinji elektrometriň strelkasy hem gyşarýar. Strelkanyň gyşarma burçy birinji elektrometriň strelkasynyň gyşarma burçuna deň bolýar. Bu bolsa iki disk hem san bahasy taýdan deň mukdarda zarýadlanandygyny görkezýär. Eger iki elektrometriň hem sterženlerini metal geçiriji bilen utgaşdyrylsa, iki elektrometriň hem strelkasy nol ýagdaýa gelendigini görýäris. Bu hadysa elektrometrler (diskler) san bahasy taýdan deň, ýöne alamatlary dürlüçe bolan zarýada eýe bolandyklaryny görkezýär. Şu sebäpli bu zarýadlaryň jemi nola deň çykdy.

Elektriklenmä degişli geçirilen ähli tejribelerden görnüşi ýaly, ýeke jisimi zarýadlap bolmaýan eken. Jisimi zarýadlamak üçin hökman, ikinji

jisim bolmalydyr. Elektriklenme prosesinde jisimlerden biri näçe otrisatel zarýad alsa, ikinjisi şonça mukdardaky položitel zarýada eýe bolýar. Netijede jisimlerdeki umumy zarýadlar mukdary özgerişsiz saklanýar.

Islendik ýapyk ulgamyň içindäki ähli jisimleriň zarýadlarynyň algebraik jemi üýtgemeyär ýagny:

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const.} \quad (7.1)$$

Bu netije *elektrik zarýadynyň saklanma kanuny* diýlip atlandyrylýar.

Zarýadlaryň saklanma kanuny 1750-nji ýylda amerikalý alym we syýasy işgär Bendjamin Franklin tarapyndan girizilen.

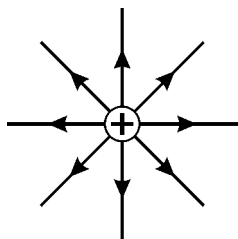
Faradeý we Makswell nazaryýetine görä zarýadlanan jisimleriň töwereginde **elektrik meýdan** emele gelýär. Özara täsir şu elektrik meýdan arkaly amala aşýar. Bu meýdany el bilen tutup, göz bilen görüp bolmaýar. Ony diňe täsirlerine görä duýmak mümkin.

Elektrik meýdanynyň zarýadly bölejiklere täsirini öwrenmek şony görkezýär, ýagny meýdanyň täsiri zarýadlanan jisimiň ýakynynda güýçli, ondan uzaklaşdygy saýyn barha güýçsüzlenýär. Elektrik zarýadlary emele getiren meýdanyň güýçli ýa-da güýçsüzdigini görkezmek üçin elektrik meýdanynyň güýjenmesi diýlip atlandyrylýan ululyk girizilen. **Elektrik meýdanynyň güýjenmesi**

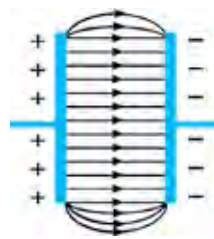
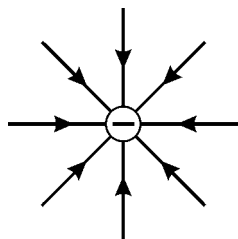
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (7.2)$$

formula bilen anyklanýar. Munda \vec{E} -meýdanyň haýsy-da bolsa bir nokadyndaky meýdanyň güýjenmesi; q_0 -meýdanyň şu nokadyna girizilen zarýadyň mukdary; $|\vec{F}|$ -elektrik meýdany tarapyndan girizilen q_0 zarýada täsir ediji güýç.

Elektrik meýdany güýç çyzyklarynyň ýa-da güýjenme çyzyklarynyň kömeginde häsiýetlendirilýär (7.2 we 7.3-nji suratlar). Elektrik meýdanynyň güýjenmesi wektor ululyk bolup, güýç çyzyklarynyň ugrunda bolýar.



7.2-nji surat



7.3-nji surat

Güýjenme birligi $[E] = \frac{|F|}{|q|} = 1 \frac{N}{C}$ ýa-da $1 \frac{V}{m}$.

Nokatlanç q zarýadyň r aralykda emele getiren meýdanyň güýjenmesini hasaplalyň:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}; F = k \frac{|q| \cdot |q_0|}{r^2}; E = \frac{k \frac{|q| \cdot |q_0|}{r^2}}{|q_0|} = k \frac{|q|}{r^2};$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2}. \quad (7.3)$$

Bu ýerde: r –nokatlanç zarýaddan meýdanyň güýjenmesi anyklanýan nokada çenli bolan aralyk; $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$.

Elektrik meýdanyny esasan zarýadlar ulgamy emele getirýär. Meselem, q_1 we q_2 zarýadlar ulgamy emele getiren meýdanyň haýsy-da bolsa bir nokadyna synag zarýadyny girizsek, oňa her bir zarýad tarapyndan \vec{F}_1 we \vec{F}_2 güýçler täsir edýär (7.4-nji surat). Synag zarýadyna täsir edýän bu güýçleriň deň täsir edijisi aşakdaka deň bolýar:

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

Onda A nokatdaky meýdanyň güýjenmesi aşakdaka deň:

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

(7.5) aňlatma aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

Zarýadlar ulgamynyň haýsy-da bolsa bir nokatda emele getiren elektrik meýdanynyň güýjenmesi, ulgam girýän her bir zarýadyň şol nokatda aýry-aýry emele getiren meýdanyň güýjenmeleriniň wektor jemine deň.

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

Muňa elektrik meýdanyň superpozisiýa prinsipi diýilýär.

Superpozisiýa sözünüň leksik manysy “goşulmak ýa-da üstme-üst düşmek” diýen manyny aňladýar.

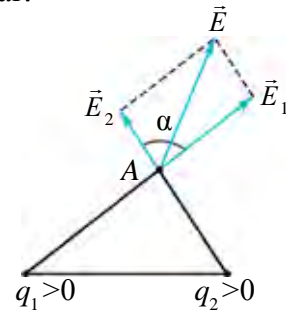
Superpozisiýa prinsipine görä bir-birinden r aralykda ýerleşýän iki nokatlanç zarýadyň haýsy-da bolsa bir nokatdaky meýdanyň güýjenmesini hasaplalyň (7.4-nji surat). Her bir zarýadyň garalýan nokatdaky meýdanyň

güýjenmesi $\vec{E}_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2}$ we $\vec{E}_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2}$ aňlatmalara görä anyklanýar.

Zarýadlaryň şu nokatdaky netijeýji meýdan güýjenmesi superpozisiýa prinsipine esasan aşakdaky aňlatma esasynda hasaplanýar:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cdot \cos \alpha}. \quad (7.7)$$

Bu ýerde: E_1 we E_2 degişlilikde nokatlanç zarýadlaryň garalýan nokatdaky meýdanyň güýjenmeleri, α –meýdanyň güýjenme wektorlarynyň arasyndaky burç.



7.4-nji surat

Mesele çözmegiň mysallary

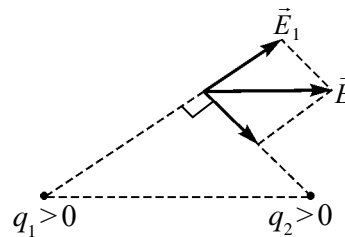
Zarýadlary 4 nC-dan bolan iki garşylykly alamatda zarýadlanan nokatlanç zarýadlar bir-birinden 10 sm aralykda ýerleşýär. Birinji zarýaddan 8 sm, ikinji zarýaddan 6 sm aralykda ýerleşýän nokatdaky meýdanyň güýjenmesi nämä deň?

Berlen:

$$\begin{aligned} q_1 &= 4 \text{ nC} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ C} \\ q_2 &= -4 \text{ nC} = -4 \cdot 10^{-9} \text{ C} \\ r &= 10 \text{ sm} = 10 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ r_1 &= 8 \text{ sm} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ r_2 &= 6 \text{ sm} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ k &= 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \end{aligned}$$

Tapmaly
 E –?

Formulasý we çözülişi:



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

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

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

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



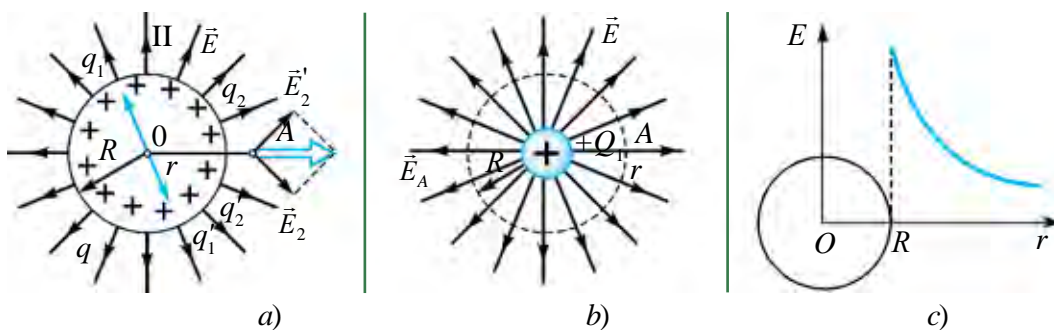
1. Nokatlanç zarýadyň gözegçilik edilyän nokatdaky meýdanyň güýjenmesi nähili hasaplanýar?
2. Superpozisiýa sözünüň manysy nämä?
3. Superpozisiýa prinsipini kesgitläň we onuň formulasyny ýazyň.

31-nji tema. ZARÝADLANAN ŞARYŇ ELEKTRIK MEÝDANY. DIELEKTRIK SIŇDIRIJILIK

Radiusy R -e deň bolan elektrik geçiriji şar q zarýad bilen zarýadlanan bolsun (7.5-nji a surat). Zarýadlanan şeýle şaryň (sferanyň) emele getirýän elektrik meýdanynyň güýjenmesini onuň merkezinde, üstünde we ondan daşarda anyklalyň. Munuň üçin biz ilki q zarýady üst boýunça tekiz paýlanan birnäçe birmeňzeş mukdardaky zarýadlara bölýäris, ýagny $q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q'_1 + q'_2 + q'_3 + \dots$

Islendik mukdary birmeňzeş bolan q_1 we q'_1 ýaly zarýadlaryň şaryň merkezindäki netijeýji meýdanynyň güýjenmesi superpozisiýa prinsipine görä nola deň bolýar. Diýmek, zarýadlanan sferanyň içinde meýdanyň güýjenmesi nola deň bolýar.

Şardan daşarda ondan r aralykda ýerleşýän islendik A nokatdaky meýdan güýjenmesini tapalyň. OA çyzyga simmetrik ýerleşýän q_2 we q'_2 zarýadlar jübütini bölüp alalyň. Bu zarýadlar Or oky boýunça ýönelen okda güýjenme emele getirýär. Diýmek, şaryň daşarsyndaky nokatdaky meýdanyň güýjenmesiniň güýç çyzyklary, şaryň merkezine goýlan položitel zarýadlanan nokatlanç zarýadyň meýdanynyň güýç çyzyklary bilen gabat gelýär (7.5-nji b surat).



7.5-nji surat

Zarýadlanan şaryň üstündäki elektrtik meýdanyň güýjenmesi aşakdaky ýaly anyklanýar.

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}.$$

Zarýadlanan şaryň daşarsyndaky nokatda alnan meýdanyň güýjenmesi bilen nokatlanç zarýady emele getiren meýdanyň birmeňzeşliginden şaryň

daşarsyndaky ($r \geq R$) nokatda alnan meýdanyň güýjenmesini aşakdaky formuladan hasaplamak mümkin:

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

Şoňa görä şaryň daşyndan uzaklaşdygy saýyn meýdanyň güýjenmesi aralyk kwadratyna ters proporsional ýagdaýda barha kemelýär (7.5-nji c surat).

Elektrik meýdanynyň güýjenmesi meýdany emele getirýän zaryad ýerleşýän gurşawyň häsiýetlerine bagly. Garşylykly alamatda zaryadlanan iki plastinanyň aralygyna dielektrik girizilen ýagdaýa garalyň (7.6-njy surat).

Dielektrikde erkin elektronlar örän kem. Esasy elektronlar atom elektron gabygynda ýerleşýär. Plastinadaky elektrik zaryadlarynyň meýdanynyň täsirinde elektron gabyk deformirlenýär. Netijede atomdaky položitel we otrisatel zaryadlaryň merkezleri üstme-üst düşmeýär. Bu hadysa *dielektrigiň polýarlaşmagy* diýilýär.

Polýarlaşan atomlaryň (molekulalaryň) emele getiren meýdanynyň güýjenmesi \vec{E}' , esasy meýdanyň güýjenmesi \vec{E}_0 -a garşylykly ýönelen bolýar. Netijede umumy meýdan $\vec{E} = \vec{E}_0 - \vec{E}'$ çenli haýallaýar. Dielektrik sebäpli meýdanyň näçe esse haýallandygyny görkezýän ululyga dielektrigiň *dielektrik siňdirijiligi* diýilýär:

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

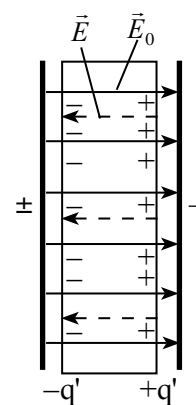
Onda, dielektrigiň içinde ýerleşdirilen nokatlanç zaryaddan r aralykda duran nokatdaky meýdanyň güýjenmesi hem ϵ esse kemelýär:

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

Şonuň ýaly-da, bir jynsly dielektrigiň içinde ýerleşýän nokatlanç zaryadlaryň arasyndaky özara täsir güýji wakuumdaky täsir güýjünden ϵ esse kiçi bolýar we bu täsir güýji aşakdaky aňlatmanyň kömeginde hasaplanýar:

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon \cdot r^2}. \quad (7.9)$$

Dielektrik siňdirijilik ölçegsiz ululykdyr.

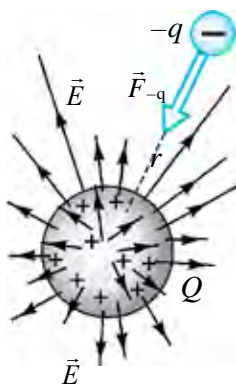


7.6-njy surat

1. Nāme sebāpden zarýadlanan şaryň içinde elektrik meýdany nola deň bolýar?
2. Zarýadlanan şaryň üstünde we daşarsynda elektrik meýdany nähili hasaplanýar?
3. Nāme sebāpden dielektrik maddalar elektrik meýdanyny haýalladýar?

32-nji tema. NOKATLANÇ ZARÝADYŇ MEÝDANYNYŇ POTENSIALY. POTENSIALLAR TAPAWUDY

Elektrik meýdanynyň güýçli ýa-da güýçsüzdigini kesgitlemek üçin onuň meýdanyna synag zarýady girizilip, meýdan tarapyndan oňa nähili güýç täsir edýändigini anyklanypdy. Şonuň üçin hem elektrik meýdanynyň güýjenmesi meýdanyň güýç häsiýetnamasy hasaplanýar.



7.7-nji surat

Meýdana synag zarýady alyp girilmegine esasy zarýadyň meýdany garşylyk edýär (7.7-nji surat). Şoňa görä meýdanyň güýçlerine garşy iş etmeli bolýar.

Bu edilen iş nähili anyklanýar?

Bu iş esasy zarýad we girizilen synag zarýadynyň özara täsir potensial energiýasyna öwrülýär:

$$W_{-q} = -k \frac{Qq}{r}. \quad (7.9)$$

Formulada minus alamatynyň goýulmagy, zarýadlaryň arasynda dartýşma güýjüniň täsir edýändigini görkezýär.

Gozganmaýan Q položitel zarýaddan r aralykda duran $+q$ zarýadyň potensial energiýasy aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$W_{+q} = k \frac{Qq}{r}. \quad (7.10)$$

Formulada položitel alamatyň goýulmagy, zarýadlaryň arasynda itekleşme güýjüniň täsir edýändigini görkezýär.

Potensial energiýanyň nol hasaby hökmünde formula görä çäksiz uly aralyk alynýar. Beýle aralykda zarýadlar özara täsirleşmeýär.

Şeýdip, elektrik meýdanynyň güýç häsiýetnamasyna eýe bolmagy bilen birlikde energetik häsiýetnama eýe bolýar. Ol elektrik meýdanynyň potensialy diýlip atlandyrylýan ululyk arkaly aňladylýar.

Nokatlanç zarýadyň elektrik meýdanynyň potensialy diýlende esasy we meýdana girizilen synag zarýadlary özara täsir potensial energiýasyny synag zarýadynyň mukdaryna gatnaşygy bilen ölçelýän ululyga aýdylýar:

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

Nokatlanç q zarýadyň potensialy aşakdaky ýaly anyklanýar:

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

Potensial düşüňjesinden peýdalanyň, q_1 zarýady meýdan emele getirýän q zarýaddan r_1 uzaklykdaky nokatdan r_2 uzaklykdaky nokada orun üýtgedende edilen işi tapýarys:

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

Bu aňlatmadaky $\varphi_1 - \varphi_2$ tapawut nokatlaryň arasyndaky **potensiallar tapawudyny**ndan ybarat bolup, oňa **elektrik naprýaženiýe** diýilýär we aşakdaky görnüşde ýazylýar:

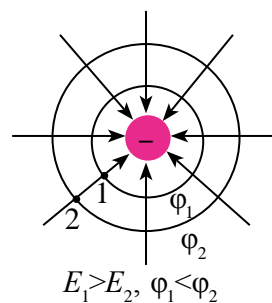
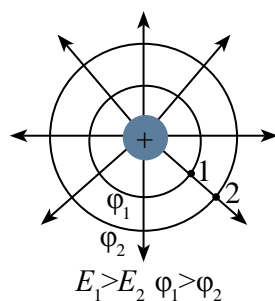
$$U = \varphi_1 - \varphi_2. \quad (7.14)$$

Potensial we potensiallar tapawudynyň birligi italýan alymy Woltanyň hormatyna Wolt (V) diýlip atlandyrylýar. $\varphi = \frac{W}{q}$ -dan $1V = \frac{1J}{1C}$ -a deň.

Kesgitlemä görä 1C zarýady elektrik meýdanyň bir nokadyndan ikinji nokadyna ornuny üýtgedende elektrik meýdany 1 J iş edýän nokatlaryň potensiallarynyň tapawudy 1 V-a deň bolýar.

Nokatlanç zarýaddan birmeňzeş uzaklykda ýerleşýän nokatlaryň potensiallary deň bolýar. Eger şu nokatlar birleşdirilip çykylsa, emele gelen üste **ekwipotensial üst** diýilýär.

Nokatlanç zarýadyň ekwipotensial üsti zarýadyň daşynda konsentrik töwerekler şeklinde ýerleşýär



7.8-nji surat

(7.8-nji surat). Meýdanyň güýç çyzyklary ekwipotensial üste hemişe perpendikulýar bolýar.

Elektrik meýdanynyň güýjenmesi bilen potensiallar tapawudynyň arasynda aşakdaky gatnaşyk bar:

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

d – potensiallary φ_1 we φ_2 bolan nokatlaryň arasyndaky aralyk. Mundan meýdanyň güýjenme birligi $1 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ gelip çykýar.

Mesele çözmegiň mysallary

Howada duran 5 sm radiusly metal sfera 30 nC zarýad berildi. Zarýadlanan sferanyň merkezinden 2 sm, sferanyň üstünde we sferanyň üstünden 5 sm uzaklykdaky nokatdaky meýdanyň potensialy tapylsın.

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$q = 30 \text{ nC} = 30 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ $r = 5 \text{ sm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $r_1 = 2 \text{ sm} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $r_2 = 5 \text{ sm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$	$\varphi_{\text{içinde}} = \varphi_{\text{üstünde}} =$ $= k \frac{q}{r}$ $\varphi_{\text{daşarsynda}} =$ $= k \frac{q}{r + r_2}$	$\varphi_{\text{içinde}} = \varphi_{\text{üstünde}} = 9 \cdot 10^9 \frac{30 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-2}} = 5400 \text{ V}$ $\varphi_{\text{daşarsynda}} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{30 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot 10^{-2}} =$ $= 2700 \text{ V.}$ Birliги: $[\varphi] = \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{\text{C}}{\text{m}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{C}} = \frac{\text{J}}{\text{C}} = \text{V.}$
Tapmaly $\varphi_{\text{içinde}} - ?$ $\varphi_{\text{üstünde}} - ?$ $\varphi_{\text{daşarda}} - ?$		Jogaby: 5400 V; 2700 V.

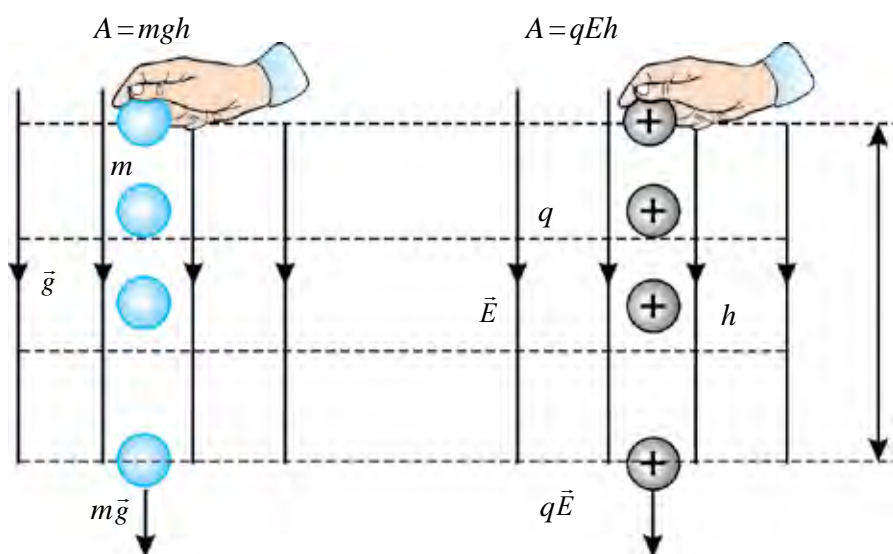


1. Elektrostatik güýjüň eden işi bilen meýdanda orun üýtgedýän zarýadyň potensial energiýasynyň arasyndaky baglanyşygy ýazyň.
2. Elektrik meýdanynda duran zarýadyň potensial energiýasy nähili anyklanýar?
3. Protodan $5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ uzaklykdaky elektrik meýdanyň potensialyny tapyň. Protodan ynha şeýle uzaklykda ýerleşýän orbita boýunça hereketlenýän elektronyň potensial energiýasy nämä deň bolýar?

33-nji tema. ELEKTROSTATIK MEÝDANDA ZARÝADYŇ ORNUNY ÜÝTGEDENDE EDILEN IŞ

Mehanikada girizilen fiziki ululyklar (orun üýtgetme, güýç, güýjüň eden işi, potensial energiýa) islendik fundamental özara täsirleri, şol sanda, elektromagnit täsirleri aňlatmakda peýdalanylýar.

Ýeriň bir jynsly ($g = \text{const}$) grawitasion meýdanynda jisimi \vec{g} boýunça h aralyga orun üýtgedende (7.9-njy surat) agyrlyk güýjüniň eden işi $A = mgh$ bolupdy.



7.9-njy surat

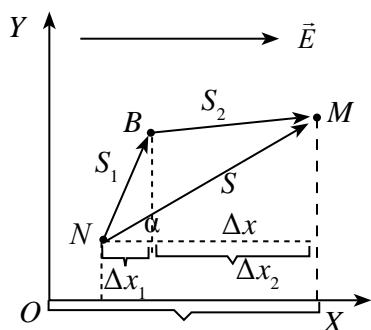
$+q$ zarýady bir jynsly ($\vec{E} = \text{const}$) elektrik meýdan güýç çyzyklary boýunça orun üýtgedende edilen iş

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

-a deň bolýar. Bu formula elektrik meýdanynyň güýjenmesi bilen orun üýtgetme ugry gabat gelende ýerlikli bolýar.

Olaryň ugry gabat gelmeýän ýagdaýa-da garalyň.

Bir jynsly elektrik meýdanyna girizilen zarýad q ($q > 0$, bolanda) elektrik meýdanyň ugrunda ýa-da oňa ters ugurda ($q < 0$, bolanda) orun üýtgedende elektrik meýdany iş edýär. Işi hasaplamak üçin ilki X okuny meýdanyň güýjenmesi bilen bir ugurda saýlaýarys (7.10-njy surat).



7.10-njy surat

Položitel alamatly zarýada meýdan tarapyndan täsir edýän güýç hem X oky bilen bir tarapa ýönelen bolýar. Meýdandaky zarýad $\vec{F} = q\vec{E}$ güýjüň täsirinde s ýol boýunça N nokatdan M nokada orun üýtgeden bolsa, ony orun üýtgedende elektrik güýjüniň eden işi aşakdaky ýaly anyklanýar:

$$A = F \cdot s \cdot \cos\alpha = q \cdot E \cdot s \cdot \cos\alpha. \quad (7.17)$$

Bu ýerde: α – güýç bilen orun üýtgetmäniň arasyndaky burç.

$\Delta x = x_2 - x_1 = s \cdot \cos\alpha$ bolýanlygyndan (7.17) deňlik aşakdaky görnüşe gelýär:

$$A = qE\Delta x. \quad (7.18)$$

Indi elektrostatik meýdanda q zarýady NBM döwür çyzyk boýunça orun üýtgedende edilen işi hasaplalyň. İş skalyar ululyk bolanlygy üçin NBM ýolda edilen iş NB we BM ýollarda edilen işleriň algebraik jemine deň bolýar $A = A_1 + A_2$.

Zarýadyň ornuny üýtgedendäki A_1 we A_2 işler edil zarýady NM ýol boýunça orun üýtgedende edilen iş ýaly anyklanýar, ýagny:

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

Δx_1 we Δx_2 laýyklykda s_1 we s_2 orun üýtgetme wektorlarynyň X okdaky proeksiýalary. Onda (7.18) -e (7.19) aňlatma goýulsa, aşakdaky görnüşe gelýär:

$$A = qE(\Delta x_1 + \Delta x_2) = qE\Delta x.$$

Mundan aşakdaky netije gelip çykýar. Bir jynsly elektrik meýdanynda zarýadyň ornuny üýtgedende edilen iş orun üýtgetme ýolunyň görnüşine bagly bolman, diňe zarýad orun üýtgeden nokatlaryň başlangyç we ahyrky ýagdaýlaryna (ýagny Δx) bagly bolýar, beýle meýdana *potensial meýdan* diýilýär. Diýmek, elektrostatik meýdan – potensial meýdan eken. Şonuň üçin elektrostatik meýdanda zarýady ýapyk kontur boýunça orun üýtgedende edilen iş hemişe nola deň bolýar. Eden işi zarýadyň hereket traýektoriyasyna bagly bolmadyk güýje **konserwativ güýç** diýilýär.

$E \cdot \Delta x = \varphi_2 - \varphi_1$ bolýandygy hasaba alynsa,

$$A = q(U_2 - U_1) \quad (7.20)$$

-a eýe bolarys. Bu formula q elektrik zarýadyny elektrik meýdanynda potensialy φ_2 bolan nokatdan potensialy φ_1 bolan nokada orun üýtgedende edilen işi hasaplamagyň formulasydyr.

Mesele çözmegiň mysallary

100 μC zarýad nokatlanç zarýadyň meýdanynyň güýjenmesi 4 kV/m bolan bir jynsly elektrik meýdanda 4 sm aralyga orun üýtgedende elektrostatik meýdan 8 mJ iş edýär. Meýdan güýç çyzyklary bilen orun üýtgetme wektorynyň arasyndaky burç nähili bolupdyr?

Berlen:	Formulasy:	Çözülişi:
$q = 100 \mu\text{C} = 100 \cdot 10^{-6} \text{C}$	$A = q \cdot E \cdot s \cdot \cos \alpha$	$\cos \alpha = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-2}} = \frac{1}{2}$
$E = 4 \text{ kV/m} = 4 \cdot 10^3 \text{ V/m}$	$\cos \alpha = \frac{A}{q \cdot E \cdot s}$	$\cos \alpha = \frac{1}{2}$
$s = 4 \text{ sm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$		$\alpha = 60^\circ$
$A = 8 \text{ mJ} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ J}$		
Tapmaly		Jogaby: 60° .
$\alpha = ?$		



1. Potensial meýdan diýip nähili meýdana aýdylýar?
2. Elektrostatik meýdanda zarýady ýapyk çyzyk boýunça orun üýtgedende edilen iş nämä deň?
3. 7.20 formuladan peýdalanyp potensiallar tapawudyna kesgitleme beriň.

34-nji tema. ELEKTRIK MEÝDANYŇ ENERGIÝASY

Geçirijini zarýadlamak üçin zarýadlaryň arasyndaky özara itekleşme güýjüni ýeňmekde iş edilýär. Şu işiň hasabyna, geçiriji energiýa eýe bolýar. Zarýadlanan jisimiň alan energiýasy mukdar taýdan (W_{el} —bu energiýa elektrik meýdanyň energiýasy diýlip atlandyrylýar) ony zarýadlanda edilen işiň mukdaryna hut deň bolýar, ýagny $A = W_{\text{el}}$. Geçirijini zarýadlanda edilen iş nähili hasaplanýar? Ilki jisim zarýadlanmadyk bolsa, onuň potensialy nola deň bolýar. Oňa q zarýad berilse, onuň potensialy noldan φ çenli üýtgeýär. Jisimi zarýadlanda edilen iş:

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

-a deň bolýar. Jisimiň potensialynyň ortaça bahasy onuň başlangyç we ahyrky bahalarynyň orta arifmetik bahasyna deň bolýar, ýagny

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

φ_{ort} -nyň bahasyny (7.21) deňlige goýup, aşakdaky aňlatmany alarys:

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

Diýmek, jisimi zarýadlanda edilen iş onuň zarýady bilen potensialynyň köpeltmek hasylynyň ýarysyna deň bolýar eken. Jisimi zarýadlanda onuň potensialy $\varphi = \frac{q}{C}$ formula laýyklykda tekiz, ýagny çyzykly üýtgeýär. Bu ýerde C – geçirijiniň elektrik sygymy. Onda (7.23) aňlatmany

$$A = \frac{C \cdot \varphi^2}{2} \quad \text{we} \quad A = \frac{q^2}{2C} \quad (7.24)$$

görnüşlerde ýazmak mümkin. Şol sanda, $A = W_{\text{el}}$ gatnaşyga görä ýekelenen zarýadlanan jisimiň elektrik meýdanyň energiýasyny aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$W_{\text{el}} = \frac{q \cdot \varphi}{2} = \frac{C \cdot \varphi^2}{2} = \frac{q^2}{2C}. \quad (7.25)$$

Eger zarýadlanan jisim kondensatordan ybarat bolsa, onuň elektrik meýdanynyň energiýasyny (W_{kon}) hasaplanda (7.25) aňlatmadaky zarýad mukdaryny kondensatoryň bir plastinasyndaky zarýad mukdary bilen, potensialyny bolsa onuň plastinalarynyň arasyndaky potensiallar tapawudy bilen çalşyrmaly, ýagny:

$$W_{\text{kon}} = \frac{q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = \frac{C \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (7.26)$$

bolanlygy üçin zarýadlanan kondensatoryň elektrik energiýasyny kesgitlemek formulasyny

$$W_{\text{kon}} = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (7.27)$$

görnüşlerde ýazmak mümkin

Zarýadlanan jisimiň energiýasy onuň daşynda emele gelen elektrik meýdanynda jemlenen bolup, energiýanyň bahasy elektrik meýdany ýaýran giňişligiň göwrümine we meýdanyň güýjenmesine bagly bolýar. Hususy ýagdaýda zarýadlanan tekiz kondensatora garap geçeliň. Tekiz kondensatoryň plastinalaryndaky zarýadlar emele getiren elektrik meýdany onuň plastinalarynyň arasyndaky gurşawda jemlenen bolýar. Giňişligiň göwrümini $V = Sd$ formula arkaly hasaplamak mümkin.

Zarýadlanan tekiz kondensatoryň sygymy $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$ we kondensatoryň meýdanynyň güýjenmesi bilen plastinalaryň arasyndaky potensiallar tapawudynyň arasyndaky baglanyşyk hem-de (7.27) formula laýyklykda aşakdaka eýe bolarys:

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

Zarýadlanan tekiz kondensatoryň energiýasy onuň emele getiren elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň kwadratyna we şu meýdan eýelän giňişligiň göwrümüne göni proporsional eken. Meýdanyň göwrüm birligine dogry gelýän energiýasyna *energiýanyň göwrüm dykzlygy* diýilýär. Kesgitlemä görä:

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


Her bir kondensator diňe bir özünde zarýad toplamak däl, şonuň ýaly-da, energiýa toplamak aýratynlygyna hem eýe. Kondensator alan energiýa plastinalaryň arasyndaky gurşawda bolýar. Bu energiýany kondensatorda uzak wagtyň dowamynda saklap bolmaýar. Kondensator alan zarýadyny wagtyň geçmegi bilen ony gurşap duran daşky gurşawa geçirýär.

Kondensator elektrik garşylygy kiçi bolan zynjyr arkaly zarýadsyzlandanda, öz energiýasyny bir sellemde diýen ýaly berýär.

Mesele çözmegiň mysallary

Tekiz howa kondensatorynyň sygymy $0,1 \mu\text{F}$ deň bolup, 200 V potensiallar tapawudyna eýe. Kondensatordaky elektrik meýdanyň energiýasyny hasaplaň.

Berlen: $C = 0,1 \mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ F}$ $U_2 - U_1 = 200 \text{ V}$	Formulasý: $W = \frac{C(U_2 - U_1)^2}{2}$	Çözülişi: $W = \frac{10^{-7} \cdot 40000}{2} \text{ F} \cdot \text{V}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
Tapmaly $W - ?$		Jogaby: 2 mJ .

-  1. Zarýadlanan jisimiň alan energiýasy nähili ululyklara bagly?
 2. Kondensatory zarýadlandanda nähili iş edilýär?
 3. Zarýadlanan kondensatoryň energiýasy nirede toplanýar?

7-nji gönükme

1. Taraplary 10 sm bolan dogry üçburçlugyň iki depesinde -4 nC we $+4\text{ nC}$ bolan iki zarýad ýerleşýär. Üçburçlugyň üçünji depesindäki meýdanyň güýjenmesi nämä deň? (*Jogaby:* $3,6\text{ kV/m}$).

2. Dielektrik gursawyň içinde bir-birinden 6 sm aralykda zarýady 6 nC we -8 nC bolan iki zarýad ýerleşýär. Olaryň arasyndaky meýdanyň güýjenmesi nähili? (*Jogaby:* 140 kV/m).

3. Nähili nokatlanç zarýadyň potenciallar tapawudy 100 V bolan iki nokadyň arasynda orun üýtgedilende, meýdan $5\text{ }\mu\text{J}$ iş edýär? (*Jogaby:* 50 nC).

4. Elektrostatik meýdanyň haýsy-da bolsa bir nokadyndaky 50 nC zarýad $7,5\text{ }\mu\text{J}$ potensial energiýa eýe. Şu nokatdaky elektrik meýdanynyň potensialyny tapyň. (*Jogaby:* 150 V).

5. Iki $+0,4\text{ }\mu\text{C}$ we $-0,6\text{ }\mu\text{C}$ nokatlanç zarýadlar bir-birinden 12 sm aralykda ýerleşýär. Zarýadlary utgaşdyrýan kesimiň ortasynda elektrik meýdanynyň potensialy nähili bolýar? (*Jogaby:* -30 kV).

6. Zarýady $3 \cdot 10^{-8}\text{ C}$ -a deň bolan iki nokatlanç zarýad howada bir-birinden 50 sm aralykda dur. Olary 20 sm çenli ýakynlaşdyrmak üçin nähili iş etmeli? (*Jogaby:* $10,8\text{ }\mu\text{J}$).

7. Eger zarýadlanan iki parallel plastinkanyň arasyndaky aralyk 12 sm, potenciallar tapawudy 180 V bolsa, plastinkalaryň arasyndaky meýdanyň güýjenmesini anyklaň. (*Jogaby:* 1500 V/m).

8. Güýjenmesi 6000 V/m bolan bir jynsly elektrik meýdanda bir güýjenme çyzygynda alnan, arasyndaky aralyk 2 sm bolan iki nokadyň arasyndaky potenciallar tapawudy nähili bolýar? (*Jogaby:* 120 V).

9. Tekiz kondensator plastinalaryndaky naprýaženiýae 150 V , zarýady $80\text{ }\mu\text{C}$ bolsa, kondensatordaky meýdanyň energiýasy nämä deň? (*Jogaby:* 6 mJ).

10. Tekiz kondensator $2\text{ }\mu\text{C}$ zarýad alyp, $0,5\text{ }\mu\text{J}$ meýdanyň energiýasyna eýe boldy. Kondensatoryň sygymy nähili bolupdyr? (*Jogaby:* $16\text{ }\mu\text{F}$).

11. Tekiz kondensatora $4 \cdot 10^{-5}\text{ C}$ zarýad berlende, onuň energiýasy 20 mJ -a deň boldy. Kondensatoryň plastinalarynyň arasyndaky naprýaženiýe nähili bolupdyr? (*Jogaby:* 1000 V).

12. Dielektrik siňdirijiligi 4 we güýjenmesi $3 \cdot 10^3\text{ V/m}$ bolan nokatdaky elektrik meýdanyň energiýa dykzlygyny tapyň. (*Jogaby:* $159\text{ }\mu\text{J/m}^3$).

VII baby jemlemek üçin test soraglary

1. Meýdan güýjenmesi 800 V/m bolan nokada ýerleşen $5 \mu\text{C}$ zarýada näçe elektrostatik güýç (N) täsir edýär?
A) $4 \cdot 10^{-2}$; B) $4 \cdot 10^{-3}$; C) $3,2 \cdot 10^{-5}$; D) $1,6 \cdot 10^{-5}$.
2. Güýjenmesi $27,3 \text{ kV/m}$ bolan elektrik meýdanda hereket edýän elektronyň tizlenmesi nämä deň (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. $1 \cdot 10^{-4} \text{ g}$ massaly zarýadlanan damja, güýjenmesi 100 N/C bolan bir jynsly elektrik meýdanynda deňagramlylykda dur. Damjanyň zarýadyny anyklaň (C).
A) 10^{-8} ; B) 10^{-6} ; C) 10^{-4} ; D) 10^{-3} .
4. Radiusy 2 sm bolan metal şara $1,2 \text{ nC}$ zarýad berildi. Şaryň üstüniň ýakynyndaky elektrik meýdanynyň güýjenmesini tapyň (kV/m).
A) 27; B) 18; C) 24; D) 9.
5. Radiusy 6 sm bolan metal şara 24 nC zarýad berlen. Şaryň merkezinden 3 sm uzaklykdaky nokatda güýjenme näçä deň bolýar (kV/m)?
A) 45; B) 90; C) 60; D) 0.
6. Radiusy 12 sm bolan şaryň üstünde $0,18 \mu\text{C}$ položitel zarýad tekiz paýlanan. Şaryň merkezindäki meýdan potensialyny tapyň (V).
A) 90; B) 60; C) 120; D) 180.
7. Iki nokatlanç zarýadyň arasyndaky aralygy 9 esse kemeltsek, olaryň özara täsir potensial energiýasy nähili üýtgeýär?
A) 9 esse artýar; B) 9 esse kemelýär;
C) 3 esse artýar; D) 3 esse kemelýär.
8. Nokatlanç q zarýadyň potenciallar tapawudy 100 V bolan iki nokadyň arasynda orun üýtgedende, 5 mJ iş edilen. q zarýadyň ululygy (μC) nähili bolupdyr?
A) 20; B) 5; C) 500; D) 50.

VII bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, düzgünler we kanunlar

Zarýadlaryň saklanma kanuny	Islendik ýapyk ulgamyň içindäki ähli jisimleriň zarýadlarynyň algebraik jemi üýtgemeyär ýagny: $q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const.}$
Elektrik meýdanynyň güýç çyzyklary	Elektrik meýdanyna girizilen položitel zarýada meýdan tarapyndan täsir ediji güýjüň ugruny görkezýän çyzyklar. Položitel zarýad emele getiren elektrik meýdanyň güýç çyzyklary zarýaddan çykýan, otrisatel zarýadyňky bolsa zarýada girýän bolýar.
Elektrik meýdanynyň güýjenmesi	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ elektrik meýdanyna girizilen položitel birlik zarýada meýdan tarapyndan täsir ediji güýç.
Nokatlanç q zarýadyň r aralykda emele getiren meýdanynyň güýjenmesi	$E = k \frac{ q }{r^2}.$
Elektrik meýdanyň superpozisiýa prinsipi	Zarýadlar ulgamynyň haýsy-da bolsa nokatda emele getiren elektrik meýdanynyň güýjenmesi, ulgam girýän her bir zarýadyň şol nokatda aýry-aýry emele getiren meýdanyň güýjenmeleriniň wektor jemine deň: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n.$
Zarýadlanan şaryň (sferanyň) içersindäki we üstündäki nokatlardaky alnan meýdanyň güýjenmesi	$E=0;$ $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$
Dielektrigiň polýarlaşmagy	Elektrik meýdanyna ýerleşdirilen maddanyň (gurşaw) atomlary (molekulalary) elektron gabygynyň elektrik meýdanynyň täsirinde deformirlenýär. Netijede atomlarda (molekulalarda) položitel we otrisatel zarýad merkezleri üstme-üst düşmeýär.

Dielektrik siňdirijilik	$\varepsilon = \frac{E_0}{E}.$
Dielektrigiň içinde ýerleşdirilen nokatlanç zarýaddan r aralykda duran nokatdaky meýdanyň güýjenmesi	$E = k \frac{ q }{\varepsilon \cdot r^2}.$
Gozganmaýan Q položitel zarýaddan r aralykda duran $+q$ zarýadyň potensial energiýasy	$W_{+q} = k \frac{Qq}{r}.$
Nokatlanç q zarýadyň potensialy	$\varphi = k \frac{q}{\varepsilon \cdot r}.$
Elektrik naprýaženiýe	$U = \varphi_1 - \varphi_2.$
Konserwatiw güýç	Eden işi zarýadyň orun üýtgetme traýektoriyasyna bagly bolmadyk güýç.
Energiýanyň göwrüm dykzylygy	$w = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot E^2}{2}.$

VIII bap. HEMIŞELIK TOK KANUNLARY

35-nji tema. ELEKTRIK GEÇIRIJILIK. TOK GÜYJÜNIŇ NAPRYAŽENIÝÄ BAGLYLYGY

8-nji synpda elektrik togy bar bolmagy üçin 3 sany şert ýerine ýetirilmelidigi aýdylypdy.

1. Tok çeşmesi bolmaly.
2. Tok geçýän zynjyrdaky erkin orun üýtgedip bilýän zarýadly bölejikleriň bolmagy.
3. Zynjyr ýapyk bolmaly.

Onda şonuň ýaly-da gaty, suwuklyk we gazlarda elektrik togy geçmegi garalanda elektrik garşylygy düşünjesi girizilipdi. Elektrik togy nähili zarýadly bölejikleriň hasabyna peýda bolýar? Näme sebäpden elektrik togunyň geçmegine gurşaw garşylyk görkezýär? Şeýle soraglara jogap bermezden öň elektrik geçirijilik düşünjesini girizýäris.

|| **Elektrik garşylygyna ters bolan ululyga *elektrik geçirijilik* $\left(\frac{1}{R}\right)$ diýilýär.** Birligi nemes alymy E. R. Siemensiň hormatyna goýlan.

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

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

Metallaryň elektrik geçirijiligini öwrenmäge XX asyryň başynda girişilipdi. 1901-nji ýylda nemes alymy Karl Rikke örän gowy ýylmanan üç sany silindrden (iki alýuminiý we bir mis) ybarat zynjyr düzýär we ondan bir ýylyň dowamynda tok geçirýär (8.1-nji surat). Bu wagtyň içinde silindrlerden umumy mukdary $3,5 \cdot 10^6$ C zarýad geçýär, ýöne bu silindrleriň maddasynyň himiki düzüminiň özgermegine getirmedi. Tejribe gutaryp, silindrlər

áýrylanda, olaryň massalary hem özgermänligi anyklandy. Atomlaryň bir-birine geçiş yzlary gaty jisimlerdeki ýönekeý diffuziýa netijelerinden artyk bolmady. Ýöne, bu tejribe metallarda hut nähili bölejikler sebäpli tok geçmegini düşündirip bermedi.

Amerikalý fizikler T.Stýuart we R.Tolmenler aşakdaky ýaly tejribe geçiripdirler. 1916-njy ýylda geçirilen bu tejribede metal geçiriji saralan uly diametrli tegek alnyp, ony 500 aýl/min ýygylyk bilen aýlawly herekete getirilen we birdenkä togtadylypdyr (8.2-nji surat). Şonda tegekdäki erkin zarýadlar ýene biraz wagt inersiýa bilen hereketini dowam edenligi üçin gysga wagtly tok emele gelipdir. Muny tok geçiriji uçlaryna birikdirilen typýan kontaktlar arkaly birikdirilen galwanometr bellik edipdir. Alymlar tok daşajy bölejikleriň $\frac{q_0}{m}$ udel zarýadyny tejribede anyklaýarlar. Ol $1,8 \cdot 10^{11}$ C/kg-a deň çykyp, elektronyň udel zarýadyna laýyk gelýär.

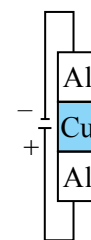
Bu ylmy fakt, metallaryň elektrik geçirijiliginiň klassyk nazaryýetine esas boldy.

XX asyryň başlarynda nemes fizigi P.Drude we golland fizigi H.Lorens *metallaryň elektrik geçirijiliginiň klassyk nazaryýetini* dörediler. Bu nazaryýetiň esasy mazmuny aşakdakylardan ybarat:

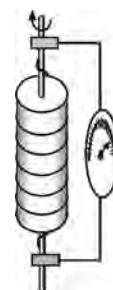
1. Metallarda elektrik geçirijiligiň ýokary bolmagy, olarda birlik göwrüme gabat gelen erkin elektronlaryň köplügidir. Meselem, misde erkin elektronlaryň konsentrasiýasy $8,4 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}$ -a deň. Elektronlar edil gaz ýaly gözenek ionlarynyň arasyndaky giňişligi dolduryp, tertipsiz we dyngysyz hereketde bolýar. Elektronlaryň metallardaky tertipsiz hereket tizligi hasaplananda takmynan 60–100 km/s -a deň çykýar. Daşky elektrik meýdan ýoklugynda, geçirijiniň islendik kesik meýdany arkaly geçýän elektronlaryň hereketi haotik bolanlygyndan elektrik togy nola deň bolýar.

2*. P.Drude we H.Lorensler geçirijiligiň elektron nazaryýetinden peýdalanyp zynjyryň bir bölegi üçin Om kanunyny nazary taýdan getirip çykarýarlar.

Munuň üçin uzynlygy l , elektronlar konsentrasiýasy n we kese kesiginiň meýdany S bolan geçirijä garaýarys (8.3-nji surat). Geçirijiniň uçlaryna U naprýaženiýe berilse, emele gelen meýdanyň güýjenmesi $E = \frac{U}{l}$



8.1-nji surat.



8.2-nji surat.

täsirinde elektronlar $a = \frac{eE}{m}$ tizlenme alýar. t wagtdan soň elektronyň tizligi $v = \frac{eEt}{m}$ bolýar. t -elektronlaryň iki çaknyşmalary aralygyndaky wagt. Çaknyşmalarda elektronyň tizliginiň ugry üýtgeýär, ýöne ortaça tizlik üýtgemeyär

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

Tok güýjüniň kesgitlemesine görä

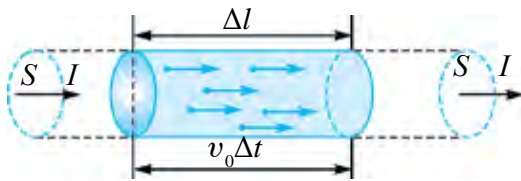
$$I = \frac{q}{t} = \frac{enV}{t} = \frac{enSl}{t} = enSv_{\text{ort}} \quad (8.3)$$

Munda (8.1) hasaba alynsa,

$$I = \frac{ne^2t}{2m_e} \frac{S}{l} U \quad (8.4)$$

-a eýe bolarys.

$\gamma = \frac{ne^2t}{2m_e} \frac{S}{l}$ -aňlatma elektrik geçirijilik diýilýär. $\gamma = \frac{1}{R}$ geçirijilik ekenligi hasaba alynsa, $R = \frac{2m_e}{ne^2t} \frac{l}{S}$ -elektrik garşylygynyň aňlatmasy gelip çykýar.



8.3-nji surat.

Muňa $\frac{2m_e}{ne^2t} = \rho$ - udel garşylyk diýilýär. Udel garşylyk diýlende uzynlygy 1 m, kese kesiginiň meýdany 1 m² bolan geçirijiniň garşylygy düşünilýär.

Şeýdip

Zynjyryň bir böleginden geçýän tok güýji, geçirijiniň uçlaryna goýlan güýjenmä we geçirijilige göni proporsional bolýar.

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

Bu baglanyşygy XIX asyryň başynda tejribe ýoly bilen nemes fizigi G. Om tapypdy. Adatda, beýle baglanyşyk

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

görnüşde aňladylýar.

8.4-nji suratda hemişelik temperaturada iki metal geçirijiden geçyän tok güýjüniň geçirijiniň uçlaryna goýlan güýjenmä baglylygy getirilen.

Geçirijilerden, esbaplardan we sarp edijilerden geçyän tok güýjüniň güýjenmä baglylyk grafigine wolt-ampere häsiýetnamasy diýilýär (WAH).

Maddalaryň udel elektrik geçirijiligi boýunça alnan netijeler senagatda we halk hojalygynda ulanylýan elektrotehniki önümleri taýýarlarda möhüm ähmiýete eýe. Tok geçiriji kabel üçin, elektrik toguny geçirmek ukybyna görä, metal geçirijiler saýlanýar. Material nädogry saýlansa, napryženiýäniň özgermegi netijesinde kabeliň gyzyp gitmegi hem-de ýangyn çykmagyna sebäp bolmagy mümkin.

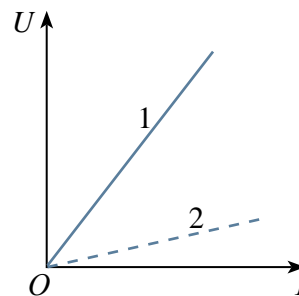
Metallardan iň uly elektrik geçirijilige eýe bolan material kümüş hasaplanýar. Kümüşüň udel elektrik geçirijiligi 20 °C-da 63,3 MS/m-e deň. Kümüşden elektrik simlerini taýýarlamak gymmat düşänligi sebäpli elektrik geçiriş ukyby taýdan soňky orunda durýan misden peýdalanylýar. Onuň udel elektrik geçirijiligi 58,14 MS/m-e deň. Mis geçirijiler gündelik durmuşda we önümçilikde giňden ulanylýar. Ereme temperaturasy ýokary bolanlygyndan ol elektrik ýüklemelere çydamly we gyzan ýagdaýda uzak möhlet işläp bilýär.

Ulanylşyna görä alýuminiý geçirijiler misden soňky orunda durýar. Onuň udel elektrik geçirijiligi 20°C-da 35,71 MS/m-e deň. Onuň ereme temperaturasy mise garanda takmynan iki esse kem bolup, ýüklemelere çydamlylygy pes.

Udel elektrik geçirijiligi kiçi bolan (nihrom 0,9 MS/m, fehral 0,77 MS/m) garyndylardan elektrik ýylydyjy esbaplaryň spirallary taýýarlanýar.

Elektrolitlerde udel elektrik geçirijilik temperatura, erginiň konsentrasiýasyna, elektrolitiň tebigatyna bagly. Elektrolit erginleriň udel elektrik geçirijiligi (metallardan tapawutlylykda) temperaturanyň artmagy bilen artýar. Konsentrasiýanyň artmagy bilen elektrolit erginleriň udel elektrik geçirijiligi ilki artýar, soňra maksimal bahasyna ýetenden soň kemelip başlaýar.

Udel garşylygy ýa-da udel elektrik geçirijiligi ölçemek üçin *kondyktometr* diýlip atlandyrylýan esbaplar ulanylýar. Kondyktometriň kömeginde suwuň, kondensatyň ýa-da buguň hiline gözegçilik edilýär. Ulanylýan ýerleri – farmakologiýa, medisina, biokimiýa, biofizika, himiki tehnologiýa, azyk senagaty, suwy arassalamak we ş.m.



8.4-nji surat



1. Metallarda nähili bölejikleriň tertipli hereketi sebäpli elektrik togy emele gelyär?
2. Senagatda diňe elektrik geçirijiligi ýokary bolan materiallar ulanylýarmy?
3. Esbabyň wolt-ampere häsiýetnamasy diýlende näme düşünilýär?

36-njy tema. TOK GÜÝJI WE TOGUŇ DYKYZLYGY. ELEKTRIK TOGUNYŇ TÄSIRLERI

Eger geçirijiniň kese kesiginiň meýdanyndan islendik deň wagtlar içinde deň mukdardaky zaryadlar akyp geçse, geçirijiden **hemişelik tok** geçýär diýilýär.

Geçirijiniň kese kesiginiň meýdanyndan akyp geçen zaryadyň (q) mukdarynyň şu sarplanan t wagt aralygyna gatnaşygy bilen ölçelýän fiziki ululyga **tok güýji** diýilýär:

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

Elektrik togunyň esasy häsiýetnamalaryndan biri **toguň dykyzlygy** (j) hasaplanýar. Toguň dykyzlygy diýip, tok güýjüniň I tok akyp geçýän ugra perpendikulýar bolan kese kesiginiň meýdany S -e gatnaşygy bilen ölçelýän fiziki ululyga aýdylýar:

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

Toguň dykyzlygy $\frac{\text{A}}{\text{m}^2}$ larda ölçelýär.

Tok güýjüni

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

görnüşde aňlatmak mümkin. Bu ýerde: n —zaryad daşajyklaryň konsent-rasiýasy; e —elektron zaryady; v_{ort} —zaryadly bölejikler tertipli hereketiniň ortaça tizligi; S —tok geçýän geçirijiniň kese kesiginiň meýdany.

Onda toguň dykyzlygyny

$$j = \frac{I}{S} = \frac{nev_{\text{ort}} S}{S} = nev_{\text{ort}} \quad (8.9)$$

ne —köpeltmek hasyly zaryadyň dykyzlygyny häsiýetlendirýär (birlik göwrümdäki zaryad). Şoňa görä $j = r_e v_{\text{ort}}$ bolýar.

Toguň dykzlygy wektor ululyk bolup, položitel bölejigiň tizligi v_{ort} ugry bilen gabat gelýär.

Geçirijidäki toguň dykzlygy, geçiriji näçe derejede elektrik energiýasy bilen ýüklenenligini görkezýär. Geçirijide artykmaç zaýaýlyklara ýol bermezlik hem-de gymmat bolmazlyk üçin ondaky toguň dykzlygyny optimal ýagdaýda saýlamaly bolýar.

Toguň dykzlygy ululygyna geçiriji materialy täsir etmese-de, tehnikada geçirijiniň udel garşylygyna we uzynlygyna garap saýlanýar. Hojalyk maksatlarda ulanylýan geçirijileri toguň tygşytly režimine gabatlap saýlanýar.

Öýlerde ulanylýan simler uzyn bolmanlygyndan, onuň tygşytly toguň dykzlygyny $6-15 \text{ A/mm}^2$ aralygynda alynýar. Öýdäki suwagyň aşagyna ýerleşdirilen diametri $1,78 \text{ mm}$ ($2,5 \text{ mm}^2$) bolan PWH izolýasiýaly mis geçiriji 30 , hatda 50 A tok güýjüne çydaýar.

Elektrik geçiriji liniýalarynda tygşytly toguň dykzlygy kiçi bolup, $1-3,4 \text{ A/mm}^2$ töwereginde bolýar. Senagat ýygylygynda (50 Hz) işleýän elektrik maşynlarynda we transformatorlarynda bu baha 1 -den 10 A/mm^2 çenli bolýar.

Suwuklyklarda elektrik togy öwrenilende elektrodarda maddanyň mukdary bölünip çykanlygy bilen tanyşsyňyz. Diýmek, käbir gurşawlardan elektrik togy geçende himiki özgerişler bolup geçýän eken. 8 -nji synpda, şonuň ýaly-da, elektrik togy geçende geçirijileriň gyzýandygyny bilýärsiňiz. Diýmek, elektrik togunyň ýylylyk täsirleri hem bar. Ondan gündelik durmuşda, senagatda giň peýdalanylýar.

Geçirijilerden tok geçende onuň töwereginde magnit meýdany bolýandygyny ilkinji gezek daniýaly alym Hans Kristian Ersted 1820 -nji ýylda anyklapdy. Şondan soň köp geçmän fransuz alymy Andre Mari Amper tokly geçirijileriň özara täsirleşmegini açdy. Soňky barlaglar tokly geçirijiler magnit meýdany arkaly täsirleşýändigini görkezdi. Toguň magnit täsirini öwrenmek elektrotehnikanyň güýçli ösmegine getirdi. Tok metallardan, elektrolitlerden, gazlardan we ýarym geçirijilerden geçende-de toguň magnit täsiriniň bolýandygyny nygtamak gerek.

Metallardan tok geçende onuň himiki täsiri bolmaýar.

Mesele çözmegiň mysallary

Diametri 1 mm bolan geçirijiden 5 A tok geçýär. Geçirijidäki toguň dykzlygyny hasaplaň.

Berlen:	Formulasy:	Çözülişi:
$D = 1 \text{ mm}$ $I = 5 \text{ A}$	$j = \frac{I}{S}$	$S = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} = 0,785 \text{ mm}^2.$
Tapmaly $j = ?$	$S = \frac{\pi D^2}{4}$	$j = \frac{5 \text{ A}}{0,785 \text{ mm}^2} = 6,37 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}.$ Jogaby: $6,37 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}.$



1. Tok güýji näme?
2. Toguň dykzlygynyň gündelik durmuşdaky we senagatdaky ähmiýeti nämede?
3. Elektrik togunyň täsirlerini düşündirip beriň.

37-nji tema. ÝAPYK ZYNJYR ÜÇIN OMUŇ KANUNY. TOK ÇEŞMESINIŇ PEÝDALY TÄSIR KOEFFISIÝENTI

Geçirijiden tok geçende ol gyzýar we mälüm mukdarda ýylylyk bölünip çykýar. Diýmek, energiýanyň saklanma kanunyna görä, geçiriji boýunça erkin elektronlar orun üýtgedende elektrostatik meýdan iş edýär. Ýöne, elektrik zynjyrynda energiýa aýrylsa, energiýanyň saklanma kanunyna görä, şonça energiýa elektrik zynjyryna *gelmelidir*. Şeýle sorag döreyär: bu zynjyryň haýsy böleginde bolup geçýär we nähili fiziki prosesler netijesinde energiýa elektrik zynjyryna berilýär? Ilki anyklaşdyryp alýarys: elektrik zynjyryndaky energiýa çeşmesi wezipesini elektrostatik meýdan ýerine ýetirip bilermi?

Ýerine ýetirip bilmeýär, çünki 33-nji temada garalyşy ýaly elektrostatik meýdanda zarýady *ýapyk* traýektoriya boýunça orun üýtgedende edilen iş *nola* deň. Diýmek, *diňe* elektrostatik meýdanyň täsirinde erkin zarýadlar *ýapyk* zynjyr boýunça hereketlenip bilmeýär.

Aýdylanlardan şu zat gelip çykýar, ýagny zynjyryň nähilidir bir böleginde zarýadlara *elektrostatik bolmadyk güýçler* täsir etmeli. Bu güýçlere *çet (daşgary) güýçler* diýilýär. Olar zarýada tok çeşmesiniň içinde täsir edip, hut şu güýçler energiýany elektrik zynjyryna ýetirip berýär.

Tok çeşmesinde çet güýçleriň täsirinde zarýadlaryň bölünmegi bolup geçýär. Netijede çeşmäniň bir polýusynda položitel zarýad, ikinji polýusynda

otrisatel zarýad toplanýar. Polýuslaryň arasynda potentsiallar tapawudy emele gelýär.

Toguň himiki çeşmelerinde çet güýçler himiki tebigata eýe bolýar. Meselem, eger sink we mis elektrodлары күкүрт kislotasyna düşürilse, sinkiň položitel ionlary, misiň položitel ionlaryna garanda elektrodyny tiz-tiz taşlap gidip durýar. Netijede mis we sink elektrodларыň arasynda potentsiallar tapawudy emele gelýär: mis elektrodyň potentsialy, sinkiňkä garanda uly bolýar. Mis elektrod *tok çeşmesiniň položitel polýusy*, sink elektrod bolsa *otrisatel polýusy* bolýar.

Tok çeşmesinde çet güýçler erkin zarýadлары elektrostatik meýdanyň güýçlerine garşy orun üýtgedende $A_{\text{çet}}$ iş edýär.

Bu iş berlen wagtyň içinde zynjyr boýunça orun üýtgedýän q zarýadyň mukdaryna proporsional bolýar. Şoňa görä çet güýçleriň eden işiniň zarýadyň mukdaryna gatnaşygy $A_{\text{çet}}$ -e hem, q -ga hem bagly bolmaýar. Diýmek, ol tok çeşmesiniň häsiýetnamasy hasaplanýar. Bu gatnaşyk, ýagny birlik q položitel zarýady ýapyk zynjyr boýunça orun üýtgedende edilen işi çeşmäniň **elektrik hereketlendiriji güýji (EHG)** diýilýär we \mathcal{E} harpy bilen belgilenýär:

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

EHG napryaženiýe ýaly woltlarda ölçelýär.

Eger zynjyrdaky tok güýji I bolsa, t wagtyň içinde zynjyrdan $q = It$ zarýad geçýär. Şoňa görä (1) formulany aşakdaky ýaly ýazýarys

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

Bu wagtda tok çeşmesiniň içinde we daşky zynjyrdan

$$Q_{\text{içki}} = I^2 rt \quad \text{we} \quad Q_{\text{daşky}} = I^2 Rt \quad (8.11)$$

ýylylyk mukdary bölünip çykýar. Bu ýerde r —çeşmäniň garşylygy bolup, ol **içki garşylyk** diýlip atlandyrylýar.

Energiýanyň saklanma kanunyna görä

$$Q_{\text{daşky}} + Q_{\text{içki}} = A_{\text{çet}}. \quad (8.12)$$

(8.9), (8.10) we (8.11)-lary (8.12)-ä goýup, degişli amallar ýerine ýetirilenden soň

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

-a eýe bolarys. Bu aňlatma **Ýapyk zynjyr üçin Omuň kanuny** diýilýär.

$R+r$ -e zynjyryň **doly garşylygy** diýilýär.

Ýapyk zynjyr üçin Omuň kanunyny

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

görnüşde ýazýarys. Bu aňlatmadaky birinji goşulyjy, çeşmäniň polýuslaryndaky U naprýaženiýä deň:

$$IR = U.$$

Çeşmäniň polýuslaryndaky **maksimal naprýaženiýe** \mathcal{E} -ge deň. Bu $I=0$ bolanda bolýar. Daşky zynjyra garşylyk birikdirilmezden açyk galanda tok güýji nola deň bolýar. Şu ýagdaýda

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

Çeşmäniň polýuslarynyň arasyndaky **minimal naprýaženiýe** nola deň. Bu ýagdaý gysga utgaşma ýüze çykanda, ýagny daşky garşylyk $R=0$ bolanda görmek mümkin. Munda tok güýji maksimal bolýar:

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

Oňa **gysga utgaşma togy** diýilýär.

Daşky zynjyrda edilen işe **peýdaly iş** diýilýär. Ony A_p bilen belgiläliň. Toguň eden işiniň formulasyndan peýdalanyp

$$A_f = I^2 R t$$

-ni alarys.

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

bolanlygyndan, peýdaly işiň çet güýçleriň eden işe gatnaşygyny tapýarys:

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

Göterimlerde aňladylan bu gatnaşyga tok çeşmesiniň PTK diýilýär.



1. Năme sebăpden elektrostatik meýdan elektrik zynjyryndaky energiýanyň çęsmesi wezipesini ýerine ýetirip bilmeyăr?
2. Çet güýçler diýlende năme düşünilýăr?
3. Elektrik hereketlendiriji güýç diýlende nămäniň güýji nazarda tutulýăr?
4. Gysga utgaşma năhili hadysa?

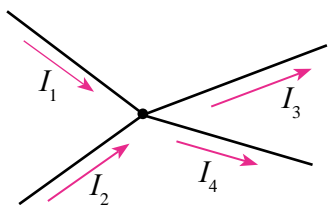
38-nji tema. TOK ÇEŞMELERINIŇ ZYGYDIDER WE PARALLEL BIRIKDIRILIŞI

Elektrik togunyň himiki çęsmeleriniň polýuslarynda emele gelýän EHGüň bahasy kiçi bolýar. Meselem, galwaniki elementler toparyna girýän Daniel elementiniň EHG 1,11 V-a, Leklanşe elementiniňki 1,4 V-a deň. Kislotaly akkumulýatorynyň zarýadlan bada ölçelen EHG 2,7 V bolsa, aşgarly akkumulýatorlaryky 1,3 V bolýar.

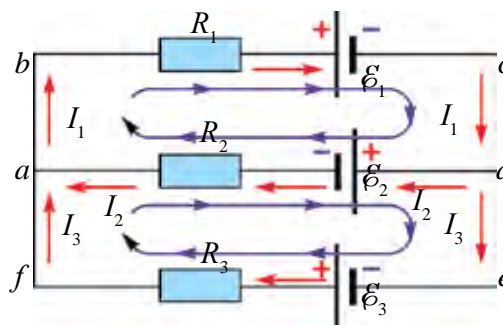
Köp tehniki gurluşlary işletmek üçin uly naprýaženiýe talap edilýär. Meselem, awtomobiliň motoryny aýlap işe düşürip goýbermek üçin uly kuwwatly 12 V-ly hemişelik tok çęsmesi gerek bolýar. Şeýle wagtlarda elementleri ýa-da akkumulýatorlary özara zygider ýa-da parallel birikdirmeli bolýar.

Tok çęsmelerini özara zygider ýa-da parallel birikdirende emele gelen zynjyrlardaky tok güýjüni we naprýaženiýeleri hasaplamakda Kirhgofyň düzgünlerinden peýdalanylýar.

Tok geçiriji simlerden iň bolmanda üçüsi duşýan nokada **düwün** diýilýär. Düwüne girýän tok ugruny položitel, çykýan tok ugruny otrisatel diýip kabul edilýär (8.5-nji surat).



8.5-nji surat.



8.6-njy surat.

Kirhgofyň birinji düzgüni. Döwüne birikdirilen geçirijiler arkaly girýän we ondan çykýan toklaryň algebraik jemi nola deň:

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

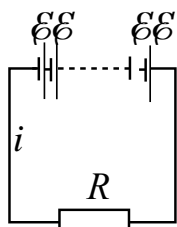
Şahalanan zynjyrlarda hemişe toguň ugry boýunça birnäçe ýapyk ýollary bölüp almak mümkin. Şeýle ýapyk ýollar *kontur* diýlip atlandyrylýar. Bölünip alnan konturyň dürli böleklerinde dürlüçe tok geçmegi mümkin. 8.6-njy suratda ýönekeý şahalanan zynjyr getirilen.

Kirhgofyň ikinji düzgüni. Ýapyk konturyň şahalaryndaky naprýażeniýäniň peselmeleriniň algebraik jemi, konturdaky EHGleriň algebraik jemine deň:

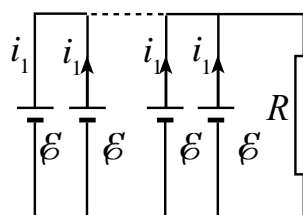
$$\begin{aligned} I_1 R_1 + I_2 R_2 &= -\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2; \\ -I_2 R_2 + I_3 R_3 &= \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2; \\ I_1 + I_2 + I_3 &= 0. \end{aligned} \quad (8.18)$$

Tok çeşmelerini hasaplamakda çet güýçleriň ugry položitel hasaplanýar.

Şu düzgünlerden peýdalanmak bilen tok çeşmelerini yzygider we parallel birikdirip öwreneris.



8.7-nji surat.



8.8-nji surat.

Meseläni ýönekeýleşdirmek üçin birikdirilýän ähli elementleriň EHG-leri \mathcal{E} -ni we içki garşylyklary r -i deň diýip alarys.

1. n sany elementi yzygider birikdirip batareýa düzeliň (8.7-nji surat). Ony daşky R garşylyga birikdireliň. Kirhgofyň ikinji kanunyny ýapyk kontura ulanýarys:

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

Mundan

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

Diýmek, n sany elementi yzygider birikdirip, batareýa düzülende umumy EHG n esse artýar.

Şeýle birikdirilende daşky garşylyk, içki garşylykdan köp esse uly bolanda netijesi ýokary bolýar. Hakykatdan hem, $R \gg nr$ bolanda, (8.19) formuladaky nr -i R -e görä hasaba almasa hem bolýar. Onda

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

ýagny n sany element yzygider birikdirilende zynjyrdaky tok güýji, bir elemente görä n esse bolýar.

2. Batareýany n sany elementi parallel birikdirip zynjyr düzeliň (8.8-nji surat). Ony daşky R garşylyga birikdireliň. Kirhgofyň iki kanunyny ýapyk kontura ulanýarys.

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

Bu ýerde: I_1 – bir elementden geçýän tok güýji. Mundan,

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

Diýmek, n sany elementi parallel birikdirip, batareýa düzülende umumy EHG üýtgemeyär, içki garşylygy n esse kemelýär.

Parallel birikdirmek daşky garşylyk içki garşylyga görä kiçi bolan ýagdaýlarda gowy netije berýär. $R \ll r$ bolanda (8.25) formulany

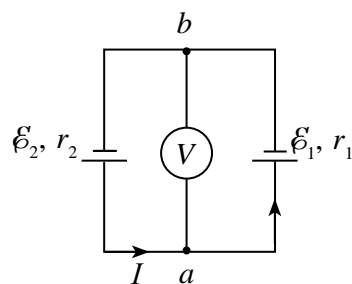
$$I \approx n \frac{\mathcal{E}}{r}$$

görnüşde ýazýarys.

Mundan umumy tok güýji, bir element berýän tok güýjüne görä n esse artmagy gelip çykýar.

Amalyýetde element EHG-leri we içki garşylyklary dürli bolan ýagdaýlaryň bolmagy mümkin.

Ilki, çeşmäniň birmeňzeş alamatdaky polýuslary özara birikdirilen ýagdaýa garalyň. 8.9-njy suratdaky elektrik shemada içki garşylyklary r_1 we r_2 hem-de EHG-leri \mathcal{E}_1 we \mathcal{E}_2 bolan iki sany elementiň birmeňzeş alamatdaky polýuslary özara birikdirilen ýagdaý getirilen. Shemanyň a we b nokatlaryna



8.9-njy surat.

birikdirilen woltmetr nämäni görkezýär? Munda woltmetriň içki garşylygy elementleriň içki garşylygyndan köp esse uly diýlip garalýar.

Eger $\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1$ bolsa, zynjyrdaky toguň ugry 8.9-njy suratda görkezilişi ýaly bolýar. Woltmetriň içki garşylygy uly bolanlygyndan ondan geçýän togy hasaba almaýarys. Kirhgofyň ikinji düzgünine görä, elementleriň içki garşylyklaryndaky potensial peselmeleri elementleriň EHG-leriniň jemine deň.

$$Ir_1 + Ir_2 = \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1. \quad (8.21)$$

Munda minus alamatynyň alynmagyna sebäp, elementler zynjyrdaky garşylykly ugurdaky toklary emele getirýär. Mundan zynjyrdan geçýän tok güýji

$$I = \frac{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1}{r_1 + r_2} \quad (8.22)$$

-a deň bolýar.

Woltmetriň görkezişi

$$U = \mathcal{E}_1 + Ir_1 = \frac{\mathcal{E}_2 r_1 + \mathcal{E}_1 r_2}{r_1 + r_2} \quad (8.23)$$

-a deň bolýar.

Mesele çözmegiň mysallary

Içki garşylyklary $0,4 \Omega$ we $0,6 \Omega$ bolan iki tok çeşmesinden biriniň EHG 2 V , ikinjisiniňki $1,5 \text{ V}$ -a deň bolup, 8.9-njy suratda görkezilişi ýaly birikdirilen. a we b nokatlaryň arasyndaky naprýaženiýäni tapyň.

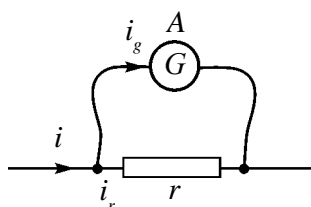
Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$r_1 = 0,6 \Omega$ $r_2 = 0,4 \Omega$ $\mathcal{E}_1 = 2 \text{ V}$ $\mathcal{E}_2 = 1,5 \text{ V}$	$U = \frac{\mathcal{E}_2 r_1 + \mathcal{E}_1 r_2}{r_1 + r_2}$	$U = \frac{1,5 \text{ V} \cdot 0,4 \Omega + 2 \text{ V} \cdot 0,6 \Omega}{0,4 \Omega + 0,6 \Omega} = 1,8 \text{ V}.$
Tapmaly $U = ?$		Jogaby: $U = 1,8 \text{ V}.$



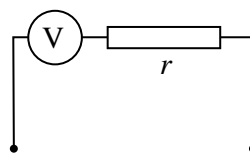
1. Kirhgofyň düzgünlerinden nähili zynjyrlary hasaplamakda peýdalanmak mümkin?
2. Tok çeşmelerini yzygider birikdirmek nähili ýagdaýlarda peýdaly bolýar?
3. Nähili ýagdaýlarda tok çeşmeleri parallel birikdirilýär?

39-njy tema. AMPERMETRIŇ WE WOLTMETRIŇ ÖLÇEG ÇÄGINI ARTDYRMAK

Elektrik zynjyrlarynda ulanylýan elektrik ölçeg esbaplary mälim araçäkke işläp bilýär. Meselem, galwanometr örän duýgur esbap bolup örän kiçi tok güýjüni we naprýaženiýäni ölçäp bilýär. Olaryň ölçeg çäginini artdyrmak üçin olara goşmaça ýagdaýda garşylyklar birikdirilýär.



8.10-njy surat.



8.11-nji surat.

Galwanometri ampermetr hökmünde ulanmak üçin oňa parallel ýagdaýda **şunt** diýlip atlandyrylýan, ululygy örän kiçi bolan garşylyk birikdirilýär (8.11-nji surat).

Galwanometriň garşylygyny R , şuntuň garşylygyny r bilen belgiläliň. Galwanometr bilen şunt özara parallel birikdirilenliginden olaryň uçlaryndaky naprýaženiýe U -ga deň bolýar. Onda galwanometrden we şuntndan geçýän tok güýçleri

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

-a deň bolýar. Zynjyrdaky umumy tok güýji I , galwanometrden geçýän tok güýji I_g dan n esse uly bolsun:

$$I = n \cdot I_g; \quad \frac{I_r}{I_g} = \frac{R}{r} = n$$

Zynjyrdaky tok güýji $I = I_g + I_r = I_g n + I_g = I_g (n + 1)$,
ýa-da

$$\frac{I_g}{I} = \frac{1}{n+1}.$$

Şeýdip, galwanometrden geçýän tok güýji, umumy tok güýjünden $(n+1)$ esse kiçi bolýar. Tok güýçleriniň aňlatmalary arkaly galwanometre birikdirilýän şuntuň garşylygyny tapýarys:

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

Şeýdip galwanometre parallel ýagdaýda garşylygy r bolan şunt birikdirilse, onuň ölçeg çägi n esse artýar we esbabyň şkalasynyň bölüniş derejesi $(n+1)$ esse artýar.

Galwanometri woltmetr hökmünde ulanmak üçin oňa yzygider ýagdaýda goşmaça garşylyk birikdirilýär (8.11-nji surat). Munda-da galwanometriň garşylygyny R , goşmaça garşylygyny r bilen belgiläliň. Galwanometr bilen goşmaça garşylygyň özara yzygider birikdirilenliginden olardan geçýän tok güýçleri

$$I = I_g = I_r \text{ bolýar. } R \text{ we } r \text{ yzygider birikdirilenligi sebäpli umumy naprýaženiýe} \\ U = I(R+r) = IR + I \cdot r$$

bolýar. Zynjyrdaky umumy naprýaženiýe U -ny U_g -ga gatnaşygyny

$$n = \frac{U}{U_g} \text{ diýip alarys.}$$

Bu ýerde U_g –galwanometriň naprýaženiýäni ölçeg çägi. Umumy naprýaženiýe aňlatmasyny iki tarapyny hem U_g -ga bölüp goýbersek, $n = 1 + \frac{r}{R}$ bolýar. Mundan

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

Diýmek, galwanometre yzygider ýagdaýda r garşylyk birikdirilse, onuň naprýaženiýäni ölçeg çägi n esse artýan eken. Munda esbabyň şkalasynyň bölüniş derejesi $(n+1)$ esse artýar.

Adatda, uly bahaly naprýaženiýeleri ölçeyän woltmetrler şu prinsipde işleýär.

Mesele çözmegiň mysallary

1. Garşylygy $0,04 \Omega$ bolan şunt birikdirilen ampermetr sete birikdirilende 5 A -ny görkezdi. Ampermetriň içki garşylygy $0,12 \Omega$. Zynjyryň şahalanmadyk bölegindäki tok güýjüni tapyň.

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$r = 0,04 \Omega$	$r = \frac{R}{n-1}$,	$n = \frac{0,12\Omega}{0,04\Omega} + 1 = 3 + 1 = 4;$
$I_A = 5 \text{ A}$	$n = \frac{R}{r} + 1$	$I = 4 \cdot 5 \text{ A} = 20 \text{ A.}$
$R_A = 0,12 \Omega$	$I = nI_A$	
Tapmaly		
$I = ?$		

Jogaby: 20 A.

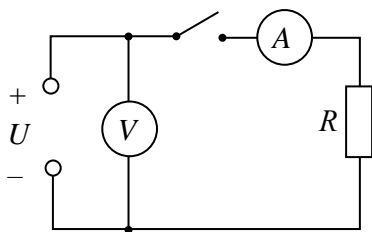


1. Ampermetre şunt nähili saýlanýar?
2. Woltmetre birikdirilýän goşmaça garşylyk nähili saýlanýar?
3. Woltmetre goşmaça garşylygy parallel birikdirip goýulsa näme bolýar?

40-njy tema. LABORATORIÝA IŞI: TOK ÇEŞMESINIŇ EHG WE IÇKI GARŞYLYGyny KESGITLEMEK

Işň maksady: ampermetriň we woltmetriň kömeginde tok çeşmesiniň elektrik hereketlendiriji güýjüni we içki garşylygyny kesgitlemek.

Gerekli esbaplar: 1) laboratoriya uniwersal tok çeşmesi ýa-da akkumulýator batareýasy; 2) ampermetr; 3) woltmetr; 4) ölçürip-ýakyjy; 5) geçiriji simler; 6) 10 Ω, 20 Ω-ly garşylyklar.



8.12-nji surat.

Işň ýerine ýetirilişi.

1. 8.12-nji suratda getirilen elektrik zynjyry ýygylýar. Zynjyra 10 Ω-ly garşylyk birikdirilýär.
2. Ölçürip-ýakyjy açyk ýagdaýda woltmetriň görkeziji U_v ýazyp alynýar. $U_v = \mathcal{E}$ -ge deň diýip alynýar.
3. Ölçürip-ýakyjy birikdirilýär we ampermetriň görkeziji I_A ýazyp alynýar.
4. Netijeleri jedwele göçürilýär.

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

5. Tok çeşmesiniň içki garşylygy $r = \frac{\mathcal{E} - U_2}{I}$ dan hasaplanýar we netijesi jedwele göçürilýär.

6. Zynjyra 20 Ω-luk garşylyk birikdirilip tejribe gaýtalanýar.

7. 1-nji tejribe we 2-nji tejbelerde tapylan r_1 we r_2 -leri deňeşdiriň.



1. Elektrik zynjyryň haýsy bölegini içki, haýsy bölegini daşky zynjyr diýilýär?
2. Çeşmäniň EHG diýende nämäni düşüňýäris?
3. Çeşmäniň içki garşylygy nämäniň hasabyna peýda bolýar?

8-nji gönükme

1. Batareýanyň EHG 1,55 V. Ony garşylygy 3Ω bolan daşky garşylyga birikdirilende batareýanyň gysgyçlaryndaky naprýaženiýe 0,95 V-a deň boldy. Batareýanyň içki garşylygy nämä deň?

2. EHG 30 V bolan batareýa birikdirilen tok zynjyryndaky tok güýji 3 A-e deň. Batareýanyň gysgyçlaryndaky naprýaženiýe 18 V. Batareýanyň içki garşylygyny we daşky zynjyryň garşylygyny tapyň.

3. Elektrik togy çeşmesini 5Ω li garşylyga birikdirilende zynjyrdaky tok güýji 5 A-e, 2Ω li garşylyga birikdirilende zynjyrdaky tok güýji 8 A-e deň boldy. Çeşmäniň içki garşylygyny we EHG-ni tapyň (*Jogaby: 3Ω ; 40 V*).

4. Tok çeşmesi elementiniň EHG 1,5 V. Gysga utgaşma togy 30 A. Elementiň içki garşylygy nämä deň? Eger elementi garşylygy 1Ω bolan tegege birikdirilse, elementiň polýuslaryndaky naprýaženiýe näçä deň bolar?

5. Eger batareýa birikdirilen daşky garşylyk n esse artanda, garşylykdaky naprýaženiýe U_1 -den U_2 -e artsa, batareýanyň EHG nämä deň? (*Jogaby: $\mathcal{E} = U_1 \cdot U_2 (n-1) / (U_1 n - U_2)$*).

6. Nähili şertde batareýanyň uçlaryndaky naprýaženiýe onuň EHG-den uly bolmagy mümkin?

7. EHG \mathcal{E}_1 we \mathcal{E}_2 bolan elementler parallel birikdirilen. Eger olaryň içki garşylyklary deň bolsa, elementler gysgyçlaryndaky potensiallar tapawudyny tapyň.

8. EHG 1,5 V we 2 V bolan elementler birmeňzeş alamatly polýuslary bilen birikdirilen. Batareýanyň klemmalaryna birikdirilen woltmetr 1,7 V naprýaženiýäni görkezdi. Elementleriň içki garşylyklarynyň gatnaşygyny tapyň (*Jogaby: $r_1/r_2 = 2/3$*).

9. EHG 1,3 V we 2 V bolan elementleriň içki garşylyklary degişlilikde $0,1 \Omega$ we $0,25 \Omega$ -a deň. Olar parallel birikdirilen. Zynjyrdaky tok güýji we elementleriň gysgyçlaryndaky naprýaženiýe tapylsyn.

10. Woltmetriň dört sany ölçeg çägi bar: 3, 15, 75, 150 V. Esbapdan geçmegi mümkin bolan tok güýji 0,8 mA. Eger woltmetriň içki garşylygy 1000Ω bolsa, oňa birikdirilýän goşmaça garşylyklar R_1 , R_2 , R_3 we R_4 -leri tapyň (*Jogaby: 9,49,249 we 499 k Ω*).

11. İçki garşylygy 200Ω bolan galwanometr tok güýji 100 mA bolanda bütin şkalasyna öwrülýär. Oňa nähili garşylygy yzygider edip birikdirilse, woltmetr hökmünde işläp, 2 V güýjenmä çenli ölçäp bilýär?

VIII baby jemlemek üçin test soraglary

- 1. Tok çeşmesiniň elektrik hereketlendiriji güýji nähili birlikde aňladylýar?**
A) N; B) J; C) A; D) V.
- 2. Çeşmäniň EHG 12 V. Çeşmäniň içinde 50 C zarýady bir polýusdan ikinjisine orun üýtgedende çet güýçler näçe joul iş edýär?**
A) 60; B) 50; C) 330; D) 600.
- 3. Metallaryň elektrik geçirijiliginiň klassyk nazaryýetini kim birinji bolup döredipdir?**
A) P.Drude we golland fizigi H.Lorens; B) E.R. Siemens;
C) K.Rikke; D) T.Stýuart we R.Tolmen.
- 4. Ampermetre birikdirilýän şunt nähili saýlanýar we birikdirilýär? R_A – ampermetriň garşylygy, r – şuntyň garşylygy.**
A) $R_A > r$, parallel birikdirilýär; B) $R_A > r$, zygider birikdirilýär;
C) $R_A < r$, zygider birikdirilýär; D) $R_A < r$, parallel birikdirilýär
- 5. Woltmetre birikdirilýän goşmaça garşylyk nähili saýlanýar we birikdirilýär? R_v – woltmetriň garşylygy, r – goşmaça garşylygy.**
A) $R_v > r$, parallel birikdirilýär B) $R_v > r$, zygider birikdirilýär
C) $R_v < r$, zygider birikdirilýär D) $R_v < r$, parallel birikdirilýär.
- 6. Elektrik zynjyrynyň garşylygy 4Ω bolan rezistordan we EHG 12 V, içki garşylygy 2Ω bolan tok çeşmesinden düzülen. Rezistordaky naprýaženiýe peselmesi näçe wolt?**
A) 8; B) 2; C) 4; D) 12.
- 7. Sözlemi dolduryň. n sany elementi birikdirip, batareýa düzülende umumy EHG n esse.....**
A) ... zygider ... artýar; B) ... zygider ... kemelýär;
C) ... zygider ... üýtgemelýär; D) ...parallel ... artýar.
- 8. n sany elementi..... birikdirip batareýa düzülende umumy EHG ..., içki garşylygy n esse...**
A) ... parallel ... üýtgemelýär ... kemelýär;
B) ... parallel ... artýar ... kemelýär;
C) ... parallel ... üýtgemelýär ... artýar;
D) ... zygider ... üýtgemelýär ... kemelýär.

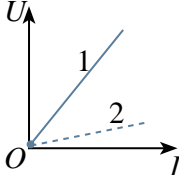
9. Içki garşylygy $0,01 \Omega$ bolan tok çeşmesi gysga utgaşanda, tok güýji 1000 A boldy. Çeşme EHG-ni tapyň (V).

- A) 10; B) 9; C) 12; D) 15.

10. Içki garşylygy 2Ω bolan batareýa 50Ω li daşky garşylyk birikdirildi. Eger batareýanyň EHG 12 V bolsa, PTK (%) -ni tapyň.

- A) 92; B) 89; C) 96; D) 100.

VIII bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, düzgünler we kanunlar

Elektrik togunyň bolmagynyň şertleri	1. Tok çeşmesi bolmaly. 2. Tok geçýän zynjyrda erkin göçüp bilýän zarýadly bölejikleriň bolmagy. 3. Zynjyr ýapyk bolmaly.
Elektrik geçirijilik	Elektrik garşylygyna ters bolan ululyk.
Wolt-amper häsiýetnamasy (WAH)	Geçirijiler, esbaplar we sarp edijilerden geçýän tok güýjüniň güýjenmä baglylyk grafigi. 
Toguň dykzlygy	Tok güýjüniň (I) tok akyp geçýän ugra perpendikulýar bolan kese kesiginiň meýdanyna (S) gatnaşygy $j = \frac{I}{S}$; $j = nev_{\text{ort}}$.
Elektrik hereketlendiriji güýç (EHG)	$E = \frac{A_{\text{çet}}}{q}$ – birlik zarýady berk zynjyr boýunça orun üýtgedende çet güýçleriň eden işi. Birligi – 1 V .
Ýapyk zynjyr üçin Omuň kanuny	$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$.
Gysga utgaşma togy	$I_{\text{gu.}} = \frac{\mathcal{E}}{r}$ – daşky garşylyk nola deň bolandaky tok güýji.
Tok çeşmesiniň PTK	$\eta = \frac{R}{R+r} \cdot 100 \%$.
Kirhgofyň birinji düzgüni	Düwüne birikdirilen geçirijiler arkaly girýän we çykýan toklaryň algebraik jemi nola deň: $I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0$.

Kirhgofyň ikinji düzgüni	Ýapyk konturyň şahalaryndaky naprýaženiýe düşýänleriniň jemi, konturdaky EHG-leriň algebraik jemine deň: $I_1R_1 + I_2R_2 + \dots + I_nR_n = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_n.$
n sany elementi yzygider birikdirip batareýa düzmek	$I = \frac{n\mathcal{E}}{R+nr}.$ n sany elementi yzygider birikdirip batareýa düzülende umumy EHG n esse artýar.
n sany elementi parallel birikdirip batareýa düzmek	$I = \frac{\mathcal{E}}{R+\frac{r}{n}}$ n sany elementi parallel birikdirip, batareýa düzülende umumy EHG n esse kemelýär.
Şunt	Ampermetriň ölçeg çäginini artdyrmak üçin esbaba parallel birikdirilýän kiçi bahaly garşylyk $r = \frac{R}{n-1}.$
Goşmaça garşylyk	Woltmetriň ölçeg çäginini artdyrmak üçin esbaba yzygider birikdirilýän uly bahaly garşylyk, $r = R(n-1)$ -e deň.

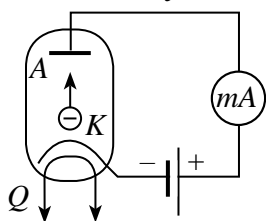
IX bap. DÜRLI GURŞAWLARDAKY ELEKTRIK TOGY

41-nji tema. WAKUUMDAKY ELEKTRIK TOGY

Wakuumda elektrik toguny öwrenmek üçin çüýşe ýa-da metal galpak (ýapyk gap) içine bir-birinden mälüm aralykda iki elektrod ornaşdyrylýar. Galpagyň içindäki howa sorup alynýar. Howa şeýle derejede sorulmaly, ýagny molekulalar öz hereketi dowamynda iki elektrodyň arasynda çaknyşmaly däl. Munuň üçin galpagyň içinde galan howanyň basyşy $p \ll 10^{-13}$ mm sim. süt. töwereginde bolmaly.

Elektrodlardan birini anod (A) diýip atlandyrylýars we ony çeşmäniň položitel polýusyna birikdirýäris. Ikinjisini katod (K) diýip atlandyrylýars we ony çeşmäniň otrisatel polýusyna birikdirýäris (9.1-nji surat).

Anod bilen katodyň aralygyna naprýaženiýe goýlanda zynjyra birikdirilen duýgur galwanometr hiç hili tok ýokdugyny görkezýär. Bu bolsa wakuumdaky tok daşajy zarýadly bölejikleriň ýokdugyny görkezýär.



9.1-nji surat.

Zarýadly bölejikleri almak üçin katody mahsus gyzdyryjy (Q) arkaly gyzdyrylýar. Gyzdyryjy spiral şeklinde ýasalyp ondan aýratyn elektrik togy geçirilýär.

Metallaryň gyzmagy sebäpli olardan elektron uçup çykmak hadysasyna termoelektron emissiýa diýilýär.

Katod gyzdyrylanda ondan uçup çykan elektronlara anod we katod aralygyna goýlan elektrik meýdany täsir edýär. Netijede elektronlar katoddan anoda tarap tizlenme bilen hereketlenýär. Anod zynjyryna birikdirilen galwanometr toguň bardygyny bellik edýär.

Indi anody tok çeşmesiniň otrisatel polýusyna, katody bolsa položitel polýusa birikdireliň. Munda galwanometriň strelkasy gýşarmaýar, ýagny zynjyrdan tok geçmeýär.

Wakuumda elektrik togy elektronlaryň akymynyň tertipli hereketinden ybarat.

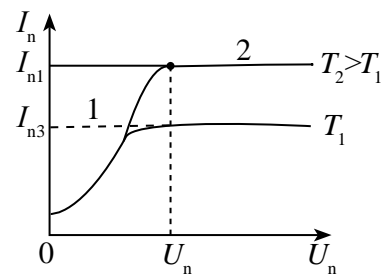
Anoddan we katoddan ybarat wakuumly lampa **iki elektrodly elektron lampa – diod** diýilýär.

Islendik elektron esbabyň häsiýeti onuň *wolt-amper häsiýetnamasy*, ýagny ondan geçýän tok güýjüniň esbaba goýlan naprýaženiýä baglylygy bilen kesgitlenýär.

Diodyň wolt-amper häsiýetnamasyny öwrenmek üçin diodyň gyzdryjysyna hemişelik 4 V naprýaženiýe berlip, hemişelik saklanýar. Netijede gyzdryjy birmeňzeş hemişelik T_1 temperaturada gyzyp durýar. Anod bilen katodyň aralygyndaky naprýaženiýe nola deň bolanda gyzan katoddan atylyp çykan elektronlar katodyň töwereginde *elektron buludy* emele getirýär. Anodyň naprýaženiýesiniň barha artmagy bilen elektron bulutdaky elektronlar anoda tarap hereketlenip başlaýar we elektron buludy dargap başlaýar. Munda naprýaženiýäniň artmagy bilen anodyň togu-da barha artýar (9.2-nji surat). Diodyň wolt-amper häsiýetnamasynda bu 1 zolaga dogry gelyär. Ýöne soňluk bilen naprýaženiýäniň artmagy anod togunyň artmagyna duýarly täsir etmeýär we häsiýetnamada bu 2 zolaga dogry gelyär. Bu wagtda katoddan uçup çykýan ähli elektronlar anoda ýetip barýar we anodyň togy üýtgewsiz galýar. Bu wagtdaky anodyň toguna *doýgun tok* diýilýär.

Gyzdryjynyň naprýaženiýesini 6 V edip tejribe gaýtalansa, onuň temperaturasy T_2 bolýar. Munda doýgun toguň bahasy artýar.

Häsiýetnamadan görnüşi ýaly, tok güýjüniň naprýaženiýä baglylygy çyzykly däl. Häsiýetnamanyň 1 böleginde tok güýjüniň naprýaženiýä baglylygy



9.2-nji surat.

$$I_a = kU^{3/2}$$

(9.1)

kanunalaýyklyga boýun egýändigini anyklyan. Bu formula *Boguslawskiý-Lengmýur formulasy* diýilýär.

Uly kuwwata eýe bolan ýarym geçirijili diodlar öndürilmezden öň wakuumly diodlardan üýtgeýän toklary göneltmekde peýdalanylýar.



1. Wakuumda elektrik toguny görmek üçin elektron lampanyň içindäki basyş näçeden köp bolmaly däl?
2. Wakuumda tok daşajy bölejikler nähili emele getirilýär?
3. Elektron bulut näme?
4. Dioddan nähili maksatlarda peýdalanmak mümkin?

42-nji tema. METAL GEÇIRIJILERIŇ GARŞYLYGYNÝŇ TEMPERATURA BAGLYLYGY

Metal geçirijileriň garşylygy temperaturanyň üýtgemegine nähili bagly?

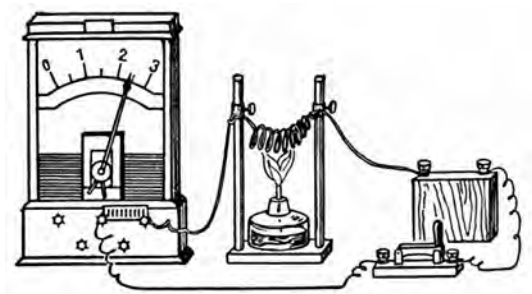
Şu barada pikir ýöredip görelin. Bir tarapdan temperaturanyň artmagy erkin elektronlaryň tizliginiň we çaknyşmalar sanynyň artmagyna getirýär. Mundan daşary, kristal gözenegiň düwünlerindäki ionlaryň yrgyldy amplitudasy we onuň hereketlenýän elektronlar bilen çaknyşmalar sany artýar. Netijede zarýadlanan bölejikleriň tertipli hereket tizligi kemelýär, bu bolsa tok güýjüniň kemelmegine getirýär.

Ikinji tarapdan, temperatura artanda birlik göwrümdäki erkin elektronlaryň sany artýar. Meselem, elektrolit erginlerde ionlaryň sany artýar.

Haýsy faktor köpräk rol oýnasa, temperaturanyň artmagy geçirijiniň garşylygynyň artmagyna ýa-da kemelmegine getirmegi mümkin.

Şu pikir ýöretmeleriň dogrudygyny barlamak üçin aşakdaky tejribe geçirilen. Elektrik lampoçkasyna yzygider edip spiral şeklinde eplenen demir sim birikdirilen (9.3-nji surat).

Ilki, lampoçka ýagty ýanyp durýar. Spiral gyzdyrylsa, lampoçkanyň röwşenligi kemelýär. Eger olara yzygider ampermetr birikdirilse, geçýän tok güýjüniň kemelendigini görkezýär. Bu tejribe spiral



9.3-nji surat.

gyzdyrylanda onuň garşylygynyň artýandygyny görkezýär. Şeýle tejribäni başga metallar ýa-da metal garyndylary bilen geçirip görmek mümkin.

Diýmek, **metal geçirijiler gyzdyrylanda olaryň garşylygy artýan** eken.

Eger 0°C -da geçirijiniň garşylygy R_0 , t temperaturada R bolsa, olaryň arasyndaky baglanyşyk

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

bolýar. Bu ýerde: α – garşylygyň temperatura koeffisiýenti diýilýär. Onuň fiziki manysyna düşünmek üçin

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0\Delta t} = \frac{\Delta R}{R_0\Delta t} \quad (9.3)$$

-ni alarys. Diýmek, α – koeffisiýent, temperatura 1°C -a üýtgände geçirijiniň garşylygynyň üýtgeýşi 0°C -daky garşylygynyň näçe bölegini düzýändigini görkezýär. Anyk işleýän elektron shemalarda geçirijiniň garşylygynyň temperatura baglylygyny hasaba almak zerur bolýar. Ony hasaba almazlyk goşmaça ýalňyşlyklaryň ýüze çykmagyna sebäpçi bolmagy mümkin.

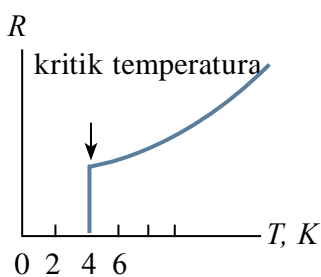
Geçirijiler gyzdyrylanda olaryň geometrik ölçegleri kem üýtgeýär. Geçirijiniň garşylygy esasan udel garşylygyň özgermegi bilen üýtgeýär. Udel garşylygyň temperatura baglylygyny tapmak üçin (9.2) aňlatma $R = \rho \frac{l}{S}$ we $R_0 = \rho_0 \frac{l}{S}$ lar goýulýar.

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

Aşakdaky jedwelde käbir metallaryň udel garşylygynyň temperatura koeffisiýenti getirilen:

Metal ýa-da garyndy	α , $^{\circ}\text{C}$	Metal ýa-da garyndy	α , $^{\circ}\text{C}$
Alýuminiý	0,0042	Nikelin	0,0001
Wismut	0,0046	Nikel	0,0065
Wolfram	0,0045	Niobiý	0,003
Demir	0,0062	Nihrom	0,0002
Altyn	0,0040	Galaýy	0,0044
Indiý	0,0047	Platina	0,0039
Kadmiý	0,0042	Simap	0,0010
Kobalt	0,0060	Gurşun	0,0042
Mis	0,0039	Kümüş	0,0040
Molibden	0,0050	Hrom	0,0059
Natriý	0,0055	Hromal	0,000065
Neýzilber	0,0003	Sink	0,0042

Metallaryň udel garşylygynyň temperatura baglylygyndan *garşylykly termometr*de peýdalanylýar. Beýle termometrler bilen örän ýokary we örän pes temperaturalary ölçemek mümkin. Meselem, platinaly termometrler bilen $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ -dan $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$ çenli bolan temperaturalary $0,0001\text{ }^{\circ}\text{C}$ takyklykda ölçemek mümkin.



9.4-nji surat.

Şeýdip, metallarda temperaturanyň peselmegi bilen garşylygy kemelmeli we absolýut nol temperaturada nola deň bolmaly. Ýöne ikinji tarapdan garalsa, absolýut nol temperaturada erkin elektronlaryň tizligi hem nola ymtymagy netijesinde geçirijiniň garşylygy çäksiz uly bolup gitmeli. Bu garaýyşlaryň nähili derejede dogrudygyny tejribe geçirip barlamak zerurdy.

1908-nji ýylda golland fizigi Kamerling-Onnes birinji bolup suwuk geliýni almagy başardy. Hut “geliý” temperaturalarynda işlemek Kamerling-Onnese “aşa geçirijilik” hadysasyny açmaga mümkinçilik berdi. Ol ilki metallar soňra simap bilen tejribe geçirip görýär. Simap bilen geçirilen tejribe garaşylmadyk netijäni berýär. Temperaturanyň peselmegi bilen simabyň garşylygy barha peselýär we $4,15\text{ K}$ (suwuk geliýniň gaýnama temperaturasyndan birneme pes temperaturada) ýiti kemelip nola düşüp galýar (9.4-nji surat). 1911-nji ýylyň 28-nji aprelinde Kamerling-Onnes öz netijelerini yglan edýär. Bu oýlap tapmany ol ***aşa geçirijilik*** diýip atlandyrýar. Bu garaşylmadyk effekt bolup, şol döwürdäki nazaryýetler bilen düşündirip bolmady. 1912-nji ýylda gürşunda we galaýyda aş geçirijilik hadysasyny görmek mümkin. Soňky gözleglerde beýle ýagdaý ençeme metallarda we garyndylarda 25 K -dan pes temperaturalarda görmek mümkin. 1957-nji ýylda aş geçirijilik hadysasy Kuper we Bogolýubowlar tarapyndan nazary esaslandyryldy. 1957-nji ýylda Kollinz tarapyndan geçirilen tejribede tok çeşmesi bolmadyk ýapyk zynjyrdaky tok $2,5$ ýylyň dowamynda dyngysyz akyp durupdyr. 1986-njy ýylda metallokeramika materiallarynda ýokary temperaturaly (100 K) aş geçirijilik prosesi anyklandy.

Mesele çözmegiň mysallary

Elektrik lampoçkasyndaky wolframdan ýasalan spiralyň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -daky garşylygy $30\ \Omega$ -a deň. Lampoçkany 220 V hemişelik tok çeşmesine

birikdirilende ondan geçyän tok güýji 0,6 A-e deň boldy. Lampanyň ýanmagyndaky spiralyň temperaturasyny anyklaň.

Berlen:	Formulasy:	Çözülişi:
$t = 20^{\circ}\text{C}$ $R_1 = 30\ \Omega$ $U = 220\ \text{V}$ $\alpha = 0,005\ \text{1/grad}$	$R = R_0(1 + \alpha\Delta t)$	$R_0 = \frac{30\ \Omega}{1 + 0,005 \frac{1}{\text{grad}} 20^{\circ}\text{C}} = 27\ \Omega;$ $R = \frac{220\ \text{V}}{0,6\ \text{A}} = 366,7\ \Omega \approx 367\ \Omega;$ $\Delta t = \frac{367\ \Omega - 27\ \Omega}{27\ \Omega \cdot 0,005 \frac{1}{\text{grad}}} = 2518^{\circ}\text{C}.$ <i>Jogaby: 2518°C.</i>
Tapmaly $\Delta t = ?$		

- ?** 1. Metallarda temperaturanyň artmagy bilen olaryň garşylygy nähili üýtgeýär?
2. Metallaryň garşylygynyň temperatura baglylykda özgermeginden nähili peýdalanylýar?
3. Aşa geçirijilik ýagdaýyndan senagatda, transportda peýdalanmagyň gelejegi nähili?

43-nji tema. ÝARYMGEÇIRIJILERDÄKI HUSUSY GEÇIRIJILIK. GARYNDYLY GEÇIRIJILIK

Tebigatda şeýle maddalar bar bolup, olaryň birlik göwrümde elektronlar sany geçirijilere garanda kem, ýöne izolýatorlara (dielektriklere) garanda köp. Şu sebäpli beýle maddalar **ýarymgeçirijiler** diýlip atlandyryldy.

Ýarymgeçiriji maddalarda temperaturanyň artmagy bilen olaryň udel garşylygy kemelýär. Örän pes temperaturalarda ýarymgeçiriji madda dielektrik bolup galýar.

Metallara ýagtylyk täsir edende olaryň elektrik geçirijiligi üýtgemeyär diýen ýalydyr. Ýarymgeçirijä ýagtylyk düşürilende olaryň elektrik geçirijiligi artýar.

Şeýdip, ýarymgeçirijileriň esasy tapawutly taraplary aşakdakylardan ybarat:

a) elektrik geçirmek ukybyna görä metallar bilen dielektrikleriň aralyk ýagdaýyny eýeleýär;

b) gyzdyrylanda we ýagtylyk düşürilende udel garşylygy kemelýär.

Ýarymgeçiriji aýratynlygyna eýe bolan elementlere germaniý, kremniý, tellur, selen we ş.m.ler girýär. Size himiýa ylmyndan mälüm bolsy ýaly, himiki elementleriň atom gurluşyna we aýratynlygyna görä, **D.I. Mendeleýewiň döwürleýin jedwelinde** ýarymgeçiriji elementler esasan III, IV we V toparlarda ýerleşýär.

Ýarymgeçirijileriň gurluşy. Hususy geçirijilik

Ýarymgeçirijilerde elektrik togunyň tebigatyna düşünmek üçin, olaryň gurluşyny bilmeli. Munuň üçin düzüminde hiç hili çet maddalar bolmadyk arassa kremniý kristalyna garalyň. Siz 9-njy synpda atomyň gurluşy bilen tanyşdyňyz. Onda atomda elektronlaryň gabyk-gabyk bolup ýerleşýändigini-de bilýärsiňiz.

Kremniý atomynda elektronlar gatlaklar boýunça ýerleşende onuň iň daşky gabygynda dört sany elektrony ýerleşýär. Goňşy atomlar bir-birini şu elektronlar arkaly saklap durýar.

Her bir atom goňşy atom bilen özüniň bir elektrony arkaly baglanýar. Netijede iki atom özara iki elektron arkaly baglanýar. Beýle baglanyşyga **kowalent baglanyşyk** diýilýär.

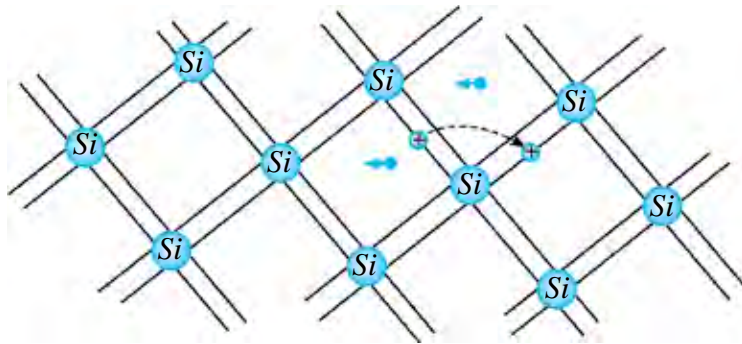
Kowalent baglanyşykda gatnaşýan elektronlary **walent elektronlar** diýip hem aýdylýar. Diýmek, walent elektronlar bütin kristal atomlaryna degişli bolýar.

Elektron geçirijilik. Pes temperaturalarda jübüt elektronlar emele getiren baglanyşyk güýçli bolup, üzülmeýär.

Şu sebäpli pes temperaturalarda kremniý elektrik toguny geçirmeýär. Temperatura göterilende walent elektronlaryň kinetik energiýasy artýar. Käbir baglanyşyklar üzülip başlaýar. Olardan käbirleri baryp-gelip, ýörän ýolundan çykyp, metaldaky ýaly erkin elektrona öwrülýär. Bu elektronlar elektrik meýdanynyň täsirinde ýarymgeçiriji boýunça orun üýtgedýär we elektrik toguny emele getirýär (9.5-nji surat).

Erkin elektronlaryň orun üýtgetmesi sebäpli ýarymgeçirijide tok emele gelmegine **elektron geçirijilik** ýa-da gysgaça ***n*-görnüşdäki geçirijilik** (latyn. *negativus* – otrisatel) diýilýär.

Deşijekli geçirijilik. Kowalent baglanyşykda gatnaşan elektron çykyp giden ýerde **deşijek** peýda bolýar. Neýtral atomdan otrisatel zarýadly elektron çykyp giden ýer položitel zarýada eýe bolýar.



9.5-nji surat.

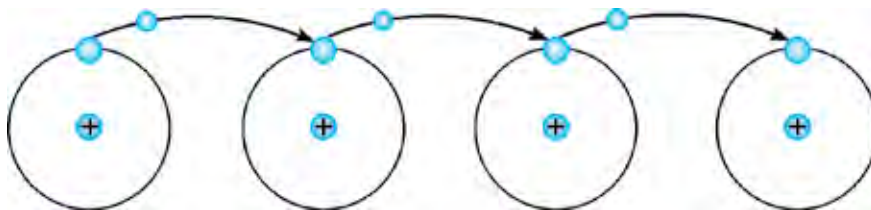
Boş deşijegi kowalent baglanyşykdaýy başga elektron gelip ýapýar. Ýöne indi deşijek başga ýerde peýda bolýar. Şeýdip, elektronyň bir ýerden ikinji ýere orun üýtgetmesinde, deşijekleriň hem otositel orun üýtgetmesi bolup geçýär.

Elektrik meýdany bolmanda elektronlaryň we şoňa laýyk deşijekleriň orun üýtgetmesi tertipsiz bolýar.

Elektrik meýdany goýlanda erkin elektronlar bir tarapa, deşijekler ikinji tarapa ornuny üýtgedýär.

Edil şeýle ýarymgeçirijiniň başynda emele gelen deşijege goňşy atomdan elektronyň böküp geçmeginde položitel zarýadly deşijek geçirijiniň ahyryna tarap süýşýär (9.6-njy surat).

Şeýle geçirijiligi ýarymgeçirijileriň **deşijekli geçirijiligi** ýa-da gysgaça **p-görnüşdäki geçirijilik** (latyn. *positivus* – položitel) diýilýär.



9.6-njy surat.

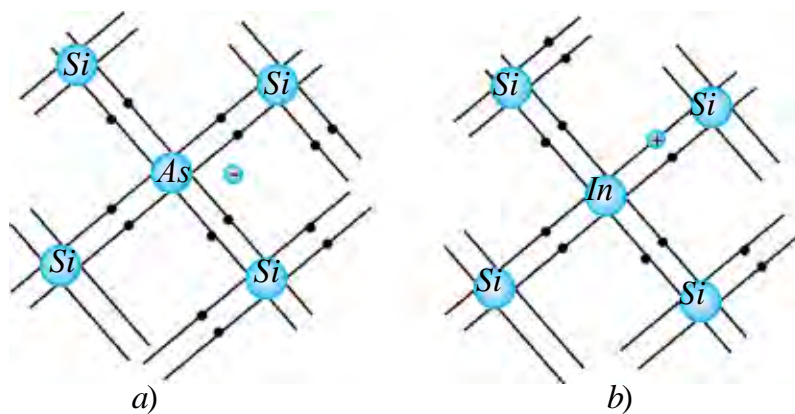
Şeýdip, sap (hiç hili garyndylarsyz) ýarymgeçirijilerde erkin elektronlaryň hereketi bilen bagly elektron geçirijilik, deşijekleriň hereketi bilen bagly deşijekli geçirijilik bolýar.

Garyndylarsyz, sap ýarymgeçirijidäki geçirijilige **hususy geçirijilik** diýilýär. Munda bu maddadaky elektron we deşijekli geçirijilik deň bolýar diýen ýalydyr.

Sap ýarymgeçirijilerde erkin elektronlaryň we deşijekleriň sany kem bolanlygyndan elektrik geçirmek ukyby kiçi bolýar.

Garyndyly ýarymgeçirijiler: donor garyndylar. Indi sap ýarymgeçirijili kremniýe azajyk garyndy girizeliň. Ilki kremniý atomlarynyň arasyna baş walentli myşýak (As) girizeliň.

Munda kremniýniň dört sany kowalent baglanyşyk emele getirýän elektronynyň ornuny myşýagyň dört sany elektrony eýeleýär. Myşýagyň başynjy elektrony boş galyp, erkin elektrona öwrülýär (9.7-nji a surat).



9.7-nji surat.

Netijede erkin elektronlaryň sany deşijekleriň sanyndan artyk bolýar. Ýarymgeçirijiniň udel garşylygy ýiti kemelýär. Munda goşulan myşýagyň atomlarynyň sany ýarymgeçirijiniň atomlarynyň sanynyň on milliondan bir bölegini düzende, erkin elektronlaryň konsentrasiýasy (1 sm^3 -a dogry gelen elektronlar sany) sap ýarymgeçirijiniňkä garanda mün esse uly bolýar. Goşulanda aňsatja elektronny berýän garyndylara **donor garyndylar** diýilýär. Donor garyndylarda esasy tok daşyjy bölekler elektronlar bolanlygy üçin, olara ***n*-görnüşdäki ýarymgeçirijiler** diýilýär. Deşijekler beýle ýarymgeçirijilerde esasy bolmadyk zarýad daşyjylara girýär.

Akseptor garyndylar. Sap ýarymgeçirijili kremniýe indiý maddasyny garyşdyralyň. Indiý (In) üç walentli bolanlygyndan, onuň üç elektrony kremniý atomy bilen kowalent baglanyşyk emele getirýär. Munda indiýniň goňsy atomlar bilen normal ýagdaýdaky jübüt elektronly kowalent baglanyşyk emele getirmegi üçin bir elektron ýetmeýär. Netijede deşijek emele gelýär. Kristala näçe indiý atomy girizilse, şonça deşijek emele gelýär (9.7-nji b surat).

Şeýle görnüşdäki garynda **akseptor garyndylar** diýilýär. Ýarymgeçiriji elektrik meýdanyna girizilende, deşijekleriň orun üýtgetmesi bolup geçip, deşijekli geçirijilik emele gelýär. Esasy tok daşajjylary deşijeklerden ybarat bolan garyndyly ýarymgeçirijilere **p-görnüşdäki ýarymgeçirijiler** diýilýär. Şeýle ýarymgeçirijilerde elektronlar esasy bolmadyk zarýad daşajjylar hasaplanýar.



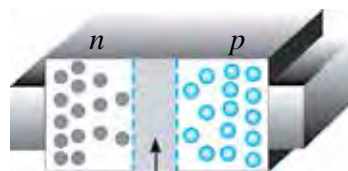
1. Nähili aýratynlygyna görä olary ýarymgeçirijiler diýip atlandyrypdyrlar?
2. Elektron geçirijilik nähili bölejikleriň hereketi bilen baglanyşykly?
3. Elektron bilen deşijek duşuşanda nähili hadysa bolup geçýär?
4. Näme sebäpden ýarymgeçirijiniň garşylygy oňa girizilen garynda güýçli derejede bagly?
5. Akseptor garyndyly ýarymgeçirijide nähili zarýad daşajjylar esasy hasaplanýar?



D.I. Mendeleýewiň himiki elementleriň döwürleýin ulgamy jedwelini alyň. Ondan III we V topardan garyndy hökmünde ulansa bolýan elementleri bellik ediň. IV topardaky ýarymgeçiriji bilen garyndyly ýarymgeçiriji emele geliş shemasyny çyzyň.

44-nji tema. ÝARYMGEÇIRIJILI ESBAPLAR (DIOD, TRANZISTOR) WE OLARYŇ TEHNIKADA ULANYLYŞY

Haýsy-da bolsa bir ýarymgeçiriji kristalyň bir tarapynda *n*-görnüşdäki, ikinji tarapynda *p*-görnüşdäki ýarymgeçirijini alalyň (9.8-nji surat). Ýarymgeçirijiniň orta böleginde erkin elektronlar derrew boş deşijekleri doldurýar. Netijede ýarymgeçirijiniň orta böleginde zarýad daşajjylar bolmadyk zolak emele gelýär. Bu zolagyň aýratynlygy dielektrigiňki ýaly bolýar.



ýapyjy gatlak

● deşijekler

● elektronlar

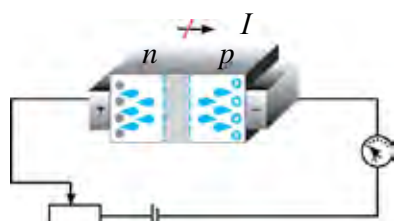
9.8-nji surat.

Şoňa görä bu zolak mundan soň elektronlaryň p -zolaga, deşijekleriň n -zolaga geçmegine päsgel berýär. Şu sebäpli oňa **ýapyjy gatlak** diýilýär.

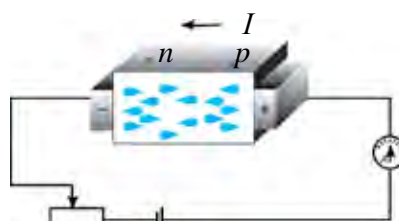
Bu ýarymgeçirijini tok çeşmesine birikdireliň. Ilki ýarymgeçirijiniň p -zolakyny çeşmäniň otrisatel polýusyna, n -zolakyny çeşmäniň položitel polýusyna birikdireliň (9.9-njy surat).

Munda elektronlar çeşmäniň položitel polýusyna, deşijekler çeşmäniň otrisatel polýusyna çekilýär. Netijede ýapyjy gatlak giňelýär. Ýarymgeçiriji arkaly tok geçmeýär diýen ýalydyr. Beýle ýagdaý **ters p - n geçiş** diýlip atlandyrylýar.

Indi ýarymgeçirijiniň p -zolakyna çeşmäniň položitel polýusyny, n -zolakyna çeşmäniň otrisatel polýusyny birikdireliň. Munda elektronlar n -zolakdan iteklenip p -zolaga çekilýär.



9.9-njy surat



9.10-njy surat

Deşijekler bolsa p -zolakdan iteklenip, n -zolaga çekilýär. Netijede ýapyjy gatlak daralýar we ondan zarýad daşýjylar geçip başlaýar (9.9-njy surat). Ýarymgeçirijiden tok geçýär. Beýle ýagdaýa **göni p - n geçiş** diýilýär. Göni p - n geçişde ýarymgeçirijiniň elektrik garşylygy, ters p - n geçişe garanda birnäçe esse kiçi bolýar. Ýarymgeçirijide p - n geçiş sebäpli tok diňe bir ugurda geçýär. Onuň bu aýratynlygyndan ýarymgeçirijili esbaplarda peýdalanylýar.

Ýarymgeçirijili diod

Ýarymgeçirijilerde p - n geçişi emele getirmek üçin p we n geçirijilige eýe bolan iki ýarymgeçirijini mehaniki ýagdaýda birikdirmek ýeterli bolmaýar. Çünki munda olardaky aralyk uly bolýar. p we n geçişdäki galyňlyk atomlarara aralyga deň bolýan derejede kiçi bolmaly. Şu sebäpli donor garynda eýe bolan germaniý monokristalynyň üstlerinden birine indiý kebşirlenýär. Diffuziýa hadysasy sebäpli indiý atomlary germaniý monokristalynyň içine girýär. Netijede germaniýniň üstünde p -görnüşdäki geçirijilige eýe bolan zolak emele gelýär. Germaniý monokristalynyň indiý

atomlary girmedik zolagy öňki ýaly n -görnüşdäki geçirijilige eýe bolýar. Aralyk zolakda $p-n$ geçiş emele gelýär (9.11-nji *a* surat).

Bir $p-n$ geçişe eýe bolan ýarymgeçirijili esbaba **ýarymgeçirijili diod** diýilýär.

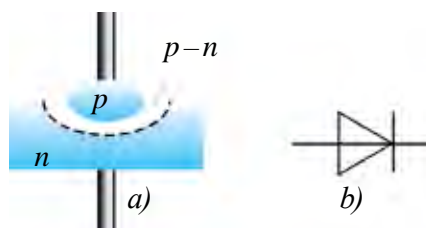
Ýarymgeçirijili dioda ýagtylyk, howa we daşky elektrik, magnit meýdanlarynyň täsirlerini kemeltmek üçin germaniý kristaly germetik ýapyk metal gabyga ýerleşdirilýär.

Ýarymgeçirijili diodyň şertli belgisi 9.11-nji *b* suratda getirilen.

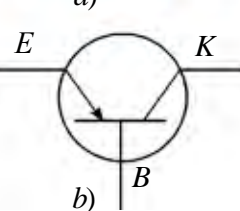
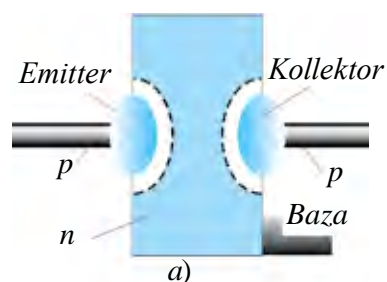
Tranzistor barada düşünje.

Iki $p-n$ geçişe eýe bolan ýarymgeçirijili ulgama **tranzistor** diýilýär. Tranzistoryň kömeginde elektrik yrgyldylary alynýar, dolandyrylýar we güýçlendirilýär.

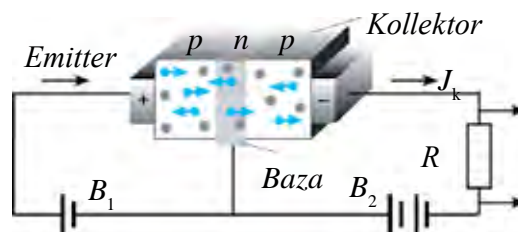
Tranzistory taýýarlamak üçin elektron geçirijilige eýe bolan germaniý kristalynyň iki tarapyna indiy kebşirlenýär. Germaniý kristalynyň galyňlygy örän kiçi bolýar (birnäçe mikrometr). Ynha şu gatlak tranzistoryň esasy, ýagny **bazasy** diýlip atlandyrylýar (9.12-nji *a* surat).



9.11-nji surat.



9.12-nji surat.



9.13-nji surat.

Onuň deşijekli geçirijilige eýe bolan iki tarapyndan çykarylan uçlaryna **emitter** we **kollektor** diýilýär. Şeýle görnüşdäki tranzistora $p-n-p$ **strukturnaly tranzistor** diýilýär (9.12-nji *a* surat).

Tranzistoryň emitter zolagyndaky deşijekleriň konsentrasiýasy, bazadaky elektronlaryň konsentrasiýasyna garanda birnäçe esse uly edip taýýarlanýar. Tranzistoryň şertli belgisi 9.12-nji *b* suratda getirilen. Tranzistoryň işleýşine garalyň (9.13-nji surat).

Emitter–baza aralygyna birikdirilen B_1 batareýanyň naprýaženiýesi göni $p-n$ geçişi emele getirýär. Kollektor–baza aralygyndaky B_2 batareýa ters $p-n$ geçişi emele getirýär. Onda kollektorda tok nähili emele gelýär? Baza–emitter aralygyna goýlan naprýaženiýäniň täsirinde deşijekler baza girip gelýär. Bazanyň galyňlygy örän kiçi bolanlygy hem-de onda elektronlaryň konsentrasiýasy kem bolanlygyndan deşijekleriň örän kem bölegi elektronlara birigýär. Köp deşijekler bolsa kollektoryň zolagyna geçip galýar.

Kollektora B_2 -niň otrisatel polýusy birikdirilenliginden deşijekler oňa çekilip, kollektoryň toguny düzýär. Emitter–baza zynjyryndaky tok güýji, emitter–kollektor ugrundaky tok güýjünden ep-esli kiçi bolýar. Emitter–baza ugrundaky tok güýji özgerse, emitter–kollektor ugrunda geçýän tok güýji hem üýtgeýär. Şoňa görä tranzistordan üýtgeýän tok signallaryny güýçlendirmekde peýdalanylýar.

Tranzistory taýýarlarda baza hökmünde p -görnüşdäki ýarymgeçirijiniň alynmagy-da mümkin. Munda emitter we kollektor zolagy n -görnüşdäki ýarymgeçirijiden taýýarlanýar. Şeýle tranzistora **$n-p-n$ strukturaly tranzistor** diýilýär.

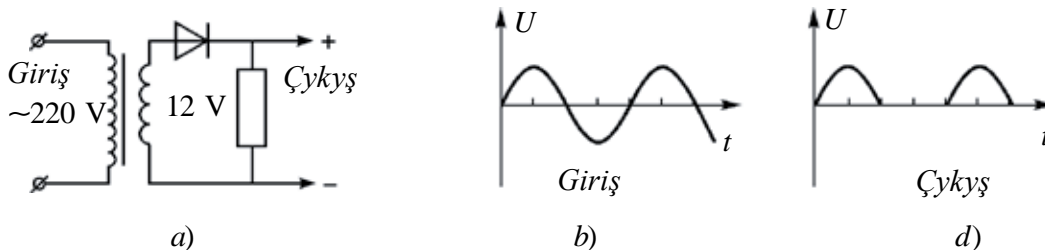
Beýle görnüşdäki tranzistorlaryň işleýiş prinsipi $p-n-p$ görnüşdäki tranzistordan tapawutlanmaýar. Bu tranzistorda diňe toguň ugry kollektordan emittere tarap bolýar.

Integral mikroshemalar*

Geçen asyryň 70-nji ýyllarynda on somluk teňne ýaly gelýän ýarymgeçiriji material böleginde müňlerçe mikroskopik tranzistorlar ýerleşdirilen mikroshemalar açyş edildi. Olarda tranzistorlar bilen birlikde diodlar, kondensatorlar, rezistorlar we başga radioelektron elementler hem ýerleşdirilendigi üçin **integral mikroshema** diýip atlandyryldy. Bu açyş kiçi bir göwrümde çylşyrymly shemalary ýerleşdirmäge we stol kompýuterlerini döretmäge mümkinçilik berdi. Başlangyç döwürde radioelementler ýarymgeçirijiniň üstünde ýasalan bolsa, soňluk bilen olary bitin göwrümde ýasalyp başlandy. Olar **mikroçipler** diýlip atlandyrylyp başlandy. Mikroçipler esasynda el telefonlary, ýanynda alyp gezilýän kompýuter (Noutbuk) we ş.m. kiçi radioelektron gurluşlar ýasalýar. Häzirki günde teňne ýaly gelýän mikroçipde ýüz millionlarça tranzistorlar we radioelementler ýerleşdirilýär. Bu diýen söz, radioelementiň ölçegi $\approx 10^{-9}$ m töwereginde diýiligidir. 10^{-9} m bir nanometre deň. Şoňa görä beýle mikroshemalary projektirmek, ýasamak işleri bilen meşgullanýan ugra **nanotehnologiýa** diýilýär.

Bu ugry öwrenmek we olary kämilleşdirmegi, ilki bilen, iň ýönekeý elektrotehniki gurluşlary ýasamakda we işleýşini öwrenmekden başlanýar.

Üýtgeýän togy hemişelik toga öwürüp berýän göneldiji. Mälim bolşy ýaly telewizor, radiopriýomnik we şular ýaly esbaplary gündelik durmuşda üýtgeýän 220 V sete birikdirip işledýäris. Ýöne ony düzýän diod, tranzistor ýaly ýarymgeçirijili esbaplar bolsa hemişelik tok çeşmesine birikdirilmeli. Diýmek, bu esbaplarda üýtgeýän togy hemişelik toga öwürüp berýän aýratyn bölegi bolmaly. 9.14-nji suratda ynha şeýle gurluşyň ýönekeý shemasy getirilen.



9.14-nji surat.

Bu shemada transformator birlenji sarga üýtgeýän 220 V naprýaženiýe berlende, ikilenji sargydan 12 V alynýar. Ýarymgeçirijili diod naprýaženiýäniň položitel ýarym döwründe togy geçirýär. Otrisetel ýarym döwründe bolsa geçirmeýär. Şoňa görä bu shemadaky gurluşa **bir ýarym döwürli göneldiji** diýilýär.

Göneldijiniň girişi we shemadaky naprýaženiýe şekilleri 9.14-nji b, d suratlar getirilen. Suratdan görnüşi ýaly, shemada naprýaženiýäniň diňe ýarysyndan peýdalanylýar. Mundan daşary, onuň ululygy-da güýçli üýtgeýär. Şu sebäpli iki ýarym döwürli göneldiji ulanylýar.

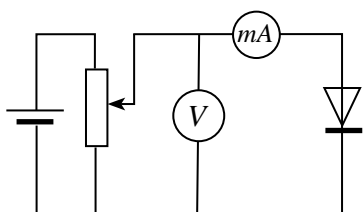


1. Ýarymgeçirijili diod näme sebäpden togy diňe bir tarapa geçirýär?
2. $p-n$ geçiş näme?
3. Ýarymgeçirijiniň garşylygy $p-n$ geçişe nähili bagly?
4. Tranzistorda göni we ters $p-n$ geçişler onuň haýsy zolaklarynda bolýar?
5. $p-n-p$ we $n-p-n$ görnüşdäki tranzistorlar nämesi bilen tapawutlanýar?

45-nji tema. LABORATORIYA IŞI: ÝARYMGEÇIRIJILI DIODYŇ WOLT-AMPER HÄSIÝETNAMASYNY ÖWRENMEK

Işň maksady. Ýarym geçirijili dioddan geçýän tok güýjüniň goýlan naprýaženiýä baglylygyny öwrenmek.

Gerekli esbaplar: 1) ýarymgeçirijili diod (kolodkada); 2) hemişelik tok çeşmesi (36–42 V); 3) ölçürip-ýakyjy; 4) geçiriji simler; 5) milliampermetr; 6) reostat; 7) woltmetr.



9.15-njy surat.

Işň ýerine ýetirilişi:

1. Gerekli esbaplar toplanyp, 9.15-nji suratdaky shema boýunça elektrik zynjyry ýygylýar.

2. Reostatyň süýşürjisi sürüp 0 V bolýan ýagdaýa goýulýar.

3. Ölçürip-ýakyjy birikdirilýär.

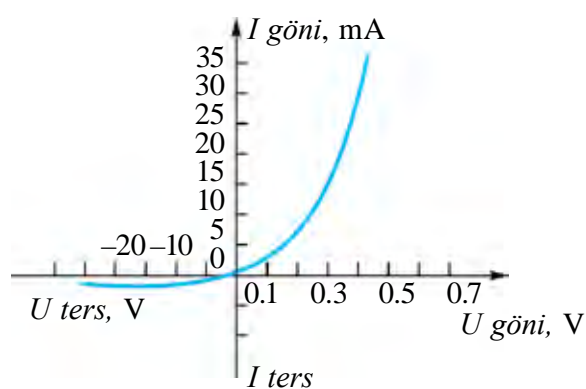
4. Reostatyň süýşürjisi sürüp, daşky zynjyra berilýän naprýaženiýe barha artdyrylýar. Woltmetriň we ampermetriň görkezijeleri bellik edilýär.

5. Ölçemek netijeleri jedwele girizilýär.

<i>U, V</i>							
<i>I, A</i>							

6. Tok çeşmesiniň polýuslary çalşyryp birikdirilýär we tejribe gaýtalanýar.

7. Netijelerine görä ýarym geçirijili dioddan geçýän tok güýjüniň goýlan naprýaženiýä baglylyk grafigi çyzylýar.



9.16-njy surat.

8. Ýarym geçirijili dioddan göni $p-n$ geçiş we ters $p-n$ geçiş ugurda geçýän tok güýjüniň goýlan naprýaženiýä baglylygy 9.16-njy suratdaky grafikde getirilen.

Dioda ters ugurdaky naprýaženiýe goýlanda diodyň pasportynda ýazylan bahasyndan uly naprýaženiýäni goýmak mümkin däl.



- 1. Diod dogry birikdirilen ýagdaýda tok güýjüniň goýlan naprýaženiýä baglylygy göni çyzykdan ybarat dældigine üns beriň we sebäbini düşündirmäge çalşyň.*
- 2. Näme sebäpden ters ugurda naprýaženiýe goýulsa, ondan tok geçýär?*
- 3. Alnan maglumatlardan peýdalanyň diodyň göni we ters geçiş ugurlary üçin elektrik garşylyklaryny hasaplaň.*

9-njy gönükme

1. Mis sterženden 0,5 s dowamynda dyklylygy 9 A/mm^2 bolan tok geçende onuň temperaturasy nähili üýtgeýär? Misiň udel garşylygy $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, dyklylygy 8900 kg/m^3 , udel ýylylyk sygymy 380 J/(kg K) (Jogaby: $0,20 \text{ }^\circ\text{C}$).

2. Niobiýden ýasalan spiral $100 \text{ }^\circ\text{C}$ -a gyzdyrylsa onuň udel garşylygy näçe esse üýtgeýär? Niobiý üçin $\alpha = 0,003 \text{ K}^{-1}$ (Jogaby: 1,3 esse artýar).

3. Nikelin simiň $20 \text{ }^\circ\text{C}$ daky garşylygy 20Ω -a deňdi. Ony $120 \text{ }^\circ\text{C}$ çenli gyzdyrylsa, garşylygy nämä deň bolar? Nikelin üçin $\alpha = 0,0001 \text{ K}^{-1}$.

4. Wakuumly diodda elektron anoda 8 Mm/s tizlik bilen ýetip barýar. Anodyň naprýaženiýesini tapyň (Jogaby: 180 V).

5. Wakuumly diodda anoddaky maksimal tok güýji 50 mA -a deň boldy. Katoddan her sekuntda näçe elektron uçup çykýar? (Jogaby: $3,1 \cdot 10^{17}$).

6. Ýarymgeçirijilerde položitel ion bilen deşijegiň arasynda tapawut barmy?

7. Näme sebäpden daşky şertler özgermezden elektron-deşijek jübüti dyngysyz emele gelip dursa-da, ýarymgeçirijide erkin zaryad äkidijileriň sany üýtgemeyär.

8. Germaniýe fosfor, sink, kaliý girizilse, nähili görnüşdäki geçirijilik emele gelyär?

9. Näme sebäpden birmeňzeş naprýaženiýede göni $p-n$ geçişdäki tok, ters geçişdäki toga garanda ep-esli uly bolýar?

10. Termistor (garşylygy temperatura garap üýtgeýän ýarym geçirijili esbap) ujuna yzygider edip 1 kΩ-ly garşylyk birikdirilip, oňa 20 V naprýaženiýe berildi. Otag temperaturasynda zynjyrdaky tok güýji 5 mA-di. Termistory gyzgyn suwa salnanda ondan geýän tok güýji 10 mA bolup galdy. Termistoryň garşylygy näçe esse kemelipdir? (Jogaby: 3 esse).


IX baby jemlemek üçin test soraglary

- 1. Sözlemi dolduryň. Metallaryň gyzmagy sebäpli olardan elektron uçup çykmak hadysasyna ... diýilýär.**
A) ... termoelektron emissiýa...; B) ..elektron emissiýa...;
C) ...çykmak işi...; D) ...doýgun tok....
- 2. Wakuumdaky elektrik togunyň tebigaty nämeden ybarat?**
A) elektronlar akymynyň bir tarapa hereketinden;
B) položitel ionlaryň bir tarapa hereketinden;
C) otrisatel ionlaryň akymynyň bir tarapa hereketinden;
D) elektronlaryň, položitel we otrisatel ionlaryň bir tarapa hereketinden ybarat.
- 3. Donor garyndyly ýarymgeçirijiler nähili görnüşdäki geçirijilige eýe?**
A) esasan elektron geçirijilige;
B) esasan deşikli geçirijilige;
C) deň mukdarda elektron we deşikli geçirijilige;
D) elektrik toguny geçirmeýär.
- 4. Arassa ýarymgeçirijiden elektronlaryň tertipli hereketi sebäpli 1 mA tok geýär. Ýarymgeçirijiden geýän doly tok güýji nämä deň?**
A) 1 mA; B) 2 mA; C) 0,5 mA; D) 0.
- 5. Sözlemi dowam etdiriň. “Temperaturanyň artmagy bilen ýarymgeçirijiniň garşylygy...”**
A) ... artýar; B) ... ilki artýar, soňra kemelýär;
C) ... kemelýär; D) ... ilki kemelýär, soňra artýar.
- 6. Ýarymgeçirijide deş we elektron duşanda näme emele gelýär?**
A) položitel ion; B) neýtral atom;
C) otrisatel ion; D) položitel we otrisatel ionlar.

7. **Garyndyly geçirijilik nähili bölejikleriň hereketi bilen baglanyşykly?**
A) esasan erkin elektronlar;
B) esasan deşijekler;
C) deň mukdardaky erkin elektronlar we deşijekler;
D) dürli mukdardaky erkin elektronlar ýa-da deşijekler.
8. **“Göni $p-n$ geçişde ýarymgeçirijidäki ýapyjy gatlak ...” Sözlemi dowam etdirin.**
A) ... giňelýär;
B) ... daralýar;
C) ... hemişelikden galýar;
D) ... napryaženiýäniň ululygyna garap çyzykly üýtgeýär.
9. **Kowalent baglanyşykda näçe elektron gatnaşýar?**
A) 1 sany; B) 2 sany; C) 3 sany; D) 4 sany.
10. **$n-p-n$ görnüşdäki tranzistor bazasyna emittere görä nähili alamatdaky potensial berlende tranzistordan tok geçýär?**
A) položitel; C) nol;
B) otrisatel; D) nähili alamatda berilmeginiň tapawudy ýok.

IX bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, kadalar we kanunlar

Termoelektron emissiya	Metallaryň gyzmagy sebäpli olardan elektron uçup çykmak hadysasy.
Wakuumdaky elektrik togy	Elektronlar ionlaryň akymynyň bir tarapa hereketinden ybarat.
Iki elektrodly elektron lampa	Anoddan we katoddan ybarat wakuumly lampa – diod.
Doýgun tok	Katoddan uçup çykýan ähli elektronlar anoda ýetip baranda anod togunyň üýtgeşsiz galmagy.
Boguslawskiý-Lengmýur formulasy	$I_a = kU^{3/2}$. Wakuumly dioddan geçýän tok güýjüniň anodyň napryáženíyesine baglylygy.
Metal geçirijileriň garşylyklarynyň temperatura baglylygy	$R = R_0(1 + \alpha t)$; R_0 – 0°C -daky geçirijiniň garşylygy; R – t temperaturadaky garşylygy, α – garşylygyň temperatura koeffisiýenti.
Aşa geçirijilik	Temperaturanyň peselmegi bilen geçirijiniň garşylygynyň ýiti kemelip nola düşüp galmagy.
Elektron geçirijilik (n -görnüşdäki geçirijilik)	Erkin elektronlaryň orun üýtgetmesi sebäpli ýarymgeçirijide toguň emele gelmegi.
Deşijekli geçirijilik (p – görnüşdäki geçirijilik)	Kowalent baglanyşykda elektron ýetmezçiligi sebäpli emele gelen boş orna deşijek diýilýär. Elektrik meýdanynyň täsirinde deşijekleriň orun üýtgetmesi sebäpli ýarymgeçirijide deşijekli geçirijilik bolup geçýär.
Ýarymgeçirijilerde hususy geçirijilik	Ýarymgeçirijiden deň mukdarda erkin elektronlar we deşijekler orun üýtgetmesi sebäpli elektrik toguny geçirmegi.
Donor garyndylar	Sap ýarymgeçirijä goşulanda aňsatja elektronyny berýän garyndylar. Munda n -görnüşdäki geçirijilik emele gelýär.
Akseptor garyndylar	Sof ýarymgeçirijä goşulanda kowalent baglanyşyk üçin bir elektrony ýetişmezden deşijek emele getirýän garyndylar. Munda p -görnüşdäki geçirijilik emele gelýär.

Ýapyjy gatlak	Bir tarapy n -görnüşdäki, ikinji tarapy p -görnüşdäki ýarymgeçiriji araçäginde emele gelýän zaryadly bölejikler bolmadyk zolak.
Göni $p-n$ geçiş	Bir tarapy n -görnüşdäki, ikinji tarapy p -görnüşdäki ýarymgeçirijide p -zologyny çeşmäniň položitel polýusyna, n -zologyny otrisatel polýusyna birikdirilende ýapyjy gatlak ýukalaşyp, tok geçmegi.
Ters $p-n$ geçiş	Bir tarapy n -görnüşdäki, ikinji tarapy p -görnüşdäki ýarymgeçirijide p -zologyny çeşmäniň otrisatel polýusyna, n -zologyny çeşmäniň položitel polýusyna birikdirilende ýapyjy gatlak giňelip, tok geçmezligi.
Ýarymgeçirijili diod	Bir $p-n$ geçişe eýe bolan ýarymgeçirijili asbap. Şertli belgisi  .
Tranzistor	Iki $p-n$ geçişe eýe bolan ýarymgeçirijili asbap. $p-n-p$ we $n-p-n$ strukturalarda bolýar.
Integral mikroshema (IMS)	Elektrik zynjyry örän ýokary derejede dykzlap birikdirilen elementlerden düzülen mikroelektron gurluş. IMS-a birikdirilen elementler sany $\sim 10^6$ çenli bolýar.

PEYDALANYLAN EDEBIYATLAR

1. Физика: Механика. 10 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики/ М.М.Балашов и др.; под ред. Г.Я. Мякишева. – 5-е изд. стереотип. – М.: “Дрофа”, 2002. – 496 с.: ил.
2. Физика: Электродинамика. 10–11 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики/ Г.Я. Мякишев, А.З. Синяков, Б. А. Слободскова. – 4-е изд. стереотип. – М.: “Дрофа”, 2002. – 480 с.: ил.
3. Физика. 10 кл.: Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений. – 4-е изд. стереотип. – М.: “Дрофа”, 2001. – 416 с.: ил.
4. N.Sh. Turdiyev. Fizika. Fizika fani chuqur o'rganiladigan umumta'lim maktablarining 7-sinfi uchun darslik. – T.: Gafur G'ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2016.
5. N.Sh. Turdiyev. Fizika. Umumta'lim maktablarining 8-sinfi uchun darslik. – T.: “Turon-Iqbol”, 2006.
6. Ўзбекистон Миллий энциклопедияси. – Т.: “Ўзбекистон Миллий энциклопедияси” Давлат илмий нашриёти, 2004.
7. Физика. Энциклопедия/ под. ред. Ю.В. Прохорова. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 944 с.
8. A. No'monxojayev va b. Fizika I. – T.: “O'qituvchi”. – 2002. – 400 b.
9. A. No'monxo'jayev va b. Fizika II. – T.: “O'qituvchi”. – 2003. – 414 b.
10. A. No'monxo'jayev va b. Fizika III. – T.: “O'qituvchi”. – 2001. – 352 b.
11. K.A. Tursunmetov, A.M. Xudoyberganov. Fizikadan praktikum. – T.: “O'qituvchi” 2003.
12. K.A. Tursunmetov va b. Fizikadan masalalar to'plami. – T.: “O'qituvchi” 2004.
13. K.A. Tursunmetov va b. Fizika. Ma'lumotnoma. – T.: “O'zbekiston”. 2016. – 202 b.
14. K. Suyarov, Sh. Usmonov, J. Usarov. Fizika (Mexanika). 1-kitob. O'qituvchiga yordamchi qo'llanma: T.: “Yangi nashr” nashriyoti, – 2010.
15. A. G. Ganiyev, A. K. Avliyoqulov, G. A. Alimardonova. Fizika. I gism. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun darslik. – T.: “O'qituvchi” 2012. – 400 b.
16. A. G. Ganiyev, A. K. Avliyoqulov, G. A. Alimardonova. Fizika. II gism. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun darslik. – T.: “O'qituvchi” 2013. – 208 b.
17. K. Suyarov, A. Husanov, L. Xudoyberdiyev. Fizika. Mexanika va molekulyar fizika. I kitob. – T.: “O'qituvchi”. – 2002.
18. L. Xudoyberdiyev, A. Husanov, A. Yunusov, J. Usarov. Fizika. Elektrodinamika. Elektromagnit tebranishlar 2-kitob. – T.: “O'qituvchi” NMIU. – 2004.

MAZMUNY

Mehanika	3
1-nji tema. Fizikanyň barlag metodlary.....	3
I bap. KINEMATIKA	5
2-nji tema. Mehaniki hereketiň görnüşleri. Hereketleriň özbaşdaklyk prinsipi	5
3-nji tema. Jisimleriň wertikal hereketi.....	7
4-nji tema. Töwerek boýunça deňölçsüz hereket. Burç tizlenmesi. Tangensial tizlenme. ..	10
5-nji tema. Aýlawly we öňe gitme hereketi özara geçirmek	14
6-njy tema. Gorizonta zyňlan jisimiň hereketi	16
7-nji tema. Gorizonta ýapgyt zyňlan jisimiň hereketi	18
8-nji tema. Laboratoriýa işi: Gorizonta ýapgyt zyňlan jisimiň hereketini öwrenmek.	22
I baby jemlemek üçin test soraglary.....	24
I bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, kadalar we kanunlar	25
II bap. DINAMIKA	28
9-njy tema. Dinamikanyň kanunlary.....	28
10-njy tema. Galileýiň odnositellik prinsipi. Inersial we inersial däl hasaplama ulgamlary..	32
11-nji tema. Grawitasion meýdandaky hereket.....	35
12-nji tema. Jisimiň agyrlygynyň hereketiň görnüşine baglylygy	37
13-nji tema. Jisimiň birnäçe güýjüň täsirindäki hereketi	40
II baby jemlemek üçin test soraglary	44
II bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, kadalar we kanunlar.....	45
III bap. MEHANIKA SAKLANMA KANUNLARY	47
14-nji tema. Energiýa we iş. Energiýanyň saklanma kanuny. Jisimiň ýapgyt tekizlik boýunça hereketlenende edilen iş.....	47
15-nji tema. Laboratoriýa işi: Ýapgyt tekizlikde peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitlemek ...	51
16-njy tema. Jisimleriň absolyut maýyşgak we maýyşgak däl çaknyşmagy	53
III baby jemlemek üçin test soraglary	57
III bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, kadalar we kanunlar.....	58
IV bap. STATIKA WE GIDRODINAMIKA	59
17-nji tema. Jisimleriň deňagramlylykda bolmak şertleri.....	59
18-nji tema. Pursatlar düzgünine esaslanyp işleýän mehanizmler.....	62
19-njy tema. Aýlawly hereketiň dinamikasi	65
20-nji tema. Suwuklyklaryň we gazlaryň hereketi, akymyň üznüksizlik teoremasy. Bernulli deňlemesi	68
21-nji tema. Hereketlenýän gazlarda we suwuklyklarda basyşyň tizlige baglylygyndan tehnikada peýdalanmak.....	71
IV baby jemlemek üçin test soraglary.....	75
IV bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, kadalar we kanunlar	76
V bap. MEHANIKI YRGYLDYLAR VA TOLKUNLAR	78
22-nji tema. Garmonik yrgyldylar.	78
23-nji tema. Puržinli we matematiki maýatnikler	81

24-nji tema. Laboratoriya işi: Matematiki maýatnigiň kömeginde erkin gaçma tizlenmesini kesgitlemek.....	85
25-nji tema. Mejbury yrgyldylar. Tehnikada rezonans.....	86
26-njy tema. Mehaniki tolkunlaryň gurşawlarda ýaýraýşy. Ultra we infraseslerden durmuşda we tehnikada peýdalanmak.....	90
V baby jemlemek üçin test soraglary.....	95
V bapda öwrenilen in möhüm düşüňjeler, kadalar we kanunlar.....	96
VI bap. TERMODINAMIKANYŇ ESASLARY	98
27-nji tema. Ýylylyk hadisalarynyň öwrülišiksizligi. Termodinamikanyň kanunlary.....	98
28-nji tema. Adiabatik hadysa. Ýylylyk maşynynyň peýdaly täsir koeffisiýenti. Karno sikli.....	102
29-njy tema. Adamyň durmuşynda ýylylyk dwigatelleriniň ähmiýeti. Ýylylyk dwigatelleri we ekologiya.....	106
VI baby jemlemek üçin test soraglary.....	112
VI bapda öwrenilen in möhüm düşüňjeler, kadalar we kanunlar.....	112
VII bap. ELEKTRODINAMIKA	114
30-njy tema. Zarýadyň saklanma kanuny. Nokatlanç zarýadyň meýdany. Elektrik meýdanyň güýjenmesiniň superpozisiya prinsipi.....	114
31-nji tema. Zarýadlanan şaryň elektrik meýdany. Dielektrik siňdirijilik.....	118
32-nji tema. Nokatlanç zarýadyň meýdanynyň potensialy. Potensiallar tapawudy.....	120
33-nji tema. Elektrostatik meýdanda zarýadyň ornuny üýtgedende edilen iş.....	123
34-nji tema. Elektrik meýdanyň energiýasy.....	125
VII baby jemlemek üçin test soraglary.....	129
VII bapda öwrenilen in möhüm düşüňjeler, kadalar we kanunlar.....	130
VIII bap. HEMIŞELIK TOK KANUNLARY	132
35-nji tema. Elektrik geçirijilik. Tok güýjüniň naprýaženiya baglylygy.....	132
36-njy tema. Tok güýji we toguň dykzlygy. Elektrik togunyň täsirleri.....	136
37-nji tema. Ýapyk zynjyr üçin Omuň kanuny. Tok çeşmesiniň peýdaly täsir koeffisiýenti.....	138
38-nji tema. Tok çeşmeleriniň zygider we parallel birikdirilişi.....	141
39-njy tema. Ampermetriň we woltmetriň ölçeg çäginu artdyrmak.....	145
40-njy tema. Laboratoriya işi: Tok çeşmesiniň EHG we içki garşylygyny kesgitlemek.....	147
VIII baby jemlemek üçin test soraglary.....	149
VIII bapda öwrenilen in möhüm düşüňjeler, kadalar we kanunlar.....	150
IX bap. DÜRLI GURŞAWLARDAKY ELEKTRIK TOGY	152
41-nji tema. Wakuumdaky elektrik togy.....	152
42-nji tema. Metal geçirijileriň garşylygynyň temperatura baglylygy.....	154
43-nji tema. Ýarymgeçirijilerdäki hususy geçirijilik. Garyndyly geçirijilik.....	157
44-nji tema. Ýarymgeçirijili esbaplar (diod, tranzistor) we olaryň tehnikada ulanylyşy.....	161
45-nji tema. Laboratoriya işi: Ýarymgeçirijili diodyň wolt-amper häsiýetnamasyny öwrenmek.....	166
IX baby jemlemek üçin test soraglary.....	168
IX bapda öwrenilen in möhüm düşüňjeler, kadalar we kanunlar.....	170
PEÝDALANYLAN EDEBIÝATLAR	172

F58 Fizika. Orta bilim berýän mekdepleriň 10-njy synp okuwçylary üçin derslik /N.Ş. Turdiyew, K. A. Tursunmetow, A. G. Ganiýew, K. T. Suýarow, J. E. Usarow, A. K. Awliýakulow.– D.: “Niso Poligraf” neşirýaty, 2017.– 176 s.

ISBN 978-9943-4868-2-9

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 Avliyakulov**

F I Z I K A

(Turkman tilida)

Orta ta’lim muassasalarining 10-sinf o‘quvchilari uchun darslik

1-nashri

Jogapkär redaktor *Z. Sangirowa*

Terjime eden *K. Hallyýew*
Redaktor *J. Metýakubow*
Suratlaryň redaktory *J. Gurowa*
Tehredaktor *D. Salihowa*
Kompýuterde taýýarlaýjy *E. Kim*

Original-maket “NISO POLIGRAF” nashriyotida tayyorlandi.
Toshkent viloyati, O‘rta Chirchiq tumani, “Oq-Ota” QFY,
Mash‘al mahallasi, Markaziy ko‘chasi, 1-uy.

Lisenziya nomeri AI №265.24.04.2015.

Original-maketden çap etmäge 2017-nji ýylyň 12-nji sentýabrynda rugsat edildi.

Möçberi $70 \times 100 \frac{1}{16}$. Ofset kagyzy. “Times New Roman” garniturasy.

Kegli 12,5. Şertli çap listi 12,87. Neşir listi 12,76.

1018 nusgada çap edildi. Şertnama №186. Buýurma № 17-631.

Özbekistanyň Metbugat we habar agentliginiň “O‘zbekiston” neşirýat-çaphana
döredijilik öýünde çap edildi. 100011, Daşkent, Nowaýy köçesi, 30.

Kärendesine berlen dersligiň ýagdaýyny görkezýän jedwel

T/n	Okuwçynyň ady, familiýasy	Okuw ýyly	Dersligiň alnandaky ýagdaýy	Synp ýolbaşçy-synyň goly	Dersligiň tabşyrylandaky ýagdaýy	Synp ýolbaşçy-synyň goly
1						
2						
3						
4						
5						

Derslik kärendesine berlip, okuw ýylynyň ahyrynda gaýtarylyp alnanda ýokardaky jedwel synp ýolbaşçysy tarapyndan aşakdaky baha bermek ölçeglerine esaslanlyp doldurylýar:

Täze	Dersligiň birinji gezek peýdalanmaga berlendäki ýagdaýy.
Ýagşy	Sahaby bütün, dersligiň esasy böleginden aýrylmandyr. Ähli sahypalary bar, ýyrtylmadyk, goparylmadyk, sahypalarynda ýazgylar we çyzyklar ýok.
Kanagatlanarly	Kitabyň daşy ýenjilen, ep-esli çyzylan, gyalary gädilen, dersligiň esasy böleginden aýrylan ýerleri bar, peýdalanyjy tarapyndan kanagatlanarly abatlanan. Goparylan sahypalary täzedan ýelmenen, käbir sahypalary çyzylan.
Kanagatlanarsyz	Kitabyň daşy çyzylan ýyrtylan, esasy böleginden aýrylan ýa-da bütünleý ýok, kanagatlanarsyz abatlanan. Sahypalary ýyrtylan, sahypalary ýetişmeýär, çyzylyp taşlanan. Dersligi dikeldip bolmaýar.