

# FIZIKA

Umumy orta bilim berýän mekdepleriň  
7-nji synpy üçin derslik

## MEHANIKA

Özbekistan Respublikasynyň Halk bilimi ministrligi  
tarapyndan tassyklanan

Gaýtadan işlenen we üsti doldurylan  
dördünji neşir

«O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi»

Döwlet ylmy neşirýaty

Daşkent – 2017

UO‘T: 53 = 512.164 (075.3)

KBT 22.3ya72

F-55

Awtorlar:

P. HABIBULLAÝEW, A. BAÝDEDAÝEW,  
A. BAHROMOW, S. BURHANOW






Jogapkär redaktorlar:

- K. Tursunmetow** – fizika-matematika ylymlarynyň doktory,  
Özbeqistan Milli uniwersitetiniň professory;  
**Ş. Usmanow** – fizika-matematika ylymlarynyň kandidaty,  
ÖzR YA Fizika-tehnika institutynyň uly ylmy işgäri.

Syn ýazanlar:

- B. Nurillaýew** – Nizamy adyndaky DDPU kafedra müdiri;  
**B. Ibragimow** – Nizamy adyndaky DDPU kafedra dosenti;  
**Z. Sangirowa** – RTM baş metodisti;  
**N. Buranowa** – Daşkent şäherindäki 178-IDUM fizika mugallymy;  
**M. Rahmanowa** – Daşkent şäherindäki 200-nji mekdebiň fizika mugallymy;  
**E. Jumaniýazow** – Daşkent şäherindäki 8-nji mekdebiň fizika mugallymy;  
**A. Rustamow** – Fergana welaýatyndaky 54-IDUM fizika mugallymy;  
**B. Rahmatullaýewa** – Daşkent şäherindäki 307-IDUM fizika mugallymy;  
**D. Bekpolatow** – Samarkant welaýat, Akderýa tümenindäki 18-nji mekdebiň fizika mugallymy.

Şertli belgiler:

-  – kesgitlemeleri we netijeleri ýat tutuň;  
 – formulany ýatda saklaň;  
 – daýanç düşüňjeler;  
 – öý işi;  
 – gönükmäniň tertip nomeri.

Respublikanyň ýörite kitap gaznasynyň serişdeleriniň hasabyndan  
çap edildi.

ISBN 978-9943-07-494-1

© **Habibullaýew P. we başg.**, 2005, 2017.

© «**O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi**»  
Döwlet ylmy neşiraty, 2005, 2017.

## GIRIŞ

### Mehanika bölümünde nämäni öwrenýäris?

Biz 6-njy synpda fiziki ululyklar, maddanyň gurluşy, mehaniki, ýylylyk, ýagtylyk, ses hadysalary barada ilkinji maglumatlary aldyk. Şeýdip fizika ylmy barada ilkinji düşüňjä eýe bolduk.

Indi fizikanyň her bir bölümini jikme-jigräk öwrenmäge başlarys. Şol sanda, 7-nji synpda «Mehanika» bölümini öwrenýäris.

Mehanika sözi nireden gelip çykypdyr? Fizikanyň «Mehanika» bölümünde nämeler öwrenilýär?

Adamlar gadym zamanlardan başlap ýaşamak üçin jaý gurupdyrlar, haýwanlary awlapdyrlar, daýhançylyk we hünärmentçilik bilen meşgullanypdyrlar. Olar şular ýaly işlerinde iň ýönekeý maşynlar – ryçag, ýapgyt tekizlik, pana, tigr ýaly ýönekeý mehanizmlerden peýdalanypdyrlar.

Miladydan öňki V asyrda Afina armiyasynda diwar deşýän maşyn (taran), daş zyňýan gurluşlar (katapult) ulanylypdyr.

Islegleriň barha artmagy bilen adam zähmetini ýeňilleşdirýän has çylşyrymly gurluşlar açyş edildi. Dürli desga, köpri we bentler gurlupdyr. Adam ýönekeý gaýykdan çekip äpet gämileri, arabadan çekip welosiped, awtomobil, raketalary oýlap tapypdyr (1-nji surat).

Dürli-dürli gurluşlary we maşynlary ulanmak we täzelerini açyş etmäge bolan zerurlygyň barha artmagy olar baradaky bilimlerini toplamak we bir ulgama getirmek zerurlygyny döretdi. Şeýdip «Mehanika» ylmy emele geldi.



**1-nji surat.** Zamanlar aşa barha kämilleşen mehaniki gurluşlar



**Mehanika sözi gerçekden alnan bolup, maşyn baradaky taglymat diýen manyny aňladýar.**

Mehanika bölümünde materiýanyň iň yönekeý görnüşdäki hereketi – mehaniki hereketi öwrenýäris. Jisimiň mehaniki hereketini derňemek üçin wagtyň geçmegi bilen giňişlikde bu hereketi häsiýetlendirýän ululyklar baradaky maglumatlara eýe bolmalydyrys.



**Mehanikanyň esasy wezipesi jisimleriň hereket tizligini jisimiň massasy we oňa täsir edýän güýçlere baglylygyny, şonuň ýaly-da, islendik wagtdaky ýagdaýyny anyklamakdan ybarat.**

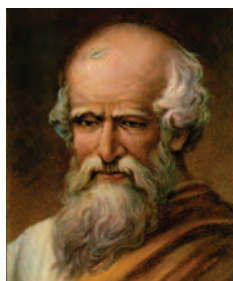
Bu esasy wezipäni çözmek üçin jisimiň nähili hereketlenýändigini we şu hereket dowamynda jisimiň giňişlikdäki ýagdaýy wagtyň geçmegi bilen nähili üýtganligini anyk we gysga görnüşde aňlatmaly bolýar. Häzirki wagtda «Mehanika» diňe bir gurluşlary we maşynlary döretmegi däl, eýsem jisimleriň özara täsirini hem-de şu täsir netijesinde olaryň hereketiniň üýtgeýşini öwrenýär.

### Mehanikanyň ösüş taryhyndan maglumatlar



Aristotel

Gerk alymy **Aristotel** (miladydan öňki 384–322 ýý.) 2300 ýyldan köpräk wagt öň «Fizika» kitabynda birinji gezek «mehanika» sözüni ulanýar we ylma girizdi. Aristotel öz kitabynda Ýer älemiň merkezinde bolup, onuň daşynda Gün we Aý aýlanýar, diýip hasaplaýar hem-de ýokary zyňlan jisimleriň ýere gaçyşy, ryçag we başga mehanizmleriň işleýşi barada maglumatlar getirýär. Aristoteliň jisimleriň hereketine degişli pikiri şol döwür üçin öňdebaryjy taglymatdy.



Arhimed

Ýene bir gadymy gerk alymy **Arhimed** (miladydan öňki 287–212 ýý.) birinjilerden bolup mehaniki hadysalary derňemek üçin matematikany ulandy. Ol matematik hasap-hesipler arkaly ryçagyň işleýiş prinsipini, jisimleriň ýüzüş şertlerini kesgitlep berdi. Matematiki amallaryň fiziki proseslere ulanylmagy fizikanyň ylym hökmünde şekillenmegine esas boldy we onuň ösüşinde uly ähmiýete eýe boldy.

## Mehaniki hereket baradaky Abu Reýhan Birunyň we Abu Ali ibn Sinanyň taglymatlary

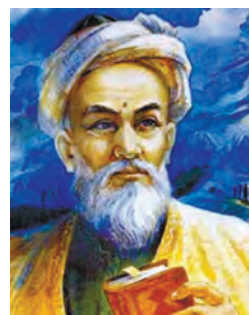
Orta asyrlara gelip başga ylymlar ýaly fizika, hususan-da, mehanikanyň ösüşinde täze basgançak başlandy. Bu döwürdäki mehanikanyň ösüşinde Orta Aziýadan ýetişiň çykan beýik alymlaryň hem goşandy uly bolupdyr. Horezmiň gadymy paýtagty Kät şäherinde (häzirki Biruny tümeni) doglan **Abu Reýhan Biruny** (973–1048) Ýeriň dartýş güýji, jisimleriň erkin gaçmagy, jisimiň agyrlýgy, ýönekeý mehanizmler, energiýa we onuň bir görnüşden başga görnüşe geçýändigine degişli maglumatlary beripdir. Şol sanda, Ýeriň jisimleri özüne dartýşy barada şeýle diýipdir: «Ýer şar şeklinde bolany üçin jisimler hemme tarapdan Ýeriň merkezine tarap dartylyp durýar». Biruny okean suwunyň üstüniň sfera şeklinde bolýandygyna-da jisimleriň Ýere dartylmasy sebäpçidigini ýazyp galdyrypdyr. Ýeriň içki hereketi, ýagny onuň düzümindäki maddalaryň öz tebigy ornuna ymtylýadygyna-da jisimleriň Ýeriň merkezine dartylmagy sebäp bolýandygy, şonuň netijesinde Ýer ýüzünde dürli hereketleriň ýüze çykýandygyny düşündirip beripdir.



Abu Reýhan Biruny

Biruny Ýeriň radiusy, töweregiň uzynlygyny we göwrümini özboluşly usulda kesgitlemek bilen birlikde Ýeriň kiçeldilen modeli – globusy oýlap tapypdyr. Ol Amerika kontinentini nazary taýdan açyş edipdir, Ýeriň öz okunyň hem-de Günüň daşynda aýlanyşy baradaky ylmy çaklary hem ýazyp galdyrypdyr.

Birunyň döwürdeşi, Buharanyň Afşona obasynda dünýä inen **Abu Ali ibn Sina** (980–1037) mehaniki hereket, jisimleriň hereketiniň bir-birine göräligi, jisimleriň özara täsiri, aýlanma hereket, merkeze ymtylma güýç, çyzykly tizlik, atmosfera basyşy barada gymmatly maglumatlary ýazyp galdyrypdyr. Ibn Sinanyň «Fizika» we «Mehanika» diýlip atlandyrylan eserlerinde getirilen maglumatlar häzirki döwür taglymatlaryna hut laýyk gelýändigini onuň nähili beýik alymdygyny delillendirýär.



Abu Ali ibn Sina

Abu Ali ibn Sina güýjüň täsirinde jisimleriň hereket edişini, munda olaryň massasy näçe uly bolsa, hereketi üçin şonça uly güýç zerur bolýandygy, birmeňzeş güýjüň täsirinde dürli ululykdaky jisimleriň alan tizliginiň her hili bolýandygyny aýdyp geçipdir. Şol sanda, ol şeýle diýipdir: «Iki şar alyň.

---

Olaryň ululyklary her hili, sebäbi birmeňzeş bolanda netijeleri her hili bolýar. Uly şar ikinjisinden näçe esse uly bolsa, netijesi şonça esse kiçi bolýar». Munda Ibn Sina «sebäp» diýip häzirki zamandaky «güýç» düşünjesini, netije diýip bolsa «tizlik» düşünjesini nazarda tutupdyr. Bu, aslynda, aradan ýedi asyr geçenden soň iňlis alymy Isaak Nýuton (1643–1727) tarapyndan yglan edilen mehanikanyň ikinji kanuny ady bilen meşhur kanunyň sözler bilen ýazylan beýanydyr.

Ibn Sina jisimleriň Ýere dartylmasyňy düşündirende şeýle mysal getirýär: «Eger kimdir gümmeziň astyndaky sütüni çekip alsa, ol gümmezi ýykýar, diýipdir. Aslynda, bolsa ol gümmezi ýykmaýar, eýsem gümmez özi üçin mahsus bolan agyrylyk täsirinde ýykyldy. Sütün bolsa ýykylmaga mümkinçilik bermän durdy. Sütün onuň astyndan çekip alynmagy bilen agyrylyk öz işini etdi».

Nýuton tarapyndan Bütindünýä dartyлма kanunynyň açyş edilmegi-de Ibn Sinanyň bu babatdaky pikirleriniň dogrudygyny subut etdi. Sebäbi, Nýuton hem almanyň üzülip ýere gaçmagyna onuň Ýere dartylmasy sebäpdigini aýdypdy.

XVII asyra gelip italiýan alymy Galileo Galileý (1564–1642) hereketlenýän jisimiň derrew saklanyp bilmeýändiginiň sebäpleri – jisimleriň inersiyasy, jisimleri Ýer şary özüne dartmagy we şonuň netijesinde olaryň erkin gaçmagy, maýatnigiň yrgyldamagy kanunalaýyklyklaryny açyş etdi.

Iňlis alymy Isaak Nýuton özüne çenli ýaşap döreden alymlaryň mehanika ugrundaky işlerine, şonuň ýaly-da, özüniň alyp baran gözegçilik we barlaglaryna esaslanyp, mehaniki hereketiň we jisimleriň özara täsiri baradaky kanunlary matematik görnüşde aňlatdy we bir ulgama getirdi. Netijede mehanika özbaşdak ylym hökmünde ýüze çykdy. Bu kanunlar ylmyň we tehnikanyň ösüşine uly goşant goşdy.

Klassyk mehanikanyň döreýşi jemgyýetiň ruhy taýdan ýokarlanylýan, umumadamzat ösüşe uly goşant goşdy. Iň birinji açylan fiziki kanunalaýyklyk hem mehanika degişli bolup, älem baradaky iň birinji fiziki düşünjeler älemiň mehaniki şekillenmegi bolupdyr. Mehanikanyň ösüşi netijesinde ylmy pikirlenmäniň täze usuly peýda boldy, mikro we makroälemiň syrlary açylyp, kosmos üstünlikli eýelenip başlandy.



1. «Mehanika»nyň ösüşine Orta Aziýanyň akyldarlarynyň goşan goşantlary barada maglumatlary ýazyp geliň.
2. «Mehanika»nyň ösmegine goşant goşan ýene haýsy alymlary bilýärsiňiz?
3. Näme üçin fizika ylmy tehnikanyň esasy diýilýär? Jogabyňyzy mysallar bilen düşündiriň.

# KINEMATIKANYŇ ESASLARY

Mehanika kinematika, dinamika we statika bölümlerinden ybarat.

Biz mehanikany öwrenmegi kinematika bölümi bilen tanyşmakdan başlaýarys. Kinematika bölümünde jisimleriň mehaniki hereketi öwrenilýär, ýöne bu hereketi ýüze çykarýan faktorlar, ýagny güýçleriň täsiri hasaba alynmaýar. «Kinematika» sözi grekçe «*kinematos*» sözünden alnan bolup, «*hereket*» diýen manyny aňladýar. Soň mehanikanyň jisimleriň hereketine olaryň massasynyň we özara täsiriň baglylygyny öwrenýän bölümi – dinamika bilen tanyşýarys. Haýsy-da bolsa bir jisimi herekete getirmek üçin oňa mälim güýçler täsir etmeli. Bu güýçleriň goşulyşy kanunylaýyklyklary bilen wektor ululyklar temasynda tanyşýarys. Statikada bolsa täsir edýän güýçleriň goşulyşy kanunylaýyklyklary we jisimleriň deň agramlylykda bolmak şertleri öwrenilýär.

Biz kinematikany öwrenmek üçin zerur düşüňjeler (maddy nokat, hasaplama ulgamy, traýektoriya) we ululyklar (ýol, orun üýtgetme, wagt, tizlik, tizlenme) barada umumy düşüňjä eýe bolýarys. Soň ra jisimleriň hereketi nähili öwrenilýändigini, kinematika degişli ýönekeý meseleleriň nähili çözülişini bilersiňiz. Şu bölümde getirilen maglumatlardan «Mehanika»nyň soňky bölümlerini öwrenmekde peýdalanýarys.

---

---

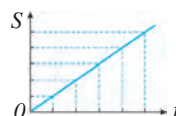
## I bap. MEHANIKI HEREKET BARADA UMUMY MAGLUMATLAR



---

---

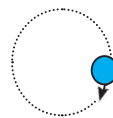
## II bap. GÖNÜÇZYKLY HEREKET



---

---

## III bap. TÖWEREK BOYUNÇA DEŇÖLÇEGLI HEREKET





## I bab. MEHANIKI HEREKET BARADA UMUMY MAGLUMATLAR

### 1-Ş. JISIMLERIŇ HEREKETI

#### Mehaniki hereket



2-nji surat. Jisimlerin mehaniki hereketi

Daş-töweregimizde welospediň, awtomobilleriň we adamlaryň ýöreşine; asmanda guş, wertolýot, samolýot we raketalaryň uçuşyna (2-nji surat); suwda balyk, akula we delfinleriň ýüzüşine; Ýeriň Günüň daşynda, Aýyň bolsa Ýeriň daşynda aýlanyşyna syn etmek mümkin. Jisimiň hereketi mälim kadakanunlara boýun egýär. Meselem, alymlar gözegçilik netijeleri esasynda asman jisimleriniň haýsy wagtda giňişligiň haýsy ýerinde bolýandygyny anyklap bilýärler. Şol sanda, olar Aýyň we Günüň haçan tutuljakdygyny öňünden aýdyp berýärler.

Islendik jisimiň mehaniki hereketi başga jisime görä bolýar. Meselem, awtomobil köçäniň boýundaky daragt ýa-da binalara görä, derýa suwy kenaryna görä, samolýot Ýerdäki bina, asmandaky bulutlara görä hereket edýär. Jisimiň hereketi gözegçiniň ýagdaýyna garap dürlüçe bolýar.



**Jisimiň mehaniki hereketi diýip, onuň başga jisimlere görä giňişlikdäki ýagdaýynyň wagtyň geçmegi bilen üýtgemegine aýdylýar.**



## Göräli hereket

Adatda, jisimiň ýagdaýy ýere görä üýtgemese, ol dynçlykda dur, diýýäris. Aslynda, jisimiň dynç ýa-da hereket halaty görädir. Gaýykda oturan adam-eýyga görä dynçlykda bolsa, derýanyň kenaryna görä hereketde bolýar. Ýerdäki ähli zatlar göýä dynçlykda durana meňzeýär. Ýöne olar Ýer bilen bile Günüň daşynda aýlanýar, ýagny hereketde bolýar. Mälim tizlikde barýan otlynyň içinde ýöräp barýan adam wagona görä kiçi tizlikde hereketlense, daşardaky demirýol relsine görä uly tizlikde hereketlenýän bolýar. Bu adamyň tizligi dürli jisimlere görä dürlüçe bolýar. Başga jisimler bolmasa, ýeke bir jisimiň tizligi barada haýsy-da bolsa bir pikir ýöretmek mümkin däl.



**Ähli jisimleriň dynçlykda diýlip şertli kabul edilen başga jisimlere görä hereketine göräli hereket diýilýär.**

## Hasaplama jisimi

Hereketiň göräligini hasaba almak üçin «hasaplama jisimi» düşünjesi girizilýär. Meselem, adamyň we awtomobilleriň hereketi ýa-da dynçlyk halaty Ýere görä alynýar. Munda Ýer – hasaplama jisimi hasaplanýar. Daş-töweregimizdäki ähli jisimleriň dynçlykda bolmagy ýa-da mehaniki hereketi ynha şeýle hasaplama jisimlere görä garalýar. Eger Ýeriň Günüň daşyndaky hereketi garalýan bolsa, Gün hasaplama jisimi bolýar.



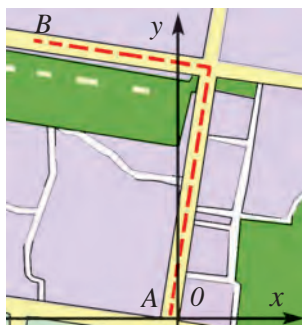
**Jisimiň hereketi ýa-da dynçlykda bolmagy haýsy jisime görä bolýan bolsa, şol jisime hasaplama jisimi diýilýär.**

3-nji suratda ýere görä 10 m/s tizlik bilen barýan platformanyň üstünde şol ugurda 1 m/s tizlik bilen barýan adam şekillendirilen. Bu adamyň hereketi üçin platforma hasaplama jisimi diýlip alynsa, onuň tizligi 1 m/s bolýar. Eger hasaplama jisimi hökmünde Ýer saýlap alynsa, adamyň tizligi 11 m/s bolýar ( $10 \text{ m/s} + 1 \text{ m/s} = 11 \text{ m/s}$ ). Ýolda barýan awtomobil, otly we başgalaryň hereketinde hasaplama jisimi hökmünde Ýer şarynyň ýerine onuň üstünde gozganmaýan halatda ýerleşýän bina, daragt ýalyly almak mümkin. Meselem, awtomobiliň hereketi ýoluň ýakasyndaky daragta görä bolýan bolsa, şol bir wagtda şu daragt hasaplama jisimi diýlip alynýar.



**3-nji surat.** Platformanyň üstündäki adamyň göräli hereketi

## Hasaplama ulgamy



**4-nji surat.** Awtomobiliniň hereketini iki ölçegli koordinatada aňladylyşy

Boýunça çyzyk geçirsek, awtomobiliň koordinatalar başlangyjyna görä hereket ýolunyň çyzgysyny aňladan bolýarys. Indi hereket dowamynda awtomobiliň koordinatalar başlangyjyna görä nirede we haçan bolandygy anyk görkezilse, hereket barada doly maglumat berlen bolýar.

Eger perwazdaky raketanyň koordinatalaryny aňlatmakçy bolsak, onuň beýiklik boýunça hereketi baradaky maglumatlary hem görkezmeli bolýarys. Munuň üçin tekizlikdäki koordinatalar sistemasynda ýokary ýönelen we koordinata başlangyjyndan geçýän perpendikulýar ok geçiryäris. Netijede üç ölçegli koordinatalar sistemasy alynýar.

Raketanyň hereketini doly aňlatmak üçin üç parametr görkezilýär:

- 1) hasaplama jisimi (bu mysalda Ýer şary alynýar);
- 2) koordinatalar sistemasy (koordinata merkezi Ýer şarynda raketa uçan ýerdäki nokada ýerleşdirilýär);
- 3) wagt hasaby (raketanyň uçuş traýektoriyasynyň belli bir nokadynda haýsy wagtda bolandygy).



**Hasaplama jisimi, oňa bagly koordinatalar sistemasy we şol hereketiň wagt hasaby bilelikde hasaplama ulgamyny düzýär.**

Meselem, «Lasetti» awtomobili öýden çykyp, 10 minutda demirgazyk ugurda 8 km aralygy geçen bolsun. Munda «Lasetti»niň öýde bolan dynçlykdaky halaty-da, ýoldaky hereketi-de Ýere göräl garaýar. «Lasetti» üçin Ýer gozganmaýan bolup, hasaplama jisimi hasaplanýar. Sürüji sagadynyň we awtomobiliň spidometriniň kömeginde 10 minudyň dowamynda awtomobil näçe aralygy geçendigini kesgitlep biler. Munda öý – koordinata başlangyjy, ondan 8 km uzaklaşma aralygy bolsa koordinata

başlangyjyna görä geçilen ýol hasaplanýar. Munda «Lasetti»niň hereketinde Ýer – hasaplama jisimi, öý – koordinata başlangyjy, sürüjidäki sagat – jisimiň hereket wagtyny ölçeýän abzaldyr. Olar bilelikde hasaplama ulgamyny düzüp, bu hereket baradaky maglumatlary doly aňlatmaga kömek edýär.



**Daýanç düşüňjeler:** mehaniki hereket, göräli hereket, hasaplama jisimi, koordinatalar sistemasy, hasaplama ulgamy.



1. Gerk alymy Ptolemeý Gün Ýeriň daşynda aýlanýar, diýip hasaplapdyr. Polşaly alym Kopernik bolsa Ýer Günüň daşynda aýlanýar, diýen pikiri öňe sürüpdür. Siziň pikiriňizçe, haýsy alymyň pikiri dogry? Öz pikiriňizi esaslandyryň.
2. Birmeňzeş berklige eýe bolan, bişirilen iki sany birmeňzeş ýumurtga alýarys. Olaryň birmeňzeş taraplaryny bir-birine gabatlap, birinjisini dynçlykda saklap durýarys we ikinjisi bilen birinjisine zarba berýäris. Siziň pikiriňizçe, munda dynçlykdaky ýumurtga döwürleri ýa-da zarba beren ýumurtgamy?

## 2-§. GIŇIŞLIK WE WAGT

### Giňişligiň çäksizligi

Älemde bar bolan ähli zatlar giňişlikde ýerleşen. Giňişligi eýelemedik we giňişlikden daşarda bolan hiç hili obýekt ýok we bolmagy-da mümkin däl. Başgaça aýdanda, giňişlik materiya bilen üznüksiz baglanyşykly. Giňişlik çäksiz we araçäksizdir. Giňişlik baradaky düşüňjelerimizi diňe matematik görnüşde – sanlar bilen aňladyp bileris. Diýmek, asman jisimleriniň arkasynda has-da uzak ýerleşýän başga jisimler bar. Biz asmandaky ýyldyzlardan diňe 3 müň sanysyny görüp bilýäris. Ýagtylyk şöhlesi 1 sekuntda 300 000 km aralygy geçýär. Şeýle tizlikde iň ýakyn ýyldyzyň (sentavr) şöhlesi bize 4 ýylda ýetip gelýär. Bu aralygyň näçe uludygyny diňe hasap-hesipler görkezýär. Şu ýyldyza çenli bolan aralygy hasaplap görelim:

<i>Berlen:</i>	<i>Formula:</i>	<i>Çözülişi:</i>
$t = 4 \text{ ýyl} \approx 126\,230\,400 \text{ s};$ $v = 300\,000 \text{ km/s}.$	$s = vt.$	$s = 300\,000 \text{ km/s} \cdot 126\,230\,400 \text{ s} =$ $= 37\,869\,120\,000\,000 \text{ km}.$
<hr style="width: 100%;"/> <i>Tapmaly:</i> $s = ?$	<hr style="width: 100%;"/> <i>Jogaby:</i> $s = 37\,869\,120\,000\,000 \text{ km}.$	

Çak edip göreliň. Sagadyna 1000 km tizlikde uçýan samolýotda Ýerden şol ýyldyza barmagymyz gerek bolsun. Hasaplamalaryň görkeziji ýaly, munuň üçin 4300 ýyldan köpräk wagtyň dowamynda gije-gündiz togtamazdan uçmaly bolýarys.

Bize görünýän ýyldyzlaryň arkasyndada ýene san-sajaksyz ýyldyzlar bar. Giňişlikde bir-birine baglylykda hereket edýän ýyldyzlar sistemasy galaktikany düzýär. Biz iň güýçli abzallardan peýdalanmagymyza seretmezden, giňişligiň diňe kiçi bir bölegini görüp bilýänligimiz sebäpli, galaktikalaryň anyk sanyny kesgitlemek kyn. Alymlaryň hasabyna görä, Gün sistemasy orun alan biziň galaktikamyzda 200-den 400 milliarda çenli ýyldyzyň bardygy çak edilýär. Ýagtylygyň tizliginde hereket edilse, galaktikamyzyň bir çetinden ikinji çetine barmak üçin 100 müň ýyl gerek bolar eken. Çäksiz giňişlikde bolsa 100-den 200 milliarda çanli galaktikalar bar bolup, her bir galaktikada ýüz milliardlarça ýyldyzlar bar diýip hasaplanýar. Iň uzakda tapylan galaktikanyň iberen şöhesi bize 10 milliard ýyldan soň diýen ýaly ýetip gelýär. Giňişligiň näçe giňligini göz önüne getirjek boluň. Diýmek, giňişlik çäksiz.

### Giňişligi üç ölçegli koordinatalarda şekillendirmek

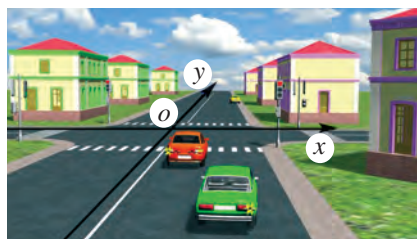


**5-nji surat.** Gönüçyzykly hereketi bir ölçegli koordinatada şekillendirmek

Tekiz göni ýolda barýan awtomobiliň hereketini çyzgyda aňlatmak üçin masştaby görkezilen bir sany göni çyzyk ýeterlidir (5-nji surat). Demirýoluň gönüçyzykly bölegindäki otlynyň hereketini aňlatmagada bir ölçegli koordinata oky gerek. Munda hereketlenýän jisim saga ýa-da çeppe, şonuň ýaly-da, ýokary ýa-da pese hereketlenmänligi sebäpli goşmaça koordinata oklary gerek däl,

onuň hereketini bir ölçegli koordinatalarda şekillendirmegiň özi ýeterlidir.

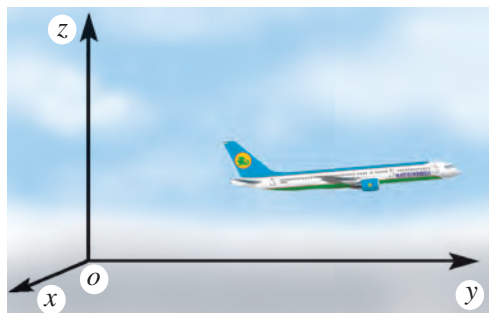
Göni ýolda barýan awtomobil çatryga gelende çeppe ýa-da saga öwrülmeği, ýagny gönüçyzykly hereketinden daşlaşmagy mümkin. Ýeriň üstüni



**6-njy surat.** Tekizlikdäki hereketi iki ölçegli koordinatada teswirlemek

uly bolmadyk aralyklarda tekizlik diýip alsak, şu tekizlikde adamyň, welosipediň, awtomobilleriň hereketini şekillendirmek üçin iki ölçegli koordinatalar gerek bolýar. Diýmek, tekizlikda ýagdaýy üýtgeýän jisimiň hereketini, meselem, awtomobiliň hereketini koordinatalar tekizliginde şekillendirmek amatly (6-njy surat).

Guş ýerde, ýagny tekizlikde ýöremegi, ýa-da asmanda, ýagny giňişlikde uçmagy mümkin. Onuň ýerdäki hereketini iki ölçegli, asmandaky perwazy bolsa üç ölçegli koordinatada aňlatmak amatly. Samolýotyň perwazy hereketiň ugruna görä saýlap alnan üç ölçegli koordinatalar sistemasynda şekillendirilýär (7-nji surat). Howa şarynyň asmandaky, deňiz haýwanlarynyň bolsa suwuň astyndaky hereketini aňlatmak üçin hem üç ölçegli koordinatalar sistemasy gerek.



7-nji surat. Samolýotyň hereketini üç ölçegli koordinatada şekillendirmek



**Giňişligiň esasy häsiýetleri: hakykatdan hem, barlygy, materiýa bilen aýrylmazlygy (älemde giňişlik bilen baglanmadyk ýekejede obýekt ýok), çäksizligi, üç ölçegli (ähli fiziki obýektleriň uzynlygy, ini we beýikligi bar).**

### Wagty bir ölçegli koordinatalarda şekillendirmek

Islendik proses, waka, hadysa belli bir mekan (giňişlik) we zaman (wagt)da bolup geçýär. Jisim hereketlenýär, ýagny öz ýagdaýyny diňe bir giňişlikde däl, eýsem wagt boýunça hem üýtgedýär. Wagty ölçemek üçin gaýtalanyp durýan hadysanyň gaýtalanma dowamlylygyndan peýdalanlyýar. Meselem, Ýeriň öz okunyň daşynda Güne görä bir gezek aýlanýan wagty 24 sagat diýip ýa-da Ýeriň Günün daşynda bir gezek aýlanýan wagty bir ýyl diýip almak ylalaşylan. Bir ýyl 31 556 926 sekunda deň. Şonuň üçin 1 s geçiş döwri Ýeriň Günün daşynda bir gezek aýlaw periodynyň 31 556 926-dan bir bölegine deň. Häzirki wagtda wagty uly takyklykda ölçýän kwars we molekulýar sagatlar ulanylýar. Olar wagty sekundyň trilliondan bir bölegi ýaly takyklykda ölçemegi mümkin. Wagtyň özi bir ölçegli koordinatalarda aňladylyp, ol geçmişden gelejege tarap barha artýan ululyk hökmünde garalýar (8-nji surat).



8-nji surat. Wagty bir ölçegli koordinatada aňlatmak

Jisimleriň hereketini giňişlik we wagtdan aýry ýagdaýda göz önüne getirip bolmaýar. Şonuň üçin hem jisimleriň barlygy we olaryň hereketleri giňişlikde we wagtyň dowamynda ýüze çykýar, diýip garalýar.



**Wagt hadysalaryň zygyder özgeriş tertibini we prosesleriň dowamlylygyny aňladýan fiziki ululykdyr. Wagt halkara birlikler sistemasynda (HBS) sekuntlarda ölçelýär.**

Bizi, esasan, jisimiň giňişlikdäki ýagdaýynyň wagta baglylygy gyzyklandyrýar.



**Daýanç düşüňjeler:** giňişlik, galaktika, wagt, bir ölçegli koordinatada, iki ölçegli koordinatada we üç ölçegli koordinatada aňladylýan hereket, üç ölçegli koordinatadaky giňişlik.



1. Çak etmek bilen 99-njy sahypadaky maglumatlardan peýdalanyp, samolýotda Ýerden Aýa we Güne barmak üçin näçe wagt uçmalydygyny hasaplaň.

### 3-Ş. KINEMATIKANYŇ ESASY DÜŞÜNJELERI



**Mehanikanyň jisimiň hereketini onuň massasyne we ony herekete getirýän sebäpler hasaba alynmadyk ýagdaýda öwrenýän bölümi kinematika diýlip atlandyrylýar.**

Kinematikanyň esasy wezipesi jisimleriň islendik wagtdaky koordinatalaryny anyklamakdan ybarat. Jisimiň koordinatalarynyň wagta baglylygy baradaky maglumatlar dürli görnüşde: meselem, grafiki, jedwel ýa-da formula görnüşinde berilmegi, şonuň ýaly-da, sözler bilen aňladylmagy mümkin. Bu maglumatlary bilmek bilen şu jisimiň islendik wagtdaky giňişlikdäki orny anyk aýdyp berilýär. Munuň üçin ençeme täze düşüňjeler bilen tanyşmalydyrys.

#### Maddy nokat

Uzakda barýan awtomobiliň şekili anyk görünmeýär, ol örän kiçijik, hatda nokat bolup görümeği mümkin. Asly kiçijik garynja mikroskop arkaly seredenimizde bolsa ol äpet ýyrtyjy bolup görünýär. Jisimleriň hereketini öwrenende ençeme ýönekeýleşdirmelerden peýdalanýarys. Şeýle usullardan biri hereketlenýän jisimiň ölçeglerini hasaba almazdan, ony garalýan proseslerde ýa-da çyzyglarda maddy nokat diýip almakdan ybarat.



**Belli bir şertde ölçegi we şekili hasaba alynmasa hem bolýan jisim maddy nokat diýlip atlandyrylýar.**

Uzynlygy 4 m bolan awtomobiliň 10 km aralygy geçendäki hereketini öwrenende ony maddy nokat diýip garamak mümkin. Çünki awtomobiliň geçýän aralygy onuň uzynlygyndan 2500 esse uly. Şular ýaly, samolýotyň uzak aralyga perwazy garalanda, ony maddy nokat diýip hasaplamak mümkin. Şol bir jisim bir ýagdaýda maddy nokat diýlip garalýar, başga ýagdaýda bolsa ony maddy nokat diýip garap bolmaýar. Meselem, okuwçy mekdebe barýan mahalynda öýünden 1 km aralygy geçse, bu hereketde ony maddy nokat diýip garamak mümkin. Ýöne şu okuwçy öýüň içinde ertirki gimnastika maşklaryny ýerine ýetirýän mahalynda, ony maddy nokat diýip bolmaýar. Kitaby sumkadan alyp stola goýmak prosesini suratda aňlatmakda kitaby haýsy tarapy bilen goýandygymyzy görkezip bileris. Ýöne mekdebe äkidilýän kitap çyzgyda örän kiçijik nokat hökmünde şekillenýär. Munda ony maddy nokat diýip almak mümkin.

Maddy nokat düşünjesinden dñe bir hereketlenýän jisimiň ölçegi geçilen aralyga görä örän kiçi bolan ýagdaýda däl, eýsem derňelýän jisimiň ölçegi oña görä garalýan başga bir jisime çenli bolan aralyga görä örän kiçi bolanynda-da peýdalanylýar. Ýer şarynyň ölçegleri örän uly. Ýöne Ýer planetasynyň Günüň daşynda aýlanyşy öwrenilen mahalynda, olaryň arasyndaky aralyk has-da uludygy sebäpli, Ýeri maddy nokat diýip garamak mümkin.

### Traýektoriya

Doska mel bilen çyzanda, garly ýolda awtomobil ýörände, asmandaky daş bölegi – meteor atmosferadan geçende, olar yz galdyrýar (9-njy surat). Meliň, awtomobiliň we meteoryň galdyran yzy olaryň hereket traýektoriyasydyr.



9-njy surat. Meteor jisimiň hereket traýektoriyasy

Jisimler öz hereketinde elmydama yz galdyrybermeýär. Meselem, asmanda uçýan meteor yz galdyrsa, trampinden bökýän sportçy bolsa yz galdyrmaýar. Sportçy, pökgi, adam, maşyn, guş we samolýotlaryň öz hereketi dowamynda yzy görünmese-de, olaryň yzyny üznüksiz çyzyk diýip göz öňüne getirmek mümkin.



**Maddy nokadyň öz hereketi dowamynda geçen nokatlaryny birleşdirýän çyzyk hereket traýektoriyasy diýlip atlandyrylýar.**

## Geçilen ýol we orun üýtgetme

Jisimiň traýektoriyasyny mukdar taýdan bahalamak üçin fiziki ululyk – geçilen ýol kabul edilen.



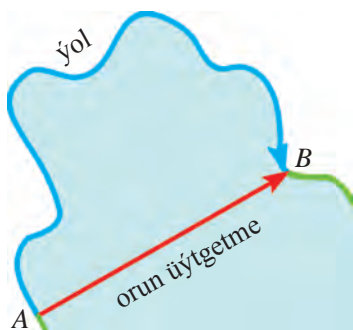
**Jisimiň hereket traýektoriyasy boýunça geçen aralygyna, traýektoriyasynyň uzynlygyna ýol diýilýär we  $s$  harpy bilen belgilenýär.**

Ýoluň, umuman, uzynlygyň ölçeg birligi edip metr kabul edilen. Onuň nusgasy – etalony edip Pariždäki Halkara Ölçeçler Býurosunda saklanýan platina-iridiýden taýýarlanan mahsus sterženiň uzynlygy alnan.

Kä halatlarda jisimiň geçen ýoly däl, eýsem onuň hereketi haýsy nokatdan başlap, haýsy nokatda togtandygy ähmiýetlidir.



**Jisimiň başlangyç we ahyrky ýagdaýyny birleşdirýän ugrukdyrylan kesim orun üýtgetme diýlip atlandyrylýar.**



10-njy surat. Geçilen ýol we orun üýtgetme

Siz kölüň gyrasyndaky ýodadan ýöräp, A nokatdan B nokada egri çyzykly traýektoriya boýunça 100 m ýoly geçip bileris (10-njy surat). Munda orun üýtgetme A nokatdan B nokada çenli bolan aralyga, ýagny 40 m-e deň bolýar. Dostuňyz bolsa gaýykda A nokatdan B nokada göni çyzyk boýunça ýüzüp geçse, traýektoriya we orun üýtgetme üstme-üst düşüp, onuň uzynlygy 40 m bolýar.

Daşkentden Andijana çenli orun üýtgetme 245 km bolmak bilen, awtomobil Daşkentden Andijana barmak üçin 380 km ýol geçýär. Gönüçyzykly hereketde ýol we orun üýtgetme bir-birine deň bolýar.

## Mehaniki hereket



11-nji surat. «Matiz»däki öňe gidýän we aýlanma hereketiň ugry

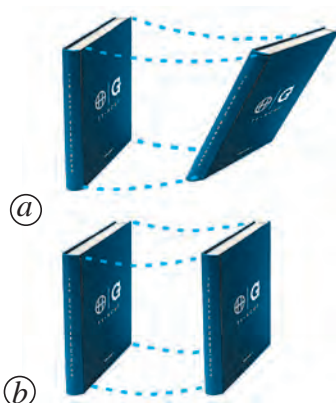
Ýönekeýleşdirmek maksadynda jisimleriň hereketi üç görnüşe bölüp öwrenilýär: öňe gidýän, aýlanma we yrgyldy. Maşynyň korpusy öňe gidýän hereket etse, tigirleri aýlanma hereketlenýär (11-nji surat). Motoryndaky porşenleri bolsa yrgyldyly hereket edýär, diýmek mümkin.



## Öňe gidýän hereket

Eger jisim öňe gidýän hereket etse, onuň hereketini aňlatmak üçin jisimiň bir nokadynyň hereketini aňlatmak ýeterli. Meselem, stoluň üstündäki kitaby bir ýerden başga ýere dürlüçe ornuny üýtgetmek mümkin (12-nji surat). (a) ýagdaýda onuň gyalary dürlüçe hereket edýär. (b) ýagdaýda kitabyň gyalarynyň hereket traýektoriyasy birmeňzeş bolýar, ýagny kitabyň dört gyraňynyň-da traýektoriyalaryny üstme-üst goýmak mümkin. Kitabyň ikinji ýagdaýdaky hereketi öňe gidýän herekete mysaldyr. Munda kitabyň diňe bir gyraňlary däl, eýsem başga islendik nokatlary-da birmeňzeş hereket edýär.

Welosiped ýa-da motorly gaýykda adam öňe gidýän hereket edýär. Ýöne welosipediň tigiri we motoryň perrikleriniň hereketi muňa mysal bolup bilmeýär.



**12-nji surat.** Kitabyň öňe gidýän bolmadyk (a) we öňe gidýän (b) hereketi



**Hereket dowamynda jisimiň hemme nokatlari birmeňzeş orun üýtgetse, şeýle herekete öňe gidýän hereket diýilýär.**

Öňe gidýän hereket edýän jisimiň islendik iki nokadyndan geçirilen islendik çyzyk özüne özi parallel ýagdaýda orun üýtgedýär.

Ýokary göterilýän lift, uçup barýan samolýot we raketa öňe gidýän hereket edýär. Seýil bagyndaky çarhpeleğiň sebeti aýlanma hereket edýär (13-nji surat). Ýöne şol bir wagtda ol öňe gidýän hereket hem edýär. Çünki sebediň islendik iki nokadyndan geçirilen göni çyzyk öz-özüne parallel ýagdaýda orun üýtgedýär.

Öňe gidýän hereket edýän jisimiň hereketi öwrenilen mahalynda, onuň diňe bir nokadynyň hereketini öwrenmek ýeterlidir. Şu sebäpli öňe hereket edýän jisimi maddy nokat diýip garamak mümkin. Öňe gidýän hereket gönüçyzykly we egr çyzykly bolmagy mümkin.

Jisimleriň hereketini üç görnüşe: öňe gidýän, aýlanma we yrgyldyly hereketlere bölmek şertli bolup, bu çylşyrymly hereketleri derňemegi aňsatlaşdyrýar we matematiki görnüşde aňlatmaga mümkinçilik berýär.



**13-nji surat.** Çarhpeleğiň sebetleriniň öňe gidýän hereketi



**Daýanç düşüňjeler:** maddy nokat, traýektoriya, ýol, orun üýtgetme, öňe gidýän hereket.



1. Bir jisimi gözegçilik edilýän dürli prosesleriň birinde maddy nokat diýip almak mümkin bolan, ikinjisinde bolsa mümkin bolmadyk ýagdaýlara birnäçe mysal ýazyň.
2. Öýüňizden mekdebe çenli barmagyň traýektoriyasyny we orun üýtgetmesini çyzgyda çyzyp, olaryň arasyndaky aralyklaryň tapawudyny çenäp görüň.

## 4-Ş. SKALÝAR WE WEKTOR ULULYKLAR HEM-DE OLARYŇ ÜSTÜNDE AMALLAR

### Skalýar ululyklar

Fiziki ululyklary iki topara – skalýar we wektor ululyklara bölmek mümkin.



**Ýönelişň ähmiýeti bolmadyk, diňe san bahasy bilen kesgitlenýän ululyklar *skalýar ululyklar* diýlip atlandyrylýar.**

Göwrüm, wagt, ýol, massa, energiýa ýaly fiziki ululyklar skalýar ululyklardyr. Olaryň üstünde amallar sanlaryň üstündäki amallar ýaly ýerine ýetirilýär. Meselem, birinji jisimiň massasy  $m_1 = 8$  kg, ikinji jisimiň massasy  $m_2 = 4$  kg bolsa, olaryň bilelikdäki massasy:

$$m_1 + m_2 = 8 \text{ kg} + 4 \text{ kg} = 12 \text{ kg.}$$

Bu iki jisimiň massalarynyň arasyndaky tapawut:

$$m_1 - m_2 = 8 \text{ kg} - 4 \text{ kg} = 4 \text{ kg.}$$

Şeýdip birinji jisimiň massasynyň ikinjisiniňkiden näçe esse artykdygyny hem kesgitlemek mümkin. Mundan daşary, jisimiň massasyny haýsy-da bolsa bir sana köpeltmek ýa-da bölmek mümkin. Meselem,  $m = 12$  kg bolsa, ony 3-e köpeltmek we bölmek aşakdaky ýaly ýerine ýetirilýär:

$$m \cdot 3 = 12 \text{ kg} \cdot 3 = 36 \text{ kg}; \quad m : 3 = 12 \text{ kg} : 3 = 4 \text{ kg.}$$

Göni çyzyk boýunça hereketde jisim nireden hereketi başlady, haýsy tarapa hereketlendi we geçilen ýoluň ululygyny bilmek bu jisimiň hereketiň ahyryndaky ýagdaýyny kesgitlemek üçin ýeterlidir.

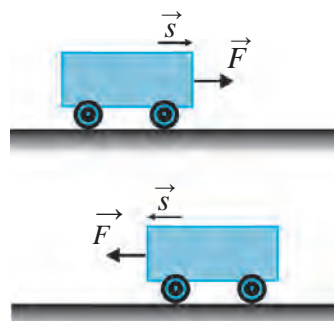
### Wektor ululyklar

Käbir fiziki ululyklar bilen iş salyşylanda olaryň san bahasyny bilmek ýeterli bolmaýar, olaryň ugry hem möhüm ähmiýete eýe bolýar. Meselem,

jisim  $s = 5$  m aralyga orun ýütgetdi, diýmek ýeterli däl. Munda orun üýtgetmäniň ugry hem mälim bolmaly. Şonda jisimiň haýsy tarapa we nirä orun üýtgedendigi barada doly düşünjä eýe bolarys.

Stoluň üstünde duran arabajyga belli bir güýç täsir edýär, diýmek ýeterli däl. Bu güýç jisime çepden saga ugurda täsir edende, arabajyk saga, sagdan çepde ugurda täsir edende bolsa çepde tarap hereketlenýär (14-nji surat). Eger güýç arabajyga ýokardan aşaklygyna täsir etse, arabajyk hereket etmeýär.

Güýç, tizlik, orun üýtgetme ýaly fiziki ululyklar wektor ululyklardyr. Bu ululyklary öwrenende san bahasyndan daşary olaryň ugruny hem bilmek möhümdir.



14-nji surat. Hereket ugrunyň güýjüň ugruna baglylygy



**San bahalary we ugurlary bilen kesgitlenilýän ululyklar wektor ululyklar diýlip atlandyrylýar.**

Adatda, wektor ululyklar üstünde kese peýkam (strelka) goýlan harplar bilen belgilenýärler. Meselem, güýç –  $\vec{F}$ , tizlik –  $\vec{v}$ , orun üýtgetme –  $\vec{s}$  görnüşde aňladylýar. Wektor ululygyň diňe mukdaryny görkezmekçi bolsak, onuň san bahasy aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$|\vec{F}| = 2 \text{ N}, |\vec{v}| = 10 \text{ m/s}, |\vec{s}| = 5 \text{ m}$$

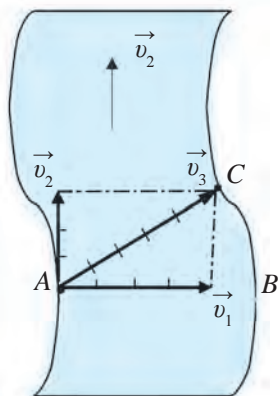
$$\text{ýa-da } F = 2 \text{ N}, v = 10 \text{ m/s}, s = 5 \text{ m}.$$

Wektor ululyk çyzgyda uzynlygy san bahasyna deň ugurly kesim şeklinde görkezilýär.

### Wektor ululyklary goşmak we aýyrmak

Anhoryň A nokadyndan B nokadyna tarap  $v_1$  tizlikde ýüzüp geçmekçi bolan ýüzüjiniň hereketine garalyň (15-nji surat). Ýüzüji B nokada tarap ýüzýär, ýöne  $v_2$  tizlikdäki derýanyň akymynyň täsirinde ol aňyrky kenarynyň C nokadyna baryp galýar. Ýüzüji A nokatdan B nokada ýetip barmak üçin sarp eden  $t$  wagtda derýanyň suwy B nokatdan C nokada çenli bolan aralygy geçýär. Ýüzüji özüniň  $\vec{v}_1$  tizligine suwuň  $\vec{v}_2$  tizliginiň goşulmagy netijesinde alan  $\vec{v}_3$  tizliginde derýany ýüzüp geçýär. Wektor görnüşinde muny aşakdaky ýaly aňlatmak mümkin:

$$\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = \vec{v}_3.$$



15-nji surat. Ýüzüjiniň derýadan geçiş wektoryň aňlatmasy

Wektor ululyklaryň üstündäki amallar ýönekeý sanlaryň üstündäki amallar ýaly ýerine ýetirilmeýär. Meselem, AB kesim 4 m, BC kesim 3 m bolsa, bu wektorlaryň jemi  $4\text{ m} + 3\text{ m} = 7\text{ m}$  däl, eýsem 5 m-e deň bolýar.

16-njy suratdaky A nokatdan suw basseýnini aýlanyp, B we C nokatlar arkaly D nokada barýan ýoluny çyzgyda aňladyp göräliň. AB wektora BC wektor goşulanda AC wektor emele geldi:

$$\vec{AB} + \vec{BC} = \vec{AC}.$$

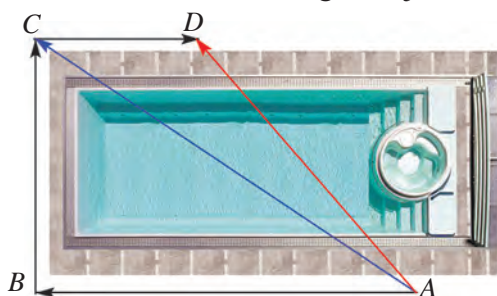
AB we BC wektor boýunça ýörelende emele gelen jem AC wektoryň A nokatdan C nokada orun üýtgedendigini görkezýär.

AC wektora CD wektor goşulanda AD wektor emele geldi:

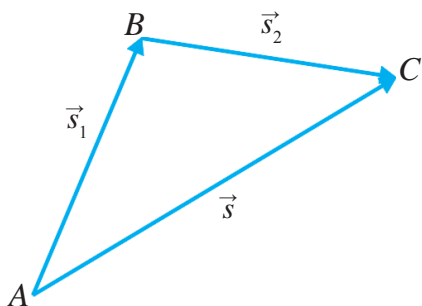
$$\vec{AC} + \vec{CD} = \vec{AD}.$$

A nokatdan B we C arkaly D nokada barmak üçin köp aralyk geçildi, orun üýtgetme bolsa diňe A nokatdan D nokada çenli boldy:

$$\vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CD} = \vec{AD}.$$



16-njy surat. Binany aýlanyp geçmegiň çyzgysy



17-nji surat.  $\vec{s}_1$  we  $\vec{s}_2$  wektorlaryň goşulyşy

Diýmek, wektor ululygynyň diňe sany däl, eýsem ugry hem uly ähmiýete eýe eken. Başga bir mysala garalyň. Meselem, A nokatda duran jisim göni çyzyk boýunça 4 m ýoly geçip, B nokada, soňra B nokatdan 3 m ýoly geçip, C nokada orun üýtgeden bolsun (17-nji surat). Jisimiň geçen ýoluny  $s_1$  we  $s_2$  bilen belgilesek,  $s_1 = 4\text{ m}$  we  $s_2 = 3\text{ m}$  bolýar. Jisimiň A nokatdan B nokada,

soňra B nokatdan C nokada orun üýtgetmesi  $\vec{s}_1 + \vec{s}_2$  görnüşde bolýar. Bu orun üýtgetme A nokatdan C nokada gönüden-göni orun üýtgetme  $\vec{s}$ -e deň:

$$\vec{s}_1 + \vec{s}_2 = \vec{s}. \quad (1)$$

Bu usulda goşmak üçburçluk usulda goşmak düzgüni diýlip atlandyrylýar. Ony aşakdaky ýaly kesgitlemek mümkin:



**Iki wektory goşmak üçin birinji wektoryň ahyryna ikinji wektoryň başlangyjy goýulýar we birinji wektoryň başlangyjyndan ikinji wektoryň ahyryna ugrukdyrylan wektor geçirilýär. Şu wektor iki wektoryň jemi bolýar.**

Islendik ugurdaky  $\vec{a}$  we  $\vec{b}$  wektorlar berlen bolsun. Olaryň jemi:

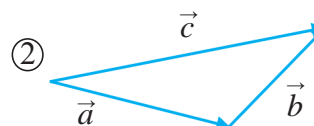
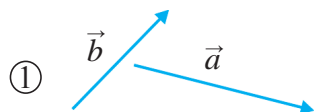
$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c} \quad (2)$$

wektory tapmak 18-nji suratda şekillendirilen.

Ugurly göni çyzyk fiziki ululygyň diňe bir ugruny däl, eýsem san taýdan mukdaryny hem aňladýar. Ugurly çyzygyň uzynlygy näçe uly bolsa, berlen fiziki ululyk şonça uly baha eýe bolýar.

Aýyrmak amaly goşmaga ters amal bolany wektordan  $\vec{a}$  wektor aýrylsa,  $\vec{b}$  alynýar. Munda:

$$\vec{c} - \vec{a} = \vec{b}. \quad (3)$$



**18-nji surat.**  $\vec{a}$  we  $\vec{b}$  wektorlar (1), olaryň jemi  $\vec{c}$  wektor (2)



**Bir wektordan ikinji wektory aýyrmak üçin iki wektoryň hem başlangyçlary bir nokada goýulýar we ikinji wektoryň ujundan birinji wektoryň ujuna ugrukdyrylan wektor geçirilýär. Şu wektor iki wektoryň tapawudy bolýar.**

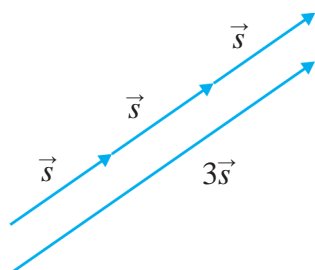
Diýmek, wektorlary goşanda we aýyranda ugurly çyzygyň uzynlygy we ugruny üýtgetmezden wektorlaryň başlangyjynyň we ahyrynyň nähili ýerleşdirilişine üns berilmeli eken.

Ugry we san bahasy birmeňzeş bolan wektorlara *deň wektorlar* diýilýär.

### Wektor ululyklary sana köpeltmek we bölmek

Jisim haýsy-da bolsa bir ugurda göni çyzyk boýunça hereketlenip,  $s$  ýoly geçse, bu aralyga deň orun üýtgetme ululygy  $s$  wektora deň bolýar:  $s = \vec{s}$ . Jisim öz ugruny üýtgetmezden şeýle  $s$  ýoly ýene iki gezek geçsin. Munda onuň geçen ýoly  $s + s + s = 3s$ -e, orun üýtgetmesi  $\vec{s} + \vec{s} + \vec{s} = 3\vec{s}$ -e deň bolýar (19-njy surat).

Diýmek,  $\vec{s}$ -ni 3 esse artdyrylsa,  $3\vec{s}$  wektor alynýar. Netijede wektoryň ugry üýtgemeyär.



19-nji surat.  $\vec{s}$  wektorunyň 3-e köpeldilişi



**Wektor ululyk položitel sana köpeldilse, onuň ululygy şu san esse artýar, ugry bolsa üýtgemeyär.**

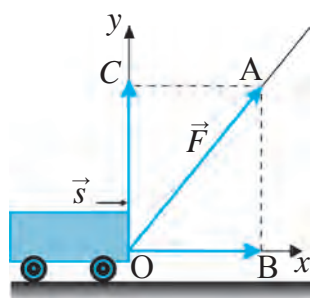
Munda wektor ululyk köpeldilýän san položitel bolmaly.

Şunuň ýaly wektor ululygy položitel sana bölmek hem mümkin. Eger otrisatel sana köpeldilse ýa-da bölünse, ugur tersine üýtgeýär.

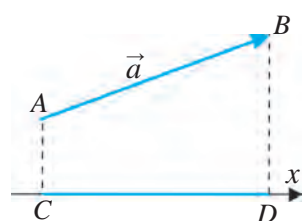


**Wektor ululyk položitel sana bölünse, onuň ululygy şu san esse kemelýär, ugry bolsa üýtgemeyär.**

### Wektor ululyklaryň proyeksiýasy



20-nji surat. Arabajyga täsir edýän güýjüň proyeksiýasy



21-nji surat. Islendik ugurdaky wektoryň proyeksiýasy

Arabajyk hereket ugruna görä haýsy-da bolsa bir burç astynda  $\vec{F}$  güýç bilen çekilýän bolsun (20-nji surat). Bu güýç arabajygy hem wertikal, hem gorizontel ugurda çekýär. Arabajyga hereket ugrunda täsir edýän güýjüň bahasy nähili bolýar?

Arabajygyň hereket ugry boýunça Ox ok geçirýäris. Munda O nokady  $\vec{F}$  wektoryň başlangyjyna gabat getirmelidiris.  $\vec{F}$  wektoryň ahyry A nokada Ox okdan perpendikulyar geçirýäris. Emele gelen  $\vec{OB}$  wektor  $\vec{F}$  wektoryň Ox okdaky emele getirijisi, ýagny proyeksiýasyny aňladýar. Hereket ugrunda arabajyga täsir edýän güýç şu  $\vec{OB}$  proyeksiýanyň uzynlygyna deň bolýar. Meselem, burç astynda täsir edýän güýjüň bahasy  $|\vec{F}| = 5 \text{ N}$  bolsun. Bu güýjüň proyeksiýasy bolsa 3 N-a deň bolmagy mümkin. Arabajyga hereket ugrunda täsir edýän güýç ana şol 3 N-a deň bolýar.

Indi  $\vec{F}$  güýç arabajygy ýokary nähili güýç bilen çekýändigini bilmek üçin A nokatdan Oy okunyň C nokadyna perpendikulyar geçirýäris. Emele gelen

$\vec{OC}$  wektoryň uzynlygy wertikal täsir edýän güýje deň. Onuň bahasy 4 N bolmagy mümkin.

Islendik ugurdaky  $\vec{a}$  wektoryň  $Ox$  okdaky proyeksiyasyny kesgitläliň (21-nji surat). Munuň üçin  $Ox$  okdan wektoryň A başlangyjyna we B ahyryna iki perpendikulyar geçirilýär. Emele gelen CD kesim  $\vec{a}$  wektoryň  $Ox$  okdaky proyeksiyasy bolýar.



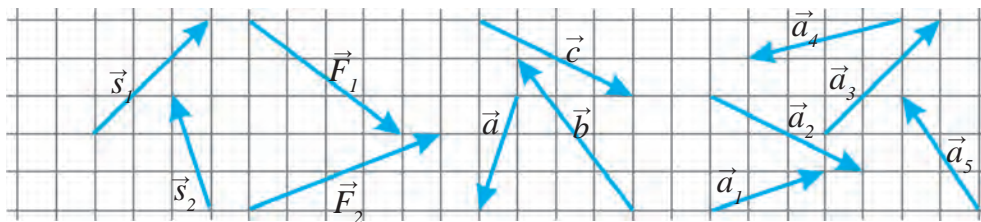
**Daýanç düşüňjeler:** skalýar ululyk, wektor ululyk, wektorlaryň jemi, wektorlaryň tapawudy, wektory sana köpeltmek, wektory sana bölmek, wektoryň proyeksiyasy (emele getirijisi).



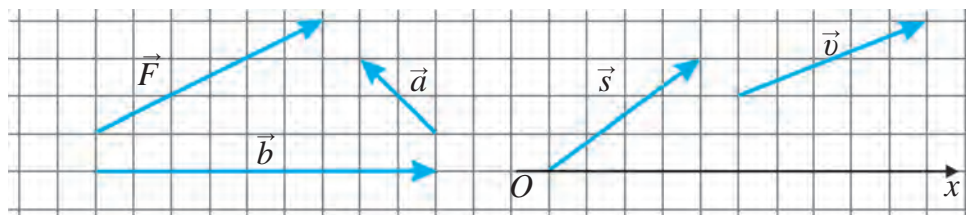
1. Öýüňizden mekdebe çenli ýörän ýoluňyzy wektor görnüşinde aňladyp, şol wektorlaryň jemini tapyň.



- 22-nji suratda görkezilen a)  $\vec{s}_1$  we  $\vec{s}_2$  wektorlaryň; b)  $\vec{F}_1$  we  $\vec{F}_2$  wektorlaryň; d)  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  we  $\vec{c}$  wektorlaryň; e)  $\vec{a}_1$ ,  $\vec{a}_2$ ,  $\vec{a}_3$ ,  $\vec{a}_4$  we  $\vec{a}_5$  wektorlaryň jemini depderiňizde şekillendiriň.
- 22-nji suratda görkezilen: a)  $\vec{s}_1$  wektordan  $\vec{s}_2$  wektoryň tapawudyny; b)  $\vec{F}_1$  wektordan  $\vec{F}_2$  wektoryň tapawudyny depderiňizde şekillendiriň.
- 23-nji suratda görkezilen: a)  $\vec{F}$  wektory 2-ä köpeldiň; b)  $\vec{a}$  wektory 5-e köpeldiň; d)  $\vec{b}$  wektory 3-e bölüň.
- 23-nji suratda görkezilen  $\vec{s}$  we  $\vec{v}$  wektorlaryň  $Ox$  oka proyeksiyasyny depderiňizde şekillendiriň.



22-nji surat. Jemi we tapawudy kesgitlenýän wektorlar



23-nji surat. Sana köpeldilýän we bölünýän, proyeksiyasy kesgitlenýän wektorlar

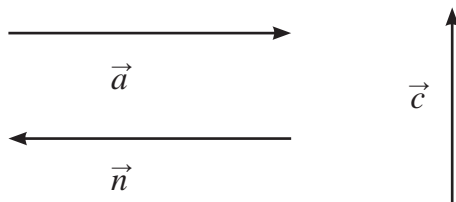
## I BABA DEGIŞLI GOŞMAÇA SORAGLAR WE GÖNÜKMELER

1. Deňölçegli hereketlenip barýan gäminiň öňki çüňkünde duran kemaňçy gäminiň yzky çüňküne ornaşdyrylan nyşana, gäminiň yzky çüňkündäki edil şeýle kemaňçy bolsa gäminiň öňki çüňkündäki nyşana ok atsa, haýsy biriniň oky nyşana öň ýetip barýar?
2. Otlynyň kupesinde oturyp barýan ýolagçy: «Men dynçlykda durun, daşardaky rels we daragtlar maňa görä hereket edýärler», diýse, otlynyň maşinisti: «Men parowozda ýangyç sarp edip, otlyny hereketlendirýärim. Daşardaky rels we daragtlar dynçlykda dur», diýdi. Siziň pikiriňizçe, kimiň aýdýany dogry?
3. Eger otly ekwatorda günbatardan gündogara tarap belli bir tizlikde hereketlenýän bolsa, ol Ýeriň gündogardan günbatara tarap sagadyna iki müň kilometr tizlikde öz okunyň daşynda aýlanýan hereketini biraz bolsa-da kemeldýändir? Siz nähili pikir edýärsiňiz?
4. Dynçlykda duran wagonyň içinde durup wertikal böksek, böken ýerimize gaýdyp düşýäris. Eger gönüçyzykly deňölçegli hereket edýän wagonyň içinde wertikal böksek, nirä düşeris? Böken ýerimizemi ýa-da hereket ugruna garşylykly tarapamy? Haýsy-da bolsa bir ýüki hereket ugrunda zyňmak üçin wagon dynçlykda duranyna garanda köpräk güýç gerek bolýar. Hereket ugruna garşylykly ugurda zyňmak üçin nähili?
5. Ýoldaşyňyz bilen gäminiň otaglaryndan birine ýerleşdiňiz, diýip çak ediň. Daşary size görünmeýär. Uklamaga ýatanyňyzda gämi saklanyp durdy. Uklap turanyňyzda onuň togtap durandygyny ýa-da gönüçyzykly deňölçegli hereket edýändigini bilmek üçin näme edýärsiňiz?
6. Turbanyň aşaky bölegini epläp, eplenen tarapyň ujuny çalt akýan suwuň ugruna garşy edip ornaşdyrsak, turbanyň suwuň derejesinden ýokarrakdaky ujundan suw akýandygyny görüp bileris. Aşakdaky meseläni çözjek boluň. Ota stansiýada suw alynmalydy, ýöne togtamaga wagt ýok. Ýokardaky usuldan peýdalanyp, togtamazdan ota suw almak mümkinmi?
7. Wertolýot gorizental ýagdaýda gündogar tarapa 10 km, soňra günorta tarapa 8 km, ondan soň günbatar tarapa 12 km, şundan



soň bolsa demirgazyk tarapa 8 km uçdy. Wertolýotyň geçen ýoluny we orun üýtgetmesini tapyň.

8. Kölüň üsti galyň ümür bolup onuň kenarlary görünmeýär, diýip çak ediň. Köldäki gaýygyň hereket ugruny görkezmek mümkinmi?
9. Gaýyk derýanyň akymyna perpendikulýar ýagdaýda kesip geçýär. Derýada suwuň kenara görä derýanyň akymynyň tizliginde hereketlenýär. Gaýygyň hereketine iki adam gözegçilik edýär. Olardan biri kenarda gymyldaman dur, ikinjisi bolsa akym boýunça ýüzüp barýan salyň üstünde dur. Iki gözegçi gaýygyň orun üýtgetmesini we oňa giden wagty ölçýär.  
Olaryň alan netijeleri bir-birinden nähili tapawutlanýar? Haýsy görkezijileri birmeňzeş bolýar?
10. Aşakdaky haýsy ýagdaýlarda Ýeri maddy nokat diýip garamak mümkin? Dogry jogaplary bellik ediň:
  - a) Ekwatoryň uzynlygy hasaplananda;
  - b) Ýeriň Günüň daşyndaky orbita boýunça geçen ýoluny hasaplanda;
  - d) Ýeriň öz okunyň daşynda sutkalaýyn aýlanmagynda ekwator nokadynyň hereket tizligini hasaplanda;
  - e) Ýerden Saturn planetasyna çenli bolan aralygy hasaplanda.
11. Nokatlaryň ýerine laýyk gelýän jümleleri goýup, kesgitlemäniň üstüni dolduryň: Wektor ululyklar – bu ...
  - a) diňe san bahasy bilen kesgitlenýän ululyklar;
  - b) diňe ugurlary bilen kesgitlenýän ululyklar;
  - d) san bahalary hasaba alynmasa hem bolýan ululyklar;
  - e) san bahalary we ugurlary bilen kesgitlenýän ululyklar.
12. Aşakda üç sany wektor şekillendirilen.  $\vec{a}$  wektor  $\vec{n}$  wektora deňmi?  $\vec{c}$  wektor  $\vec{a}$  wektordan uly diýmek bolarmy?





## II bap. GÖNÜÇZYKLY HEREKET

Daş-töweregimizdäki jisimler hereketi dürli-dürli çylşyrymly görnüşe eýe bolup, olary öwrenmek we çyzgylarda aňlatmak üçin hereketiň ýönekeý mexanik görnüşlerini derňemekden başlaýarys. Iň ýönekeý mehaniki hereket – bu gönüçzykly deňölçegli hereketdir.

Bu bapda ilki jisimleriň gönüçzykly deňölçegli hereketini öwrenýäris, deňölçegsiz hereket barada gysgaça maglumat alarys. Soňra gönüçzykly deňüýtgeýän hereketi öwrenmäge girişýäris.

### 5-§. GÖNÜÇZYKLY DEŇÖLÇEGLI HEREKET BARADA DÜŞÜNJE

#### Deňölçegli hereket



24-nji surat. Arabajygyň deňölçegsiz hereketi



25-nji surat. Arabajygyň deňölçegli hereketi

Aşakdaky tejribäni geçireliň.

Arabajyga 24-nji suratda görkezilişi ýaly damdyrgyç ornaşdyrylan bolsun. Birmeňzeş wagt aralygynda bir sanydan damja damyp dursa, ol haýsy wagtda araba nirede bolandygyny bellik edýär. Arabajygy goýbersek, ol asylan ýüküň täsirinde hereketlenýär. Munda arabajygyň zyndaky damjalaryň arasyndaky aralyk birmeňzeş däldigini görmek mümkin. Diýmek, arabajyk birmeňzeş wagt aralyklarynda dürlüçe aralygy geçipdir, ýagny ol deňölçegsiz hereket edipdir.

Indi ýokardaky tejribäni biraz üýtgedeliň. Bu gezek asylan ýüki kemeldip, daman damjalaryň arasyndaky aralyk birmeňzeş bolar ýaly edeliň (25-nji surat). Bu ýagdaýa arabajyk birmeňzeş wagt aralyklarynda birmeňzeş ýoly geçen, diýmek mümkin. Arabanyň bu hereketi deňölçegli herekete mysal bolup biler.



**Eger jisim islendik birmeňzeş wagt aralyklarynda birmeňzeş ýoly geçse, onuň beýle hereketine *deňölçegli hereket* diýilýär.**

Üýtgemeyän tizlikdäki jisimiň hereketi deňölçegli hereketdir. Eger awtomobil deňölçegli hereketlenip, her bir minutda 1,5 km-dan ýol geçýän bolsa, 2 minutda 3 km, 5 minutda 7,5 km, 10 minutda 15 km, 30 minutda 45 km, 1 sagatda 90 km ýoly geçer.

Sagat milleriniň ujunyň hereketi hem deňölçegli herekete mysal bolup biler. Ýöne olaryň hereket traýektoriyasy töwerekden ybarat. Ýokarda getirilen mysallardaky hereketi üç görnüşe bölmek mümkin:

- 1) tizligi birmeňzeş we traýektoriyasy gönüçzykly;
- 2) tizligi birmeňzeş, ýöne traýektoriyasy egri çyzykly;
- 3) traýektoriyasy gönüçzykly, ýöne tizligi her hili.

Daş-töweregimizdäki jisimleriň köp halatlardaky hereket traýektoriyasy egri çyzykdan ybarat bolýar. Diňe käbir ýagdaýlarda jisimler ýoluň belli bir böleginde gönüçzykly hereket etmegi mümkin.

### Gönüçzykly hereket



**Jisimiň hereket traýektoriyasy göni çyzykdan ybarat bolsa, beýle herekete *gönüçzykly hereket* diýilýär.**

24 we 25-nji suratlardaky arabajygyň tizligi birmeňzeş ýa-da her hili bolmagyna seretmezden, olaryň hereket traýektoriyasy gönüçzyklydyr. Göni ýoldan barýan awtomobiliň, demirýoluň göni böleginde ýörän otlynyň, mälim beýiklige göterileninden soňky samolýotyň belli bir aralykdaky hereketini gönüçzykly hereket diýip almak mümkin.

### Gönüçzykly deňölçegli hereket

24-nji suratdaky arabajyk gönüçzykly, ýöne hereket dowamynda dürlüç tizlikde, ýagny deňölçegsiz hereket edeninde, onuň hereketini gönüçzykly deňölçegli hereket diýip bolmaýar. Sagat milleri birmeňzeş tizlikde, ýagny deňölçegli hereket edýär, ýöne traýektoriyasy gönüçzykly däl. Şonuň üçin sagat milleriniň ujunyň hereketi hem gönüçzykly deňölçegli herekete mysal bolup bilmeýr. Arabajygyň 25-nji suratdaky hereketinde arabajyk hem gönüçzykly, hem deňölçegli hereket edýär. Şonuň üçin onuň hereketi gönüçzykly deňölçegli hereketdir.



**Eger gönüçzykly hereketlenýän jisim islendik deň wagtlar aralygynda birmeňzeş aralyklary geçse, onuň beýle hereketine gönüçzykly deňölçegli hereket diýilýär.**

Muňa ýoluň ýokary galan, peselen we öwürümler bolmadyk böleginde awtomobiliň tizligi üýtgetmän hereketlenmegi mysal bolýar. Şonuň ýaly-da, otly tizlik alyp, mälim aralyk geçenden soň gönüçzykly deňölçegli hereket edip başlaýar.

Gönüçzykly deňölçegli hereket iň ýönekeý mehaniki hereketdir. Şonuň üçin öwrenmegi tizlik, aralyk we wagt arasyndaky iň ýönekeý baglanyşyga eýe bolan jisimleriň gönüçzykly deňölçegli hereketinden başlaýarys. Soňra deňölçegsiz we egri çyzykly hereket tizliklerini derňemäge geçýäris.



**Daýanç düşüňjeler:** deňölçegli hereket, gönüçzykly hereket, gönüçzykly deňölçegli hereket.



1. 24 we 25-nji suratlarda şekillendirilen tejribäni düşündirip beriň.
2. Gönüçzykly bolmadyk deňölçegli herekete mysal getiriiň.
3. Gönüçzykly, ýöne deňölçegli bolmadyk herekete mysal getiriiň.
4. Gönüçzykly deňölçegli hereket barada aýdyp beriň.
5. Siz mekdebe barýan wagtyňyzda ýoluň haýsy böleginde gönüçzykly deňölçegli hereket edýärsiňiz?

## 6-Ş. GÖNÜÇZYKLY DEŇÖLÇEGLI HEREKET TIZLIGI

### Tizligi kesgitlemek

Eger birmeňzeş wagt aralygynda geçilen ýol dürlüçe bolsa, birmeňzeş aralygy geçmek üçin dürlüçe wagt sarp edilýär. Meselem, birmeňzeş aralygy geçmek üçin awtomobil welosipedçiden kem wagt sarp edýär. Pyýada bir minutda 100 m aralygy geçse, Ýeriň emeli hemrasy bu wagtda 500 km, ýagtylyk şöhlesi bolsa 18 mln kilometri geçýär. Gözegçiliklerimizden bir jisim ikinji jisimden tiz ýa-da haýal hereketlenýändigini bilýäris. Meselem, welosiped adamdan tiz, awtomobil adamdan we welosipedden tiz, tizotludan bolsa haýal hereket edýär. Samolýotyň hereketi bolsa otlynyňkydan hem tizdir (26-njy surat).



### 26-njy surat. Jismlarning turli tezlikdagi harakatlari

6-njy synp fizika derslerinden jisimiň geçen ýoly  $s$ , şu ýoly geçmek üçin giden wagt  $t$ , tizlik  $v$  bilen belgilenýändigini bilýärsiňiz. Şolara esasan tizligiň formulasy aşakdaky ýaly aňladylypdy:

$$v = \frac{s}{t}. \quad (1)$$



**Jisimiň deňölçegli hereketindäki tizligi jisim geçen ýoluň şu ýoly geçmek üçin giden waga gatnaşygy bilen kesgitleýär.**

Jisimiň deňölçegli hereketdäki tizligi ýoluň islendik böleginde birmeňzeş bolýar.

Islendik san 1-e bölünse, netije şu sana deňdigi mälim. Eger (1) formulada  $t = 1$  s bolsa,

$$|v| = \left| \frac{s}{1} \right| = |s|$$

bolýar. Diýmek, deňölçegli hereketde wagt birliginde geçilen ýol san taýdan tizlige deň eken. Tizlige aşakdaky ýaly kesgitlemek bermek mümkin:



**Wagt birliginde geçilen ýola deň bolan ululyk tizlik diýlip atlandyrylýar.**

Ýokarda getirilen mysallarda wagt birligi hökmünde 1 sagat alnan. Eger adam 1 sagatda 18 km, welosiped 36 km, awtomobil 90 km, oty 144 km, samolyot bolsa 900 km aralygy geçse, olaryň 1 sekuntda näçe aralygy

geçýändigini, ýagny wagtyň sekuntlarda aňladylan tizliklerini hasaplap görelň: adamyň tizligi  $v_o = 5$  m/s, welosipediňki  $v_w = 10$  m/s, awtomobiliňki  $v_a = 25$  m/s, otlynyňky  $v_o = 40$  m/s, samolýotyňky bolsa  $v_s = 250$  m/s.

Ýlmyň we tehnikanyň ösmegi bilen wagt, aralyk we tizlik ýaly fiziki ululyklaryň takyk ölçelmegine bolan talap barha artýar. Biziň üçin ujypsyzja görünýän bir sekunda welosiped bary-ýogy 10 m aralygy geçse, Ýer Günün daşynda aýlananda 29 km, ýagtylyk şöhlesi bolsa boşlukda 300 000 km ýoly geçýär. Eger Ýeriň emeli hemralary bilen aragatnaşykda maglumatda 1 sekunt ýalňylyga ýol berilse, Ýerde hereketlenýän awtomobillere ýolda hereketlenmek barada görkezme berýän «nawigatoryň» maglumatlarynda 10 km çenli ýalňyşlyk bolmagy mümkin.

### Tizlik birligi

Halkara birlikler sistemasynda uzunlyk (ýol) birligi – metr (m), wagt birligi – sekunt (s) kabul edilendigini bilýärsiňiz.



**HBS-da tizligiň birligi hökmünde m/s kabul edilen.**

Eger tizligi 6 m/s bolsa, jisim 1 s wagtda 6 m aralygy geçýär. Tizligiň esasy birligi – m/s-dan daşary hasaplamada amatly bolar ýaly proizwodny birlikler: km/sagat, km/min, km/s, sm/s ýaly birlikler hem ulanylýar. Munda:  $1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/sagat}$ ,  $1 \text{ m/s} = 0,06 \text{ km/min}$ ,  $1 \text{ km/s} = 1000 \text{ m/s}$ ,  $1 \text{ m/s} = 100 \text{ sm/s}$  bolýar.

Meseleler çözende we gündelik durmuşda tizligiň km/sagatda berlen bahasyny m/s-da ýa-da m/s-da berlen bahasyny km/sagatda aňlatmaly bolýar. Eger tizlik m/s-da berlen bolsa, onuň bahasyny 3,6-a köpeltmek arkaly tizligiň km/sagatda aňladylan bahasyny tapmak mümkin. Meselem, welosiped 10 m/s tizlik bilen hereketlenýän bolsa, onuň km/sagatda aňladylan tizligi aşakdaky ýaly tapylýar:

$$v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 10 \cdot 3,6 \frac{\text{km}}{\text{sagat}} = 36 \frac{\text{km}}{\text{sagat}}$$

Eger tizlik km/sagatda berlen bolsa, onuň tizligini 3,6 ga bölmek ýa-da  $\frac{5}{18}$  ga köpeltmek arkaly tizligiň m/s da aňladylan bahasyny tapmak mümkin. Meselem, awtomobil 90 km/sagat tizlikde hereketlenýän bolsa, onuň m/s da aňladylan tizligi aşakdaky ýaly tapylýar:

$$v = 90 \frac{\text{km}}{\text{sagat}} = 90 \cdot \frac{5}{18} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Tizligiň tebigy ölçeg birligi – ýagtylygyň boşlukdaky (kosmik giňişlik) tizligi 300 000 km/s-a deňligi mälim. Astronomiyada uzynlygyň iň uly bahasy hökmünde ýagtylygyň bir ýylda geçýän aralygyndan ( $9,5 \cdot 10^{12}$  km) peýdalanylýar. Häzir beýle uly aralyklar hem giňişlik ölçeglerini aňlatmakda kiçilik edýändigini üçin, parsek ( $31 \cdot 10^{12}$  km), ondan 1000 esse uly bolan kiloparsek we 1 000 000 esse uly megaparseklerden peýdalanylýar.

### Tizligi ölçemek

Hereketlenýän jisimleriň tizligi mahsus abzallaryň kömeginde ölçelýär. Meselem, awtomobiliň, gäminiň, samolýotyň tizligi spidometriň (iňlisçe *speed* – tizlik, latynça *metreo* – ölçemek) kömeginde ölçelýär.



27-nji surat. Awtomobiliň spidometri

Siz awtomobillere ornaşdyrylan spidometri görensiňiz (27-nji surat). Onuň işleýiş prinsipi awtomobiliň tigriniň wagt birligi içinde aýlaw sanyny ölçemäge esaslanandyr. Meselem, şinanyň daşky töwreginiň uzynlygy 2 m bolsa, tigriniň her bir aýlawynda awtomobil 2 m aralygy geçýär. Eger sekundyna tigr 10 gezek aýlanýan bolsa, şol wagtda awtomobil 20 m aralygy geçen bolýar. Onda awtomobiliň spidometriniň görkezýän tizligi 20 m/s ýa-da 72 km/sagat bolýar. Şeýle abzallar hem bolup, olar ýerde durup, asmanda uçup barýan samolýotyň tizligini, ýoluň gyraynda durup, golaýlap gelýän awtomobiliň tizligini kesgitlep bermegi mümkin. Ýol patrol gullugynyň işgärleri şeýle mahsus esbap – radaryň kömeginde ýolda barýan awtomobilleriň tizligini kesgitleýärler.



**Daýanç düşüňjeler:** deňölçegli hereket tizligi, gönüçzykly deňölçegli hereket tizligi, tizligiň birlikleri, spidometr.



1. Towşanyň tizligi 54 km/sagat, delfiniň tizligi bolsa 20 m/s. Olardan haýsy biriniň tizligi uly?
2. Akymynyň tizligi 0,5 m/s bolan derýada akýan sal 15 km ýoly näçe wagtda geçýär?



1. Tizlikleri km/sagatda aňladyň: 2 m/s, 5 m/s, 20 m/s, 50 m/s.
2. Metronyň eskalatorynyň uzynlygy 18 m. Ol adamy 12 sekuntda ýokary alyp çykýar. Eskalatorda duran adamyň tizligini tapyň.

3. Welosiped deňölçegli hereket edip, 15 minutda 4,5 km aralygy geçdi. Onuň tizligini m/s hasabynda tapyň.
4. Deňölçegli hereket edýän awtomobil 30 minutda 40 km aralygy geçdi. Awtomobiliň tizligini tapyň.

## 7-Ş. GÖNÜÇZYKLY DEŇÖLÇEGLI HEREKETIŇ GRAFIGI

### Tizligiň formulasyndan geçilen ýoly we wagty tapmak

Jisimiň hereket tizligi mälim bolsa, tizligiň formulasyndan onuň islendik wagtyň içindeki geçen ýoluny tapmak mümkin:

$$s = v \cdot t.$$



**Deňölçegli hereketde geçilen ýoly tapmak üçin jisimiň tizligini şu ýoly geçmek üçin giden wagta köpeltmeli.**

Meselem, jisim  $v = 8$  m/s tizlik bilen deňölçegli hereketlenýän bolsa, ol  $t = 10$  s dowamynda  $s = vt = 8$  m/s  $\cdot$  10 s = 80 m ýoly geçýär.

Jisimiň deňölçegli hereketdäki tizligi we geçen ýoly mälim bolsa, tizligiň formulasyndan onuň hereketlenýän wagtyny tapmak mümkin:

$$t = \frac{s}{v}.$$



**Deňölçegli hereketlenýän jisimiň hereketlenýän wagtyny tapmak üçin şol wagtyň dowamynda geçilen ýoly tizlige bölmeli.**

Meselem, jisim 12 m/s tizlik bilen deňölçegli hereketlenýän bolsa, ol 60 m ýoly  $t = \frac{s}{v} = \frac{60 \text{ m}}{12 \text{ m/s}} = 5$  s-da geçýär.

### Tizligiň grafigi

Deňölçegli hereketde  $t$  wagtyň barha artmagy bilen jisimiň tizligi üýtgeşsiz galyberýär. Meselem, gönüçzykly deňölçegli hereket edýän jisimiň başlangyç tizligi 10 m/s bolsa, 10 s, 20 s, 30 s, 40 s, 50 s-dan soň hem onuň tizligi 10 m/s-a deň boluberyär. Munda tizligiň grafigini 28-nji  $a$  suratda görkezilişi ýaly şekillendirmek mümkin.

Umumy ýagdaý üçin, deňölçegli hereketde tizligiň grafigi taraplary  $v$  we  $t$  bolan gönüburçlukdan ybarat bolýar, diýmek mümkin. Şu dörtburçlugyň



meýdany san taýdan jisimiň geçen  $s$  ýoluna deňdir (28-nji  $b$  surat).

### Geçilen ýoluň grafigi

Jisim  $v = 5$  m/s tizlik bilen hereketlenýän bolsun. Geçilen ýoluň  $s = vt$  formulasyndaky  $t$ -ge san bahalary berip,  $s$  ýoluň degişli bahalaryny tapýarys we netijeleri jedwele ýazýarys:

$t, s$	5	10	15	20
$s = vt, m$	25	50	75	100

Jedweldäki  $t$  wagtyň her bir bahasyna dogry gelyän  $s$  ýoluň degişli bahalaryny koordinata oklarynda ýerleşdirsek, geçilen ýoluň grafigini alarys (29-njy  $a$  surat).

Tizlikleri  $v_1 = 2,5$  m/s we  $v_2 = 5$  m/s bolan deňölçegli hereketlenýän iki jisimiň ýol grafikleri 29-njy  $b$  suratda getirilen. Grafikden görnüşi ýaly, tizligi uly bolan jisimiň grafiginiň waqt okuna görä burçy ulurak bolýar, ýagny dikräk ýerleşýär. Eger geçilen ýoluň grafigi göni çyzykdan ybarat bolsa, jisim ütgemeyän tizlik bilen hereket eden bolýar, ýagny deňölçegli hereket ýolunyň grafigi göni çyzykdyr.

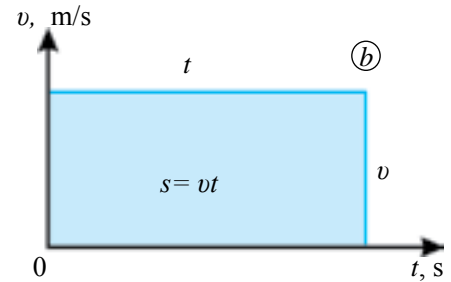
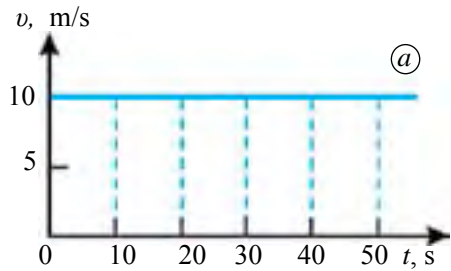
### Mesele çözmegiň nusgasy

Awtomobil 60 km/sagat tizlik bilen deňölçegli hereket edýär. Onuň 15 minudyň dowamyndaky hereketi üçin tizligiň we geçilen ýoluň grafiklerini guruň.

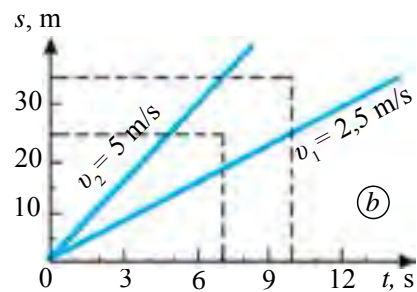
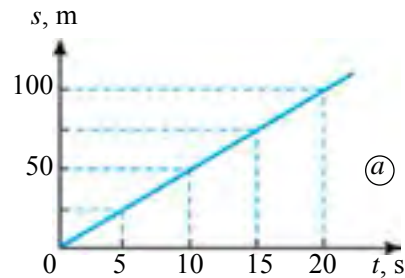
**Çözülişi:** 15 min = 0,25 sagat. Tizligiň grafigi taraplary 60 km/sagat we 0,25 sagat bolan gönüburçlukdan ybarat (30-njy  $a$  surat). Emele gelen gönüburçlugaň meýdany: 60 km/sagat · 0,25 sagat = 15 km.

Bu san taýdan awtomobiliň 15 minutda geçen  $s$  ýoluna deň.

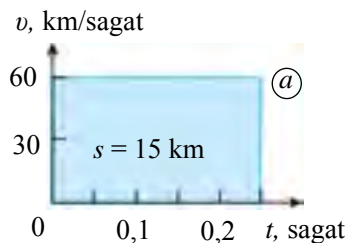
$s = vt$  formula  $v = 60$  km/sagat bahasyny goýup, aşakdaky jedweli düzýäris:



28-nji surat. Tizligiň grafigi

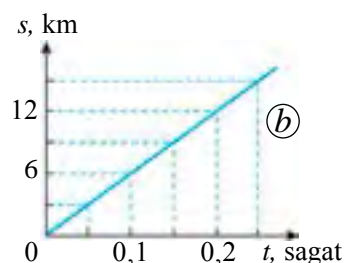


29-njy surat. Geçilen ýoluň grafigi



$t$ , sagat	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
$s$ , km	3	6	9	12	15

Şu jedwel esasynda 30-njy  $b$  suratda şekillendirilen geçilen ýoluň grafigini alýarys.



**Daýanç düşüňjeler:** deňölçegli hereketde geçilen ýol, jisimiň hereket wagty, tizligiň grafigi, geçilen ýoluň grafigi.

**30-njy surat.** Awtomobiliň hereketiniň tizlik ( $a$ ) we ýol ( $b$ ) grafikleri



1. Öýüňizden mekdebe barandaky ýagdaý üçin tizligiň we geçilen ýoluň grafiklerini takmyny guruň.
2. Geçilen ýoluň grafiginde waqt okuna görä dürli burçdaky iki göni çyzyk geçirip, emele gelen grafigi derňäň.



1. 3 m/s tizlik bilen deňölçegli hereket edýän jisim 20 sekundyň dowamynda näçe aralygy geçer?
2. 126 km/sagat tizlik bilen deňölçegli hereketlenýän otly 15 minutda näçe kilometr aralygy geçer?
3. 10 m/s tizlik bilen deňölçegli hereketlenýän jisim 6 km aralygy näçe minutda geçer?
4. Asmana göterilenden soň 900 km/sagat tizlik bilen deňölçegli hereketlenýän samolyot 450 km aralygy näçe sagatda uçup geçer?
5. 18 km/sagat tizlik bilen deňölçegli hereketlenýän welosiped üçin tizligiň we geçilen ýoluň grafiklerini guruň.

## 8-Ş. DEŇÖLÇEGSIZ HEREKETDE TIZLIK

### Ortaça tizlik

Deňölçegli hereket edýän jisimiň islendik  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  wagt aralyklarynda degişlilikde  $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$  ýoly geçendäki tizligi üýtgemeyän baha eýe bolýar:

$$v = \frac{s_1}{t_1} = \frac{s_2}{t_2} = \frac{s_3}{t_3} = \dots = \frac{s_n}{t_n} = \text{const}, \quad (1)$$

bu ýerde «const» hemişelik bahany aňladýan belgi. Latynçada *constantus* – üýtgemeyän, hemişelik manylary aňladýar.

Daş-töweregimizdäki jisimler, esasan, deňölçegsiz hereket edýär. Meselem, bir menzilden çykan awtomobil ýarym sagadyň dowamynda 35 km aralygy geçdi. Awtomobil ýolda dürli tizlikde ýöräp, ýoluň diňe käbir böleklerinde birmeňzeş tizlikde hereket etdi (31-nji surat). Awtomobiliň hereketi tutuş ýola görä deňölçegsizdir.



**Hereket dowamynda jisimiň tizligi üýtgeýän bolsa, beýle herekete deňölçegsiz hereket diýilýär.**

31-nji suratda şekillendirilen mawy şekiliň meýdany geçilen  $s = 35$  km ýoluň san bahasyna deňdir. Ýokardagi mysalda awtomobiliň üýtgemeyän tizligi däl, eýsem ortaça tizligi barada aýtmak mümkin. Munda awtomobiliň ortaça tizligi  $35 \text{ km} : 0,5 \text{ sagat} = 70 \text{ km/sagada}$  deň.



**Deňölçegsiz herekete ortaça tizlik jisimiň geçen ýolunyň şu ýoly geçmäge giden wagta gatnaşygy bilen kesgitlenýär.**

Ýagny:

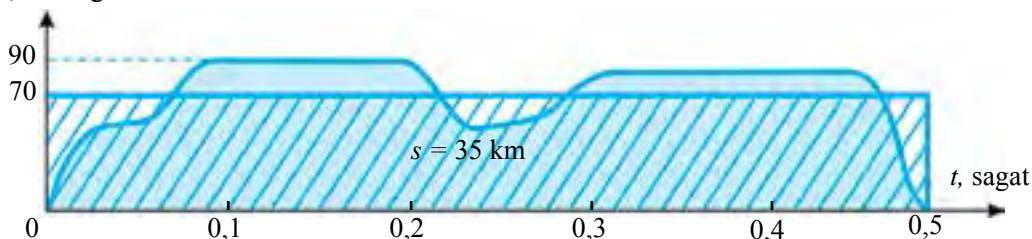
$$v_{\text{orta}} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}. \quad (2)$$

Ortaça tizligiň grafigi hemişelik tizligiň grafigi ýaly gorizontel ugurdaky göni çyzykdan ybarat bolýar. (2) formuladan deňölçegsiz herekete geçilen ýol aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$s = v_{\text{orta}} \cdot t. \quad (3)$$

31-nji suratda şekillendirilen gönüburçlugaň meýdany san taýdan awtomobiliň ortaça tizligi  $v_{\text{ort}} = 70 \text{ km/sagat}$  bilen hereket wagty  $t = 0,5$  sagat köpeltmek hasylyna deň. Munda ortaça tizligiň grafigi emele ştrihlenen şekiliň meýdany deňölçegsiz hereket tizliginiň grafigi emele getiren mawy reňkli şekiliň meýdanyna deň bolýar.

$v$ , km/sagat



**31-nji surat.** Awtomobiliň deňölçegsiz hereketindäki tizligiň grafigi

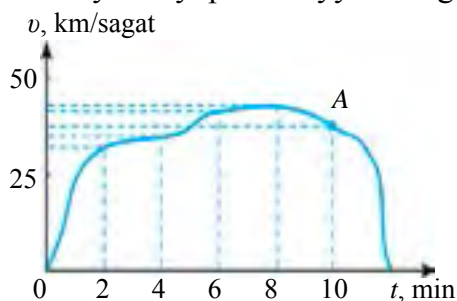
## Pursatlaýyn tizlik

Ortaça tizlik deňölçegsiz hereketlenýän jisimiň tutuş ýoluň dowamyndaky hereketini umumy ýagdaýda aňladýar. Ýöne ondan ýoluň islendik nokadyndaky tizligi bilip bolmaýar. Deňölçegsiz hereketde bizi hut ýoluň islendik nokadyndaky tizlik gyzyklandyrmagy mümkin.



**Jisimiň belli bir wagtdaky ýa-da traýektorýanyň belli bir nokadyndaky tizligi pursatlaýyn tizlik diýlip atlandyrylýar. Pursatlaýyn tizlik jisimiň synlanýan pursatdaky tizligini aňladýar.**

Awtobusyň iki duralganyň arasyndaky deňölçegsiz hereketini derňäliň. Ol duralgalaryň arasyndaky ýoly 6 minutda geçsin. Awtobusyň hereket tizliginiň grafigi 32-nji suratdaky ýaly bolsun. Gözegçilik üçin dürli wagtlary saýlap alyp, şu wagtlara laýyk gelýän tizlik bahalaryny, ýagny şol pursatdaky pursatlaýyn tizligi tapmak mümkin. Grafikden 2 minut geçendäkii pursatlaýyn tizligi takmynan 32 km/sagat, 4 minut geçendäki pursatlaýyn tizligi 40 km/sagat, 10 minut geçendäki pursatlaýyn tizligi bolsa 46 km/sagada deň bolanlygyny anyklaýarys. Hereketiň belli bir nokadyndaky pursatlaýyn tizligini takmynan kesgitlemek üçin şu nokatda



32-nji surat. Awtobusyň tizliginiň grafigi

kiçi  $\Delta t$  wagtyň içinde jisimiň geçen  $\Delta s$  ýoly tapylýar. Munda  $\Delta$  (delta) – örän kiçi aralygy aňladýan belgi.

32-nji suratdaky tizligiň grafigi boýunça A nokatda awtobus  $\Delta t = 0,3$  s wagtyň içinde  $\Delta s = 3$  m ýol geçen bolsun. Onda awtobusyň A nokatdaky takmyny pursatlaýyn tizligi aşakdaky ýaly kesgitleňýär:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{3 \text{ m}}{0,3 \text{ s}} = 10 \cdot 3,6 \frac{\text{km}}{\text{sagat}} = 36 \frac{\text{km}}{\text{sagat}}$$



**Daýanç düşüňjeler:** deňölçegsiz hereket, ortaça tizlik, deňölçegsiz hereketde ortaça tizlik, pursatlaýyn tizlik.



1. Lyžaçy depeden düşüp doly saklanýança hereketde bolýar. Onuň başlangyç we hereketiň ahyrindaky tizligi nola deň bolsa, tutuş ýoluň dowamyndaky ortaça tizligi nola deňmi?
2. 31-nji suratda şekillendirilen tizligiň grafigini derňäň.



1. Jisim deňölçsüz hereket edip, 2 minutda 60 m aralygy geçdi. Onuň ortaça tizligi näçe m/s-a deň bolýar?
2. Daşkentden sagat 7 : 30-da ýola çykan «Spark» avtomobili 270 km ýol geçip, sagat 10 : 30- da Fergana ýetip geldi. Onuň ortaça tizligini tapyň.
3. Okuwçy ýoluň belli bir böleginde 2 s dowamynda 3 m ýöredi. Ýoluň şu bölegindäki okuwçynyň tizligini tapyň. Bu takmyny pursatlaýyn tizlikmi ýa-da ortaça tizlikmi?
4. Eger okuwçynyň ortaça tizligi 1 m/s, öýünden mekdebe çenli bolan aralyk 600 m bolsa, ol mekdebe 7 : 50-de ýetip barmak üçin öýünden sagat näçede çykmaly?

## 9-§. DEŇÜYTGEÝÄN HEREKETDE TIZLENME

### Deňüýtgeýän hereket barada düşünje

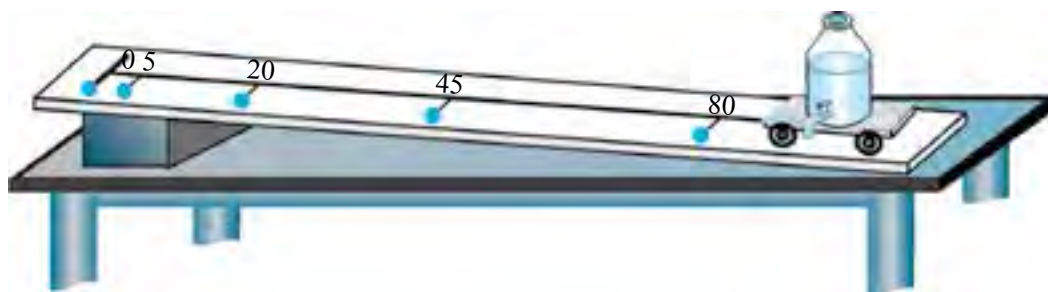
Deňölçsüz hereketiň iň ýönekeý görnüşi – bu deňüýtgeýän hereketdir. Ýapgyt ternawdaky şarjagazyň ýa-da arabajygyň hereketi deňüýtgeýän herekete mysal bolup biler.

Damdyrgyç ornaşdyrylan arabajygyň yapgyt tekizlikdäki hereketine garalyň. Damdyrgyçdan birsydyrgyn her 0,5 sekuntda bir sanydan damja damsın. Arabajyk qiya tekislikning goýberilende hereket traýektoriyasyndaky damjalaryň arasyndaky aralygyň barha artýandygyny görmek mümkin (33-nji surat).

Munda:

- 1 we 2-nji damjalaryň arasy:  $5 \text{ sm} - 0 \text{ sm} = 5 \text{ sm}$ ;
- 2 we 3-nji damjalaryň arasy:  $20 \text{ sm} - 5 \text{ sm} = 15 \text{ sm}$ ;
- 3 we 4-nji damjalaryň arasy:  $45 \text{ sm} - 20 \text{ sm} = 25 \text{ sm}$ ;
- 4 we 5-nji damjalaryň arasy:  $80 \text{ sm} - 45 \text{ sm} = 35 \text{ sm}$ .

Diýmek, damjalaryň arasyndaky aralyk her 0,5 s-da 10 sm-e artýar. Mundan her 0,5 s-da arabajygyň tizligi  $10 \text{ sm} : 0,5 \text{ s} = 20 \text{ sm/s}$ -a artýandygyny kesgitlemek mümkin.



**33-nji surat.** Ýapgyt tekizlikdäki arabajygyň deňüýtgeýän hereketi



**Islendik birmeňzeş wagtyň aralyklarynda tizligi degişlilikde birmeňzeş ululyga barha üýtgeýän hereket deňüýtgeýän hereket diýlip atlandyrylýar.**

Awtomobil ýerinden gozlalyp, tizligini deňölçepli artdyryp barsa, onuň hereketini hem deňüýtgeýän (tizlenýän) hereket diýmek mümkin.

Jisimiň tizligi barha deňölçepli kemelende-de deňüýtgeýän hereket bolýar. Meselem, şarjagazy ýapgyt tekizlikde aşakdan ýokary togalanda onuň tizligi deňüýtgeýän (haýallaýan) bolýar.

Tekiz göni ýolda uly tizlikde gidip barýan awtomobiliň motory öçürilse, ol deňüýtgeýän (haýallaýan) hereket edip, mälim ýoly geçenden soň togtayar. Mundan beýläk deňüýtgeýän hereket diýende, tizligi deňtizlenýän ýa-da deňölçepli haýallaýan hereket nazarda tutulýar.

### Tizlenme we onuň birligi

Deňüýtgeýän hereketi häsiýetlendirmek üçin **tizlenme** diýlip atlandyrylýan ululyk girizilen.  $v_0$  – jisimiň başlangyç tizligi,  $v$  – jisimiň  $t$  wagtdaky tizligi bolsa, tizlenmäniň formulasy aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$a = \frac{v - v_0}{t}. \quad (1)$$



**Tizligiň üýtgemesiniň şol üýtgame bolup geýän wagt aralygyna gatnaşygy bilen kesgitlenýän ululyk tizlenme bolup,  $a$  harpy bilen belgilenýär.**

Tizlenmäni aşakdaky ýaly kesgitlemek hem mümkin:



**Wagt birliginde jisimiň tizliginiň üýtgemesine san taýdan deň bolýan ululyk tizlenme diýlip atlandyrylýar.**

Tizlenmäniň formulasyndan peýdalanyp, onuň birligini tapmak mümkin. Tizlenmäniň esasy birligi hökmünde  $m/s^2$  alnan.



**Halkara birlikler sistemasyndaky tizlenme birligi –  $m/s^2$  şeýle birlik bolup, munda jisimiň hereket tizligi her 1 s-da 1 m/s-a üýtgeýär.**

Tizlenmäniň birligi hökmünde  $\text{m/s}^2$  hem köp ulanylýar. Munda:

$$1 \text{ m/s}^2 = 100 \text{ sm/s}^2.$$

Tizlenmäniň formulasy haýallaýan hereket üçin hem ýerliklidir. Soňky wagt öňki wagtdan elmydama uly bolany üçin (1) formulanyň maýdalawjysy hemişe položitel bolýar. Gözegçilik edilýän wagtdaky tizlik başlangyç tizlikden kiçi bolsa, bu formulanyň sanawjysyndaky  $v - v_0$  tapawut otrisatel bolýar. Meselem, jisimiň başlangyç tizligi  $v_0 = 20 \text{ m/s}$ ,  $\Delta t = 10 \text{ s}$  wagt geçendäki tizligi bolsa  $v = 5 \text{ m/s}$  bolsa, tizlenme aşakdaky ýaly tapylýar:

$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{5 - 20}{10} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = -1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Diýmek, deňtizlenýän hereketde jisimiň tizlenmesi položitel ( $a > 0$ ), deňhaýallaýan hereketde bolsa otrisatel ( $a < 0$ ) bolýar. Tizlenme wektor ululykdyr. Onuň wektor görnüşdäki aňlatmasy aşakdaky ýaly bolýar:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}. \quad (2)$$

Gönüçzykly deňtizlenýän hereketde tizlenmäniň ugru jisimiň hereket ugru boýunça, deňhaýallaýan hereketde bolsa hereket ugruna garşylykly bolýar. Tizlenme tizligiň wagt birliginde üýtgemesi bolany üçin, tizligiň üýtgemesi haçan bolýar, diýen sorag döreýär. Dürli wagtlardaky tizligiň bahalarynyň bir-birinden tapawutly bolmagy netijesinde tizlenme alynýar. Özgeriş bolmagy üçin ululygyň dürli wagtdaky bahalarynyň tapawudy noldan tapawutly bolmaly. Tizlik wektor ululyk bolany üçin wagtyň geçmegi bilen tizligiň üýtgeýşi iki ýagdaýda ýüze çykýar:

1) gönüçzykly hereketde tizligiň absolyut bahasy, ýagny moduly üýtgände:  $|v_2 - v_1| \neq 0$ ;

2) mukdar taýdan birmeňzeş bolsa-da hereket ugru üýtgände:  $\vec{v}_2 - \vec{v}_1 \neq 0$ .  
Diýmek, diňe bir tizligiň moduly däl, eýsem hereket ugru üýtgände-de tizlenme bolýan eken.

Gönüçzykly hereketde tizligiň we tizlenmäniň wektor bahalarynyň ýerine skalýar bahalaryny almak mümkin. Çünki gönüçzykly hereketiň dürli wagtdaky ugurlary üýtgemeyär. Üýtgeýän hereket barada maglumat berýän esasy ululyklardan biri tizlenmedigi mälim boldy. Soňky baplarda onuň peýda bolýan sebäpleri barada durup geçeris.

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Deňtizlenýän hereket edýän «Spark» awtomobili 5 s dowamynda tizligini 36 km/sagatdan 90 km/sagada artdyrdy. Onuň tizlenmesini tapyň.

<i>Berlen:</i>	<i>Formula:</i>	<i>Çözülişi:</i>
$\Delta t = 5 \text{ s};$ $v_0 = 36 \text{ km/sagat} = 10 \text{ m/s};$ $v = 90 \text{ km/sagat} = 25 \text{ m/s}.$	$a = \frac{v - v_0}{t}.$	$a = \frac{25 - 10 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$
<i>Tapmaly:</i> $a = ?$		<i>Jogaby:</i> $a = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$



**Daýanç düşüňjeler:** deňüýtgeýän hereket, deňtizlenýän hereket, deňhaýallaýan hereket, tizlenme.



- 40 km/sagat tizlik bilen hereketlenýän awtomobil deňtizlenýän hereket etmäge başlady. 100 m aralykda 60 km/sagat tizlik gazanmak üçin ol nähili tizlenme bilen hereketlenmeli?
- Siz ýöräp başladyňyz we mälim wagtdan soň saklandyňyz. Munda nähili ýagdaýda tizlenýän, nähili ýagdaýda haýallaýan hereket edýärsiňiz?



- Dynçlykda duran jisim deňtizlenýän hereketlenip, 8 s-da 20 m/s tizlige ýetdi. Jisim nähili tizlenme bilen hereketlenipdir?
- Ýerinden gozgalan jisim  $0,3 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen hereket edip, näçe wagtda 9 m/s tizlige ýeter?
- Ýerinden gozgalan welosiped 10 s-da 18 km/sagat tizlige ýetdi. Soňra tormoz berip, 5 s-dan soň saklandy. Welosipediň deňtizlenýän hereketindäki we deňhaýallaýan hereketindäki tizlenmelerini tapyň.
- Deňtizlenýän hereket edýän «Kaptiwa» awtomobili 25 s dowamynda tizligini 45 km/sagatdan 90 km/sagada artdyrdy. «Kaptiwa»nyň tizlenmesini tapyň.
- Samolýot gonýan wagtynda tigirleriniň ýere degendäki tizligi 360 km/sagat. Eger onuň tizlenmesi  $2,0 \text{ m/s}^2$  bolsa, ol näçe wagtdan soň togtar?

## 10-§. DEŇÜÝTGEÝÄN HEREKET TIZLIGI

### Deňüýtgeýän hereketde tizlik we onuň grafigi

Eger deňüýtgeýän hereketde jisimiň başlangyç tizligi we tizlenmesi mälum bolsa, onuň hereket dowamyndaky islendik wagtda alan tizligini hasaplap tapmak mümkin. Tizlenmäniň

$a = \frac{v - v_0}{t}$  formulasyndan jisimiň  $t$  wagtyň

dowamynda alan  $v$  tizligi aşakdaky ýaly tapylýar:



$$v = v_0 + a \cdot t. \quad (1)$$

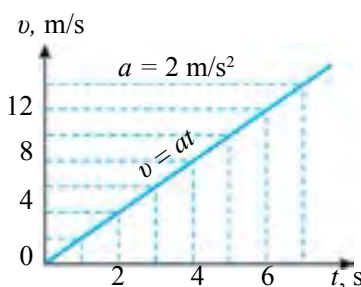
Jisim başlangyç tizliksiz ( $t_1 = 0$ -da  $v_0 = 0$ ) deňtizlenýän hereket edende tizligiň formulasy aşakdaky ýaly aňladylýar ( $\Delta t = t$ ):

$$v = at. \quad (2)$$

Başlangyç tizliksiz  $a=2\text{m/s}^2$  tizlenme bilen hereket edýän jisimiň tizliginiň grafigini guralyň. Munuň üçin  $a = 2 \text{ m/s}^2$  diýip alyp, (2) formulada  $t$ -ge san bahalary berýäris we oňa laýyk bolan  $v$ -niň bahalaryny hasaplaýarys. Netijeleri aşakdaky jedwele ýazýarys:

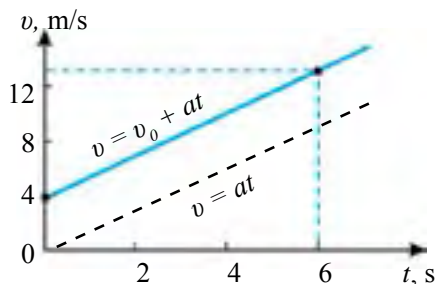
$t, \text{s}$	1	2	3	4	5	6	7
$v, \text{m/s}$	2	4	6	8	10	12	14

Jedweldäki  $t$  we  $v$ -niň san bahalaryny degişli koordinatalar okuna goýup,  $v_0 = 0$  ýagdaý üçin deňtizlenýän hereketiň tizlik grafigini alýarys (34-nji surat).



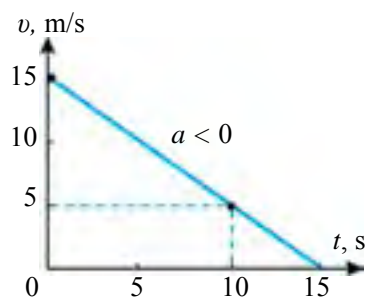
34-nji surat. Deňtizlenýän hereket üçin tizligiň grafigi ( $v_0 = 0$ )

Deňüytgeýän hereket üçin tizligiň grafikleri göni çyzykdan ybarat. Göni çyzyk geçirmek üçin bolsa wagtyň iki bahasy we oňa laýyk gelýän tizlikleri grafikda şekillendirmek ýeterlidir. Belli bir tizlikde barýan jisim deňtizlenýän herekete başlan ýagdaýa garalyň. Meselem,  $a = 1,5 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen deňtizlenýän hereket edýän jisimiň başlangyç tizligi  $v_0 = 4 \text{ m/s}$  bolsun. Onda (1) formuladan  $t = 0$  üçin  $v_0 = 4 \text{ m/s}$ ,  $t = 6 \text{ s}$  baha üçin  $v = 13 \text{ m/s}$  bolýandygyny hasaplap tapýarys. Olary koordinatalar okuna goýup, 35-nji suratda şekillendirilen grafigi alýarys. Bu başlangyç tizlik bilen deňtizlenýän hereketlenýän jisimiň tizlik grafigidir. Diýmek, jisimiň başlangyç tizligi  $v_0 \neq 0$  bolsa, onuň grafikdäki göni çyzygy  $v_0 = 0$  ýagdaýdaka (punktir çyzyga) görä parallel süýşýän eken.



35-nji surat. Deňtizlenýän hereket üçin tizligiň grafigi ( $v_0 > 0$ )

Indi deňhäyallaýan hereket, ýagny  $a < 0$  ýagdaý üçin tizligiň grafigini guralyň. Jisim  $v_0 = 15 \text{ m/s}$  başlangyç tizlik we  $a = -1 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen deňhäyallaýan hereket edýän bolsun. (1) formuladan  $t = 0$  baha üçin  $v = 15 \text{ m/s}$ ,

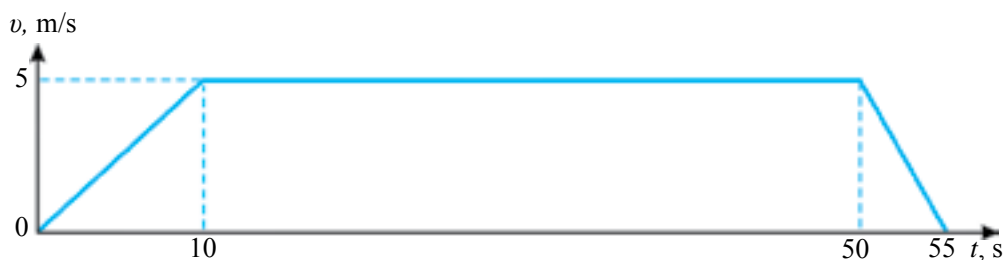


**36-njy surat.** Deňhäýallaýan hereketiň tizlik grafigi

edýär. Diýmek, tizligiň grafigi absissa okuna görä burç astynda bolan göni çyzykdan ybarat bolsa, jisimiň deňüýtgeýän hereket edendigini anyklap biliris.

Adatda, jisimler belli bir wagtyň dowamynda tizlenme bilen, soň üýtgemeýän tizlik bilen, soň bolsa häýallaýan hereket edýär we togtaýar. Meselem, ýerinden gozgalan welosipedçi 10 s dowamynda tizligini 5 m/s-a ýetirsin.

Şu tizlikde welosipedçi 40 s hereketlensin. Soňra ýuwaş-ýuwaşdan tormoz bermek bilen 5 s dowamynda deňhäýallaýan hereket edip saklansyn. Welosipedçiniň tizliginiň grafigi 37-nji suratda şekillendirilen.



**37-nji surat.** Welosipedçiň hereketiniň tizliginiň grafigi

### Deňüýtgeýän hereketiň ortaça tizligi

Deňüýtgeýän hereket edýän jisimiň ortaça tizligi aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$v_{ort} = \frac{v_0 + v}{2}; \quad (3)$$

bu ýerde  $v_0$  – jisimiň başlangyç tizligi,  $v$  – jisimiň islendik  $t$  wagtdaky tizligi. Meselem, tizligiň grafigi 35-nji suratda şekillendirilen jisimiň 6 s wagt geçendäki ortaça tizligini aşakdaky ýaly hasaplamak mümkin:

$$v_{\text{ort}} = \frac{4 + 13}{2} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 8,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} .$$

(3) formuladaky  $v$  tizligiň ýerine onuň  $v = v_0 + at$  aňlatmasy goýulsa, ortaça tizligiň aşakdaky formulasy gelip çykýar:

$$v_{\text{ort}} = v_0 + \frac{at}{2} . \quad (4)$$

Meselem, 36-njy suratdaky tizligiň grafiginde  $v_0 = 4 \text{ m/s}$ ,  $a = 1,5 \text{ m/s}^2$  bolýanlygyndan  $t = 6 \text{ s}$  wagt geçendäki jisimiň ortaça tizligini tapmak mümkin:

$$v_{\text{ort}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} + \frac{1,5 \cdot 6}{2} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 8,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} .$$

(3) we (4) formulalardan başlangyç tiziksiz, ýagny  $v_0 = 0$  ýagdaý üçin deňüýtgeýän hereketdäki ortaça tizligi hasaplamagyň formulalary aşakdaky görnüşe gelýär:

$$v_{\text{ort}} = \frac{v}{2} ; \quad (5)$$

$$v_{\text{ort}} = \frac{at}{2} . \quad (6)$$

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Başlangyç tizligi 18 km/sagat bolan «Matiz» awtomobili  $1,0 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen deňtizlenýän hereket edip, 10 s-dan soň nähili tizlige ýeter? «Matiz»iň ortaça tizligini tapyň.

*Berlen:*  
 $v_0 = 18 \text{ km/sagat} = 5 \text{ m/s}$ ;  
 $a = 1 \text{ m/s}^2$ ;  
 $t = 10 \text{ s}$ .

*Formula:*  
 $v = v_0 + at$  ;  
 $v_{\text{ort}} = v_0 + \frac{at}{2}$  .

*Çözülişi:*  
 $v = (5 + 1 \cdot 10) \text{ m/s} =$   
 $= 15 \text{ m/s} = 54 \text{ km/sagat}$ ;  
 $v_{\text{ort}} = [5 + (1 \cdot 10)/2] \text{ m/s} =$   
 $= 10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/sagat}$ .

*Tapmaly:*  
 $v = ?$   $v_{\text{ort}} = ?$

*Jogaby:*  $v = 54 \text{ km/sagat}$ ;  $v_{\text{ort}} = 36 \text{ km/sagat}$ .



**Daýanç düşünjeler:** deňüýtgeýän hereketde tizlik, deňüýtgeýän hereketiň ortaça tizligi.



- 100 metr aralyga ylgamak ýaryşyndaky hereketiň tizliginiň grafiginde guraň.
- Deňtizlenýän we deňhaýallaýan hereket edýän jisimiň tizliginiň grafiginde guraň.



- Ýerinden gozgalan jisim  $0,2 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen hereket edip başlasa, ol 1 minutda nähili tizlige ýeter?

2. Başlangyç tizligi 3 m/s bolan jisim  $0,4 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen deňtizlenýän hereket edip, 30 s-da nähili tizlige ýeter?
3. 60 km/sagat tizlik bilen barýan «Neksiýa» awtomobili motory öçürilenden soň  $0,5 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen deňhaýallaýan hereket edip başlady. 20 s-dan soň onuň tizligi näçe bolar? Şol 20 s dowamynda ortaça tizligi näçe bolar?
4.  $0,4 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen deňtizlenýän hereket edýän jisimiň mälim wagtdaky tizligi 9 m/s-a deň. Jisimiň şol wagtdan 10 s öňki wagtdaky tizligi näçe bolupdyr?
5. Başlangyç tizligi 2 m/s bolan jisim  $3 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen hereket edip başlady. Şeýle hereket üçin tizligiň grafigini gurun.
6. Awtomobil ýoluň birinji ýarymyny  $v_1 = 20 \text{ m/s}$ , ikinji ýarymyny  $v_2 = 25 \text{ m/s}$  tizlik bilen geçdi. Onuň jemi ýoldaky ortaça tizligini tapyň.

## 11-Ş. DEŇÜYTGEÝÄN HEREKETDE GEÇILEN ÝOL

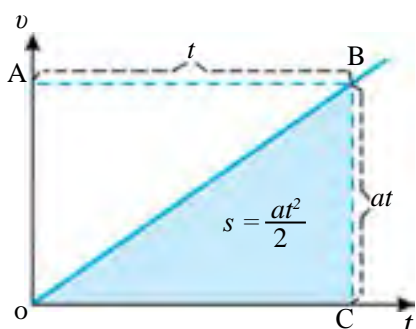
### Geçilen ýoluň formulasy

Dynçlyk ýagdaýyndaky ( $v_0 = 0$ ) jisim  $a$  tizlenme bilen deňtizlenýän hereket edip,  $t$  wagtyň dowamynda  $v$  tizlige ýetsin. Şol wagtyň dowamynda jisimiň geçen ýoly aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$s = v_{\text{ort}} \cdot t. \quad (1)$$

Bu ýerde  $v_{\text{ort}} = at/2$  bolýanlygyndan peýdalanyň, başlangyç tizliksiz deňtizlenýän hereketde geçilen ýol üçin aşakdaky formulany alýarys:

$$s = \frac{at^2}{2}. \quad (2)$$



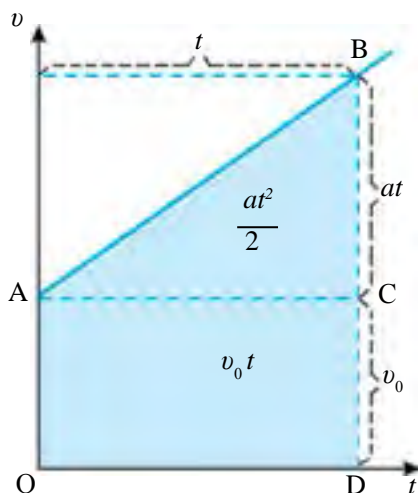
**38-nji surat.**  $v_0 = 0$  ýagdaý üçin deňtizlenýän hereketde geçilen ýol

Başlangyç tizliksiz deňtizlenýän hereketlenýän jisimiň tizliginiň grafigi ýapgytlyk boýunça ugrukdyrylan göni çyzykdan ybaratdygyny bilýärsiňiz (38-nji surat). Bu suratda şekillendirilen OBC üçburçlugyň meýdanyny anyklalyň. Suratdaky OABC gönüburçlugyň taraplary  $at$  we  $t$  bolýanlygyndan, onuň meýdany  $at \cdot t = at^2$ -a deň. OBC üçburçlugyň meýdany bolsa OABC dörtburçlugyň meýdanynyň ýarysyna deň,

ýagny  $at^2/2$ . Bu jisim geçilen  $s$  ýoly aňladýar.  $v_0$  başlangyç tizlik bilen

deñtizlenýän hereket edýän jisimiň  $t$  wagtyň dowamynda geçen  $s$  ýoly 39-njy suratda şekillendirilen OABD şekiliň meýdanynyň san bahasyna deň bolýar. Ol iki bölekden – meýdany  $v_0t$  bolan OACD gönüburçlukdan we meýdany  $at^2/2$  bolan ABC üçburçlukdan ybarat. Diýmek, deňüýtgeýän hereketde jisimiň geçen ýoly aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$s = v_0t + \frac{at^2}{2}. \quad (3)$$



39-njy surat.  $v_0 > 0$  bolanda deñtizlenýän hereket üçin geçilen ýoluň grafigi

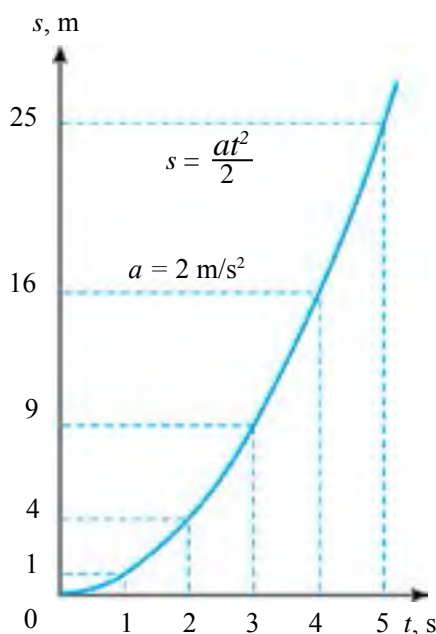
### Geçilen ýoluň grafigi

Geçilen ýoluň grafigini almak üçin geçilen ýoluň şol ýoly geçmek üçin sarp edilen wagta baglylygyny çyzgyda aňlatmalydyrys. Bu çzyk ýoluň wagta baglylygynyň grafigi, ýa-da gysgaça, ýoluň grafigi diýilýär. Islendik deňölçegli hereketlenýän jisimiň geçen ýolunyň grafigi göni çzykdan ybaratdygyny bilýäris. Indi deňüýtgeýän hereketdäki jisimiň ýolunyň grafigini gurup göreliň.

Jisim dynçlyk ýagdaýyndan gozgalyp ( $v_0 = 0$ ),  $a = 2 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen deñtizlenýän hereket edýän bolsun. Geçilen ýoluň grafigini çyzmak üçin ilki  $s = at^2/2$  formuladan  $t$  wagtyň birnäçe bahasyna laýyk gelýän  $s$  ýoly hasaplaýarys we netijeleri jedwele bellik edýäris:

$t, \text{s}$	0	1	2	3	4	5
$s, \text{m}$	0	1	4	9	16	25

Jedweldäki  $t$  we  $s$ -niň degişli bahalaryny koordinata oklarynda şekillendirip, ýoluň grafigini alýarys (40-njy surat). Bu grafik egri çzykdan ybarat bolup, wagtyň barha artmagy bilen geçilen ýol proporsional ýagdaýda artýar.



40-njy surat.  $v_0 = 0$  bolanda deñtizlenýän hereket üçin ýoluň grafigi

Şeýle görnüşe eýe bolan egri çyzyk **parabola** diýlip atlandyrylýar. Biz başlangyç tizligi  $v_0 = 0$  bolanynda wagt birliginde tizligi birmeňzeş mukdarda artýan hereket üçin geçilen ýoluň grafigine garadyk. Başlangyç tizligi nola deň bolup, deňüýtgeýän hereket edýän jisim hereketiniň birinji sekundynda ( $t = 1$  s) tizlenmäniň ýarysyna deň aralygy geçýändigini (2) formuladan hasaplap tapyp bileris.

Diýmek, birinji sekuntda geçilen ýoly bilmek bilen tizlenmäni tapmak mümkin eken.

### Mesele çözmegiň nusgasy

10 m/s tizlik bilen göni ýolda barýan welosiped  $-0,2$  m/s<sup>2</sup> tizlenme bilen deňhäýallaýan hereket edip başlady. Welosiped 40 s dowamynda näçe ýoly geçýär? Welosiped näçe wagtdan soň togtar?

Berlen:

$$\begin{aligned} v_0 &= 10 \text{ m/s}; \\ a &= -0,2 \text{ m/s}^2; \\ t &= 40 \text{ s}; \\ v &= 0. \end{aligned}$$

Tapmaly:

$$s = ? \quad t_0 = ?$$

Formulasy:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2};$$

$$v = v_0 + at_0;$$

$$v_0 + at_0 = 0;$$

$$t_0 = -\frac{v_0}{a}.$$

Çözülişi:

$$s = \left(10 \cdot 40 + \frac{-0,2 \cdot 40^2}{2}\right) \text{ m} = 240 \text{ m}.$$

$$t_0 = -\frac{10}{-0,2} \text{ s} = 50 \text{ s}.$$

Jogaby:  $s = 240$  m;  $t_0 = 50$  s.



**Daýanç düşüňjeler:** deňüýtgeýän hereketde geçilen ýol, deňüýtgeýän hereket üçin ýol grafigi.



1. Dynçlyk ýagdaýyndan gozgalyp, ( $v_0 = 0$ ),  $a = 3$  m/s<sup>2</sup> tizlenme bilen deňtizlenýän hereket edýän jisimiň geçen ýolunyň grafigini gurus.
2. 39-njy suratda şekillendirilen grafikden ( $v_0 > 0$  üçin) jisimiň geçen ýoly nähili tapylýar?



1. Ýerinden gozgalyp,  $0,3$  m/s<sup>2</sup> tizlenme bilen deňtizlenýän hereket edýän jisim 10 s-da näçe ýoly geçer?
2. Başlangyç tizligi 30 km/sagat bolan awtomobil  $0,5$  m/s<sup>2</sup> tizlenme bilen deňtizlenýän hereket edip, 1 minudyň dowamynda näçe ýoly geçer?
3. Jisim ýerinden gozgalyp,  $1$  m/s<sup>2</sup> tizlenme bilen deňtizlenýän hereket edýär. Jisimiň hereketiniň ýolunyň grafigini gurus.
4. Başlangyç tizligi 36 km/sagat bolan awtomobil  $4$  m/s<sup>2</sup> tizlenme bilen deňtizlenýän hereket edýär. Awtomobiliň hereketiniň ýolunyň grafigini gurus.
5. Jisim birmeňzeş wagt aralyklarynda  $v_0 = 0$  m/s,  $v_1 = 1$  m/s,  $v_2 = 2$  m/s we ş. m. tizlige eýe bolsa, onuň hereketini deňüýtgeýän diýmek bolýarmy?

## 12-§. DEŇTIZLENÝÄN HEREKETLENÝÄN JISIMIŇ TIZLENMESINI KESGITLEMEK

### (1-nji laboratoriya işi)

**Işiň maksady:** ýapgyt ternawdan togalanyp düşýän şarjagazyň geçen ýoluny we hereket wagtyny ölçemek arkaly deňtizlenýän hereketlenýän jisimiň tizlenmesini kesgitlemegi öwrenmek.

**Gerekli enjamlar:** metal ternaw, polat şarjagaz, şatiw, metal silindr, ölçeg lentasy, sekundomer.



41-nji surat. Deňtizlenýän hereket tizlenmesini kesgitlemek üçin gurluş

### Işi ýerine ýetirmegiň tertibi

1. 41-nji suratda görkezilişi ýaly, metal ternawy şatiwe ornaşdyryň, metal silindri ternawyň aşaky ujuna ýerleşdiriň.

2. Ternawyň ýokarky ujundan goýberilen şarjagaz ternawyň aşaky ujundaky silindre baryp urulýança geçen wagty sekundomeriň kömeginde ölçäň.

3. Tejribäni 3 gezek gaýtalaň. Her gezek şarjagazyň hereket wagty  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ -i ölçäň. Netijeleri 1-nji jedwele bellik ediň.

4. Ölçeg lentasynyň kömeginde şarjagazyň geçen  $s$  ýoluny ölçäň.

5. Deňtizlenýän hereketde jisimiň geçen ýoly  $s = at^2/2$  formuladan tizlenmäniň formulasy  $a = 2s/t^2$  bolýar. Tejribede ölçelen  $s$  ýoly we her bir  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  wagty ýekän-ýekän tizlenmäniň formulasyna goýup,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  tizlenmeleri hasaplaň.

6.  $a_{\text{ort}} = (a_1 + a_2 + a_3)/3$  formulanyň kömeginde ortaça tizlenmäni hasaplaň. Alnan bu baha ýapgyt ternawdan togalanyp düşýän şarjagazyň tizlenmesini aňladýar.

7. Şu tejribäni ternawyň ýapgytlygy üç hili bolan ýagdaýy üçin ýerine ýetiriň.

8.  $\Delta a_n = |a_{\text{ort}} - a_n|$  formuladan absolýut ýalňyşlygy tapyň.

9.  $\Delta a_{\text{ort}} = (\Delta a_1 + \Delta a_2 + \Delta a_3)/3$  formuladan ortaça absolýut ýalňyşlygy hasaplaň.

10.  $\varepsilon = (\Delta a_{\text{ort}} / a_{\text{ort}}) \cdot 100\%$  formuladan otnositel ýalňyşlygy tapyň.

11. Netijeleri derňäň we netije çykaryň.

T/n	s, m	$t_1, s$	$t_2, s$	$t_3, s$	$a_1, m/s^2$	$a_2, m/s^2$	$a_3, m/s^2$	$a, m/s^2$	$a_{ort}, m/s^2$	$\varepsilon, \%$
1										
2										
3										



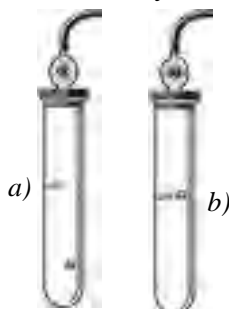
1. Ternawyň ýapgytlygy artanda näme sebäpden tizlenmäniň bahasy barha artýar?

### 13-Ş. JISIMLERIŇ ERKIN GAÇMAGY

Birmeňzeş beýiklikden taşlanan daşyň we guşuň ýeleginiň ýere dürli wagtlarda gaçandygyny synlan gadymky gerk filosofy Aristotel Ýeriň dartyş güýjüniň täsirinde agyr jisimler ýeňil jisimlerden oň gaçýar, diýen netijä gelipdir. Bu nädogry taglymat baryp iki müň ýylyň dowamynda dogry diýlip gelindi. Diňe italiýaly alym Galileo Galileýiň (1564–1642) XVI asyryň ahyrynda geçiren tejribelerinden soň Aristoteliň pikirleriniň nädogrudygyny subut edildi.



42-nji surat. Piza minarasy



43-nji surat. Seýreklenen howadaky jisimleriň hereketi



**Jisimiň howasyz ýerde diňe Ýeriň dartyş täsirindäki Ýere tarap hereketi erkin gaçma diýlip atlandyrylýar.**



Jisimiň erkin gaçmagy gönüçzykly deňüýtgeýän herekete aýdyň mysal bolup bilýär. Belli bir beýiklikden taşlap goýberilen şarjagaz deňtizlenýän hereket edip, onuň tizligi her sekuntda  $9,81 \text{ m/s}^2$ -a barha artýar (44-nji surat).



**Erkin gaçýan jisimiň tizlenmesi üýtgemeyän bolup, bu ululyk erkin gaçma tizlenmesi diýlip atlandyrylýar we  $g$  harpy bilen belgilenýär.**

Munda:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

Anyk ölçegler Ýer ýüzüniň dürli geografik giňliklerinde erkin gaçma tizlenmesiniň bahalary dürlüçedigini görkezdi. Meselem, bu tizlenme polýusda  $g = 9,83 \text{ m/s}^2$  bolsa, ekwatorada  $g = 9,78 \text{ m/s}^2$ -a deň.

Munuň esasy sebäbi Ýeriň absolýut şar şeklinde dälligidir. Erkin gaçma tizlenmesini takmynan  $9,8 \text{ m/s}^2$ , käbir ýagdaýlarda tegeleklenip  $10 \text{ m/s}^2$  -a deň diýip almak mümkin.

Erkin gaçma tizlenmesi wektor ululyk bolup, ol hemişe pese dik ugrukdyrylan bolýar.

Gönüçzykly deňüýtgeýän herekete degişli ähli formulalary erkin gaçma ulanmak mümkin. Diňe munda  $a$  tizlenmäni  $g$  erkin gaçma tizlenmesi bilen,  $s$  ýoly  $h$  beýiklik bilen çalşyrmak ýeterli bolýar. Şeýlelikde erkin gaçma degişli aşakdaky formulalary ýazmak mümkin:

1. Erkin gaçýan jisimiň  $t$  wagtdaky tizligi:

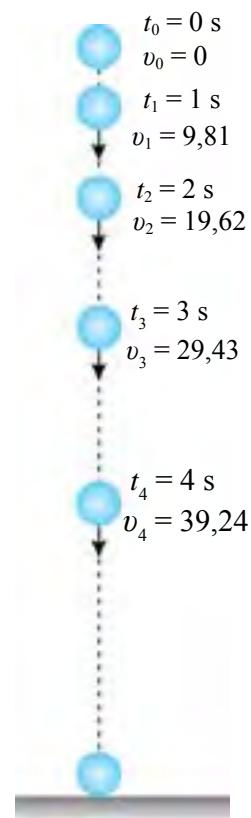
$$v = v_0 + gt; \quad (1) \quad v_0 = 0\text{-da:} \quad v = gt. \quad (2)$$

2. Erkin gaçýan jisimiň ortaça tizligi:

$$v_{\text{ort}} = v_0 + \frac{gt}{2}; \quad (3) \quad v_0 = 0\text{-da:} \quad v_{\text{ort}} = \frac{gt}{2}. \quad (4)$$

3. Erkin gaçýan jisimiň düşme beýikligi:

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}; \quad (5) \quad v_0 = 0\text{-da:} \quad h = \frac{gt^2}{2}. \quad (6)$$



**44-nji surat.**  
Erkin gaçýan jisimiň hereketi

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Jisim beýiklikden taşlap goýberilende 5 s-da ýere gaçdy. Jisim nähili beýiklikden taşlanypdyr? Ol ýere nähili tizlik bilen gaçypdyr?  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alynsyn.

<p><i>Berlen:</i></p> $t = 5 \text{ s}; v_0 = 0;$ $g = 10 \text{ m/s}^2.$ <hr/> <p><i>Tapmaly:</i></p> $h - ? v - ?$	<p><i>Formulasy:</i></p> $h = \frac{gt^2}{2};$ $v = gt.$	<p><i>Çözülişi:</i></p> $h = \frac{10 \cdot 5^2}{2} \text{ m} = 125 \text{ m};$ $v = (10 \cdot 5) \text{ m/s} = 50 \text{ m/s}.$ <p><i>Jogaby:</i> <math>h = 125 \text{ m}; v = 50 \text{ m/s}.</math></p>
---	--	--



**Daýanç düşüňjeler:** erkin gaçma, erkin gaçma tizlenmesi.



1. Iki birmeňzeş daş birmeňzeş beýiklikden yzly-yzyna taşlap goýberilse, gaçma dowamynda olaryň arasyndaky aralyk üýtgärmä?
2. Haýsy-da bolsa bir beýiklikden başlangyç tizliksiz taşlanan jisim 5 s-da ýere gaçdy. Ol nähili beýiklikden taşlanypdyr?



1. Jisim mälim beýiklikden taşlap goýberildi. Erkin gaçýan jisimiň 6 s-dan soňky tizligi näçe bolupdyr? Şu wagtyň dowamynda jisim näçe beýikligi geçipdir? Şu we soňky meselelerde  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alynsyn.
2. Mälim beýiklikden taşlap goýberilen jisim erkin gaçýar. Ol näçe wagtda 40 m/s tizlige ýeter? Şol wagtyň dowamynda jisim nähili aralygy geçer?
3. Jisim mälim beýiklikden 15 m/s tizlik bilen dik aşak zyňlydy. 3 s-dan soň jisim nähili tizlige ýetipdir? Şol wagtyň dowamynda jisim näçe beýikligi geçipdir?

## 14-§. ÝOKARY DIK ZYŇLAN JISIMIŇ HEREKETI

Islendik jisim ýokary zyňlanda, ol nähilidir beýiklige göterilip, soň ýene gaýdyp ýere düşýär. Indi bu hereketi derňew edip göreliň. Bizi jisimiň nähili tizlenme bilen hereket edýändigini gyzyklandyryň. Jisim ýokary dik zyňlanda, ol deňhäýallaýan hereket edýär. Bu ýagdaýda jisimiň erkin gaçma tizlenmesi  $g$  ýerine otrisatel  $-g$  alynýar. Onda  $v = v_0 + gt$  formuladan peýdalanyp, ýokary dik zyňlan jisimiň islendik  $t$  wagtdaky tizligi aşakdaky ýaly tapylýar:

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

49-njy sahypadaky (5) formuladan bolsa ýokary dik zyňlan jisimiň islendik  $t$  wagtdaky göterilýän beýikligini kesgitlemek mümkin:

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

Tejribeden görnüşi ýaly, belli bir nokatdan ýokary dik zyňlan jisimiň ýokary göterilmegine näçe wagt sarp bolsa, şu nokada gaýdyp düşmegine-de şonça wagt gidýär. Meselem, jisim  $v_0 = 20$  m/s tizlik bilen ýokary dik zyňlydy, diýeliň (45-nji surat).

$g = 10$  m/s<sup>2</sup> diýip alyp, aşakdaky hasaplamalary ýerine ýetireliň. Jisim iň ýokary beýiklige göterilende, onuň tizligi  $v = 0$  bolýar. Onda (1) formuladan iň ýokary beýiklige göterilýänçe giden wagty hasaplamak mümkin:

$$t = \frac{v_0}{g} = \frac{20}{10} \text{ s} = 2 \text{ s}.$$

(2) formulada  $v_0 = 20$  m/s diýip alyp, jisim zyňlan nokatdan näçe beýiklige göterilendigini hasaplalyň:

$$h = (20 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 2^2}{2}) \text{ m} = 20 \text{ m}.$$

Jisim iň ýokary nokada göterilende başlangyç tizlik  $v_0 = 0$  bolup, indi ol  $g$  tizlenme bilen aşak gaçyp başlaýar. Dik aşaklygyna hereketlenende jisim 2 sekundyň dowamynda näçe aralygy geçýändigini hasaplalyň:

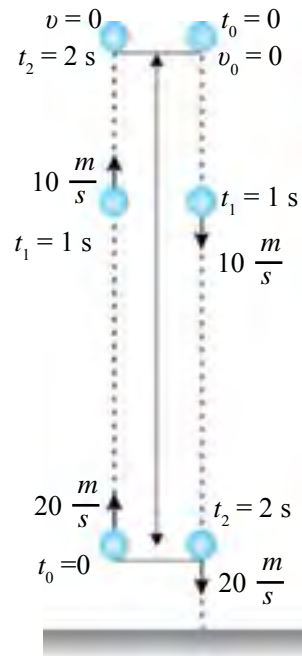
$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \cdot 2^2}{2} \text{ m} = 20 \text{ m}.$$

Diýmek, jisim 2 sekuntda näçe beýiklige göterilse, ýene 2 sekuntda ýene şonça aralygy geçip, zyňlan nokadyna gaýdyp düşýän eken.

Indi jisim gaýdyp düşende  $t = 2$  s wagt geçende nähili tizlige eýe bolýandygyny hasaplalyň:

$$v = gt = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2 \text{ s} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Jisim ýokary şeýle tizlik bilen zyňlypdy.



45-nji surat. Ýokary dik zyňlan jisimiň hereketi



**Ýokary dik zyňlan jisim näçe wagt ýokary göterilse, soňça wagtda pese gaýdyp düşýär. Jisim nähili tizlik bilen ýokary dik zyňlan bolsa, ol gaýdyp düşende, zyňlan nokada ýetende edil şeýle tizlige eýe bolýar.**

Eger (2) formulada tizlenmäni nola deň diýip alsak, bu formula deňölçepli hereketiň formulasyna öwrülýär. Ýokary dik zyňlan jisimiň hereketini derňemek we meseleler çözmek üçin, esasan, başlangyç tizlik baradaky maglumat gerek bolýar.

*Mesele çözmegiň nusgasy*

40 m/s tizlik bilen ýokary dik zyňlan jisimiň 3 s-dan soňky tizligi näçe bolar? Şol wagtyň dowamynda jisim näçe beýiklige göteriler?  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alynsyn.

*Berlen:*  
 $v_0 = 40 \text{ m/s};$   
 $t = 3 \text{ s};$   
 $g = 10 \text{ m/s}^2.$

*Tapmaly:*  
 $v = ? \quad h = ?$

*Formulasy:*

$$v = v_0 - gt;$$

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

*Çözülişi:*

$$v = (40 - 10 \cdot 3) \text{ m/s} = 10 \text{ m/s};$$

$$h = (40 \cdot 3 - \frac{10 \cdot 3^2}{2}) \text{ m} = 75 \text{ m}.$$

*Jogaby:*  $v = 10 \text{ m/s}; h = 75 \text{ m}.$



1. Almany 3 m/s tizlik bilen ýokary dik zyňsaňyz, gapyp alan mahalyňyzda onuň tizligi näçe bolar?
2. Jisim wertikal ýokary 40 m/s tizlik bilen zyňyldy. Näçe wagtdan soň onuň tizligi iki esse kemeler?



1. 25 m/s tizlik bilen ýokary dik zyňlan jisimiň 2 s-dan soňky tizligi näçe bolar? Şol wagtyň içinde näçe beýiklige göteriler? Şu we soňky meselelerde  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alynsyn.
2. Jisim 30 m/s tizlik bilen dik ýokarlygyna zyňyldy. Jisim nähili beýiklige göterilýär we näçe wagtdan soň zyňlan nokada gaýdyp düşýär?
3. Jisim 40 m/s tizlik bilen dik ýokary zyňyldy. 5 s-dan soň jisimiň tizligi nähili bolar? Şol wagtda jisim nähili beýiklikde bolar?
4. 20 m/s-a deň başlangyç tizlik bilen erkin gaçýan jisimiň hereket başlanandan 4 s geçen wagtdaky tizligi nähili (m/s) bolar?
5. Wertikal ýokary zyňlan jisim 6 s-dan soň ýere gaýdyp düşdi. Jisimiň başlangyç tizligi nähili bolupdyr? Jisim nähili beýiklige göterilipdir?

## II BABA DEGIŞLI GOŞMAÇA GÖNÜKMELER

1. Welosiped deňölçegli hereketlenip, 10 minutda 3 km ýoly geçdi. Welosipediň tizligini m/s we km/sagat birliklerinde tapyň.

2. 80 km/sagat tizlik bilen hereketlenýän awtomobil 45 minutda näçe ýoly geçýär?

3. Okuwçynyň öýünden mekdebe çenli bolan aralyk 500 m-e deň. Okuwçy 2,5 km/sagat tizlik bilen ýörese, mekdebe näçe minutda ýetip barar?

4. Motosikliň tizligi 72 km/sagat, onuň hereketine garşy öwürýän şemalyň tizligi bolsa 5 m/s. Motosikle görä şemalyň tizligi näçe? Şemal motosikliň hereket ugrunda bolsa nähili?

5. Iki otly bir-birine tarap 90 km/sagat we 72 km/sagat tizlik bilen hereketlenýär. Ikinji otludaky ýolagçy birinji otly onuň ýanyndan 6 s dowamynda geçenligini anyklady. Birinji otludaky ýolagçynyň ýanyndan bolsa ikinji otly 8 s dowamynda geçenligi mälim boldy. Iki otlynyň uzynlygyny tapyň.

6. Gaýygyň suwa görä tizligi derýanyň akymynyň tizliginden 3 esse uly. Iki punktyň arasyndaky aralygy gaýykda akyma garşy ýüzüp geçmek üçin akym boýunça geçmäge garanda näçe esse köp wagt sarp bolar?

7. Awtomobil ilki başda 10 s-da 150 m, soňky 20 s-da 500 m we ahyrky 5 s-da 50 m ýol ýöredi. Ýoluň her haýsy bölegindäki we tutuş ýoldaky ortaça tizlikleri km/sagat hasabynda tapyň.

8. Otly hereketlenip başlanandan soň 10 s geçende 36 km/sagat tizlige eýe boldy. Şeýle deňtizlenýän hereket edýän otlynyň tizligi näçe wagt geçensoň 72 km/sagada ýetýär?

9. Ýapgyt ternawdan dynçlyk ýagdaýyndan başlap togalanyp gaýýan şarjagaz birinji sekuntda 8 sm ýol geçdi. Şarjagaz 3 sekundyň dowamynda näçe ýol geçer?

10. 34-nji suratda şekillendirilen  $v_0 > 0$  üçin tizligiň grafiginden jisimiň  $t = 5$  s-da geçen ýoluny hasaplaň.

11. Awtomobil dynçlyk ýagdaýyndan  $5 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen hereketlenip başlap, 4 sekundyň dowamynda näçe ýoly geçýär? Şol wagtda ol nähili tizlige eýe bolar?

12. 34-nji suratda şekillendirilen  $v_0 = 0$  üçin tizligiň grafiginden jisimiň  $t = 5$  s-da geçen ýoluny hasaplaň.

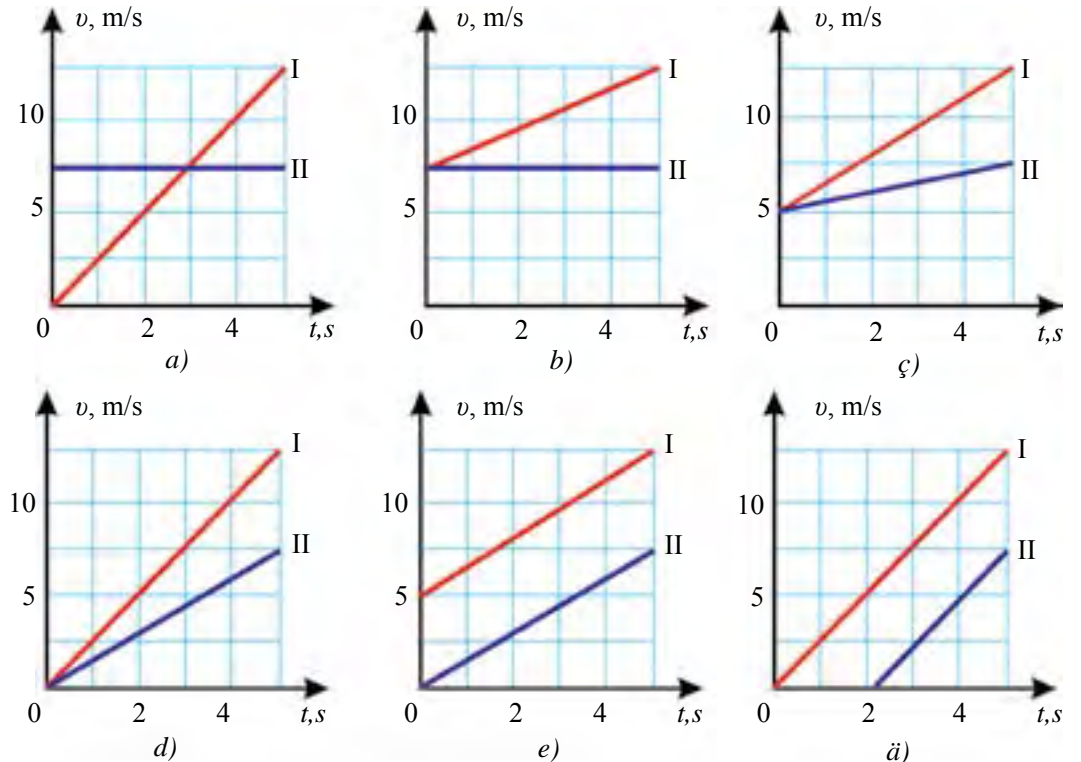
13. Mälim beýiklikden taşlap goýberilen jisim ýere erkin gaçýar, diýeliň. Ol näçe wagtda 80 m/s tizlige eýe bolar? Şu we soňky meselelerde  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alynsyn.

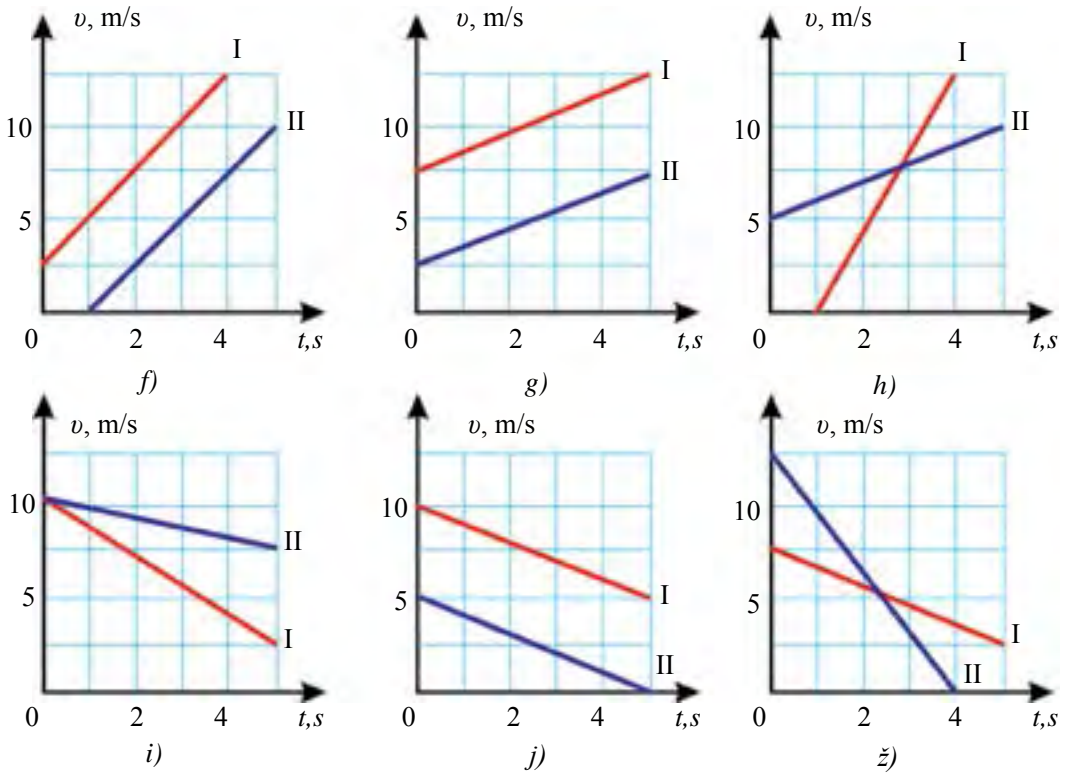
14. Jisim mälim beýiklikden 5 m/s tizlik bilen di aşak zyňyldy. 5 s-dan soň jisim nähili tizlige eýe bolar?

15. Dynçlyk ýagdaýynda duran wertolýotdan taşlanan ýük 12 s-da ýere gaçdy. Ýük nähili beýiklikden taşlanypdyr we ol nähili tizlik bilen ýere urlupdyr? Howanyň garşylygy hasaba alynmasyn?

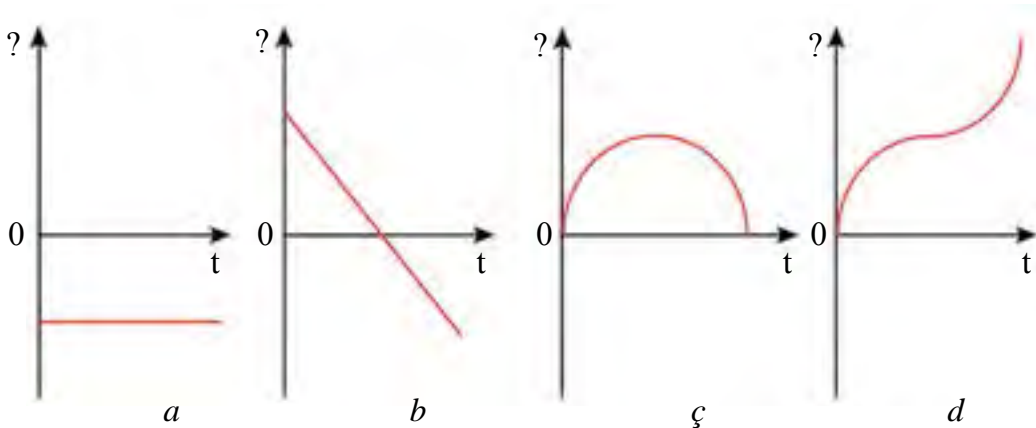
16. Awtomobil 30 km aralygy 15 m/s tizlikde, 40 km aralygy 1 sagatda geçdi. Awtomobil tutuş ýoluň dowamynda nähili ortaça tizlik bilen hereket edipdir?

17. Aşakdaky suratda getirilen grafikleri derňäp, iki hili hereketi özara deňşdiriň. Ondan hereket barada nähili maglumatlary anyklap bilýärsiňiz (hereketiň görnüşi, başlangyç tizlik, tizlenme, hereket wagty)?





18. Ýokary wertikal zyňlan jisim ýokary görüldi we gaýdyp pese düşdi. Bu herekete degişli orun üýtgetme, geçilen ýol, tizlik we tizlenmäniň wagta baglylygynyň grafigi aşakdaky suratda getirilen. Grafikleri derňew edip, olaryň her biriniň haýsy baglanyşyga laýyk gelýändigini tapyň.





### III bap. TÖWEREK BOÝUNÇA DEÑÖLÇEGLI HEREKET

Biz şu wagta çenli traýektoriyasy göni çyzykdan ybarat bolan hereketi öwrendik. Jisimiň traýektoriyasy göni çyzyk bolmadyk islendik hereketi egri çyzykly hereketdir. Egri çyzykly hereketleriň iň ýönekeý görnüşi bolsa aýlanma hereket bolýar.

Aýlanma hereket barada düşünelere eýe bolmagyňyz iň maýda bölejik – elektronlardan çekip planetalaryň öz orbitalary boýunça aýlanma hereketlerini derňemekde, durmuşymyza peýdalanýan köp esbaplaryň aýlanma hereket edýän böleklerini öwrenende kömek edýär. Şu bapda jisimiň töwerek boýunça deňölçegli hereketi bilen tanyşýarys.

## 15-§. JISIMIŇ TÖWEREK BOÝUNÇA DEÑÖLÇEGLI HEREKETI

### Töwerek boýunça deňölçegli hereket barada düşünje

Sagat milleriniň ujunyň, birmeňzeş tizlikde barýan welosipediň ýa-da awtomobil tigriniň, işleýän wentilýatoryň perreginiň hereketini töwerek boýunça deňölçegli hereket diýmek mümkin. Ýatladyp geçýäris, deňölçegli diýende ugur boýunça deňölçegli däl, wagtyň geçmegi dowamynda birmeňzeş tizligi düşünmelidiris.



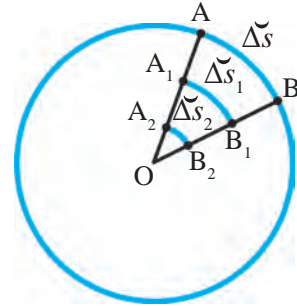
**Eger maddy nokat töwerek boýunça islendik deň wagtlar arasynda deň uzynlykdaky dugalary geçse, beýle herekete töwerek boýunça deňölçegli hereket diýilýär.**

Maddy nokadyň töwerek boýunça hereketi diýende, aýlanma hereket edýän jisimiň haýsy-da bolsa bir nokady nazarda tutulýar. Meselem, sagat miliniň belli bir nokadyny, aýdaly, ujuny maddy nokat diýip garamak mümkin. Welosiped ýa-da awtomobil tigriniň okundan belli bir uzaklykdaky nokadyny hem maddy nokat diýip almak bolýar. Munda tigriniň aýlanma hereketi ýere görä däl, eýsem welosipediň ýa-da awtomobiliň korpusyna görä garalýar.



### Çyzykly tizlik we burç tizligi

Aýlanma hereketde jisimiň aýlanma okundan dürli uzaklykdaky nokatlary mälim  $\Delta t$  wagtyň dowamynda dürli uzynlykdaky  $\Delta s$  dugalary geçýär. 46-njy suratdan mälim  $\Delta t$  wagtyň içinde jisimiň A nokady  $\Delta s$  dugany,  $A_1$  nokady  $\Delta s_1$  ni,  $A_2$  nokady bolsa  $\Delta s_2$  dugany geçýändigini görüň. Bu nokatlaryň wagt birliginde geçen aralyklary, ýagny tizlikleri dürlükdir.



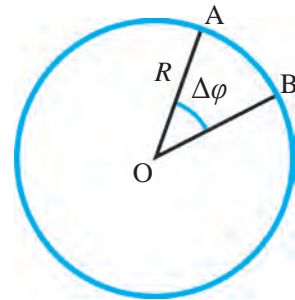
46-njy surat. Dürli nokatlaryň geçen ýoly

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \cdot (1)$$



**Aýlanma hereket edýän maddy nokadyň wagt birligi içinde duga boýunça geçen ýoluna san taýdan deň bolan ululyga çyzykly tizlik diýilýär.**

Jisim  $R$  radiusly töwerek boýunça deňölçegli hereket edýän bolsun (47-nji surat). Eger jisim haýsy-da bolsa bir  $\Delta t$  wagtyň içinde A nokatdan B nokada orun üýtgetse, töweregiň merkezinden şu A nokada geçirilen  $R$  radius  $\Delta\phi$  burça öwrülýär. Bu burça *öwrülme burçy* diýilýär. Aýlanýan nokadyň töweregiň merkezinden uzak-ýakynlygyna seretmezden öwrülme burçy birmeňzeş. Ol radian (rad) ýa-da gradus ( $^\circ$ ) birliklerinde ölçelýär.

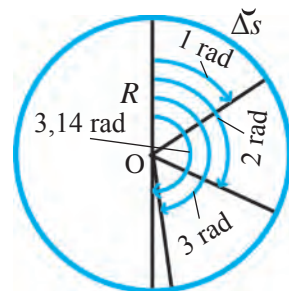


47-nji surat. Öwrülme burçunyň emele gelşi



**Bir radian şeýle burç bolup, beýle burçuň garşysyndaky duganyň uzynlygy şu töweregiň radiusyna deň.**

Ýagny  $\Delta s = R$ -da  $\Delta\phi = 1$  rad bolýar (48-nji surat). 1 radian takmynan 57 gradusy düzýär, ýagny  $1 \text{ rad} \approx 57^\circ$ . 48-nji suratdaky  $R$  radius 2 radiana öwrülse,  $\Delta\phi \approx 114^\circ$ , 3 radiana öwrülse,  $\Delta\phi = 172^\circ$  bolýar. Radius  $R$  ýarym töwerege, ýagny  $180^\circ$ -a öwrülme  $\Delta\phi = 3,14 \text{ rad} = \pi$ -ni düzýär. Jisim bir gezek aýlananda töweregiň uzynlygy  $s = 2\pi R$  -e deň bolan aralygy geçýär.



48-nji surat. Burçuň radian ölçegi

Öwrülme burçunyň radian ölçegindeki aňlatmasy aşakdaka deň:

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta\check{s}}{R}. \quad (2)$$

Aýlanma hereketde çyzykly tizlik  $v$  bilen bir wagtda **burç tizligi**  $\omega$  (omega) hem ulanylýar. Munda:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}. \quad (3)$$



**Töwerek boýunça hereketde töweregiň radiusynyň öwrülme burçunyň şu öwrülme üçin giden wagta gatnaşygyna burç tizligi diýilýär.**

Burç tizligi wektor ululyk bolup, onuň birligi rad/s-da aňladylýar. Aýlanýan jisimiň ähli nokatlarynda burç tizligi  $\omega$  birmeňzeş bolýar.

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Anhordan suw çykarmak üçin jykyr ornaşdyrylan. Onuň okundan 1,5 m uzaklykda bedreler berkidilen. Jykyr bir gezek doly aýlaw etmegine 24 s wagt gitse, bedreleriň öwrülme burçy, çyzykly tizligi we burç tizligi näçe bolar?

<i>Berlen:</i>	<i>Formulasy:</i>	<i>Çözülişi:</i>
$R = 1,5 \text{ m};$ $\Delta t = 24 \text{ s}.$	$\Delta\varphi = 2\pi;$ $\Delta\varphi = \frac{\Delta\check{s}}{R} \text{ dan } \Delta\check{s} = \Delta\varphi R;$	$\Delta\varphi = 2 \cdot 3,14 \text{ rad} = 6,28 \text{ rad};$ $\Delta s = 6,28 \cdot 1,5 \text{ m} = 9,42 \text{ m};$
<hr/> <i>Tapmaly:</i> $\Delta\varphi = ? \quad v = ?$ $\omega = ?$	$v = \frac{\Delta\check{s}}{\Delta t}; \quad \omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}.$	$v = \frac{9,42 \text{ m}}{24 \text{ s}} \approx 0,4 \frac{\text{m}}{\text{s}};$ $\omega = \frac{6,28 \text{ rad}}{24 \text{ s}} \approx 0,26 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

*Jogaby:*  $\Delta\varphi = 6,28 \text{ rad}; v \approx 0,4 \text{ m/s}; \omega \approx 0,26 \text{ rad/s}.$



**Daýanç düşüňjeler:** töwerek boýunça deňölçegli hereket, çyzykly tizlik, öwrülme burçy, radian, gradus, burç tizligi.



1. Radiusy 10 sm bolan töwerekdäki nokat deňölçegli hereket edip, töweregiň ýarysyny 10 s wagtyň dowamynda geçdi. Onuň çyzykly tizligini tapyň.

2. Ýolda barýan welosipediň ýa-da awtomobiliň tigriniň hereketini ýere göre aýlanma hereket diýmek mümkinmi? Näme üçin?



1. Tigr aýlananda 0,1 s dowamynda 1 rad-a öwrülýär. Tigiriň okundan 5 sm, 10 sm we 15 sm uzaklykdaky nokadyň çyzykly tizligini tapyň. Tigr nähili burç tizligi bilen aýlanýar?
2. Welosipediň tigriniň okundan iň uzak nokady 0,02 s dowamynda 20 sm dugany geçdi. Welosipediň tizligini tapyň.
3. Sagadyň 30 mm uzynlykdaky minut miliniň uýy 10 minutda 30 mm uzynlykdaky dugany geçýär. Minut miliniň ujunyň çyzykly tizligini, öwrülme burçuny we burç tizligini tapyň.
4. Eger 47-nji suratdaky töweregiň radiusy 1 m bolsa, 1 rad, 2 rad, 3 rad we 3,14 rad burçuň garşysyndaky duganyň uzynlygy her bir ýagdaý üçin näçe bolar?
5. Seýil bagyndaky karuseliň sebetleri aýlanma okundan 20 m uzaklykda ornaşdyrylan. Karuseliň sebeti bir gezek doly aýlawyna 10 minut wagt gidýär. Sebetiň çyzykly tizligi we burç tizligi näçe bolýar?

## 16-§. AÝLANMA HEREKETI HÄSIÝETLENDIRÝÄN ULULYKLARYŇ ARASYNDAKY GATNAŞYKLAR

### Çyzykly tizlik bilen burç tizliginiň arasyndaky gatnaşyk

Öňki temanyň ahyryndaky mesele çözmegiň nusgasynda töwerek boýunça deňölçegli hereket edýän jisimiň ýol formulasy getirilip çykarylypdy:

$$\Delta \check{s} = \Delta \varphi R.$$

Bu formulany çyzykly tizligiň formulasyna goýup, aşakdaky aňlatmany alýarys:

$$v = \frac{\Delta \check{s}}{\Delta t} = \frac{\Delta \varphi R}{\Delta t} = \omega R.$$

Diýmek, töwerek boýunça deňölçegli hereketde çyzykly tizlik bilen burç tizliginiň arasyndaky gatnaşyk aşakdaky ýaly bolýar:

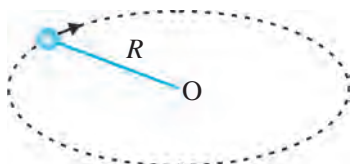
$$v = \omega R. \quad (1)$$

### Aýlaw peridy, ýyglygy, çyzykly tizlik bilen burç tizliginiň arasyndaky gatnaşyklar

Töwerek boýunça deňölçegli hereketi has dolurak aňlatmak üçin aýlaw peridy we aýlaw ýyglygy düşüňjelerinden peýdalanylýar.



**Jisimiň töwerek boýunça doly bir aýlaw etmäge giden wagt aýlaw peridy diýlip atlandyrylýar.**



49-njy surat. Ýüpe daňlan şarjagazyň hereketi

Aýlaw peridy  $T$  bilen belgilenýär. Onuň esasy birlihi – sekunt (s).

Eger jisim  $\Delta t$  wagtyň içinde  $n$  gezek aýlanan bolsa, onda aýlaw peridy  $T$  aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

$$T = \frac{\Delta t}{n}. \quad (2)$$

49-njy suratda şekillendirilen ýüpe daňlan şarjagaz 8 s-da 20 gezek aýlansa, aýlaw peridy aşakdaky ýaly tapylýar:

$$T = \frac{8}{20} \text{ s} = 0,4 \text{ s}.$$



**Jisimiň wagt birligindäki aýlawlaryň sany aýlaw ýygylgy diýlip atlandyrylýar.**

Aýlaw ýygylgy  $\nu$  (nýu) bilen belgilenýär. Onuň esasy birlihi – 1/s.

Eger jisim  $\Delta t$  wagtda  $n$  gezek aýlaw eden bolsa, onda aýlaw ýygylgy  $\nu$  aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

$$\nu = \frac{n}{\Delta t}. \quad (3)$$

Ýüpe daňlan jisim 8 s-da 20 gezek aýlaw etse, aýlaw ýygylgy aşakdaky ýaly tapylýar:

$$\nu = \frac{20}{8} \frac{1}{\text{s}} = 2,5 \frac{1}{\text{s}}.$$

$T$  aýlaw peridy bilen  $\nu$  aýlaw ýygylgynyň arasyndaky gatnaşyk:

$$T = \frac{1}{\nu} \quad \text{ýa-da} \quad \nu = \frac{1}{T}. \quad (4)$$

$T$  aýlaw peridy bilen  $v$  çyzykly tizligiň arasyndaky gatnaşyk:

$$T = \frac{2\pi R}{v} \quad \text{ýa-da} \quad v = \frac{2\pi R}{T}. \quad (5)$$

$T$  aýlaw peridy  $\omega$  bilen burç tizliginiň arasyndaky gatnaşyk:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{ýa-da} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}. \quad (6)$$

Aýlaw ýygylgy  $\nu$  bilen  $v$  çyzykly tizligiň arasyndaky gatnaşyk:

$$v = \frac{v}{2\pi R} \quad \text{ýa-da} \quad v = 2\pi\nu R. \quad (7)$$

Aýlaw ýygylgy  $\nu$  bilen  $\omega$  burç tizliginiň arasyndaky gatnaşyk:

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} \quad \text{ýa-da} \quad \omega = 2\pi\nu. \quad (8)$$

Aňlatmalardan görnüşi ýaly, maddy nokadyň burç tizligi onuň aýlaw periodyna ters, aýlaw ýygylgyna bolsa göni proporsional gatnaşykda bolýar. Aýlanma hereketleriň içinde jisimleriň deňölçegli hereketi köp duşýar. Meselem, elektrik dwigatelleriň perrikleri, orbita boýunça hereketlenýän Ýeriň emeli hemralary we ş.m. Birmeňzeş wagt aralygynda birmeňzeş tizlikde hereketlenýän jisimleriň ýagdaýyny matematiki görnüşde aňlatmak aňsat.

*Mesele çözmegiň nusgasy*

«Neksiýa» awtomobili 90 km/sagat tizlik bilen deňölçegli hereketlenýär. Eger awtomobiliň tigiriniň radiusy 40 sm bolsa, tigiriň aýlaw periodyny, aýlaw ýygylgyny we burç tizligini tapyň.

<p><i>Berlen:</i></p> <p><math>v = 90 \text{ km/sagat} = 25 \text{ m/s};</math>  <math>R = 40 \text{ sm} = 0,4 \text{ m}.</math></p> <hr style="width: 100%;"/> <p><i>Tapmaly:</i></p> <p><math>T = ? \quad \nu = ? \quad \omega = ?</math></p>	}	<p><i>Formulasý:</i></p> <p><math>T = \frac{2\pi R}{v};</math>  <math>\nu = \frac{1}{T};</math>  <math>\omega = 2\pi\nu.</math></p>	<p><i>Çözülişi:</i></p> <p><math>T = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4}{25} \text{ s} \approx 0,1 \text{ s};</math>  <math>\nu = \frac{1}{0,1} \frac{1}{\text{s}} = 10 \frac{1}{\text{s}};</math>  <math>\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 62,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}}.</math></p>
---	---	---	---

*Jogaby:*  $T \approx 0,1 \text{ s}; \nu = 10 \text{ 1/s}; \omega = 62,8 \text{ rad/s}.$



**Daýanç düşüňjeler:** töwerek boýunça deňölçegli hereket edýän jisimiň geçen ýoly, aýlaw periody, aýlaw ýygylgy.



1. Awtomobiliň tizligi 20 m/s, tigiriniň diametri 64 sm. Awtomobiliň tigiriniň burç tizligini tapyň.
2. Jisim 10 m/s tizlik bilen 2 m radiusly töwerek boýunça hereketlenýär. Onuň aýlaw ýygylgyny tapyň.

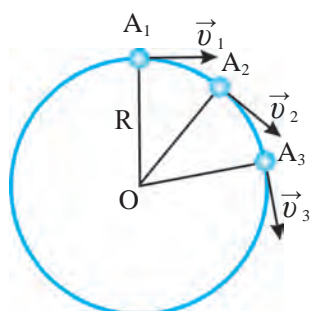


1. Karuseliň sebeti 1 minutda 2 aýlaw edýär. Karusel okundan 1 m uzaklyga ornaşdyrylan sebetiň çyzykly tizligini we burç tizligini tapyň.

2. Welosiped 10 m/s tizlik bilen deňölçegli hereketlenýär. Eger welosipediň tigriniň radiusy 30 sm bolsa, onuň aýlaw periodyny, aýlaw ýygylgyny we burç tizligini tapyň.
3. Ýer şarynyň ekwatorynda duran jisimiň çyzykly we burç tizligini hasaplaň. Ýeriň radiusyny 6400 km-e deň diýip alyň.

## 17-Ş. MERKEZE YMTYLÝAN TIZLENME

### Töwerek boýunça deňölçegli hereketde tizligiň ugry



**50-nji surat.** Töwerek boýunça deňölçegli hereketde tizlikleriň ugry

Şarjagaz  $R$  radiusly töwerek boýunça deňölçegli hereket edýän bolsun. Şarjagaz öz hereketi dowamynda  $\Delta t$  wagtyň içinde  $A_1$  nokatdan  $A_2$  nokada, ýene şonça wagtyň içinde  $A_2$  nokatdan  $A_3$  nokada geçsin (50-nji surat).

Şarjagaz aýlanma hereketde mälim  $\Delta t$  wagtyň dowamynda  $\Delta s$  dugany geçýär.  $\Delta t$  wagty örän kiçi diýip alsak, şol pursatdaky pursatlaýyn tizligi tapyp biliris. Şarjagaz deňölçegli hereket edýändigini üçin  $A_1, A_2, A_3$  nokatlarda onuň tizligi san taýdan birmeňzeş bolýar.

Ýöne olaryň ugry her hili bolýar. Aýlanma hereket dowamynda hereket ugry hemişelik üýtgäp durýanlygy üçin, bizi her bir pursatdaky tizligiň ugry gyzyklandyryr. Muny töwerek boýunça deňölçegli hereket edýän pyçak çarhlaýan diski synlap, uçgunlaryň ugrundan bilip biliris (51-nji surat). Uçgunlar diskiň pyşak degip duran nokadyna geçirilen radiusa perpendikulýar, ýagny töwregiň dugasyna galtaşma ugurda uçup çykýandygyny görýäris.

Diýmek, töwregiň her bir nokadaky tizlik, 50-nji suratda görkezilişi ýaly, töwregiň radiusyna perpendikulýar ugurda bolýar. Garly ýa-da suwly ýollarda barýan awtomobilleriň tigrilerinden syçraýan laý-suwuň ugry hem töwerege galtaşma ýagdaýynda bolýar. Aýlanma deňölçegli hereketde tizligiň ugry üznüksiz ýagdaýda üýtgäp durýandygy üçin hasaplamada ony skalýar däl, wektor ululyk hökmünde almalydyrys.

### Töwerek boýunça deňölçegli hereketde tizlenme

Gönüçyzykly deňüýtgeýän hereket edýän jisimiň tizlenmesinde wagtyň geçmegi bilen hereket ugry üýtgemeyär. Biz diňe tizligiň mukdarynyň

üýtgeýşiniň we wektoryň görnüşiniň aşakdaky ýalydygyny görüpdik:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}. \quad (1)$$

Töwerek boýunça deňölçegli hereketde bolsa tizligiň mukdary üýtgemeyär, diňe ugry üýtgeýär. Tizlik wektor ululyk bolanlygy üçin iki wektoryň moduli deň bolup, ýöne ugry dürlüçe bolsa, şeýle wektorlaryň tapawudynyň nola deň bolmaýandygyny bilýäris (52-nji surat).

Muny 50-nji suratda şekillendirilen şarjagazyň hereketinde görsek,  $\Delta t$  wagtyň içinde tizligiň wektorlarynyň tapawudy  $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$  ýa-da  $\vec{v}_3 - \vec{v}_2$  noldan tapawutly bolýar. Diýmek, tizlik wektory üýtgeýär. Tizligiň özgermegi bolsa aýlanma hereketde tizlenmäniň bardygyny delillendirýär.

(1) formuladan şarjagazyň  $\Delta t$  wagtyň içinde  $A_1$  nokatdan  $A_2$  nokada geçmegindäki hereket üçin tizlenme aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t}. \quad (2)$$

$R$  radiusly töwerek boýunça  $\vec{v}$  tizlik bilen deňölçegli hereketlenýän jisimiň pursatlaýyn tizlenmesi aşakdaky ýaly tapylýar:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}^2}{R}. \quad (3)$$

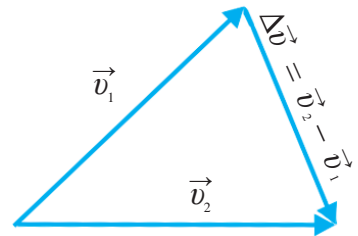
Formuladan aýlanma hereketde töweregiň radiusy näçe kiçi bolsa, tizlenmäniň şonça uly bolýandygyny görmek mümkin. Töweregiň radiusy ulalyp, göni çyzyga ýakynlaşdygy saýyn tizlenmäniň bahasy kemelip, barha nola ýakynlaşýar. Gönüçyzykly deňölçegli hereketde bolsa tizlik wektorlary üstme-üst düşýär. Netijede tizlikleriň bahasy we ugry birmeňzeş bolup, tizlenme nola deň bolup galýar.

### Töwerek boýunça deňölçegli hereketde tizlenmäniň ugry

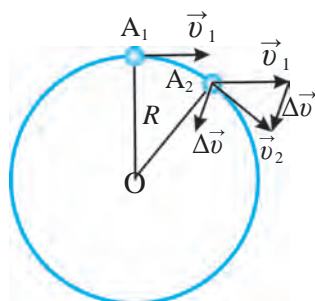
Töwerek boýunça deňölçegli hereket edýän şarjagaz  $A_1$  nokatdan  $A_2$  nokada geçende tizlikleriň wektorynyň tapawudy  $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$  bolýar.  $\vec{v}_2$  wektordan



51-nji surat. Töwerek boýunça deňölçegli hereketde tizlikleriň ugry



52-nji surat. Moduly deň, ugry dürlüçe wektorlaryň tapawudy



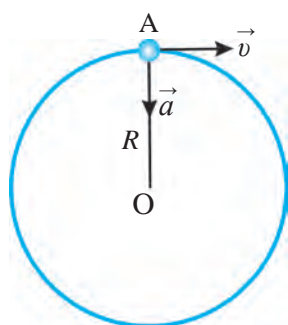
**53-nji surat.** Deňölçeqli aýlanma hereketde tizlik wektorynyň tapawudy

$\vec{v}_1$  wektor aýrylanda tapawut  $\Delta\vec{v}$  wektoryň ugry 53-nji suratda görkezilen.

Töwerek boýunça deňölçeqli hereketde  $\vec{a}$  tizlenmäniň ugry  $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$  tapawut wektoryň ugry bilen birmeňzeş bolýar. Muny (2) formuladan hem bilmek mümkin. Suratdaky  $\Delta\vec{v}$  wektoryň başlangyjyny  $A_2$  nokada geçireliň.  $A_2$  nokat  $A_1$ -a näçe ýakyn bolsa,  $\Delta\vec{v}$  wektoryň ugry töweregiň merkezine tarap şonça ýakyn ugrugýar.  $A_2$  nokat  $A_1$  nokada gaty ýakyn bolanda,  $\Delta\vec{v}$  wektor, şeýlelikde,

$\vec{a}$  tizlenme  $R$  radius boýunça  $O$  merkeze ugrukdyrylan bolýar (54-nji surat). Şonuň üçin hem deňölçeqli aýlanma hereket edýän jisimiň tizlenmesi

**merkeze ymtylýan tizlenme** diýlip atlandyrylýar. Diýmek, jisimi aýlanma hereket etdirmek üçin ony hemişelik ýagdaýda merkeze ymtylýan tizlenme bilen hereket etdirmeli eken. Diňe şonda ol aýlanma hereket edýär.



**54-nji surat.** Merkeze ymtylýan tizlenmening ugry

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Welosiped radiusy 25 m bolan aýlanma ýolda 10 m/s tizlik bilen deňölçeqli hereketlenýär. Onuň merkeze ymtylýan tizlenmesini tapyň.

*Berlen:*  
 $R = 25 \text{ m};$   
 $v = 10 \text{ m/s}.$

*Formulasý:*  
 $a = \frac{v^2}{R}.$

*Çözülişi:*  
 $a = \frac{10^2 \text{ m}}{25 \text{ s}^2} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$

*Tapmaly:*  
 $a = ?$

*Jogaby:*  $a = 4 \text{ m/s}^2.$



**Daýanç düşüňjeler:** aýlanma hereketde tizlenme, merkeze ymtylýan tizlenme.



1. Sürüji awtomobile radiusy 30 sm bolan tigirleriň ýerine 32 sm-lik tigirleri ornatdy. Eger spidometr 60 km/sagat tizligi görkezýän bolsa, aslynda, bu awtomobil nähili tizlikde hereketlenýän bolýar?
2. Näme üçin aýlanma deňölçeqli hereketde ýüze çykýan tizlenme merkeze ymtylýan tizlenme diýlip atlandyrylýar?





1. Uzynlygy 25 sm bolan ýüpe daňlan şarjagaz 5 m/s çyzykly tizlik bilen aýlanýar. Şarjagazyň merkeze ymtylýan tizlenmesini tapyň.
2. Awtomobil 90 km/sagat tizlik bilen deňölçegli hereketlenýär. Eger awtomobiliň tigriniň radiusy 35 sm bolsa, tigriniň gyrasyndaky nokadyň merkeze ymtylýan tizlenmesini tapyň.
3. Radiusy 12 sm bolan çarhyň diskini 1 minutda 1200 gezek aýlanýar. Çarhyň aýlanma okundan iň uzak nokadynyň merkeze ymtylýan tizlenmesini anyklaň.
4. Welosiped 12 m/s tizlik bilen hereketlenýär. Tigriniň gyrasyndaky nokadyň merkeze ymtylýan tizlenmesi  $250 \text{ m/s}^2$ . Welosipediň tigriniň radiusy näçe?
5. Wentilýatoryň perriginiň radiusy 15 sm, aýlaw ýygylgy 20 l/s. Wentilýatoryň perriginiň aýlaw periody, burç tizligi we perriginiň ujundaky nokadyň çyzykly tizligini hem-de merkeze ymtylýan tizlenmesini tapyň.

### III BAP BOÝUNÇA NETIJELER

- ◆ Töwerek boýunça deňölçegli hereket edýän jisim islendik deň wagtlaryň arasynda deň dugalary geçýär.
- ◆ Deňölçegli aýlanma hereket edýän jisimiň çyzykly tizligi:  $v = \frac{\Delta \check{s}}{\Delta t}$ .
- ◆ Deňölçegli aýlanma hereket edýän jisimiň burç tizligi:  $\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$ .
- ◆ Deňölçegli aýlanma hereketde çyzykly tizlik bilen burç tizligi arasyndaky gatnaşyk:  $v = \omega R$ .
- ◆ Aýlaw periody — jisimiň bir aýlawy üçin giden wagt:  $T = \frac{\Delta t}{n}$ .
- ◆ Aýlaw ýygylgy — wagt birligindäki aýlawlaryň sany:  $\nu = \frac{n}{\Delta t}$ .
- ◆ Aýlaw periodynyň formulalary:  $T = \frac{1}{\nu}$ ,  $T = \frac{2\pi R}{v}$ ,  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ .
- ◆ Aýlaw ýygylgynyň formulalary:  $\nu = \frac{1}{T}$ ,  $\nu = \frac{v}{2\pi R}$ ,  $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$ .
- ◆  $R$  radiusly töwerek boýunça  $v$  çyzykly tizlik bilen deňölçegli hereketlenýän jisim tizlenmä eýe:  $a = \frac{v^2}{R}$ . Tizlenme wektory  $\vec{a}$  töweregiň merkezine tarapa ugrukdyrylandygy üçin merkeze ymtylýan tizlenme diýlip atlandyrylýar.
- ◆ Bir gezek doly aýlaw burçy:  $\varphi = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi \text{ rad} = 360^\circ$ .

### III BABA DEGIŞLI GOŞMAÇA GÖNÜKMELER

1. 50 sm-lik ýüpe daňlan şarjagaz minudyna 36 gezek aýlanýar. Onuň aýlaw ýygylgy, döwri, çyzykly we burç tizliklerini tapyň.
2. Radiusy 20 sm bolan wentilýatoryň perriginiň uýy 25 m/s çyzykly tizlik bilen aýlanýar. Wentilýatoryň perriginiň aýlaw periodyny, ýygylgyny we burç tizligini tapyň.
3. Aýyň Ýeriň daşyndaky aýlaw ýygylgyny we çyzykly tizligini tapyň. Aýyň Ýeriň daşyndan aýlaw periody 27 sutka 7 sagat 43 minut. Ýeriň merkezinden Aýa çenli bolan aralygy  $3,9 \cdot 10^8$  m diýip alyň.
4. Ýeriň Günüň daşyndan aýlaw periody 365 sutka 5 sagat 48 minut 46 sekunt. Ýeriň Günüň daşyndan aýlaw ýygylgyny we çyzykly tizligini tapyň. Ýerden Güne çenli bolan aralygy  $1,5 \cdot 10^{11}$  m diýip alyň.
5. Ekwatorda duran jisimiň Ýeriň merkezine görä aýlaw ýygylgyny we merkeze ymtylýan tizlenmesini tapyň. Ýeriň radiusyny 6400 km diýip alyň.
6. Barabanyň diametri 12 sm bolan jykryň kömeginde ýük 1 m/s tizlik bilen göterilýär. Jykryň barabanyň aýlaw ýygylgyny tapyň.
7. Otly egrilik radiusy 1000 m bolan öwrümde 54 km/sagat tizlik bilen hereketlenýär. Otlynyň merkeze ymtylýan tizlenmesini tapyň.
8. Awtomobil 90 km/sagat tizlik bilen hereketlenende tigirleriniň aýlaw ýygylgy 10 1/s bolsa, tigiriň ýere degýän nokatlarynyň merkeze ymtylýan tizlenmesi näçe bolar?
9. Sagadyň minut strelkasy sekunt strelkasyndan 3 esse uzyn. Strelkalaryň uzynlygynyň çyzykly tizlikleriniň gatnaşygyny tapyň.
10. Jisimiň töwerek boýunça hereketinde onuň aýlanma radiusy 2 esse artyp, tizligi 2 esse kemelen bolsa, onuň aýlaw periody nähili üýtgär?
11. Ýeriň üstündäki erkin gaçma tizlenmesini Aýyň merkeze ymtylýan tizlenmesine gatnaşygyny hasaplaň. Aýyň orbitasynyň radiusy Ýeriň 60 radiusyna deň.



# DINAMIKANYŇ ESASLARY

Biz kinematika bölümünde jisimiň hereketini yönekeýleşdirip öwrenmek üçin jisime täsir edýän güýçleri hasaba almandyk. Gönüçyzykly deňölçegli we deňölçegsiz hereket barada hem maglumatlara eýe bolduk. Jisimiň öňe gidýän we töwerek boýunça aýlanma hereketlerini dürli görnüşde aňlatmagy-da öwrendik.

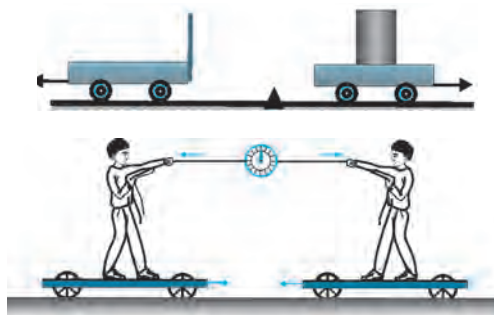
Indi biz näme sebäpden jisimler üýtgeýän hereket edýär, olaryň tizlenme almagyna getirýän faktorlar nämeden ybarat, diýen soraglara jogap gözläris. Diýmek, bizi jisimleriň hereketindäki ýüze çykýan özgerişleriň jisimleriň massasy we olaryň arasyndaky özara täsir edýän güýçlere baglylygy gyzyklandyryandygy şubhesizdir.

**Jisimiň hereketindäki üýtgemäniň oňa täsir edýän güýçlere baglylygy mehanikanyň *dinamika* bölümünde öwrenilýär.** Dinamika grekçe *dynamikas* sözünden alnan bolup, *güýje degişli* diýen manyny aňladýar.

---

---

## IV bap. HEREKET KANUNLARY

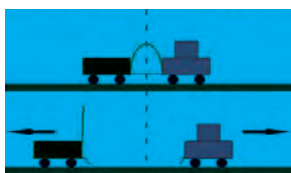


---

---

## V bap. DAŞKY GÜYÇLERIŇ TÄSIRINDE JISIMLERIŇ HEREKETI





## IV bap. HEREKET KANUNLARY

Öňki derslerde her bir hereketiň odnositeldigini bildik. Bir hereketiň oňa getirýän sebäpleri bilen özara baglylygy dürli hasaplama sistemalarynda garalanda, bir-birinden ýiti tapawutlanýan netijeler alynýar. Hereket we onuň sebäpleriniň arasyndaky baglylyk käbir hasaplama sistemalaryna görä garalanda bolsa örän ýönekeý görnüşe eýe bolýan eken. Şeýle sistemalardan biri, meselem, Ýer. Şu sebäpli dinamikany öwrenende Ýeri hasaplama sistemasy diýip alsak bolýar.

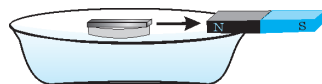
Dinamikanyň esasy kanunlary üç sany bolup, olara hereket kanunlary diýilýär. Inlis alymy **Isaak Nýuton** tarapyndan 1687-nji ýylda yglan edilen bu kanunlar adamzadyň köp asyrlyk tejribesiniň netijelerini umumylaşdyrýar we täze derejä alyp çykdy. Dinamika degişli bilimleriň bir ulgama düşürilmegi we peýdalanmak üçin amatly bolan matematiki görnüşde aňladylmagy ylmyň we tehnikanyň ösmegine uly itergi boldy. Bu kanunlar onuň hormatyna Nýutonyň kanunlary diýlip atlandyrylýar.

### 18-§. JISIMLERIŇ ÖZARA TÄSIRI. GÜÝÇ

#### Jisimleriň özara täsiri

Dynçlykda duran jisim başga jisimler bilen özara täsir edişmegi netijesinde herekete gelmegi mümkin. Hereketlenýän jisim bolsa şeýle täsiriň netijesinde tizligini ýa-da hereket ugruny üýtgedýär.

**Tejribe.** Üstüne demir bölegi goýlan dykyny gapdaky suwuň üstüne goýuň. Eger suwuň üstündäki demre magnit ýakynlaşdyrylsa, dyky üstündäki demir bilen bile magnite tarap ýüzüp başlaýar (55-nji surat). Demir böleginiň hereketine sebäp, onuň magnit bilen özara täsirleşmegidir. Eliňizdäki pökgini dik ýokary zyňsaňyz, ol ýokary  $v_0$  başlangyç tizlik bilen hereketlenip başlaýar. Munda pökgä siz täsir etdiňiz. Ýokary görterildiği



**55-nji surat.** Magnit bilen demriň özara täsiri

saýyn Ýeriň dartmagy täsirinde pökginiň tizligi barha kemelýär. Ol mälim beýiklige göterilende, tizligi nola deň bolup togtayar we soňra aşak gaçyp başlayar. Stoluň üstünde dynçlykda duran şarjagazy dürtüp goýberseňiz, ol ýerinden gozgalýar. Ol herekete gelýär, ýöne şarjagaz we stoluň üstüniň sürtülmesi täsirinde şarjagazyň hereketi barha haýallaýar we togtayar.

## Güýç



56-njy surat. Güýjüň täsirinde bozgujyň bükülmeği

Jisimleriniň özara täsiri mukdar taýdan dürlüçe bolmagy mümkin. Meselem, metal şarjagazy uly ýaşdaky adam ýaş çaga garanda uzagrada zyňýar. 100 kg-lyk ştangany her kimem göterip bilmeýär. Ýöne ştangist ony göni ýokary galdirýar.

Mehaniki täsir jisimleriniň bir-birine gönüden-göni degmeği (kontaktda bolmagy) ýa-da olaryň meýdany arkaly ýüze çykmagy mümkin. Meselem, ýerde duran ýüki çekmek, iteklemek ýa-da götermek, puržini sozmak ýa-da gysmak, ýüpi işmek (buramak) ýaly ýagdaýlarda täsir jisimleriniň bir-birine gönüden-göni degmeği arkaly ýüze çykýar. Şonuň ýaly-da, demir bölegine täsir (55-nji surat) magnit meýdany arkaly, jisimleriniň Ýere dartylmagy bolsa grawitasion meýdanyň netijesinde emele gelýär. Fizikada köplenç derňelýän jisime haýsy jisim we nähili täsir edýändigini görkezilmän, diňe gysgaça edip jisime güýç täsir edýär diýilýär. Jisimleriniň özara täsirini häsiýetlendirmek üçin fiziki ululyk – **güýç** düşünjesi girizilýär. Diýmek, güýç jisimiň tizligini üýtgediji sebäp eken. Güýjüň täsirinde jisimiň ähli böleginiň tizligi üýtgemezden, eýsem bir böleginiň tizligi üýtgemegi mümkin. Meselem bozgujyň bir bölegi gysylsa, onuň şekili üýtgeýär, ýagny deformirlenýär (56-njy surat). Ýokarda getirilen ähli mysallarda jisim başga jisimiň täsiri astynda herekete gelýär, togtayar ýa-da özüniň hereket ugruny üýtgedýär, ýagny tizligi üýtgeýär.



**Bir jisimiň başga jisime täsirini häsiýetlendirýän hem-de jisimiň tizlenme almaga sebäp bolýan fiziki ululyk *güýç* diýlip atlandyrylýar.**

Güýç  $F$  harpy bilen belgilenýär we HBS-da onuň birligi edip **nýuton** (N) kabul edilen. Amalda güýji ölçemekde millinýuton (mN) we kilonýuton (kN) hem ulanylýar. Munda:

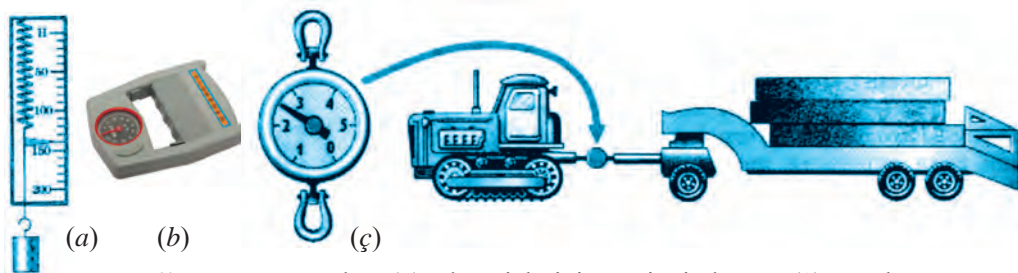
$$1 \text{ N} = 1000 \text{ mN}; \quad 1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}.$$

Güýç wektor ululyk bolup, güýjüň san bahasyndan daşary onuň ugry we täsir edýän nokadyny anyk görkezmelidiris (14-nji surat).



**Güýç silomeriň, ýagny *dinamometriň* kömeginde ölçelýär.**

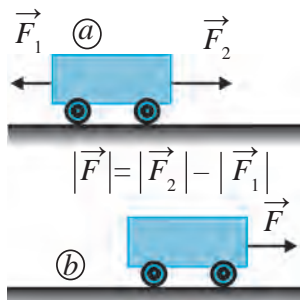
Dinamometrler ulanylýan maksadyna görä dürliçe bolýar. 57-nji suratda olardan käbirleri şekillendirilen.



57-nji surat. Iň ýönekeý (a), el penjeleriniň güýjüni ölçelýän (b) we uly güýçleri ölçelýän (c) dinamometrler

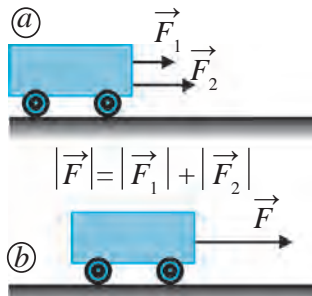
**Güýçleriň goşulyşy**

Eger haýsy-da bolsa bir jisime birnäçe güýç täsir edýän bolsa, meseläni ýönekeýleşdirmek üçin olaryň jemi täsirini bir sany güýç görnüşinde aňlatmak mümkin. Munuň üçin jemi güýçleriň wektor jemini tapmalydyrys. Meselem, arabajyga bir göni çyzyk boýunça garşylykly ugruda  $\vec{F}_1 = 3\text{ N}$  we  $\vec{F}_2 = 5\text{ N}$  güýçler täsir edýän bolsun (58-nji a surat). Bu wektor güýçleriň jemi  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$  mukdar taýdan 8 N däl, eýsem 2 N-a deň bolýar. Arabajyk şu  $|F| = 2\text{ N}$  güýjüň täsirinde sag tarapa hereketlenýär (58-nji b surat).

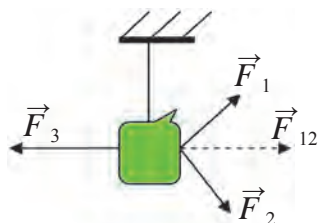


58-nji surat. Garşylykly ugrukdyrylan güýçler (a) we olaryň jemi (b)

Indi iki güýç hem bir tarapa ugrukdyrylan bolsun (59-nji a surat). Şeýle ýagdaýda iki güýjüň ululygy gönüden-göni goşulýar. Netijeleýji güýç  $|F| = 8\text{ N}$  bolup, arabajyk şol güýjüň täsirinde sag tarapa ulurak tizlikde hereketlenýär (59-nji b surat). Bir göni çyzyk boýunça iki sany däl, eýsem ondan artyk güýçler täsir etse, netijeleýji güýç her bir güýjüň ugruna garap, olaryň ululyklary goşulýar ýa-da aýrylýar.



59-nji surat. Bir tarapa ugrukdyrylan güýçler (a) we olaryň jemi (b)



**60-njy surat.** Üç güýjüň deňagramlylygy

Eger täsir edýän güýçler bir çyzykda ýatmasa, wektorlary goşmak düzgünine esasan jemi güýç tapylýar. Meselem, ýüki üç güýç çekýän bolsun (60-njy surat).  $\vec{F}_1$  we  $\vec{F}_2$  güýçleriň deň täsir edijisi  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_{12}$ -ä deň.  $\vec{F}_{12}$  we  $\vec{F}_3$  güýçler özara deň we garşylykly ugrukdyrylandygy üçin olaryň deň täsir edijisi  $\vec{F}_{12} + \vec{F}_3 = \vec{F} = 0$  bolýar. Netijede bu ýük deňagramlylyk halında asylyp durýar. Ýüke täsir edýän Ýeriň dartýş güýji we tanabyň maýyşgaklyk güýji hem deňagramlylykda bolýar.



**Daýanç düşüňjeler:** jisimleriň özara täsiri, güýç, güýjüň birligi – nýuton.



1. Stoluň üstünde kitap ýatyr. Kitap nähili güýçleriň täsirinde dynçlykda dur? Güýç wektorlarynyň ugruny görkezip, çyzgy çyzýň.
2. Jisimleriň özara täsiri netijesinde pökgi herekete gelýän ýa-da hereket ugruny üýtgedýän proseslere mysallar getirň.

## 19-Ş. NÝUTONYŇ BIRINJI KANUNY — INERSIÝA KANUNY

### Jisimiň inersiýasy

Tejribeler we gözegçilikler jisimiň tizliginiň öz-özünden üýtgemeyändigini görkezýär. Meýdanda ýatan pökgä kimdir täsir etse diňe şonda, ol herekete gelýär. Köçede ýatan daşa hiç hili jisim täsir etmese, ol şol ýerde ýatyberýär. Täsir netijesinde jisimiň tizliginiň diňe bir mukdary däl, eýsem hereket ugry hem üýtgemegi mümkin. Meselem, tennis şary raketka urlansoň, öz hereket ugruny üýtgedýär.



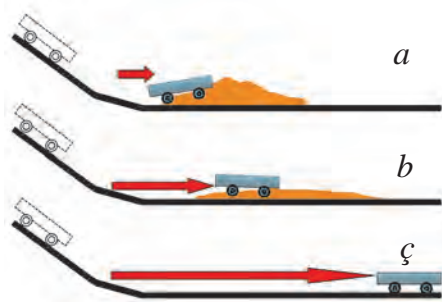
**Jisimiň tizliginiň üýtgemegi (mukdary ýa-da ugry) oňa başga jisimler täsiri netijesinde ýüze çykýar.**

Jisimiň tizlenme almagy üçin oňa başga bir jisim ýa-da jisimler sistemasy täsir etmeli. Bir şara başga şar gelip urulsa, dynçlykda duran şar nähilidir  $a_1$  tizlenme alyp, herekete gelýär. Şunuň bilen birlikde, gelip urlan şar hem tizligini üýtgedýär, ýagny  $a_2$  tizlenme alýar. Tizligiň üýtgemegi, ýagny tizlenme diýlende, diňe bir tizligiň mukdary däl, eýsem ugry hem



üýtgemegi mümkinligini ýatda saklamaly. Eger şarlar birmeňzeş materialdan taýýarlanyp, ölçegleri birmeňzeş bolsa, olar alan tizlenme-de baha taýdan birmeňzeş bolýar. Eger ölçegleri dürlüçe bolsa, uly şar kem tizlenme, kiçisi bolsa uly tizlenme alandygyny görýäris. Munda, uly şar kiçisinden inertlräk diýilýär. Diňe bir dynçlykda duran jisimi herekete getirmek üçin däl, eýsem hereketdäki jisimi togtatmak üçin hem güýç ulanmaly bolýar. Inersiýa (latynça *hereketsizlik*, *işsizlik*) jisimleriň esasy häsiýetlerinden biri bolup, başga jisimleriň täsirinde jisimiň nähili tizlenme alşy oňa bagly.

Tejribe geçirip görelin. Ýapgytlykdan düşüp gelyän arabajygyň garşysyna çäge döküp goýalyň. Araba çägeli böwede gelip utlup, togtayar (61-nji *a* surat). Eger çäge kemräk sepilse, ol ulurak aralyga baryp togtayar (61-nji *b* surat). Eger çäge umuman sepilmese, kem garşylyk netijesinde araba has uzagrak aralyga baryp togtayar (61-nji *ç* surat). Gaşylyk näçe kemeldilse, jisim şonça gönüçyzykly deňölçegli hereket tizligine ýakyn tizlikde bolýar.



61- rasm. Arabajygyň hereketine dürlü päsgeçilikleriň täsiri



**Başga jisimleriň täsiri näçe kem bolsa, jisimiň hereket tizliginiň mukdary şonça kem üýtgeýär we onuň hereket traýektoriyasy göni çyzyga şonça ýakyn bolýar.**

Eger jisime başga jisimler tarapyndan hiç hili güýç täsir etmese, ol nähili hereket edýär? Muny tejribede görmek bolarmy? Bu soraglara XVII asyryň başlarynda italyan alymy Galileo Galileý tejribeleriň kömeginde jogap bermäge synanyşypdyr. Netijede, eger jisime başga jisimler täsir etmese, ol dynçlyk ýagdaýynda ýa-da Ýere görä gönüçyzykly deňölçegli hereketde bolýandygyny anyklady. Inersiýanyň ýüze çykmagyna örän köp duşarys. Meselem, eger tiz hereketlenýän welosiped böwede çaknyşsa, welosipedçi öňe uçup gidýär (62-nji surat). Çünki munda ol özüniň hereketdäki ýagdaýyny birdenkä saklap bilmeýär. Awtobus tötänden ýöräp gitse, onuň içinde duran adam arkanlygyna ýykylmagy mümkin. Muňa sebäp, dynçlykda duran adamyň göwresi birden herekete gelip bilmeýär.



62-nji surat. Welosipedçi böwede çaknyşmagy



**Başga jisimleriň täsiri ýok mahaly jisimiň dynçlyk ýa-da gönüçyzykly deňölçegli hereketini saklamak häsiýetine inersiýa diýilýär.**

Inersiýanyň barlygy sebäpli jisimiň tizligini tötänden artdyryp ýa-da kemeldip bolmaýar. Jisimiň halatyny üýtgetmek üçin mälum wagt gerek.

Mälum tizlikde gelýän awtomobil birden saklanyp bilmeýär. Şu tizlikde gelýän otly sostawynyň togtamagy üçin ýene hem köpräk wagt we aralyk gerek bolýar. Şonuň üçin ýöräp barýan transport serişdesiniň önüni kesip geçmek örän howpludyr.

Transport serişdesiniň togtamagy dowamynda geçen ýoly **tormozlama aralygy** diýlip atlandyrylýar.

### Nýutonyň birinji kanuny



Isaak Nýuton

Nýuton özünden öň ýaşap döredijilik eden alymlaryň netijelerinde, özüniň gözegçilikleri we tejribeleri netijelerine esaslanyp, inersiýa kanunyny aşakdaky ýaly kesgitledi:



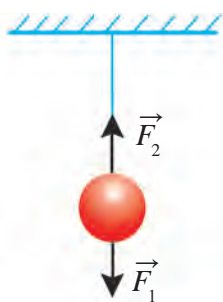
**Jisime güýç täsir edip, ony dynç ýa-da gönüçyzykly deňölçegli hereket halatyndan çykarýança, ol şu halatyny saklaýar.**

Bu kanun *Nýutonyň birinji kanuny* diýlip atlandyrylýar. Ony başgaça kesgitlemek hem mümkin:



**Eger jisime başga jisimler täsir etmese, ol hemişelik birmeňzeş tizlikde hereket edýär ýa-da özüniň dynç halatyny saklaýar.**

Ýüpe asylyp goýlan şarjagaza Ýeriň dartýş güýji  $\vec{F}_1$  täsir edip, pese gaçmaga hereket etse, ýüp  $\vec{F}_2$  güýç bilen ony ýokary çekip, aşak gaçmaga ýol bermeýär (63-nji surat). Netijede şarjagaz asylan ýagdaýda dynç durýar. Eger ýüp üzüp goýberilse, jisim aşak gaçýar. Bu ýerde 6-njy sahypada getirilen Ibn Sinanyň gümmeziň ýykylmagy baradaky mysalyny ýatlamak ýerlikli. Ýagny gümmez oňa täsir edýän iki güýjüň deňligi sebäpli deňagramlylykda durdy. Ýokary göterip duran sütüniň täsiri alyp taşlananda bolsa agyrlyk güýjüniň täsirinde gümmez herekete geldi we ýykyldy.



**63-nji surat.** Güýçleriň deňagramlylygy

Diýmek, täsir edýän güýçleriň deňagramlylygy, ýagny olaryň wektor jemi nola deň bolan ýagdaý-da-da jisim özüniň dync ç ýagdaýyny ýa-da gönüçyzykly deňölçegli hereketini saklaýar.

Nýutonyň birinji kanunyny aşakdaky ýaly düşündirmek mümkin:

1. Dynclykda duran, ýagny  $v = 0$  bolan jisime başga jisimler täsir edýänçe, ol özüniň dynclyk ýagdaýyny saklaýar. Bu jisim diňe başga jisimler täsir edende herekete gelmegi mümkin.

Meselem, meýdanda dync duran topa başga jisim – futbolçynyň aýagy täsir edýänçe, ol özüniň dynclyk ýagdaýyny saklaýar (64-nji surat). Top depilse, ýagny oňa haýsy-da bolsa bir jisim täsir etse, onuň dynclyk ýagdaýy bozulýar we ol herekete gelýär.

Edil şeýle, dync duran wagona başga jisim – teplowoz täsir edýänçe, ol ýerinden gozganmaýar.

2. Jisime başga jisimler täsir etmese, ol özüniň gönüçyzykly deňölçegli hereketini saklaýar.

Meselem, top depilende ol  $v_0$  başlangyç tizlik alýar. Top ýere görä burç astynda  $v_0$  üýtgemeyän tizlik bilen gönüçyzykly hereket etmelidir.

Ýöne top Ýeriň dartýş güýjüniň we howanyň garşylygy täsirinde egri çyzykly hereket edýär (65-nji surat).



**64-nji surat.** Top depilmese, ol dynclyk halatyny saklaýar



**65-nji surat.** Depilen topuň hereketi



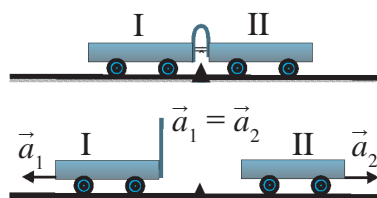
**Daýanç düşüňjeler:** jisimiň inersiýasy, Nýutonyň birinji kanuny.



1. Uly tizlikde barýan awtobusda sürüji birdenkä tormoz bassa, ýolagçylar nähili hereket edýärler? Siziň pikiriňizçe, tötänden başlanan bu hereket tizligi nähili ululyklara bagly?
2. Jisime bir-birine görä burç astynda täsir edýän üç sany güýç wektorlarynyň jemini çyzgyda çyzyp görkeziň.

## 20-§. JISIMIŇ MASSASY

## Jisimleriň inertligi



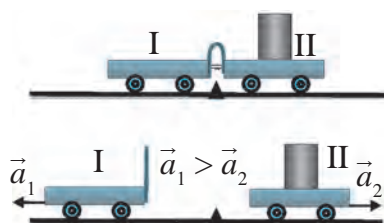
66-njy surat. Inertligi birmeňzeş bolan arabajyklaryň hereketi

Tejribe. Birine elastik plastinka berkidilen iki sany birmeňzeş arabajygy 66-njy suratda görkezilişi ýaly stoluň üstüne goýalyň. Eplenen plastinkany çekip duran ýüpi üzüp goýbersek, elastik plastinka iki arabajyga-da birmeňzeş täsir edip, olary iki tarapa dürdüp goýberýär. Munda iki arabajyk hem birmeňzeş tizlenme alýar, ýagny:

$$\vec{a}_1 = \vec{a}_2.$$

Indi ikinji arabajygyň üstüne ýük goýup, ýokardaky tejribäni gaýtalalyň (67-nji surat). Ýöne munda birinji arabajyk ikinji arabajyga garanda uzagara baryp togtaýar, ýagny birinji arabajygyň alan tizlenmesi ikinjisine garanda uly bolýar:

$$\vec{a}_1 > \vec{a}_2.$$



67-nji surat. Inertligi her hili bolan arabajyklaryň hereketi

67-nji suratdaky ikinji arabajygyň üstüne goýlan ýükiň mukdary näçe artsa, onuň alan tizlenmesi şonça kiçi bolup barýar. Ýagny ýük näçe uly bolsa, onuň dynçlyk ýagdaýyny üýtgetmek şonça kyn bolýar. Ýük uly bolanda, jisimiň dynçlykdaky ýa-da hereketdäki ýagdaýyny saklamaga çalyşma ukyby uly bolýar.



**Jisime başga jisim täsir etmände onuň dynç ýa-da gönüçyzykly deňleşmeli hereket ýagdaýyny saklamak häsiýetine *inertlik* diýilýär.**

Jisime güýç täsir edende, şol jisimiň inertliginiň uludygy ýa-da kiçidiği görünýär. Hakykatdan hem, ganteli götermek ştanga görä, ýagny herekete getirmek aňsat. Çünki ganteliň inertligi ştanganyňkyna garanda kiçi. Oýnawaç maşyny elimiz bilen dürtüp gobersek, ol hereketlenýär. Ýöne hakyky maşyny dürtüp ýöretmek üçin ep-esli uly güýç gerek bolýar. Çünki hakyky maşynyň inertligi uly. Otlynyň inertligi islendik maşynyň inertliginden uly. Şonuň üçin otlyny ýerinden gozgap, tizligini artdyrmak we tersine,

ol hereketde bolsa, togtatmak kyn. Uly tizlikde barýan otlynyň togtamagy üçin uly güýç we wagt gerek bolýar.



**Jisimiň inertligi näçe uly bolsa, onuň dynçlyk ýa-da gönüçyzykly deňleşmeli hereket ýagdaýyny üýtgetmek şonça kyn bolýar.**

### Massa

Ähli jisimler inertlik häsiýetine eýedir. Tejribelerden görnüşi ýaly, bir jisimiň ýerine şeýle ululykdaky iki jisim bir-birine ýapyşdyrylyp goýulsa, birmeňzeş ululykdaky güýjüň täsirinde olaryň alan tizlenmeleri iki esse kemelýär. Birmeňzeş göwrümdäki dürli maddalardan taýýarlanan jisimler birmeňzeş güýjüň täsirinde dürlüçe tizlenme alýar, ýagny inertligi dürlüçe mukdarda bolýar. Diýmek, her bir jisimiň inertligini jisimiň mälim güýjüň täsirinde alan tizlenmesini mehaniki usulda ölçemek ýoly bilen tapmak mümkin.

Ýokardaky mysallardan görnüşi ýaly, dürli jisimleriň inertligi dürlüçe mukdarda bolýar. Her bir jisimiň inertligi diňe şol jisimiň özüne mahsus ululykdyr. Jisimleriň inertligini deňeşdirmek üçin ýörite ululyk – massa kabul edilen.



**Jisimiň inertlik häsiýetini häsiýetlendirýän fiziki ululyk massa diýlip atlandyrylýar we  $m$  harpy bilen belgilenýär.**

«Massa» sözi latynçada «bölek», «parça» diýen manyny aňladýar. Islendik jisimiň massasy, onuň nirede bolmagyna seretmezden, birmeňzeş baha eýe bolýar. Jisim deňiziň düýbündemi, başga planetadamy ýa-da kosmosdamy, tapawudy ýok, massasy üýtgemeyär. Halkara birlikler sistemasynda massanyň birliги edip kilogram kabul edilen. Ilki etalon hökmünde temperaturasy  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  bolan  $1\text{ dm}^3$  (1 litr) göwrümdäki sap (distillirlenen) suwuň massasy 1 kg-a deň diýlip alnypdy. Ýöne bu etalon zerur takyklygy üpjün edip bilmedi.



**Howada oksidlenmeyän platina we iridiý garyndysyndan taýýarlanan, massasy 1 kg-a deň bolan silindr massa etalony diýlip kabul edilen.**

Onuň asyl nusgasy Parižiň golaýyndaky Sewr şäherçesindäki Halkara ölçegler býurosunda saklanýar.

Jisimiň massasy gram (g), sentner (sr), tonna (t) ýaly birliklerde hem ölçelýändigini bilýärsiňiz. Jisimleriniň massasyny ryçagly we başga görnüşdäki terezileriň kömeginde ölçemek mümkin.

### Jisimler sistemasynyň massasy

Massa skalýar ululykdyr. Birnäçe jisimiň umumy massasyny tapmak üçin her haýsy jisimiň massasy gönüden-göni goşulýar. Meselem, garalýan sistemada  $m_1$  we  $m_2$  massaly iki jisim bar bolsun. Bu jisimler sistemasynyň massasy  $m = m_1 + m_2$ -ä deň bolýar. Eger sistema  $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$  massaly  $n$  sany jisimden düzülen bolsa, sistemanyň massasy şol jisimleriniň massalarynyň jemine deň bolýar:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n .$$

Şu häsiýete görä, massa maddanyň mukdarynyň ölçegi wezipesini ýerine ýetirýär.



**Daýanç düşüňjeler:** jisimleriniň inertligi, massa, jisimler sistemasynyň massasy.



1. Gadymda peýdalanylýan nähili ölçeg birliklerini bilýärsiňiz? Olaryň häzir peýdalanylýan Halkara birlikler sistemasyndaky ölçeg birlikleri bilen gatnaşyklaryny ýazyň.
2. Näme üçin maddanyň mukdarynyň ölçegi hökmünde massadan peýdalanylýar?

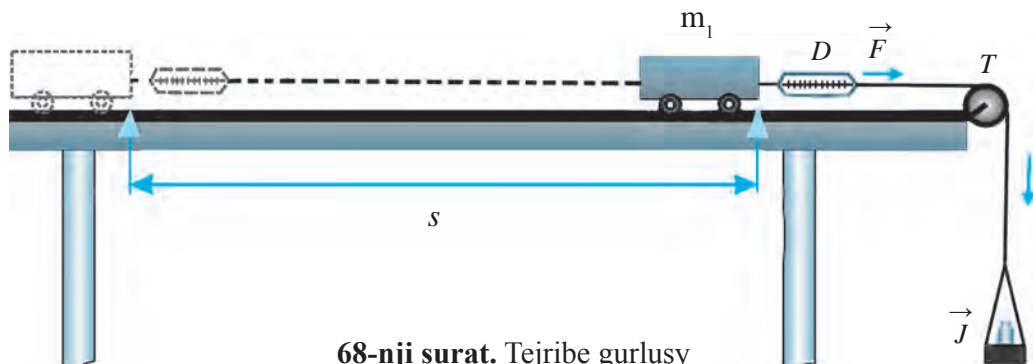
## 21-§. NÝUTONYŇ IKINJI KANUNY

### Tizlenme bilen güýjüň arasyndaky gatnaşyk

Jisime güýç täsir etmese ýa-da täsir edýän güýçleriň wektor jemi nola deň bolsa, jisim hemişelik tizlikde hereket edýändigini bildik. Tizligini üýtgetmegi, ýagny tizlenme almak üçin bolsa jisime nähilidir güýç täsir etmeli. Jisim tizlenme almak üçin bu güýç oňa nähili täsir edýär? Başlangyç tiziksiz  $a$  tizlenme bilen gönüçyzykly deňüýtgeýän hereket edýän jisimiň  $t$  wagtda geçen ýoly  $s = at^2/2$  görnüşde aňladylýar. Bu formuladan jisimiň tizlenmesini tapmak mümkin:

$$a = \frac{2s}{t^2} . \quad (1)$$

Aşakdaky tejribäni geçirip göreliň.



68-nji surat. Tejribe gurluşy

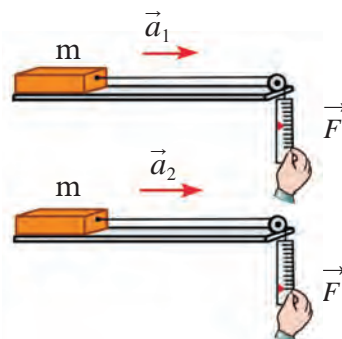
**1-nji tejribe.** Gorizontal stoluň üstünde hereketlenýän  $m$  massaly arabajgy alalyň. Arabajgyga  $D$  dinamometri berkidip, dinamometriň ikinji uju-na  $T$  tegekden geçirilen ýüp arkaly  $J$  jamjagazy asýarys. Dinamometriň görkezişlerine garap, arabajgyga täsir edýän  $F$  güýji kesgitlemek mümkin.

1. Jamjagaza şeýle ýük goýalyň, arabajyk tutup durlanda dinamometriň görkezişi, diýeliň,  $F_1 = 0,1$  N bolsun. Arabajgy goýberenimizde, ol  $s = 1$  m aralygy  $t_1 = 4,5$  s-da geçsin. Onda (1) formuladan arabajgyň alan tizlenmesi  $a_1 \approx 0,1$  m/s<sup>2</sup> bolýandygyny tapýarys ( $\approx$  – takmynan, ýagny tegeleklenen baha belgisi).

2. Jamjagazdaky ýüküň massasyny artdyryp, arabajgyga täsir edýän güýji  $F_2 = 0,2$  N edip alalyň. Onda arabajyk 1 m ýoly  $t_2 = 3$  s-da geçenligini kesgitlemek mümkin. Munda arabajgyň alan tizlenmesi  $a_2 \approx 0,2$  m/s<sup>2</sup> bolýar.

3. Güýç  $F_3 = 0,3$  N diýip alnanda, arabajyk 1 m ýoly  $t_3 = 2,5$  s-da geçýär. Onuň alan tizlenmesi bolsa  $a_3 \approx 0,3$  m/s<sup>2</sup>-a deň bolýar.

Tejribäniň netijelerinden görnüşi ýaly, arabajgyga täsir edýän  $F$  güýç näçe esse artsa, arabajgyň alan  $a$  tizlenmesi-de şonça esse artýar (69-njy surat), ýagny:



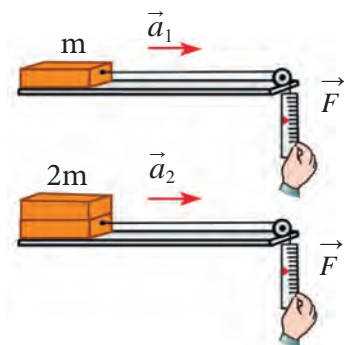
69-njy surat. Tizlenmäniň güýje baglylygy

$$a \sim F \quad (2)$$



**Berlen massaly jisimiň tizlenmesi oňa täsir edýän güýje göni proporsionaldyr.**

**2-nji tejribe.** Bu tejribede arabajgyga täsir edýän güýji üýtgewsiz ( $F_1 = 0,1$  N) galdyryp, arabajgyň massasyny barha üýtgedýäris.



70-nji surat. Tizlenmäniň massa baglylygy

1. Arabajygyň massasy  $m_1 = 1$  kg bolsun. Arabajyk  $s = 1$  m ýoly  $t_1 = 4,5$  s-da geçýär. Munda arabajygyň tizlenmesi 1-nji tejribedäki ýaly  $a_1 \approx 0,1$  m/s<sup>2</sup> bolýar.

2. Arabajygyň üstüne edil şeýle başga arabajygy düňderilen ýagdaýda goýalyň. Indi arabajygyň massasy  $m_2 = 2$  kg boldy. Arabajyk 1 m ýoly  $t_2 = 6,5$  s-da geçendigini, hasap-hesipler bolsa tizlenme  $a_2 \approx 0,05$  m/s<sup>2</sup> bolýandygyny görkezýär.

3. Arabajygyň üstüne iki arabajyk goýup, onuň massasyny  $m_3 = 3$  kg-a ýetirýäris. Onda arabajyk 1 m ýoly  $t_3 = 7,8$  s-da geçip, tizlenmesi  $a_3 \approx 0,033$  m/s<sup>2</sup> bolýar.

Tejribäniň netijelerinden görnüşi ýaly, arabajygyň massasy  $m$  näçe esse artsa, onuň alan  $a$  tizlenmesi şonça esse kemelýär (70-nji surat), ýagny:

$$a \sim \frac{1}{m}. \quad (3)$$



**Birmeňzeş güýjüň täsirinde jisimleriň alan tizlenmeleri olaryň massasyna ters proporsionaldyr.**

### Nýutonyň ikinji kanunynyň formulasy we kesgitlemesi

Geçirilen tejribeleriň netijeleri  $a$  tizlenme,  $F$  güýç we  $m$  massanyň arasyndaky gatnaşygy kesgitlemäge mümkinçilik berýär. (2) we (3) formulalary bilelikde ýazyp göreliň:

$$a = \frac{F}{m}. \quad (4)$$

Bu – Nýutonyň ikinji kanunynyň formulasy. Ol aşakdaky ýaly kesgitleňýär:



**Jisimiň tizlenmesi oňa täsir edýän güýje göni proporsional, massasyna bolsa ters proporsionaldyr.**

(4) formuladan  $F$ -i tapyp, Nýutonyň ikinji kanunyny aşakdaky ýaly aňlatmak hem mümkin:

$$F = ma. \quad (5)$$



Halkara birlikler sistemasynda güýç birligi edip nýuton (N) kabul edilendini bilýärsiňiz. (5) formuladan:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} .$$



**1 N – bu 1 kg massaly jisime  $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  tizlenme berýän güýçdür.**

Nýutonyň ikinji kanunynyň formulasy wektor görnüşde aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} . \quad (6)$$

Aslynda, Nýutonyň birinji kanuny ikinji kanunynyň  $F = 0$ -daky hususy halydyr. Çünki,  $F = 0 = ma$ -da  $m \neq 0$  bolany üçin,  $a = 0$  bolýandygy gelip çykýar. Ýagny, jisime güýç täsir etmese, onda tizlenme bolmaýar.

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Massasy 50 g bolan hokkeý şaýbasy buzuň üstünde dur. Eger hokkeýçi oňa 100 N güýç bilen zarba berse, şaýba nähili tizlenme alar?

*Berlen:*

$$m = 50 \text{ g} = 0,05 \text{ kg};$$

$$F = 100 \text{ N}.$$

*Formulasy:*

$$a = \frac{F}{m} .$$

*Çözülişi:*

$$a = \frac{100 \text{ N}}{0,05 \text{ kg}} = 2000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} .$$

$$\text{Jogaby: } a = 2000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} .$$

*Tapmaly:*

$$a = ?$$



**Daýanç düşüňjeler:** Nýutonyň ikinji kanuny.



1. 1 we 2-nji tejribeler esasynda arabajygyň tizlenmesini tapyp, jedweli dolduryň we netije çykaryň.

№	$F, \text{ N}$	$m, \text{ kg}$	$a, \text{ m/s}^2$	№	$F, \text{ N}$	$m, \text{ kg}$	$a, \text{ m/s}^2$
1	0,1	1		1	0,1	1	
2	0,2	1		2	0,1	2	
3	0,3	1		3	0,1	3	



- Eger massasy 2 kg bolan jisime bir wagtda 10 N we 15 N güýç täsir edýän bolsa, ol nähili tizlenmeleri almagy mümkin?
- $v$  tizlik bilen hereketlenýän jisim şu tizlikde hereketini dowam etdirmegi üçin hemişelik  $F$  güýç täsir edip durmagy hökmanmy?  $F$  güýç täsirini ýitirse, jisim hem togtarymy?

## 22-Ş. NÝUTONYŇ ÜÇÜNJI KANUNY

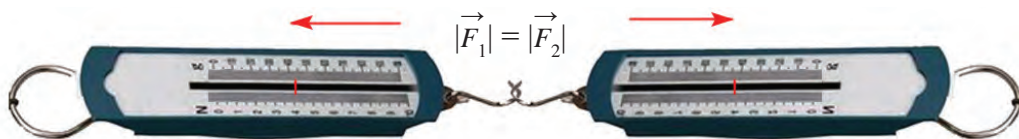
Tebigatda hiç haçan bir jisimiň ikinji jisime täsiri bir taraplaýyn bolman, hemişe özara bolýar. Bir jisim ikinji jisime täsir etse, ikinji jisim hem birinji jisime täsir edýär.

20-Ş-da geçirilen tejribäni ýene bir gezek derňäp göreliň. 66-njy suratda şekillendirilen arabajyklaryň massalary özara deň, ýagny  $m_1 = m_2$ . Birinji arabajykdaky egilen plastinkanyň ýüpi üzüp goýberilse, iki arabajyk iki tarapa birmeňzeş tizlenme ( $\vec{a}_1 = \vec{a}_2$ ) bilen hereket edip başlaýar. Diýmek, iki arabajyga birmeňzeş ululykda, ýöne garşylykly ugrukdyrylan  $F_1$  we  $F_2$  güýçler täsir edýär.

Özara täsir edýän jisimleriň massalary dürlüçe bolanda hem bu güýçler mukdar taýdan bir-birine deň bolýar. Muňa göz ýetirmek üçin 67-nji suratda şekillendirilen tejribäni ýene bir gezek derňäp çykalyň. Onda ikinji arabajygyň üstüne ýük goýmak bilen onuň massasy artdyrylan we  $m_2 > m_1$  diýlip alnan. Eplenen plastinkany çekip duran ýüp üzüp goýberilende, iki arabajyk iki tarapa hereketlenip başlapdyr. Ýöne bu gezek birinji arabajygyň tizlenmesi ikinji arabajygyň tizlenmesinden uly, ýagny  $a_1 > a_2$  bolupdyr. Ikinji arabajygyň massasy birinjisiniňkä garanda näçe esse uly bolsa, onuň tizlenmesi birinji arabajygyňkydan şonça esse kiçi bolýar. Ýöne her bir arabajygyň massasynyň alan tizlenmesine köpeltmek hasyly özara deň boluberýär:  $m_1 a_1 = m_2 a_2$ . Nýutonyň ikinji kanunyna esasan  $m_1 \cdot a_1 = F_1$  we  $m_2 \cdot a_2 = F_2$ . Diýmek, massalary dürlüçe bolmagyna seretmezden, arabajyklaryň bir-birine täsir güýçleri mukdar taýdan deň bolýar, ýagny:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2. \quad (1)$$

Ikita dinamometri bir-birine birikdirip, olary garşylykly tarapa çeksek (71-nji surat), iki dinamometriň hem görkezijisi birmeňzeşdigini görýäris. Bu birinji dinamometr nähili güýç bilen çekilse, ikinjisi-de edil şeýle güýç bilen



71-nji surat. Garşylykly taraplara çekilen dinamometriň görkezijileriniň deňligi

çekilendigini görkezýär. Çekýän güýjüň mukdary nähili bolmagyna seretmezden, garşylykly çekýän güýjüň mukdaryna deňdigini görýäris. Şunuň bilen birlikde biz dinamometrleri garşylykly taraplara çekenligimiz üçin bu güýçleri wektor görnüşde bir çyzyk boýunça garşylykly ugrukdyrylan güýç görnüşinde aňlatmaly bolýarys. Puržinleri sozmaga niýetlenen dinamometrler ýaly gysylmaga niýetlenen dinamometrlerde-de birinji dinamometr ikinjisine nähili güýç bilen täsir edýän bolsa, ikinji dinamometr birinjisine ana şeýle güýç bilen täsir edýändigini görmek mümkin. 72-nji suratdaky birinji gaýykçy ikinji gaýykçyny nähili güýç bilen dartsa, ikinji gaýykçy hem birinji gaýykçyny şeýle güýç bilen dartýar. Netijede iki gaýyk hem bir-biri tarap hereketlenýär. Eger gaýykçy başga gaýygy dälde, kenardaky daragty dartsa, özi daragta şeýle güýç bilen dartylýar (73-nji surat). Edil şeýle, 66-we 67-nji suratlarda şekillendirilen arabajyklara täsir edýän güýçler hem özara deň bolsa-da, olar bir-birine garşylykly ugrukdyrylan. Bu kanunalaýyklyk ähli täsirleşýän jisimler üçin ýerliklidir. Şonuň üçin arabajyklara täsir edýän güýçleriň wektor görnüşündäki gatnaşyklaryny aşadaky ýaly aňlatmak mümkin:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2, \quad (2)$$

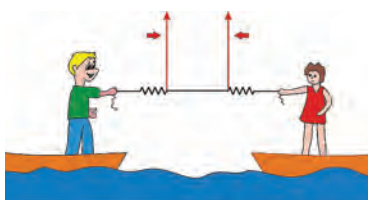
bu ýerde minus alamaty wektor bolan  $\vec{F}_2$  güýç  $\vec{F}_1$  güýje garşylykly ugrukdyrylandygyny aňladýar (bu güýçler bir göni çyzyk boýunça ugrukdyrylandygyny ýatdan çykarmak bolmaýar).



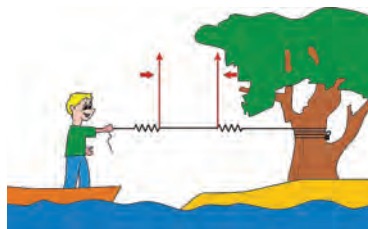
**Özara täsirleşýän iki jisim bir-birine mukdar taýdan deň we bir göni çyzyk boýunça garşylykly taraplara ugrukdyrylan güýçler bilen täsirleşýärler.**

Bu kanun *Nýutonyň üçünji kanuny* diýlip atlandyrylýar.

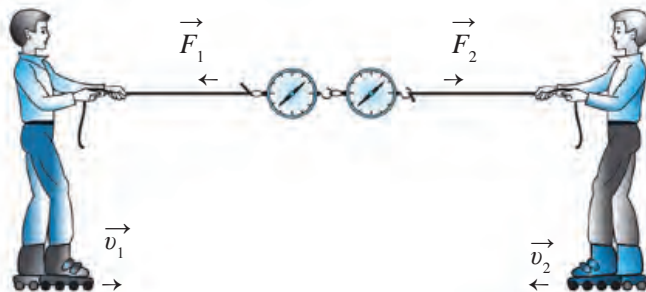
Özara täsirleşýän iki güýçden biri *täsir güýji*, ikinjisi bolsa *ters täsir güýji* diýilýär. Nýutonyň üçünji kanuny bolsa *ters täsir kanuny* diýip hem atlandyrylýar.



72-nji surat. Iki gaýygyň bir birine dartylyşy



73-nji surat. Gaýygyň daragt tarapa dartylyşy



74-nji surat. Ters täsir güýjüniň ýüze çykyşy

Ters täsir kanunynyň ýüze çykmagyna köp mysallar getirmek mümkin. Meselem, roligiň üstünde tanap bilen bir-birini dartýan iki oglandan biri ikinjisini nähili güýç bilen dartsa, özi hem ikinji oglana şonça ters täsir güýji bilen dartylýar (74-nji surat).

Ýylmanak ýoda ornaşdyrylan iki arabajygyň birine magnit özen, ikinjisine demir bölegi ornaşdyrylan bolsun (75-nji surat). Olara täsir edýän güýçleri her bir arabajyga berkidilen dinamometr ölçeyär. Eger arabajyklar bir-birine ýakynlaşdyrylsa, magnit özen demir bölegi özüne dartýar. Arabajyklar deň agramlylyga gelende olar yzyndaky dinamometrleriň görkezijeleri birmeňzeşdigini görýäris. Arabajyklaryň arasyndaky aralygy üýtgedip, täsir edýän güýçleriň ululygyny üýtgetmek mümkin. Ýöne barybir birinji arabajyk ikinjisini nähili güýç bilen dartsa, ikinjisi-de birinjisini edil şeýle güýç bilen dartýanlygynyň şaýady bolýar. Uçlary daýanja goýlan tagtanyň üstünde duran çaga tagta öz agyrllygy bilen täsir edip, ony egýär. Öz gezeginde, tagta çaga hem edil şeýle ululykdaky güýç bilen täsir edýär. Çaganyň agyrllygy pese ugrukdyrylan bolsa, tagtanyň çaga ters täsir güýji ýokary ugrukdyrylandyr. Diwary 300 N güýç bilen itekleseňiz, diwar hem size 300 N güýç bilen ters täsir edýär.

Güýçleriň  $F_1 = m_1 a_1$  we  $F_2 = m_2 a_2$  aňlatmalaryny Nýutonyň üçünji kanunynyň formulasyna goýup, aşakdaky deňlikleri alýar:



75-nji surat. Demriň magnite dartylşy

$$m_1 a_1 = m_2 a_2 \quad \text{ýa-da} \quad \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} \quad (3)$$



**Özara täsirleşen iki jisimiň tizlenmeleri olaryň massalaryna ters proporsional bolup, özara garşylykly ugrukdyrylandyr.**

Muňa mysal hökmünde 67-nji suratda şekillendirilen massalary dürlüçe bolan arabajyklaryň hereketini getirmek mümkin.

Özara täsirde jisimleriň alan tizlenmeleri  $a_1 = v_1/t$  we  $a_2 = v_2/t$  bolýandygyny hasaba olsak, (3)-dan aşakdaky aňlatma gelip çykýar:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} \quad (4)$$



**Jisimleriň özara täsir sebäpli alan tizlikleri olaryň massalaryna ters proporsional bolup, özara garşylykly ugrukdyrylandyr.**

Meselem, çaga dynçlykda duran gaýykdan kenara bökende, gaýygyň hereket ugry çaganyň ugruna garşylykly bolýar. Gaýygyň massasy çaganyň massasyndan näçe esse uly bolsa, onuň alan tizligi çaganyň tizliginden şonça esse kiçi bolýar. Şuny ýatda saklaň, täsir we ters täsir güýçleriniň her biri dürli jisimlere goýlan. Eger haýsy-da bolsa bir güýç ýüze çyksa, ýene nirededir oňa mukdar taýdan deň, emma garşylykly ugrukdyrylan güýç, hökman, bar bolýar.

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Massasy 50 kg bolan bola gaýykdan kenara böküp, 0,5 s içinde 10 m/s tizlik aldy. Eger gaýygyň massasy 200 kg bolsa, şol wagtyň içinde gaýyk nähili tizlik alýar? Şol wagtda çaga we gaýyk nähili tizlenme alar?

<p><i>Berlen:</i></p> <p><math>m_1 = 50 \text{ kg};</math>  <math>m_2 = 200 \text{ kg};</math>  <math>v_1 = 10 \text{ m/s};</math>  <math>t = 0,5 \text{ s}.</math></p> <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p><i>Tapmaly:</i></p> <p><math>v_2 = ?</math>  <math>a_1 = ?</math>  <math>a_2 = ?</math></p>	<p><i>Formulasý:</i></p> <p><math>\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}</math> dan <math>v_2 = v_1 \cdot \frac{m_1}{m_2};</math>  <math>a_1 = \frac{v_1}{t};</math>  <math>a_2 = \frac{v_2}{t}.</math></p>	<p><i>Çözülişi:</i></p> <p><math>v_2 = 10 \cdot \frac{50 \text{ m}}{200 \text{ s}} = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}};</math>  <math>a_1 = \frac{10 \text{ m}}{0,5 \text{ s}^2} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.</math>  <math>a_2 = \frac{2,5 \text{ m}}{0,5 \text{ s}^2} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.</math></p>
--	--	--

*Jogaby:*  $v_2 = 2,5 \text{ m/s}; a_1 = 20 \text{ m/s}^2; a_2 = 5 \text{ m/s}^2.$



**Daýanç düşüňjeler:** Nýutonyň üçünji kanuny, ters täsir güýji, ters täsir kanuny.



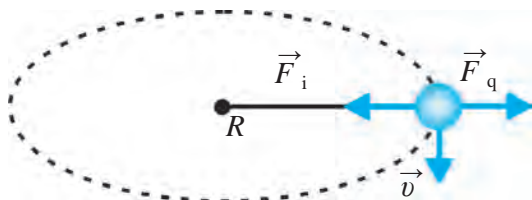
1. Uçup barýan howa şary we elimiziň arasyndaky ýüpe kiçi bir ýük asylan bolsa, bu ýüp boýunça üç sany güýç täsir edýär: şar ýüpi ýokary dartýar; ýüküň agyrlýk güýji ony aşak dartýar; barmagymyz ýüpi gorizonta ugurda dartýar. Bu täsir güýçlerine ters täsir güýçlerini tapyp, çyzgyda görkeziň.



1. Balykçylyk basseýninde iki birmeňzeş gaýyk kenara tarap ýüzüp gelýär. Olardan biri tanap bilen kenara mäkämlenen. Birinji gaýykdan kenara taşlanan tanaby kenarda duran we gaýykdaky balykçy dartýarlar. Kenara mäkämlenen ikinji gaýykdaky balykçy hem öz tanabyny dartýar. Eger olar birmeňzeş güýç sarp edýän bolsalar, haýsy gaýyk kenara birinji bolup ýetip geler?
2. Dinamometriň iki ujundan iki at dartýar. Olaryň her biri ony 100 N güýç bilen dartýar. Dinamometr näçe N güýji görkezýär?
3. Arabajykda duran çaga diwara mäkämlenen tanaby 80 N güýç bilen dartanda, arabajyk 1 s içinde 2 m/s tizlik alýar. Çaganyň arabajyk bilen bilelikdäki massasyny we tizlenmesini tapyň.
4. Dynç duran jisime 5 N güýç täsir edende, ol 1 m/s<sup>2</sup> tizlenme aldy. Şol jisim 4 m/s<sup>2</sup> tizlenme almak üçin oňa nähili ululykdaky güýç täsir etmeli?

## 23-Ş. HEREKET KANUNLARYNYŇ AÝLANMA HEREKETE ULANYLYŞY

### Merkeze ymtylýan güýç



**76-njy surat.** Aýlanma hereketde şarjagaza täsir edýän güýçler

Töwerek boýunça birmeňzeş tizlikde hereket edýän jisimiň çyzykly tizligi dürli wagtda dürli ugra eýe bolanlygy sebäpli jisim tizlenmä eýe bolýar. Şeýle tizlenmäni merkeze ymtylýan tizlenme ( $a_i$ ) diýip atlandyrypdyk.  $m$  massaly şarjagaz  $R$  uzynlykdaky

ky ýüpe daňylmak bilen  $v$  çyzykly tizlik bilen aýlandyrylýan bolsun (76-njy surat), munda şarjagazyň alan  $a_i$  merkeze ymtylýan tizlenmesi aşakdaky ýaly aňladylýndygyny bilýäris:

$$a_i = \frac{v^2}{R}. \quad (1)$$

Jisim hereketindäki islendik tizlenmäni diňe güýç emele getirýär. Aýlanma hereketde tizlenme nähili güýjüň täsirinde ýüze çykýar?

Aýlanma hereketde tizlenme jisimiň aýlanma merkezine ugrukdyrylandygyny bilýäris. Aýlanma hereketde jisime täsir edýän güýç hem tizlenmäniň ugrunda, ýagny aýlanma merkezine ymtylan bolýar. Diýmek, jisimiň aýlanma hereket etmegi üçin oňa hemişe töweregiň merkezine ugrukdyrylan güýç täsir edip durmaly eken. Eger bu güýç bolmasa, jisim ýene gönüçyzykly deňölçeqli hereketini dowam etdirýär. Jisimi aýlanma hereket etdirýän güýç merkeze ymtylýan güýç diýlip atlandyrylýar we ony  $F_i$  bilen belgileýäris. Nýutonyň ikinji kanunyna görä  $F_i = ma_i$  bolýanlygyndan:

$$F_i = \frac{mv^2}{R}. \quad (2)$$



**Jisime täsir edýän merkeze ymtylýan güýç jisimiň massasyna we çyzykly tizliginiň kwadratyna göni proporsional, aýlanma radiusyna bolsa ters proporsionaldyr.**

Ýüpe daňlan şarjagazy aýlandyranymyzda biz oňa ýüp arkaly täsir edýäris (76-njy surat). Ýüp şarjagazy  $F_y$  güýç bilen merkeze dartyp durýar. Şarjagazyň çyzykly tizligi  $v$  töwerege galtaşma, ýagny merkeze ymtylýan güýje perpendikulýar ýagdaýda ugrukdyrylan bolýar.

### Merkezden gaçýan güýç

Nýutonyň üçünji kanuny aýlanma hereket üçin hem ýerliklidir. Aýlanma hereket edýän şarjagaza täsir edýän merkeze ymtylýan güýje mukdar taýdan deň we oňa garşylykly ugrukdyrylan güýç bar. Bu güýç **merkezden gaçýan güýç** diýlip atlandyrylýar.

Merkezden gaçýan güýç  $F_g$  merkeze ymtylýan güýç  $F_y$  ýaly aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$F_g = \frac{mv^2}{R}. \quad (3)$$

Merkezden gaçýan güýjüň formulasy merkeze ymtylýan güýjüň formulasy bilen birmeňzeş, ýöne olar garşylykly ugrukdyrylan bolýar. Ýagny:

$$\vec{F}_y = -\vec{F}_g \quad (4)$$

Kiçi bedräniň ýarysyna çenli suw salyp, ony kellämiziň daşyndan çalt aýlanymyzda, suw dökülmeýär. Aýlanma hereket edýän bedrejige we suwa täsir edýän merkezden gaçýan güýç sebäpli suw töweregiň merkezinden gaçýar, ýagny gabyň düýbüne garap hereket edýär, şonuň netijesinde ol dökülmeýär. Merkezden gaçýan güýjüň barlygyndan durmuşda peýdalanylýar. Meselem, ýuwulýan geým mahsus guradyjy barabana salnyp, uly tizlik bilen aýlandyrylýar. Merkezden gaçýan güýjüň täsirinde geýimdäki suw bölejikleri barabanyň tor şeklindäki diwarlaryndan atylyp çykyp, geým gurayar. Şonuň ýaly-da, süýt separatorynyň kömeginde süýtde gaýmak bölünip alynýar. Munda separatornyň barabany uly tizlikde aýlanmagy netijesinde onuň içindäki süýt iki bölege bölünýär. Merkezden gaçýan güýjüň täsirinde agyr ýagsyz süýt çykyp gidýär we mahsus gaba ýygnalýar. Barabanyň merkezinde bolsa ýagly ýeňil süýt (gaýmak) galýar.



**Daýanç düşüňjeler:** merkeze ymtylýan güýç, merkezden gaçýan güýç.



1. Otlynyň hereketinde howpsuzlyk çärelerini görmek üçin ýoluň öwrümli ýerlerinde relslerini nähili ornaşdyrmaly?
2. Sirkde töwerek boýunça ornaşdyrylan diwaryň içinde motosiklçi hereket başlap, ýuwaş-ýuwaşdan diwara çykyp başlaýar. Ol diwardan ýykylyp düşmeýänliginiň sebäpi nämede?



1. Massasy 20 g bolan şarjagaz 25 sm uzynlykdaky ýüpe daňlap aýlandyrylýar. Aýlaw peridy 0,2 s bolsa, şarjagazyň çyzykly tizligini we oňa täsir edýän merkezden gaçýan güýji tapyň.
2. A. 1-nji meseläniň şertindäki jisimiň massasyny iki esse uly diýip alyp, meseläni çözüň. B. 1-nji meseläniň şertindäki şarjagaz daňlan ýüpüň uzynlygyny iki esse uzyn diýip alyp, meseläni çözüň. D. 1-nji meseläniň şertindäki şarjagazyň aýlaw peridy iki esse uly diýip alyp, meseläni çözüň. A, B we D meseleleriň her biriniň çözüwini 1-nji meseläniň çözüwine deňşdiriň we netije çykaryň.

## 24-Ş. MAÝYŞGAKLYK GÜÝJI

### Deformasiýa

Eger jisime daşky güýç täsir etse, jisimi düzýän bölejikler bir-birine görä süýşmegi we olaryň arasyndaky aralygyň üýtgemegi mümkin. Netijede bölejikleriň arasyndaky özara täsir güýçleriň (dartyş we itekleme) deňa-

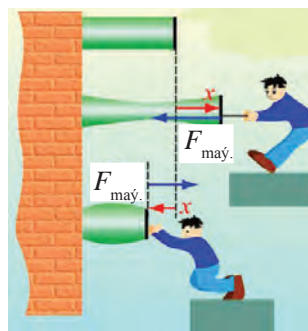


gramlylygy bozulýar. Eger güýjüň täsirinde olaryň arasyndaky aralyk artan bolsa, dartýş güýçleri agdyklyk edýär.

We tersine, aralyk kemelen bolsa, itekleýji güýçleri agdyklyk edýär. Netijede jisimiň dürli nokatlarynda noldan tapawutly içki güýçler peýda bolýar. Içki güýçleriň jemi Nýutonyň üçünji kanunyna esasan daşky goýlan güýje deň we oňa garşylykly ugrukdyrylandyr (77-nji surat).

Jisime güýç bilen täsir edilse, olaryň süýnmegi, egilmegi, egilmegi ýa-da towlanmagy mümkin.

Käbir jisimlerde şeýle aýratynlyk aýdyň görünýär. Meselem, daşky güýjüň täsirinde reziniň ýa-da puržiniň sozulmagy, süýnmegi, towlanmagy ýa-da egilmegi mümkin.



77-nji surat. Jisimiň süýnmegi we gysylmagy



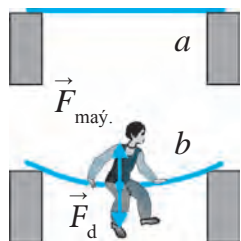
**Deformasiýa diýip daşky güýjüň täsirinde jisimleriň şekiliniň we ölçeginiň üýtgemegine aýdylýar.**

Deformasiýalar elastik we plastik deformasiýalara bölünýär. Daşky güýjüň täsiri bes edilenden soň jisimiň özgeren şekili we ölçegi öňki halatyna gaýtasa, şeýle deformasiýa **elastik deformasiýa** bolýar. Meselem, süýnen rezin ýa-da puržin daşky täsir bes edilenden soň öz halatyna gaýdýar. Çyzgyjy biraz egip, soň goýberilse, ol ýene dogrulanýar. Şeýle jisimlere **elastik jisimler** diýilýär.

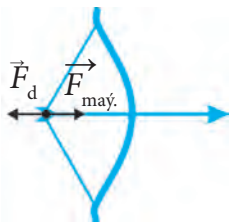
Hemme jisimler hem öz durkuny gaýtadan dikeldibermeýär. Täsir edýän daşky güýç bes edilende jisimiň şekili we ölçegi dikeldilse, şeýle deformasiýa **plastik deformasiýa** bolýar. Meselem, plastilin ezilse ýa-da süýndürilse, ol öňki ýagdaýyna gaýtmaýar. Şeýle jisimlere **plastik jisimler** diýilýär. Aşakda biz diňe elastik jisimler bilen iş salşarys.

### Maýyşgaklyk güýjüniň ýüze çykyşy

78-nji *a* suratda iki daýanja gorizonta ýagdaýda goýlan ýuka tagta şekillendirilen. Eger tagtanyň ortasyna çaga otursa, tagta pese epilip togtaýar (78-nji *b* surat). Tagtanyň bükülmesini nähili güýç saklap galýar? Çaganyň agyrylyk güýjüniň täsirinde tagta epilýär, ýagny deformirlenýär. Eger çaganyň agyrylyk güýjüni daşky güýç  $F_d$  diýsek, tagtanyň bükülmegine garşylyk edýän içki güýç maýyşgaklyk güýji  $F_{may}$  bolýar.  $F_{may}$  güýç  $F_d$  güýje



78-nji surat.  
Tagtanyň bükülmeği



79-nji surat.  
Kemanyň bükülmeği

garşylykly ugrukdyrylanlygy üçin olar mukdar taýdan deňleşende, tagta bükülmesini bes edýär. Munda Nýútonyň üçünji kanuny ýerlikli bolýar:

$$\vec{F}_d = -\vec{F}_{\text{may.}} \quad (1)$$

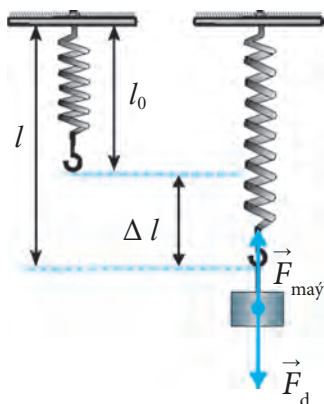


**Deformirlenen jisimde emele gelip, daşky güýje garşylyk görkezýän we oňa garşylykly ugrukdyrylan güýç maýyşgaklyk güýji diýlip atlandyrylýar.**

Kemanyň ýüpi berk çekilende (79-njy surat), rezin, puržin süýnenda ýa-da gysylanda,  $F_d$  güýje garşy  $F_{\text{may.}}$  güýji ýüze çykýar.

### Gukuň kanuny

Daýanja mäkämlenen  $l_0$  uzynlykdaky puržine  $m$  massaly ýük asalyň. Oňa täsir edýän  $F_d$  agyrylyk güýji pese ugrukdyrylan bolýar. Puržin deformirlenmeği netijesinde  $F_d$  -ga garşylykly ugrukdyrylan  $F_{\text{may.}}$  güýji emele gelýär (80-nji surat). Netijede puržin  $\Delta l$  -e süýnýär:  $\Delta l = l - l_0$ . Muňa puržiniň absolyút süýnmesi ýa-da absolyút deformasiýa diýilýär.  $F_{\text{may.}}$  maýyşgaklyk güýji  $F_d$  agyrylyk güýje deňleşende, puržin süýnmesini bes edýär. Puržine täsir edýän güýji barha artdyrsak, absolyút deformasiýa hem proporsional artýar (81-nji surat). Diýmek, maýyşgaklyk güýji absolyút süýnmä göni proporsional eken, ýagny:



80-nji surat. Puržiniň süýnmeği

$$\vec{F}_{\text{may.}} \sim \vec{\Delta l} \quad \text{ýa-da} \quad \vec{F}_{\text{may.}} = -k \vec{\Delta l}. \quad (2)$$

Munda  $k$  – maýyşgaklyk güýji we absolyút süýnmesini baglaýan koeffisiýenti bolup, deformirlenýän puržiniň **gatylygy** diýlip atlandyrylýar. (2) formulada minus alamatynyň goýulmagynyň sebäbi maýyşgaklyk güýji we absolyút süýnmäniň garşylykly ugra eýeligidir. Bu formuladan  $k$ -ny tapsak:

$$k = \frac{F_{\text{maý.}}}{\Delta l} \quad (3)$$

Halkara birlikler sistemasynda puržiniň gatylygynyň birligi – N/m.

(2) formula aşakdaky ýaly kesgitlenýär:



**Maýyşgaklyk güýji daşky güýjüň täsirindäki deformasiýanyň ululygyna göni proporsional.**

Bu kanuny 1660-njy ýylda inlis alymy **Robert Guk** açypdyr. Şonuň üçin oňa **Gukuň kanuny** diýilýär.

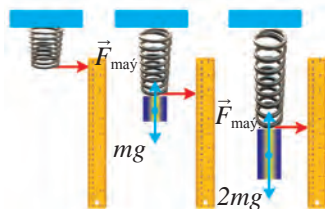
Jisimiň (puržin, sim) gatylygy  $k$  näçe uly bolsa, ony süýndürmek ýa-da gysmak, ýagny deformirmek şonça kyn bolýar. Gatylyk koeffisiýenti dürli jisimler üçin dürlüçe baha eýe. Uzynlygy  $l$ , kese kesiginiň meýdany  $S$  bolan sterženiň gatylygy –  $k$  aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$k = E \frac{S}{l} \quad (4)$$

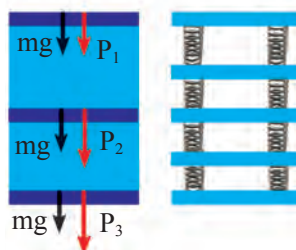
Munda  $E$  – steržen ýasalan maddanyň süýnme moduly (Ýunguň moduly) diýlip atlandyrylýar, ol dürli maddalar üçin dürlüçe bolýar.

Puržin  $F_d$  daşky güýji täsirinde gysylanda, ol  $\Delta l$  -e gysgalýar. Güýjüň barha artmagy bilen  $\Delta l$  hem proporsional ýagdaýda artýar (82-nji surat), ýagny Gukuň kanuny ýerlikli bolýar. Gündelik durmuşymyzda süýnme we gysylma deformasiýalaryndan daşary bükülme (83-nji surat), süşme (84-nji surat) we towlanma (85-nji surat) deformasiýalaryny hem görmek mümkin.

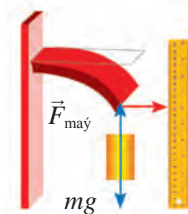
Gukuň kanunyň ýerine ýetirilişi kiçi deformasiýalar üçin ýerlikli. Maýyşgak deformasiýanyň daşky güýje baglylygy grafigi (86-njy surat) daşky güýjüň mälum bahasyna çenli koordinata başlangyjyndan geçýän göni çyzykdan ybarat bolup, onda Gukuň kanuny ýerine ýetirilýär.



**81-nji surat.** Deformasiýanyň täsir edýän güýje baglylygy



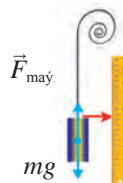
**82-nji surat.** Gysylma deformasiýanyň täsir edýän güýje baglylygy



**83-nji surat.** Bükülme deformasiýa



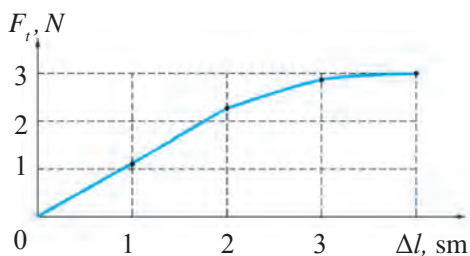
**84-nji surat.** Süşme deformasiýa



**85-nji surat.** Towlanma deformasiýa



**Gukuň kanuny dogry ýerine ýetirilýän daşky güýjüň araçägi maýyşgaklyk araçägi diýlip atlandyrylýar.**



**86-njy surat.** Absolýut deformasiýanyň daşky güýje baglylygy grafigi

86-njy suratda maýyşgaklyk araçägi 2,3 N-a deň. Uly deformasiýalar üçin deformasiýa bilen güýjüň arasyndaky baglanyşyk ep-esli çylşyrymly görnüşe eýe bolup, güýjüň barha artmagy bilen plastik deformasiýanyň täsiri artýar. Munda deformirlenen jisimler güýjüň täsiri bes edilenden soň öz durkuna gaýdyp doly dikeldilmeýär.

### Mesele çözmegiň nusgasy

Asma mäkämlenen sime agyrlыgy 300 N bolan jisim asylan. Jisimiň agyrlыk güýjüniň täsirinde sim 0,5 mm-e uzalan bolsa, onuň gatylygyny tapyň.

Berlen:

$$F_t = 300 \text{ N};$$

$$\Delta l = 0,5 \text{ mm} = 0,0005 \text{ m}.$$

Tapmaly:  $k = ?$

Formulasý:

$$F_t = k \cdot \Delta l;$$

$$k = \frac{F_t}{\Delta l}.$$

Çözülişi:

$$k = \frac{300 \text{ N}}{0,0005 \text{ m}} = 600\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}} =$$

$$= 6 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

Jogaby:  $k = 6 \cdot 10^5 \text{ N/m}.$



**Daýanç düşüňjeler:** deformasiýa, elastik deformasiýa, elastik jisim, plastik deformasiýa, plastik jisim, maýyşgaklyk güýji, puržiniň gatylygy, Gukuň kanuny, süýnme moduly.



1. Nähili güýçler deňleşende jisim deformirlenmeden togtaýar?
2. Elastik deformasiýa degişli nähili mysallary bilýärsiňiz?



1. 4 N güýç täsirinde 5 sm-e uzalan puržiniň gatylygyny tapyň.
2. Gatylygy 500 N/m bolan rezin 10 N güýç bilen dartylsa, ol näçä süýner?
3. Nähili ululykdaky güýjüň täsirinde gatylygy 1000 N/m bolan puržin 4 sm-e süýnýär?
4. Ýük maşyny ýeňil awtomobili tros arkaly 1 kN güýç bilen dartsa, tros näçä uzalýar? Trosuň gatylygy  $10^5 \text{ N/m}.$
5. Berlen sim böleginiň gatylygy  $2 \cdot 10^5 \text{ N/m-e}$  deň. Şu sim ikä bölünse, her bir bölegiň gatylygy näçe?

6. Massasy 200 g bolan ýük asylanda uzynlygy 8 mm bolan puržin 12 mm bolup galdy. Onuň gatylygyny kesgitleň.

## 25-§. PURŽINIŇ GATYLYGyny KESGITLEMEK

### (2-nji laboratoriya işi)

**Işni maksady:** in ýönekeý dinamometriň puržininiň gatylygyny kesgitlemek arkaly jisimleriň deformasiýasy we gatylygy baradaky düşüňjeleri giňeltmek, maýyşgaklyk güýji barada alnan nazary bilimleri berkitmek.

**Gerekli enjamlar:** ştatiw, in ýönekeý dinamometr, ýükler toplumy, millimetrli kagyzy.

### Işni ýerine ýetirmegiň tertibi

1. Puržinden dinamometr ýasamak üçin şkalasyna millimetrli kagyzy ýelmäň.

2. Dinamometri ştatiwe 87-nji suratda görkezilişi ýaly berkidiň.

3. Dinamometriň görkezijisiniň başlangyç ýagdaýyny şkaladaky millimetrli kagyza bellik edip goýuň.

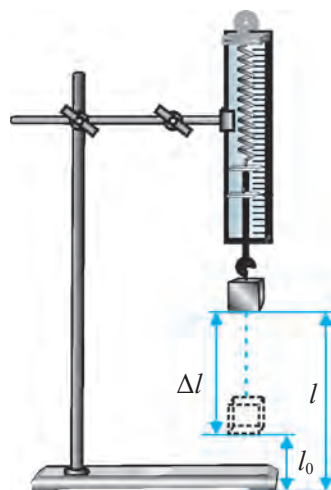
4. Dinamometriň ilgençegine  $m_1$  massaly ýüki ildiriň, onuň täsirinde puržiniň  $\Delta l_1$  uzalmasyny ölçäň we netijäni jedwele ýazyň.

5. Massalary  $m_2$  we  $m_3$  bolan ýük üçin hem puržiniň  $\Delta l_2$ ,  $\Delta l_3$  süýnmelerini ölçäň we netijeleri jedwele ýazyň.

6. Dinamometre asylan her bir ýük üçin puržine täsir eden daşky güýçleri  $F_t = mg$  formula boýunça hasaplaň we netijeleri jedwele ýazyň ( $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alyň).

7. Her bir ölçelen  $\Delta l_1$ ,  $\Delta l_2$ ,  $\Delta l_3$  we hasaplanan  $F_{t1}$ ,  $F_{t2}$ ,  $F_{t3}$  netijeleri  $k = F_t / \Delta l$  formula goýup,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  puržinleriň gatylygyny hasaplaň we netijeleri jedwele ýazyň.

8.  $k_{\text{ort}} = (k_1 + k_2 + k_3) / 3$  formula boýunça puržiniň gatylygynyň ortaça bahasyny hasaplaň we netijäni 2-nji jedwele ýazyň.



87-nji surat. Puržiniň gatylygyny kesgitlemek üçin enjamlar

№	$m$	$F_t$	$\Delta l$	$k$	$k_{ort}$	$ k_{ort} - k $	$\varepsilon$
1							
2							
3							

9.  $\Delta k_n = |k_{ort} - k_n|$  formuladan absolýut ýalňyşlygy tapyň.
10.  $\Delta k_{ort} = (\Delta k_1 + \Delta k_2 + \Delta k_3)/3$  formuladan absolýut ýalňyşlygyň ortaça bahasyny hasaplaň.
11.  $\varepsilon = (\Delta k_{ort} / k_{ort}) \cdot 100\%$  formuladan otnositel ýalňyşlygy tapyň.
12. Netijeleri derňäň we netije çykaryň.

Tejribäniň dowamynda aşakdaký soraglara jogap tapmaga hereket ediň:

1. Dinamometriň şkalasynyň bölüminiň bahasy nämä deň?
2. Dinamometriň şkalasynyň ýokary araçägi nämä deň?
3. Ýük asylan dinamometriň puržininiň görkezijisi nirede durmaly?
4. Güýji ölçände dinamometri nähili ornaşdyrmaly?
5. Güýji ölçän mahaly dinamometriň şkalasyna nähili garamaly?



1.  $m_1, m_2, m_3$  massaly ýük asylan dinamometr puržininiň maýyşgaklyk güýji nämä deň we haýsy tarapa ugrukdyrylan?
2. Dinamometriň puržininiň ilgençegine ýük asylanda maýyşgaklyk güýjüniň nähili emele gelýändigini düşündirip beriň.
3. Nämе sebäpden her bir ölçeg üçin puržiniň gatylygy  $k_1, k_2, k_3$  birmeňzeş diýen ýaly bahalara deň?

## IV BAP BOÝUNÇA NETIJE

Nýutonyň kanunlary ýönekeýje bolup görünýän iki formula:  $\vec{F} = m\vec{a}$  we  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$  bilen aňladylsa-da, olarda adatdan daşary derejede many jemlenendir. Daş-töweregimizde bolup geçýän hereketler: derýalarda suwuň akysyna, Ýer ýüzünde ýeleriň we tupanlaryň turmagyna, ýollarda awtomobilleriň dyngysyz ýöreýşine, asmanda samolýotlaryň uçuşyna, kosmiki giňişlikde planeta, ýyldyz we galaktika, şonuň ýaly-da, kosmos gämileriniň hereketine nazar taşlaň. Bu hereketler we hereket edýän jisimler bir-birine umuman meňzemeýär. Olara täsir edýän güýçler hem dürlüçe. Ýöne bu hereketleriň we hereketde gatnaşýan

jisimleriň hemme-hemmesini şu ýönekeýje duýulýan kanunlaryň esasynda aňlatmak mümkin.

Umuman alanda, Nýutonyň kanunlary mehanikanyň islendik meselesini çözmäge mümkinçilik berýär. Eger jisime goýlan güýç mälim bolsa, jisimiň islendik wagtdaky, traýektoriyanyň islendik nokadyndaky tizlenmesini tapmak mümkin. Nýutonyň kanunlary, şonuň ýaly-da, jisimiň hereketi, ýagny onuň islendik wagtdaky ýagdaýy mälim bolsa, jisime nähili güýç täsir edýändigini kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

## IV BABA DEGIŞLI GOŞMAÇA GÖNÜKMELER

1. Massasy 2 kg bolan jisim ýere erkin gaçýar. Jisime täsir edýän güýji tapyň.  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alyň.

2. Massasy 200 g bolan arabajyk  $0,5 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen hereketlenmegi üçin oňa nähili ululykda hemişelik güýç bilen täsir etmeli?

3. Demir ýolda duran wagony 2 kN güýç bilen iteklände, ol  $0,1 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen hereketlenip başlady. Wagonyň massasyny tapyň.

4. Dynçlyk ýagdaýyn duran 0,5 kg massaly jisim hemişelik güýjüň täsirinde hereketlenip, 5 s-da 20 m ýöredi. Jisime täsir edýän güýjüň ululygyny tapyň.

5. Tekis gorizonta üstde 100 g massaly polat şarjagaz dur. Eger şarjagaz gorizonta ýagdaýda 50 mN güýç bilen dürtüp goýberilse, ol nähili tizlenme alýar?

6. Tekis gorizonta üstde duran arabajyga 4 N hemişelik güýç bilen täsir edilende, ol  $2 \text{ m/s}^2$  tizlenme aldy. Eger oňa 6 N güýç bilen täsir edilse, ol nähili tizlenme alýar?

7. 6-njy meseläniň şerti boýunça iki ýagdaý üçin hem arabajygyň 1 s dowamynda alan tizliklerini tapyň.

8. Massasy 2 000 kg bolan awtomobil  $0,8 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen hereketlenip başlady. Motor awtomobili nähili güýç bilen herekete getirýär? Sürtülme güýçleri hasaba alynmasyn.

9. Bir-birine garşylykly hereketlenýän 0,5 kg we 1,5 kg massaly iki jisim çaknyşdy we ikisi-de togtap galdy. Eger çaknyşýança birinji jisim  $6 \text{ m/s}$  tizlikde hereketlenen bolsa, ikinji jisim nähili tizlikde hereketlenipdir?

10. Traktor tirkegi 10 kN güýç bilen çekende, oňa  $0,5 \text{ m/s}^2$  tizlenme berýär. Dartyş güýji 30 kN bolan başga traktor şu tirkege nähili tizlenme berer?

11. Massasy 80 tonna bolan reaktiw samolýotyň dwigatelleriniň dartyş güýji 120 kN bolsa, samolýot tizligini almak üçin nähili tizlenme bilen hereketlenýär?

12. Massasy 0,4 kg bolan topa 0,01 s dowamynda zarba berlende, ol 20 m/s tizlik aldy. Top nähili güýç bilen depilipdir?

13. 25 sm uzynlykdaky ýüpe daňlan 100 g massaly şarjagaz töwerek boýunça sekundyna 2 gezek aýlanýar. Şarjagaza täsir edýän merkezden gaçýan güýji we merkeze ymtylýan tizlenmäni tapyň.

14. 13-nji meseläniň şertindäki şarjagaz sekundyna 4 gezek aýlandyrylsa, merkezden gaçýan güýç we merkeze ymtylýan tizlenme näçe esse artar ýa-da kemeler?

15. 1 m uzynlykdaky ýüpe daňlan jisim her sekuntda 1 gezek aýlanýar. Jisime täsir edýän merkezden gaçýan güýç 10 N bolar ýaly jisimiň massasy näçe bolmaly?

16. Laýly ýolda batyp galan awtomobiliň tigirinden 10 m/s tizlikde laýyň bölekleri atylýar. Eger awtomobiliň tigiriniň diametri 1 m, atylýan laý bölekleriniň ortaça massasy 5 g bolsa, laý bölekleri nähili güýç bilen atylýar?

17. Motosikl sirkiň arenasynda 25 m diametrli töwerek boýunça 45 km/sagat tizlikde hereketlenýär. Eger motosikle täsir edýän merkezden gaçýan güýç 2,5 kN bolsa, motosikl bilen sürüjiniň bilelikdäki massasy näçe bolar? Munda motosikl nähili merkeze ymtylýan tizlenme alar?

18. 2 N güýjüň täsirinde 10 sm-e uzalan reziniň gatylygyny tapyň.

19. Puržinli terezä 1 kg ýük asylanda onuň puržini 8 sm-e süýnüpdür. Puržiniň gatylygyny tapyň. Şu we soňky degişli gönükmelerde  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýlip alynsyn.

20. Gatylygy 60 N/m bolan puržine ýük asylanda, ol 5 sm-e uzaldy. Puržine asylan ýüküň massasyny tapyň.

21. Gatylygy 10 N/m bolan rezine 60 g ýük asylanda, ol näçä uzalar?

22. Bir tarapy birleşdirilen uzynlyklary birmeňzeş iki puržiniň boş uçlaryndan tutup çekildi. Munda gatylygy 120 N/m bolan puržin 4 sm-e uzaldy. Ikinji puržin 3 sm-e uzalan bolsa, onuň gatylygy näçe bolar?

23. Massasy 1200 kg bolan awtomobili 0,3 m/s<sup>2</sup> tizlenme bilen buksire alanda, gatylygy 40 kN/m bolan trosuň näçe süýnýändigini tapyň. Sürtülme güýjüni hasaba almaň.





## V bap. DAŞKY GÜYÇLERIŇ TÄSIRINDE JISIMLERIŇ HEREKETI

### 26-Ş. BÜTINDÜNÝÄ DARTYLMA KANUNY

Aý we başga planetalar töwerek boýunça hemişelik diýen ýaly tizlikde hereket edýärler. Islendik jisimiň aýlanma hereket etmegi üçin oňa hemişelik güýç täsir edip durmaly. Eger planetalara şeýle güýç täsir etmese, olar gönüçyzykly deňölçegli hereket eden bolardylar. Indi dinamikanyň kanunlaryny ulanyp, Aýyň Ýeriň töwereginde aýlanyşyna garalyň. Aý diňe hemişelik güýjüň täsirinde aýlanma hereket edýär. Bu güýç Ýeriň dartýş güýji bolup, ol Nýutonyň II kanunyna esasan:  $|F| = m/a$  formula bilen kesgitlenýär, ýagny Aýyň massasy  $m$  näçe uly bolsa, dartýşma güýji hem şonça uly bolýar:  $|F| \sim m$ . Nýutonyň III kanunyndaky ters täsire görä, Aý hem Ýeri şeýle güýç bilen dartýar:  $|F| = M/a$ , ýagny Ýeriň massasy  $M$  näçe uly bolsa, dartýşma güýji hem şonça uly bolýar:  $|F| \sim M$ . Eger dartýşma güýji  $F$  hem jisimiň massasy  $m$ -e, hem Ýeriň massasy  $M$ -e proporsional bolsa, diýmek, bu güýç olaryň köpeltmek hasylyna-da proporsionaldyr:

$$|F| \sim mM. \quad (1)$$

Şunuň bilen birlikde, Ýeriň merkezinden Ýeriň üstüne çenli bolan aralyk Ýeriň merkezinden Aýa çenli bolan aralykdan 60 esse kiçi. Jisimiň Ýeriň üstündäki merkeze ymtylýan güýji bolsa Aýyň orbita boýunça hereketindäki merkeze ymtylýan güýjünden 3600 esse uly, ýagny:

$$|F| \sim 1/r^2. \quad (2)$$

(1) we (2) baglanyşyklary umumylaşdyryp ýazsak:  $|F| \sim mM/r^2$  ýa-da:

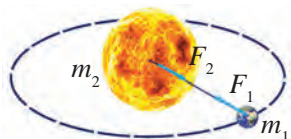
$$|F| = G \frac{mM}{r^2}, \quad (3)$$

bu ýerde  $G$  – proporsionallyk koeffisiýenti.

Nýutonyň dartylma güýjüniň şeýle tebigaty diňe bir Ýer bilen Aýyň arasyndaky dartýşma däl, eýsem Gün bilen Ýeriň (88-nji surat), başga planetalar bilen

Gün, daş-töweregimizdäki jisimler bilen Ýeriň arasyndaky dartyşma hem de-  
gişlidigini açyş etdi. Onuň netijesine esasan, älemdäki jisimleriň özara dartyş-  
ma güýji aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (4)$$



**88-nji surat.** Ýer bilen  
Günüň özara dartyşmasy

bu ýerde  $m_1, m_2$  – täsirleşýän jisimleriň massalary,  $r$  – olaryň arasyndaky aralyk (massalar merkezinden ölçelýär),  $G$  – proporsionallyk koeffisiýenti bolup, ol grawitasiýa hemişeligi diýlip atlandyrylýar. (4) formulada  $F$  **grawitasion dartyş güýjüni** aňladýar. Bu kanun älemdäki ähli jisimleriň arasyndaky özara dartyşma güýjüni aňladýandygy üçin, ol **Bütindünyä dartyşma kanuny** diýlip atlandyrylýar. Bu kanun aşakdaky ýaly kesgitlenýär:



**Iki jisimiň özara dartyşma güýji olaryň massalarynyň köpeltmek hasylyna göni proporsional we olaryň arasyndaky uzaklygyň kwadratyna ters proporsionaldyr.**

Eger özara täsirleşýän jisimler massasy  $m_1 = m_2 = 1$  kg we olaryň arasynda-  
ky aralyk  $r = 1$  m bolsa, (4) formulada  $F$  güýjüň san bahasy  $G$  -a deň: grawita-  
siýa hemişeligi san taýdan her biriniň massasy 1 kg we aralaryndaky uzaklyk  
1 m bolan iki jisimiň arasyndaky dartyşma güýjüne deň. 1798-nji ýylda inlis  
alymy Genri Kawendiş onuň san bahasy aşakdaka deňligini kesgitledi:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} .$$

$1/1,5 = 0,667$  bolany üçin meseleler çözülende  $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

ýerine  $\frac{1 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{1,5 \cdot 10^{10} \text{ kg}^2}$  bahadan hem peýdalanmak mümkin.

Bütindünyä dartyşma kanuny täsirleşýän jisimleriň ölçegleri olaryň ara-  
syndaky uzaklykdan örän kiçi bolan ýagdaýlarda, ýagny maddy nokatlar  
üçin anyk ýerine ýetirilýär. Şar şeklidäki jisimler üçin olaryň arasyndaky  
uzaklyk şarlaryň merkezinden ölçelse, jisimleriň arasyndaky islendik uzak-  
lykda-da (4) formulanyň ýerliklidigi mälim boldy. Şonuň üçin jisimleriň  
Ýere dartyşmasyny hasaplanda uzaklygy Ýeriň merkezine görä almaly.

Ýeriň radiusy 6 400 km bolany üçin jisim Ýerden birnäçe on kilometr göterilende-de Ýere dartylma güýjüniň mukdarynyň üýtgemegi duýulmaýar diýen ýalydyr. Daş-töweregimizdäki ähli jisimler – maşyn, adam, stol-stul, şkaflar, hatda, öýler hem bir-birine dartuşyp durýar. Bu güýçler örän kiçi bolanlygy üçin, olar duýulmaýar. Ýöne Ýer Aýy dartmagy netijesinde Aý Ýeriň töwereginde aýlansa, Aý Ýeri dartmagy netijesinde Aý tarapa gabat gelýän deňiz we okean suwunyň birnäçe metre göterilýändigini görüň.

Ýüpe haýsy-da bolsa bir jisimi asyp goýsak, Ýer jisimi dartmagy netijesinde jisim ýüpi Ýeriň merkezine tarap dartýar. Bu hadysadan gurluşkylar jaýlary Ýere perpendikulýar edip gurmakda peýdalanýarlar.

### Ýere, Aýa we Güne degişli käbir maglumatlar

Bütindünýä dartylma kanunyna degişli meseleler çözümlenende Ýere, Aýa we Güne degişli ululyklardan peýdalanýlar. Mesele çözende bu ululyklaryň tegeklelen takmyny bahalaryndan peýdalanmak mümkin. Aşakda şu ululyklar getirilen:

- 1) Ýeriň ortaça radiusy –  $6,371 \cdot 10^6 \text{ m} \approx 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$ ;
- 2) Ýeriň massasy –  $5,976 \cdot 10^{24} \text{ kg} \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;
- 3) Ýerden Aýa çenli ortaça uzaklyk –  $3,844 \cdot 10^8 \text{ m} \approx 3,8 \cdot 10^8 \text{ m}$ ;
- 4) Aýyň radiusy –  $1,737 \cdot 10^6 \text{ m} \approx 1,7 \cdot 10^6 \text{ m}$ ;
- 5) Aýyň massasy –  $7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg} \approx 7,4 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ ;
- 6) Ýerden Güne çenli ortaça uzaklyk –  $1,496 \cdot 10^{11} \text{ m} \approx 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ ;
- 7) Günüň radiusy –  $6,96 \cdot 10^8 \text{ m} \approx 7 \cdot 10^8 \text{ m}$ ;
- 8) Günüň massasy –  $1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ .

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Ýer bilen Günüň arasyndaky dartuşma güýjüni tapyň.

<i>Berlen:</i>	<i>Formulasý:</i>	<i>Çözülişi:</i>
$m_1 = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg};$ $m_2 = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg};$ $R = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m};$ $G = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}.$	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$	$F = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{6 \cdot 10^{24} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{(1,5 \cdot 10^{11})^2} \text{ N} \approx$ $\approx 3,6 \cdot 10^{22} \text{ N}.$

*Tapmaly:*

$F = ?$

*Jogaby:*  $F \approx 3,6 \cdot 10^{22} \text{ N}.$



**Daýanç düşüňjeler:** bütindünýä dartylma kanuny, grawitasiýa dartylma güýji, grawitasiýa hemişeligi.

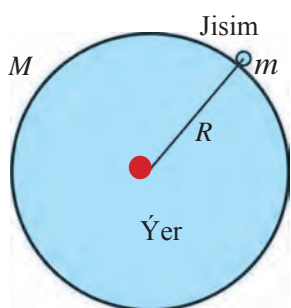


1. Massaňyzy, Ýeriň massasyny we radiusyny bilmek bilen özüňiziň Ýere nähili güýç bilen dartylýandygyňyzy hasaplaň. Özüňiz bilen Ýeriň arasyndaky uzaklygy Ýeriň radiusyna deň diýip alyň.
2. Dartyşma güýjüniň täsiri bilen düşündirilýän, Ýerde bolup geçýän hadysalara mysallar getiriň.



1. Ýer bilen Aýyň arasyndaky dartyşma güýjüni tapyň.
2. Her biriniň massasy 50 kg-dan bolan iki çaga bir-birinden 10 m aralykda durlar. Çagalar bütindünýä dartylma kanuny boýunça bir-birine nähili güýç bilen dartyşýarlar?
3. Her biriniň massasy 3,5 tonna bolan Ýeriň iki emeli hemrasy bir-birine 100 m ýakyn geldiler. Olaryň özara dartyşma güýjüni hasaplaň.

## 27-§. AGYRLYK GÜÝJI



Ýer ýüzündäki jisimler näme sebäpden Ýere dartylýar? Olar üçin hem bütindünýä dartylma kanuny ýerliklimi?

Bütindünýä dartylma kanunynyň formulasyndan peýdalanyp, Ýeriň üstündäki islendik  $m_1 = m$  massaly jisim bilen  $m_2 = M$  massaly Ýer şarynyň özara dartyşma güýjüni hasaplamak mümkin (89-njy surat):

**89-njy surat.** Ýer we onuň üstündäki jisimiň özara dartyşmasy

$$F = G \frac{mM}{r^2}. \quad (1)$$

Munda jisim bilen Ýeriň arasyndaky uzaklygyň mukdary hökmünde Ýer şarynyň radiusy  $R = 6,4 \cdot 10^6$  m alynýar.  $m = 1$  kg massaly jisim bilen  $M = 6 \cdot 10^{24}$  kg massaly Ýeriň dartyşma güýjüni tapalyň:

$$F = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{1 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6)^2} \text{ N} \approx 9,8 \text{ N}.$$

Diýmek, 1 kg massaly jisim we Ýer bir-birini 9,8 N güýç bilen dartýar.

Nýutonyň üçünji kanunyna görä jisim Ýere nähili güýç bilen dartylsa, ol Ýeri özüne şonça güýç bilen dartýar. Bu güýçler özara garşylykly

ugrukdyrylandyr. Şunuň bilen birlikde, 1 kg massaly jisim 9,8 N güýç bilen Ýere dartylsa, jisim bu güýji duýýar. Massasy örän uly bolan Ýer üçin 9,8 N güýç täsiri duýulmaýar. Diýmek, şeýle ýagdaýlarda biz diňe Ýerdäki jisimleriň Ýere dartylyşy barada aýdyp bileris.

Nýutonyň ikinji kanunyna görä Ýere dartyлма güýjüniň täsirinde jisimiň alan tizlenmesi:

$$a = \frac{F}{m}. \quad (2)$$

Diýmek, 1 kg massaly jisim Ýeriň dartuş güýjüniň täsirinde 9,8 m/s<sup>2</sup>-a deň bolan tizlenmä eýe bolýar.

Islendik massaly, meselem,  $m = 8$  kg ýa-da 25 kg massaly jisimler Ýere nähili güýç bilen dartylýar? Bu güýjüň täsirinde olar nähili tizlenmä eýe bolýar?

$$m = 8 \text{ kg üçin: } F = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{8 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6)^2} \text{ N} \approx 78,4 \text{ N; } a = \frac{78,4 \text{ m}}{8 \text{ s}^2} = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2};$$

$$m = 25 \text{ kg üçin: } F = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{25 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6)^2} \text{ N} \approx 245 \text{ N; } a = \frac{245 \text{ m}}{25 \text{ s}^2} = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Diýmek, jisimiň massasy näçe bolmagyna seretmezden Ýere dartyлма güýjüniň netijesinde  $a$  tizlenmäniň ululygy birmeňzeş, ýagny 9,8 m/s<sup>2</sup>-a deň eken. Biz bu tizlenmäni erkin gaçma tizlenmesi diýip atlandyryp, ony  $g$  harpy bilen belgiläpdik. Aslynda, biz bu temada erkin gaçma tizlenmesiniň bahasyny getirip çykardyk.

Jisimi Ýere dartyп durýan güýji **agyrlyk güýji** diýip atlandyrylýars we  $F_{\text{ag}}$  ýaly belgileýäris. Nýutonyň ikinji kanunynyň formulasyndaky  $a$  tizlenmäni  $g$  erkin gaçma tizlenmesi bilen çalşyryp,  $m$  massaly jisimiň agyrlyk güýjüni aşakdaky ýaly aňlatmak mümkin:

$$F_{\text{ag}} = mg. \quad (3)$$



**Jisimiň Ýere dartyлма güýji agyrlyk güýji diýlip atlandyrylýar.**

(3) formula jisimiň agyrlyk güýji bilen massasynyň arasyndaky baglanyşygy hem aňladýar. Bu formula kg hasabynda alnan jisimiň massasyndan N hasabynda alnan agyrlyk güýji Ýeriň üstünde 9,8 esse uludygyny görkezýär.

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Köpriniň üstünde duran massasy 10 tonna bolan ýük maşynynyň agyrlyk güýjüni tapyň. Maşyn köprü nähili güýç bilen täsir edýär?

Berlen:	Formulasy:	Çözülişi:
$m = 10 \text{ t} = 10\,000 \text{ kg};$ $g = 9,8 \text{ m/s}^2.$	$F_{\text{ag.}} = mg.$	$F_{\text{ag.}} = 10\,000 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} =$ $= 98\,000 \text{ N} = 98 \text{ kN}.$
<b>Tapmaly:</b> $F_{\text{ag.}} - ?$		<b>Jogaby:</b> $F_{\text{ag.}} = 98 \text{ kN};$ maşyn köprü hem 98 kN güýç bilen täsir edýär.



**Daýanç düşüňjeler:** jisim bilen Ýeriň dartýşma güýji, Ýeriň dartýşy, jisimiň Ýere dartylyşy, jisimiň agyrylyk güýji.

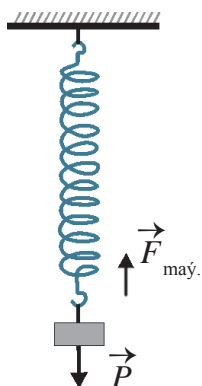


1. Bütindünýä dartylma kanunyna görä Ýeriň üstündäki  $m$  massaly jisim bilen Ýeriň arasyndaky özara dartýşma güýjüniň formulasy nähili aňladylýar?
2. Bütindünýä dartylma kanuny we Nýutonyň ikinji kanuny formulalary esasynda erkin gaçma tizlenmesiniň bahasy nähili tapylyar?



1. Massasy 200 kg bolan kitap tekjesi Ýere nähili güýç bilen dartylyar? Tekjäniň agyrylyk güýji näçe? Şu we soňky meselelerde  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alyň.
2. Massaňzy bilmek bilen özüňiziň agyrylyk güýjüňizi kesgitläň.
3. Ýoluň gyrasynda duran awtomobiliň agyrylyk güýji 20 kN-a deň. Awtomobiliň massasyny tapyň.

## 28-Ş. JISIMIŇ AGYRLYGY



**90-njy surat.**

Jisimiň agyrylyk güýjüniň asma täsiri

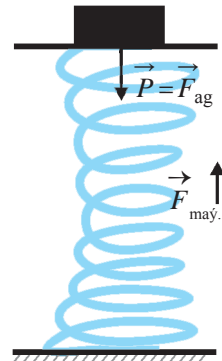
Fizikada agyrylyk güýjünden daşary agyrylyk diýen düşüňje hem bar. Jisimiň agyrylygy manysyny düşüňmek üçin aşakdaky tejribeleri geçireliň.

**1-nji tejribe.** Asma berkidilen puržine  $m$  massaly jisim asalyň. Jisime aşak ugrukdyrylan  $F_{\text{ag.}} = mg$  agyrylyk güýji täsir edýär. Şol güýç täsirinde puržin süýnýär, ýagny deformirlenýär. Munuň netijesinde  $F_{\text{may.}}$  maýyşgaklyk güýji emele gelýär (90-njy surat).

$F_{\text{ag.}}$  agyrylyk güýjüniň täsirinde puržin süýnüp başladygy saýyn, puržiniň öňki ýagdaýyny saklamaga ymtylýan ýokary ugrukdyrylan  $F_{\text{may.}}$  maýyşgaklyk güýji barha artýar. Mälim uzynlyga süýnenden soň  $F_{\text{may.}}$  maýyşgaklyk güýji mukdar taýdan  $F_{\text{ag.}}$  agyrylyk güýjüne deňleşýär, ýagny bu güýçler deňagramlaşýar we puržine asylan jisim dynçlyk ýagdaýyna gelýär.

Jisimiň dynçlyk ýagdaýynda asma  $F_{ag}$  agyrlyk güýjüne deň bolan güýç täsir edýär. Bu güýç puržine asylan jisimiň agyrlygydyr.

**2-nji tejribe.** Puržiniň üstüne ornaşdyrylan daýanja belli bir  $m$  massaly jisimi goýýarys. Puržin şo bada gysylyp başlaýar, ýagny deformirlenýär. Netijede,  $F_{may}$  maýyşgaklyk güýji ýüze çykyp başlaýar. Maýyşgaklyk güýji artyp, jisimiň agyrlyk güýjüne mukdar taýdan deňleşende puržiniň gysylmagy togtaýar we jisim dynçlyk ýagdaýyna geçýär. Jisimiň dynçlyk ýagdaýynda daýanja  $F_{ag}$  agyrlyk güýjüne deň bolan güýç täsir edýär (91-nji surat). Bu güýç puržiniň üstündäki daýanja goýlan jisimiň agyrlygydyr.



91-nji surat. Jisimiň agyrlyk güýjüniň daýanja täsiri



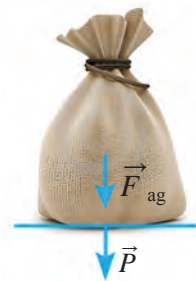
**Ýere dartylmagy sebäpli jisimiň daýanja ýa-da asma täsir edýän güýji jisimiň agyrlygy diýlip atlandyrylýar we  $P$  harpy bilen belgilenýär.**

Ýokardaky tejribelerde jisim deňagramlylyk ýagdaýyna gelende jisimiň  $P$  agyrlygy  $F_{ag}$  agyrlyk güýjüne deň bolýar. Dynçlyk ýagdaýynda duran jisimiň agyrlygy aşakdaky formula bilen aňladylýar:

$$P = mg.$$

Agyrlyk düşünjesini agyrlyk güýji düşünjesi bilen garjaşdyrmak bolmaýar. Olaryň bir-birinden tapawutlanýan iki tarapyny bilmek zerurdyr. Birinjiden, agyrlyk güýji – bu jisimiň Ýere dartylma güýji, agyrlyk bolsa jisimiň daýanja (92-nji surat) ýa-da asma (90-njy surat) edýän täsir güýji. Ikinjiden, agyrlyk güýji jisimiň wertikal ugurdaky tizlenmesine bagly däl, ýagny belli bir ýer üçin üýtgeşsizdir. Agyrlyk bolsa jisim diňe dynç ýagdaýda duranda ýa-da wertikal deňölçegli hereketde üýtgeşsizdir.

Jisim wertikal ugurda üýtgeýän hereket edende agyrlyk üýtgeýär. Meselem, 1-nji tejribedäki puržine asylan jisimiň massasy 100 g, ýagny 0,1 kg bolsun. Onda jisimiň agyrlyk güýji  $F_{ag} = 0,1 \cdot 9,8 \text{ N} = 0,98 \text{ N} \approx 1 \text{ N}$ . Bu güýç jisim puržine asylanda-da, puržin süýnende-de, dynçlyk ýagdaýyna gelende-de üýtgemeyär. Ýöne agyrlyk 0 bahadan 1 N -a çenli barha artýar. Jisim puržine



92-nji surat. Jisimiň daýanja täsir güýji

asylan wagtyň özünde jisimiň puržin asylan asma täsiri bolmaýar, ýagny jisimiň agyrlýgy 0-a deň bolýar. Gysga wagtyň içinde puržin barha süýnýär we jisimiň asma täsiri barha artýar, ýagny jisimiň agyrlýgy 0-dan 1 N-a çenli üýtgeýär. Puržin süýnüp bolansoň, ýagny jisim deňagramlylyk ýagdaýyna gelende, onuň agyrlýgy 1 N-a deň bolýar.

2-nji tejribede hem şeýle ýagdaý ýüze çykýar.

Durmuşda massanyň ýerine köpräk agyrlýk düşüňjesi ulanylýar. Meselem, bazarda tereziniň kömeginde önümiň massasy ölçelense-de, önümiň agyrlýgy ölçeldi, diýilýär. Munuň bilen ýalňyşlyk goýberildi, diýip bolmaýar. Çünki terezide önüm dynçlyk ýagdaýynda, ýagny deňagramlylyk ýagdaýynda dartylýar. Bu ýagdaýda agyrlýk N-da däl, eýsem kg ýa-da g-da hasaplanýar.

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Dinamometre ýük asylanda, biraz wagtdan soň ol deňagramlylyk ýagdaýyna geldi. Şonda dinamometr 10 N-y görkezdi. 1. Dinamometre asylan ýüküň massasy näçe? 2. Deňagramlylyk ýagdaýda dinamometriň puržininiň maýyşgaklyk güýji näçe bolýar? 3. Ýüküň agyrlýgy näçe? 4. Dinamometriň kömeginde ýüküň massasyny ölçemek mümkinmi?

*Berlen:*  
 $F_{ag.} = 10 \text{ N};$   
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2.$

*Tapmaly:*  
 $m = ? F_{may.} - ? F_{ag.} = ?$

*Formulasy:*

$$F_{ag.} = mg; \quad m = \frac{F_{ag.}}{g}.$$

*Jogaby:* 1)  $m \approx 1 \text{ kg};$  2)  $F_{may.} = F_{ag.} = 10 \text{ N};$   
 3)  $P = F_{may.} = 10 \text{ N};$  4) Ýeriň üstünde

*Çözülişi:*

$$m = \frac{10}{9,8} \approx 1 \text{ kg}.$$

duran dinamometriň kömeginde massany hem ölçemek mümkin. Munuň üçin dinamometriň şkalasy kilogram we gramlarda derejelenen bolup, ölçemek prosesinde dinamometriň puržini deňagramlylyk ýagdaýynda bolmalydyr.



**Daýanç düşüňjeler:** agyrlýk güýjüniň asma täsiri, agyrlýk güýjüniň daýanja täsiri, jisimiň agyrlýgy.



1. Jisimiň massasy we agyrlýgy düşüňjeleriniň arasynda nähili tapawut bar? Biz ryçagly terezide jisimiň massasyny ölçäýärismi ýa-da agyrlýgynymy? Agyrlýgyň agyrlýk güýjünden tapawudy nämede?
2. Göteriji kranyň trosuna massasy 2 t bolan ýükli konteýner asylan. Konteýner täsir edýän güýji özüňiz masştabda grafiki usulda şekillendirin.



G  
19

1. Daýanja berkidilen puržine 50 g massaly jisim asylan. Jisime täsir edýän agyrlýk güýjüniň we puržiniň maýyşgaklyk güýjüniň özara deňagramlaşanda jisimiň agyrlýgy nämä deň bolýar? Şu we soňky meselelerde  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alyň.
2. Puržiniň üstüne ornaşdyrylan daýanja 80 g massaly jisim goýlan. Deňagramlylyk ýagdaýynda jisimiň agyrlýgy nämä deň bolýar?
3. Gozganmaýan ýagdaýdaky dinamometre 200 g ýük asyldy. Deňagramlylyk ýagdaýynda ýükiň agyrlýgy näçe? Maýyşgaklyk güýji näçe?
4. Özüňiziň massaňyzy bilmek bilen dynçlyk ýagdaýynda duran wagtyňyzdaky agyrlýgyňyzy hasaplaň.

## 29-§. ÝÜKLEME WE AGRAMSYZLYK

### Ýükleme

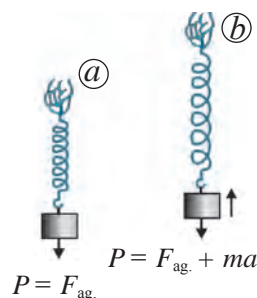
Puržine  $m$  massaly jisim asyp, ony dynçlyk ýagdaýynda saklap duralyň. Deňagramlylyk ýagdaýy dikeldilende jisimiň agyrlýgy:

$$P = F_{\text{ag.}} \quad \text{ýa-da} \quad P = mg \quad (1)$$

bolýar (93-nji *a* surat).

Eger puržini ýiti ýokary hereketlendirsek, onuň deňagramlylyk ýagdaýyndaka garanda süýnenligini görýäris (93-nji *b* surat). Diýmek, ýokary ugrukdyrylan tizlenmede ýükümiziň agyrlýgy artýar. Munuň sebäbini Nýutonyň ikinji kanunynyň kömeginde düşündirmek mümkin. Ýük ýokary  $a$  tizlenme bilen hereketlendirilende, puržine agyrlýk güýjünden daşary goşmaça  $ma$  güýç täsir edýär. Munda agyrlýgyň bahasy agyrlýk güýjüne we goşmaça güýjüň jemine deň bolýar:

$$P = F_{\text{ag.}} + ma \quad \text{ýa-da} \quad P = mg + ma . \quad (2)$$



**93-nji surat.** Jisimiň dynçlyk ýagdaýy (*a*) we ýokary tizlenmeli hereketi (*b*)

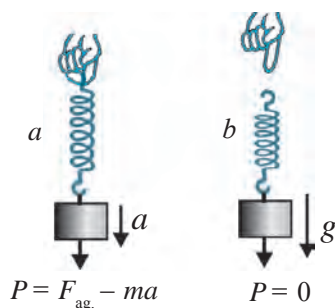


**Jisim ýokary dik ugurda  $a$  tizlenme bilen hereketlenende, onuň agyrlýgy  $ma$  mukdarynda artýar. Bu ýükleme diýlip atlandyrylýar.**

(2) we (1) formulalarydaky agyrlýklaryň gatnaşygy  $n = (g + a)/g$  -e deň bolup, ýüklemäni emele getirýär. Bu formulanyň kömeginde ýüklemäniň mukdaryny hasaplamak mümkin. Diýmek, ýükiň öz astyndaky daýanja täsir edýän agyrlýgynyň mukdary agyrlýk güýjünden daşary ýükiň tizlenmesiniň bardygyna ýa-da ýoklugyna hem bagly eken. Jisimiň agyrlýgy bilen agyrlýk



94-nji surat. Liftiň tizlenmeli hereketi



95-nji surat. Jisimiň  $a$  tizlenme ( $a$ ) we  $g$  tizlenme ( $b$ ) bilen pese hereketi

güýjüniň tapawudy noldan tapawutly bolmagynyň sebäbi onuň tizlenmä eýeligidir.

Durmuşymyzda ýüklemäniň ýüze çykmagyna köp duşarys. Meselem, dynçlyk ýagdaýyndaky lift göterilip başlanda, ol  $a$  tizlenme alýar. Munda onuň içinde duran adam liftiň poluna adatdakydan  $ma$  köp güýç bilen basýar (94-nji surat). Raketa uly tizlenme bilen uçurylanda, onuň içindäki kosmonawt uly ýüklemä çydamaly bolýar.

### Agramсызлык

Indi puržini ýüki bilen bilelikde ýiti aşak hereketlendiriliň. Bu hereket başlananda mälim uzynlyga süýnüp, deňagramlylyk ýagdaýynda duran puržin gysylýar (95-nji  $a$  surat).

Bir sellemde puržiniň maýyşgaklyk güýji jisimiň agyrlыgy bilen deňagramlylyga gelýär we jisim hem aşak  $a$  tizlenme bilen hereketlenip başlaýar.

Puržiniň süýnmesiniň kemelmegi bolsa jisimiň agyrlыgynyň kemelendigini görkezýär. Munda agyrlыk  $ma$  kemelýär:

$$P = F_{ag} - ma \quad \text{ýa-da} \quad P = mg - ma .$$



**Jisim dik aşak ugurda  $a$  tizlenme bilen hereketlenende, onuň agyrlыgy  $ma$  mukdarynda kemelýär.**

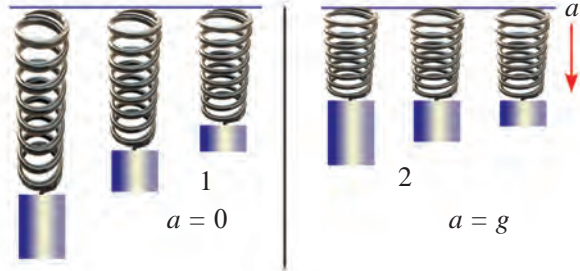
Dynçlyk ýagdaýynda duran lift pese hereketlenip başlanda, ol  $a$  tizlenme alýar. Şol wagt onuň içindäki adamyň agyrlыgy  $ma$  ýenilleşýär.

Ýük asylan puržini goýbersek, puržin gysgalyp, ýük  $a = g$  tizlenme bilen pese hereketlenýär. Munda puržiniň şkalasy oňa asylan jisimiň agyrlыgy 0-a deňligini, ýagny agramсызлык ýagdaýyny görkezýär (95-nji  $b$  surat):

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

Jisimiň agyrlыgy – bu Ýere dartylmagy sebäpli jisimiň tizlenmesiniň  $a = 0$  bolanyndaky daýanja ýa-da asma täsir edýän güýjüdir (96-njy  $a$  su-

rat). Erkin gaçýan jisim ( $a = g$  bolanda) bolsa daýanja ýa-da asma täsir etmeýär, ýagny jisimiň agyrlýgy nola deň bolýar (95-nji *b* surat). Çünki munda daýanç hem, asma hem jisim bilen bile gaçýar. Emma agyrlýk güýji nola deň däl, çünki olar hut şol güýjüň täsirinde aşak gaçyp barýar. Diýmek, Ýeriň üstüne erkin gaçýan jisim agramсызлык ýagdaýynda bolýar. Jisimleriň erkin gaçmagynda oňa diňe agyrlýk güýji – bütindünýä dartylma güýji täsir edýär. Kosmosdaky ähli jisimler Ýeriň, Aýyň, Günüň, planetalaryň, ýyldyzlaryň we başga asman jisimleriniň täsirinde bolýar. Şonuň üçin agramсызлык ýagdaýyny aşakdaky ýaly kesgitlemek mümkin:



96-njy surat. Tizlenme  $a = 0$  (1) we  $a = g$  (2) bolanda puržiniň süýnmeği



**Diňe bütindünýä dartylma güýjüniň täsirinde erkin hereket edýän islendik jisim agramсызлык ýagdaýynda bolýar.**

Ýeriň daşynda orbita boýunça aýlanyp gezýän kosmos gämisi, onuň içindäki kosmonawt, erkin gaçma tizlenmesi bilen dik aşaklygyna uçýan samolýot agramсызлык ýagdaýynda bolýar. Agramсызлык ýagdaýynda kosmonawt gämisiniň içinde erkin ýüzüp ýöreýär (97-nji surat). Bu ýagdaýda kosmonawtyň agyrlýgy nola deň bolýar.



97-nji surat. Agramсызлык ýagdaýyndaky kosmonawtlar

Tiz gelyän awtomobil birdenkä pese garap ýöräp başlanynda agramсызлык ýagdaýyny duýýarys. Seýil baglaryndaky «ýüregiňi şuwwulladýan» attraksionlarda ýükleme we agramсызлык hadysalarynyň şaýady bolup bileris.

Munda attraksion gatnaşyjylary ýokary ýiti göterilip başlamagy bilen goşmaça güýç täsir edýänligini, oturgyja ulurak agyrlýk bilen basyş edilýändigini, ýagny ýüklemäni duýýarlar. Pese tarap ýiti düşende bolsa erkin gaçma tizlenmesi bilen hereket etmäge başlan gatnaşyjylar agramсызлык duýýarlar.

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Pälwan ýerde duran 64 kg massaly daşy dik ýokary galdyrdy. Munda daş

2,7 m/s<sup>2</sup> tizlenme aldy. Jisimiň agyrylyk güýjüni tapyň. Daş ýerden göteren mahaly onuň agyrylygy näçe bolupdyr?

<p><i>Berlen:</i></p> <p><math>m = 64 \text{ kg};</math></p> <p><math>a = 2,7 \text{ m/s}^2;</math></p> <p><math>g = 9,8 \text{ m/s}^2.</math></p> <hr/> <p><i>Tapmaly:</i></p> <p><math>F_{\text{ag.}} = ? \quad P = ?</math></p>	<p><i>Formulasy:</i></p> <p><math>F_{\text{ag.}} = mg;</math></p> <p><math>P = mg + ma;</math></p> <p><math>P = m(g + a).</math></p>	<p><i>Çözülişi:</i></p> <p><math>F_{\text{ag.}} = 64 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \approx 630 \text{ N};</math></p> <p><math>P = 64 \text{ kg} \cdot (9,8 + 2,7) \text{ m/s}^2 = 800 \text{ N}.</math></p> <p><i>Jogaby:</i> <math>F_{\text{ag.}} \approx 630 \text{ N}; P = 800 \text{ N}.</math></p>
--	--	--



**Daýanç düşüňjeler:** ýükleme, jisimiň agramsyzlyk ýagdaýy.



1. Eger jisim gorizental ugurda tizlenme bilen hereket etse, onuň agyrylygy üýtgeýärmä?
2. Ýere gonýan kosmos gämisi tormozlananda, kosmonawtyň agyrylygy nähili üýtgeýär?



1. Her biriniň massasy 400 g-dan bolan iki kitap üstme-üst goýlup, bilelikde 5 m/s<sup>2</sup> tizlenme bilen ýokary galdyrylýar. Üstündäki kitap astyndaky kitaba nähili agyrylykda täsir edýär? Olar şeýle tizlenmede ýokardan pese gaçýan bolsa nähili?
2. Massasy 500 kg bolan ýük: a) wertikal ýokary; b) gorizental; ç) wertikal pese bir tekiz ornuny üýtgedýär. Bu ýagdaýlaryň hersinde ýüke täsir edýän agyrylyk güýji we onuň agyrylygy nämä deň?
3. Massasy 3 kg bolan jisim tizlenme bilen ýokary göterlip, agyrylygy 39 N-a ýetdi. Jisim nähili tizlenme bilen göterilipdir?

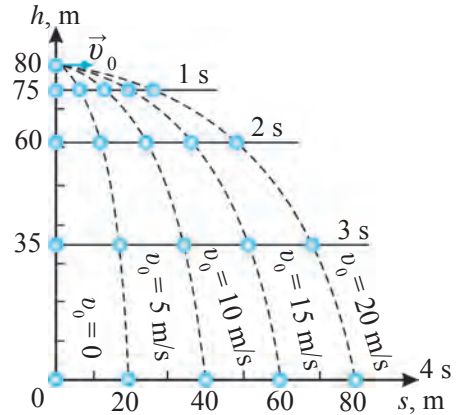
## 30-Ş. ÝERIŇ DARTYŞ GÜYJÜNIŇ TÄSIRINDE JISIMLERIŇ HEREKETI

### Gorizental zyňlan jisimiň hereketi

Tüpeňden gorizental ugurda atylan okuň, motory oçup galan samolyotyň ýa-da ondan taşlap goýberilen jisimleriň hereket traýektoriyasy nähili bolýar, olar nirä baryp düşýär, diýen soraglara jogap tapalyň.

Jisim 80 m beýiklikdäki minaradan ýere wertikal ugurda taşlandy, diýip çak edeliň. Howanyň garşylygyny hasaba almada bolýan derejede kiçi we  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alsak,  $h = gt^2/2$  formulanyň kömeginde jisim 1 s-da 5 m, 2 s-da 20 m, 3 s-da 45 m, 4 s-da 80 m aralygy geçýändigini görmek mümkin.

Indi jisim beýik minaradan  $v_0$  başlangyç tizlik bilen gorizonta ugurda zyňlysyn (98-nji surat). Bu hereketler netijesinde ol minaradan  $s$  aralyk uzaklyga baryp düşýär. Gorizonta ugurda zyňlan jisimiň hereketini derňäp, onda iki ajaýyp netijäni görmek mümkin.



98-nji surat. Beýiklikdan gorizonta ugurda zyňlan jisimiň hereketi

**Birinji netije.** 80 m beýiklikden taşlanan jisim 4 s-da ýere gaçýar. Şol beýiklikden 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s başlangyç tizlik bilen gorizonta ugurda zyňlan jisimler hem birmeňzeş 4 s-da ýere gaçýar. Hatda, olaryň 1 s, 2 s, 3 s ahyrynda ýerden beýiklikleri-de birmeňzeş bolup, başlangyç tizleksiz taşlanan jisimdäki ýaly bolýar.



**Beýiklikden başlangyç tizleksiz taşlanan jisim ýere näçe wagtda gaçsa, şol beýiklikden gorizonta ugurda zyňlan jisim hem şonça wagtda ýere gaçýar.**

**Ikinji netije.** Gorizonta zyňlan jisim islendik deň wagtlyryň arasynda minaradan birmeňzeş aralyga barha uzaklaşýar. Eger ýere jisimiň egr çyzykly hereketiniň proyeksiýasy düşürilse, onuň proyeksiýasy gönüçyzykly deňölçegli hereketi aňladýar. Şonuň üçin minaranyň astyndan jisimiň düşen ýerine çenli bolan aralyk aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$s = v_0 t. \quad (1)$$

98-nji suratda görkezilişi ýaly, jisim 80 m beýiklikdäki minaradan 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s başlangyç tizlik bilen gorizonta ugurda zyňlan bolsa, jisim her gezek minaradan näçe uzaklyga baryp düşýändigini hasaplaýň. Munda  $t = 4 \text{ s}$  diýip alyp, (1) formuladan her bir ýagdaý üçin  $s$  aralygy tapýarys:

$$1) v_0 = 5 \text{ m/s-da } s = 5 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 20 \text{ m};$$

2)  $v_0 = 10 \text{ m/s}$ -da  $s = 10 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 40 \text{ m}$ ;

3)  $v_0 = 15 \text{ m/s}$ -da  $s = 15 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 60 \text{ m}$ ;

4)  $v_0 = 20 \text{ m/s}$ -da  $s = 20 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 80 \text{ m}$ .

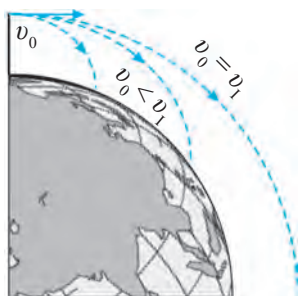
Diýmek, gorizontaly zyňlan jisim iki hili hereketde gatnaşýar, ýagny gorizontaly ugurda gönüçyzykly hemişelik tizlikdäki hereketini dowam etdirýär hem-de Ýeriň dartýş güýjüniň täsirinde wertikal ugurda üýtgeýän tizlikde erkin gaçma tizlenmesi bilen peserkin gaçýar.

Bir wagtda hem gorizontaly, hem wertikal hereket edýän jisimiň netijeleşýän tizligi wektorlaryň jemi görnüşinde aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$\vec{v} = \vec{v}_g + \vec{v}_w.$$

Bu ýerde  $v_g$  – jisimiň gorizontaly ugurdaky tizligi;  $v_w$  – jisimiň wertikal ugurdaky tizligi.

### Birinji kosmos tizligi



99-njy surat. Birinji kosmos tizligini almak

Biz gorizontaly zyňlan jisimiň hereketini öwrenenimizde Ýeriň üstüni ýasy diýip aldyk. Bilşimiz ýaly, Ýer şar şekillidir. Ýerden  $h$  beýiklikdäki jisimi  $v$  tizlikde gorizontaly hereketlendirsek, ol agyrlýk güýjüniň täsirinde iru-giç ýere gaýdyp düşýär. Jisimiň başlangyç tizligi näçe uly bolsa, ol Ýeriň üsti boýunça şonça uzaga baryp düşýär. Eger gorizontaly zyňlan jisimiň tizligi örän uly bolsa, Ýeriň üstüniň sfera şeklindedigi hasaba alynmaly bolýar. Jisimiň

tizligi belli bir baha ýetende, ol ýere ýakynlaşma ýerine, ondan uzaklaşyp başlaýar (99-njy surat). Netijede şeýle tizlikde jisim Ýere gaýdyp düşmeýär we ol mälum orbita (töwerek traýektoriya) boýunça  $v_1$  tizlikde Ýer şaryny aýlanyp gezýär. Şeýle jisim **Ýeriň suniý hemrasy** diýlip atlandyrylýar.

Bütindünýä dartylma kanunynyň formulasy diňe Ýeriň üstünde däl, Ýeriň üstünden  $h$  beýiklikdäki erkin gaçma tizlenmesiniň bahasyny hem hasaplamaga mümkinçilik berýär:

$$g_h = G \frac{M}{(r + h)^2} \quad (2)$$

Diýmek, beýiklik  $h$  barha artmagy bilen erkin gaçma tizlenmesi kemelýän eken. Mälum bolşy ýaly, aýlanma hereketde jisimiň merkeze ymytlyan

tizlenmesi  $a = v^2/r$ -e deňdi. Eger Ýeriň üstüniň golaýynda, ýagny  $h$ -yň bahasy  $r$ -den örän kiçi bolanynda gorizontaly zyňlan jisim Ýer şaryny  $v_1$  tizlik bilen aýlansa,  $a$  ýerine  $g$  erkin gaçma tizlenmesini almak mümkin. Onda:

$$v_1^2 = gr. \quad (3)$$

Erkin gaçma tizlenmesi  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  we Ýer şarynyň radiusy  $r = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$  bolýanlygyndan, (3) formuladaky tizlik  $v_1$ -i kesgitlemek mümkin:

$$v_1 \approx 7,9 \cdot 10^3 \text{ m/s} \text{ ýa-da } v_1 \approx 7,9 \text{ km/s}. \quad (4)$$



**Ýer üstüniň golaýynda gorizontaly ugur boýunça 7,9 km/s tizlikde zyňlan jisim Ýer şarynyň daşynda töwerek boýunça hereketlenýär. Tizligiň bu bahasy birinji kosmos tizligi diýlip atlandyrylýar.**

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Oglan beýik gaýada durup köle tarap gorizontaly ugurda 15 m/s tizlik bilen daş oklady. Aradan 2 s geçenden soň daş suwa baryp düşendigi mälim boldy. Kölüň suwunyň derejesinden oglan duran gaýanyň beýikligini tapyň. Daş hereketiň gorizontaly proyeksiýasy boýunça näçe aralyga baryp düşüpdür? Daş atylan mahaly oglanyň eli gaýadan 1 m beýiklikdeligini hasaba alyň.  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alyň.

*Berlen:*

*Formulasy:*

*Çözülişi:*

$$\begin{aligned} v_0 &= 15 \text{ m/s}; \\ t &= 2 \text{ s}; h_0 = 1 \text{ m}; \\ g &= 10 \text{ m/s}^2. \end{aligned}$$

$$h = \frac{gt^2}{2};$$

$$h = \frac{10 \cdot 2^2}{2} \text{ m} = 20 \text{ m};$$

$$h_1 = h - h_0;$$

$$h_1 = (20 - 1) \text{ m} = 19 \text{ m};$$

*Tapmaly:*

$$s = v_0 t.$$

$$s = 15 \text{ m/s} \cdot 2 \text{ s} = 30 \text{ m}.$$

$$h_1 = ? \quad s = ?$$

*Jogaby:*  $h_1 = 19 \text{ m}; \quad s = 30 \text{ m}.$



**Daýanç düşüňjeler:** gorizontaly zyňlan jisimiň hereketi, birinji kosmos tizligi.



- Aşakdakylar üçin erkin gaçma tizlenmesini hasaplaň: Ýer ( $R = 6400 \text{ km}$ ,  $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$ ), Mars ( $R = 3400 \text{ km}$ ,  $g_0 = 3,6 \text{ m/s}^2$ ), Wenera ( $R = 6000 \text{ km}$ ,  $g_0 = 8,4 \text{ m/s}^2$ ), Aý ( $R = 1760 \text{ km}$ ,  $g_0 = 1,7 \text{ m/s}^2$ ).
- Massasy we radiusy Ýeriň massasyndan we radiusyndan 2 esse uly bolan planeta üçin birinji kosmos tizligini tapyň.



1. Jisim minaradan gorizonta ugurda 8 m/s tizlik bilen zyňyldy. Jisim 3 s wagtdan soň ýere baryp düşdi. Minaranyň beýikligini tapyň. Jisim minaradan näçe uzaklyga baryp ýere gaçypdyr? Şu we soňky meselelerde  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alyň.
2. Jisim minaradan gorizonta ugurda 12 m/s başlangyç tizlik bilen zyňyldy we 60 m aralyga baryp ýere gaçdy? Jisimiň ýere gaçyş wagtyny we minaranyň beýikligini tapyň.
3. Awtomobil 80 km/sagat, samolýot 900 km/sagat tizlik bilen hereketlenýär. Olar her biriniň tizligi birinji kosmos tizliginden näçe esse kem?

## 31-§. ÝERIŇ EMELI HEMRALARY

### Raketanyň Ýeriň daşynda aýlanmagy üçin zerur bolan tizlik

Eger raketa birnäçe kilometr beýiklikde birinji kosmos tizligi bilen uça, howanyň garşylygy we sürtülmesi sebäpli gyzýar we ýanyp gidýär. Diňe howasyz boşlukda raketa şeýle uly tizlikde hereketlenip bilýär. Ýerden birnäçe ýüz kilometr beýiklikdäki gurşawyň howasy ýok diýen ýalydyr. Şonuň üçin kosmosa uçurylan raketalar şeýle beýiklikde uçup gezyär. Raketa, meselem,  $h = 300 \text{ km}$  beýiklikde Ýeriň daşynda aýlanma hereket etmegi üçin birinji kosmos tizligi näçe bolmaly?

Birinji kosmik tizliginiň  $v_1^2 = gr$  formulasyndaky  $r$  ýerine  $r + h$  aralyk goýulýar. Ýeriň üstünden beýiklige görterildigi saýyn erkin gaçma tizlenmesi  $g$ -niň bahasy barha kemelýär. Ýeriň üstünden 300 km beýiklikde erkin gaçma tizlenmesi  $g = 9,0 \text{ m/s}^2$  bolýar. Hasaplamalara görä, 300 km beýiklikde Ýer şarynyň daşynda töwerek boýunça hereket etmek üçin raketanyň tizligi 7,7 km/s bolmaly.



**Adam tarapyndan giňişlige uçurylan we emeli ýagdaýda Ýeriň öwürilen raketa, kosmos gämileri Ýeriň emeli hemrasy diýlip atlandyrylýar.**

Raketa Ýeriň emeli hemrasyna öwrülmege üçin iň bolmanda 300 km beýiklige alyp çykylýar. Munuň üçin raketa iň bolmanda 7,7 km/s tizlik berilýär.

Emeli hemra eltiji-raketanyň kömeginde gerekli beýiklige çykarylýar. Mälim wagtyň dowamynda raketanyň tizligi birinji kosmos tizligine çenli artdyrylýar we munda onuň ugry ýuwaş-ýuwaşdan gorizonta ýagdaýa geçýär (100-nji surat).



## Kosmosyň zabt edilmegi

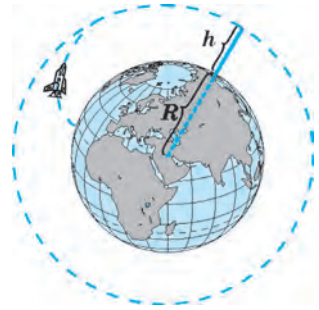
Adamzat taryhynda birinji gezek 1957-nji ýylyň 4-nji oktýabrynda 83 kg massaly raketa kuwwatly raketa göterijiniň kömeginde zerur beýiklige alyp çykyp, oňa birinji kosmos tizligi bermek başartdy. Şar şeklidäki bu raketa Ýeriň daşynda aýlanyp başlapdyr, ýagny emeli hemra öwrülipdir.

1961-nji ýylyň 12-nji aprelinde birinji gezek adam kosmosa uçdy. Ýerden göterilen «Wostok» kosmos gämisinde Ýuriý Gagarin planetamyzy bir gezek aýlanyp, Ýere sag-aman dolandy. Şol döwürden başlap kosmosy zabt etmek we giň gerimde öwrenmek başlandy. Ýüzlerçe kosmonawtlar we astronomlar kosmos gämilerinde Ýeriň daşynda orbita boýunça aýlanyp, dürli barlaglary geçirdiler.

Kosmosy zabt etmekde ýene bir beýik üstünlik – 1969-njy ýylyň 21-nji iýulunda astronomlar N. Armstrong we E. Oldrin dolandyran kosmos gämisi Aýa ýumşak gondy, adam ilkinji gezek Aýa gadam basdy.

Kosmosy zabt etmekde ölkämizde doglup, kemala gelen kosmonawtlar hem mynasyp goşan goşdular. Daşkent welaýatynyň Isgender obasynda doglan uçujy-kosmonawt Wladimir Janibekow 5 gezek (1978, 1981, 1982, 1984, 1985) kosmosa perwaz edip, orbitada jemi 145 gün bolupdyr. Şol döwürde iki gezek açyk kosmosa çykyp, kosmiki apparatyň daşky bölegini abatlamakda gatnaşypdyr. Kosmonawtika ugrundaky beýik hyzmatlary üçin iki gezek Gahryman derejesine sezewar bolupdyr (1978, 1981). 1985-nji ýylda oňa awiasiya general-maýory harby dereje berlen. Özbekistanly uçujy-kosmonawta Daşkentde býust oturdyldy.

1998-nji ýylyň 22-nji ýanwarynda halkara eki-pažyň düzüminde Gyrgyzystanyň Oş şäherinde doglan özbek oğly Salijan Şaripow Amerikanyň Birleşen Ştatlarynyň kosmos gämisinde kosmosa uçdy. 2004-nji ýylda S. Şaripow ikinji gezek kos-



100-nji surat. Raketanyň  $h$  beýiklikde orbita boýunça hereket traýektoriyasy



Kosmonawt  
Wladimir Janibekow



Kosmonawt Salijan  
Şaripow

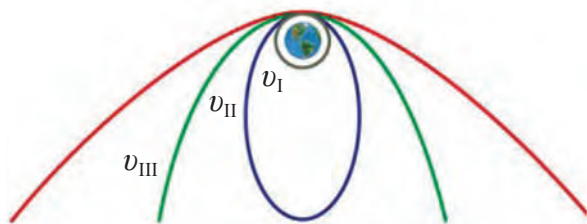
mosa perwaz etdi. Bu gezek ol Russiýanyň kosmos gämisinde uçup, kosmosda uzak möhletleýin barlag işlerini alyp barmakda gatnaşdy.



101-nji surat. Ýeriň emeli hemralaryndan peýdalanmak

Häzirki wagtda kosmonawtika çäksiz ösüp barýar. Ýeriň daşynda dürli ýurtlaryň Ýerden dolandyrylýan ençeme emeli hemralary uçup ýörler. Olaryň kömeginde kosmosy barlamak bilen birlikde, Ýer ýüzüniň howa ýagdaýy, Ýerdäki dürli prosesler üznüksiz öwrenilýär. Teleýaýlymlary we radiogepeşikleri, öýjüklü telefon aragatnaşyklaryny Ýer ýüzi boýunça dürli taraplara ibermek hem emeli hemralaryň kömeginde amala aşyrylýar (101-nji surat).

Gün sistemasynyň ähli planetalaryna tarap Ýerden dolandyrylýan raketalar uçuryldy. Olar başga planetalardan dürli maglumatlary Ýere iberip durýar. Biz geçen temalarda birinji kosmos tizligi we onuň bahasyny bilipdik. Tizlik artdygy saýyn hereket orbitasy hem barha üýtgäp, töwerek boýunça uçýan hemra ellips, soňra parabola diýlip atlandyrylýan traýektoriyalarda hereketlenip başlaýar (102-nji surat). Hasaplamalara görä, emeli hemranyň tizligi  $v_{II} = 11,2$  km/s-a ýetirilse, ol Ýeriň orbitasyndan



102-nji surat. Kosmos tizlikleri

çykyp gidýär we Günün daşynda orbita boýunça hereket edip başlaýar. Munda ol Günün emeli hemrasyna öwrülýär. Bu tizlik araçägi **ikinji kosmos tizligi** diýlip atlandyrylýar. Eger raketa Ýerden Günün daşyndaky orbita boýunça hereketi ugrunda  $v_{III} = 16,7$  km/s tizlik bilen uçurylsa, raketa üçünji kosmos tizligine ýetýär we Gün sistemasyny terk edýär. Bu tizlik araçägi **üçünji kosmos tizligi** diýlip atlandyrylýar.



**Daýanç düşüňjeler:** raketa, emeli hemra, kosmos, kosmos gämisi, ikinji kosmos tizligi, üçünji kosmos tizligi.



1. Kosmonawt kosmos gämisinden daşary çyksa, agramsyzlyk ýagdaýynda bolýarmy?
2. Ýeriň emeli hemrasynyň hereketini deňtizlenýän hereket diýip bolarmy?

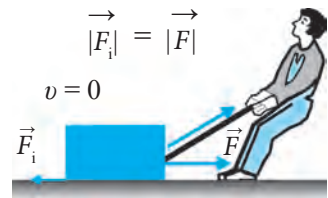


1. Massalary 1200 kg-dan bolan iki awtomobiliň massa merkezleriniň arasyndaky aralyk 5 m-e deň. Awtomobiller bir-birini nähili güýç bilen dartýşýar?
2. Bir-birinden 100 m aralykda duran 8 000 t we 12 500 t massaly iki gäminiň özara dartýşma güýjüniň ululygyny tapyň.
3. 99-njy sahypada getirilen maglumatlardan peýdalanyp, Gün bilen Ýeriň arasyndaky dartýşma güýjüni tapyň.
4. Massasy 100 t bolan öý Ýere nähili güýç bilen dartylýar? Öýüň agyrlыgy näçe?
5. Ýeriň üstünde dynçlykda duran ýük maşynynyň agyrlыgy 100 kN-a deň. Ýük maşynynyň massasyny tapyň.
6. Ýeriň üstünde duran 1 kg massaly jisimiň agyrlыk güýji nämä deň?
7. Lift  $5 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen ýokary hereket edip başlady. Şol wagt liftiň içindeki 45 kg massaly çaganyň agyrlыgy näçe bolar?
8. Lift  $2,5 \text{ m/s}^2$  tizlenme bilen pese hereket edip başlady. Şol wagt liftiň içindeki 90 kg massaly adamyň agyrlыgy näçe bolar?
9. Ýeriň üstünden nähili beýiklikde birinji kosmos tizligi  $6 \text{ km/s}$ -a deň bolýar?

## 32-Ş. SÜRTÜLME GÜYJI. DYNÇLYKDAKY SÜRTÜLME

### Sürtülme güýji

Tiz barýan awtomobili togtatmak üçin tormoz basylýar. Depeden typyp düşen çana ýoluň gorizonta böleginde biraz typyp baryp togtayar. Bu hadysalarda tizligiň üýtgemegi, ýagny kemelmesi ýüze çykýar. Mälim bolşy ýaly, islendik tizligiň üýtgeýişiniň sebäpçisi güýçdür. Indi mehanikada öwrenilýän ýene bir güýç – sürtülme güýji barada gürrüň ederis. Ýerde duran ýüki süýremek üçin oňa hereket ugrunda  $F$  güýç bilen täsir etmeli bolýar (103-nji surat). Munda ýüküň hereketlenmegine garşylyk görkezýän we hereket ugruna garşylykly ugrukdyrylan  $F_s$  güýç peýda bolýar.



103-nji surat. Sürtülme güýjüniň ýüze çykyşy



**Jisimiň başga jisimiň üsti boýunça hereketlenmeginde peýda bolýan we herekete garşy ugrukdyrylan güýç sürtülme güýji diýlip atlandyrylýar.**



**104-nji surat.**  
Şkiwde sürtül-  
mäniň ýüze çykyşy

Sürtülme hiç hili hereketi ýüze çykarmaýar. Ýöne näme üçin ol güýç diýlip atlandyrylýar, diýen sorag döreýär. Muňa sebäp, sürtülme güýji hereketi haýalladýar. Diýmek, güýç diňe bir hereketi emele getirmezden, ony haýallatmagy-da mümkin eken. Stoluň üstünde rejelenip duran kitaplary süýşürmek üçin güýç bilen täsir edip, sürtülme güýjüni ýeňmeli bolýarys. Awtomobile tormoz berilse, ol tiz arada togtaýar. Lentaly geçiriji hem sürtülme sebäpli şkiwleri aýlaýar (104-nji surat).



**Sürtülme güýjüniň emele gelmeginiň birinji sebäbi bir-birine degip durýan jisimleriň üstüniň deňölçeşsizligidir.**



**105-nji surat.** Dürli  
jisimleriň üstüniň lupada  
görnüşü

Hatda örän ýylmanak görünýän jisimleriň üstlerinde-de бүдүр-сүдүрликler we oýulan ýerler bolýar. Ýylmanak jisimleriň üsti lupa arkaly garalsa, olaryň бүдүр-сүдүрлигинiň дүрлүçедиги görünýär (105-nji surat).

Bir jisim ikinji jisimiň üstünde typanda ýada togalananda, bu бүдүр-сүдүрликler bir-birine sürtülip, hereketlenmäge päsgel berýän güýji emele getirýär.



**Sürtülme güýjüniň emele gelmeginiň ikinji sebäbi – bir-birine degip durýan jisimleriň üstündäki molekulalaryň özara täsirleşme güýjüdür.**

Eger jisimleriň üstleri gowy ýylmanan bolsa, jisimler bir-birine degende olaryň üstündäki molekulalar bir-birine örän ýakyn bolýar. Munda bir-birine degip duran jisimiň molekulalarynyň arasynda dartýşma güýçleri duýarly derejede bolýar.

Jisimleriň bir-birine sürtülme hadysalaryny üç görnüşe bölüp öwrenmek mümkin: *dynçlykdaky sürtülme, typma sürtülme we togalanma sürtülme.*

## Dynçlykdaky sürtülme

Jisim otositel dynçlykda duranda sürtülme güýji ony bir ýerde saklap durýar we ol jisimiň ýerinden gozganmagyna päsgel berýär. Bu güýç *dynçlykdaky (dynçlyk ýagdaýyndaky) sürtülme güýjüdür.*

Transportýoryň kömeginde ýükleri ýapgytlyk boýunça ýokary çykarmak mümkin. Munda ýüküň üsti bilen transportýoryň lentasynyň üstüniň arasyndaky dynçlykdaky sürtülme güýji ýüki saklap durýar (106-njy surat). Eger bu güýç bolmanda-dy, ýük tyyp-pese düşüp giderdi.



**106-njy surat.**  
Transportýorda ýüküň ýokary çykarylyşy

Otagdaky stol-stul, tekje we başga enjamlar dynçlykdaky sürtülme güýji sebäpli polda gymyldaman durýar.

Eger sürtülme güýji bolmanda-dy, olar dürtüp goýberilen badyna otagyň içinde herekete gelip, tyyp gezerdiler.

Poluň üstünde duran jisimi gorizonta ugurda herekete getirmek, ýagny gozgamak üçin oňa dynçlykdaky sürtülme güýjüne deň we garşylykly ugrukdyrylan güýç bilen täsir etmelidiris.

Ýöränimizde aýakgabyň dabany bilen ýer üstüniň arasynda dynçlykdaky sürtülme güýji emele gelýär. Sürtülme güýji bolmasa biz ýöräp bilmezdik, buzuň üstünde ýörän ýaly tyyp giderdik. Biz ýeri yzyna  $F$  güýç bilen itekleýäris. Sürtülme güýji  $F_s$  bolsa hereketimiziň ugrunda täsir edip, mukdar taýdan  $F$  güýje deň bolýar (107-nji surat).



**107-nji surat.**  
Ýörände sürtül-  
mäniň ýüze çykyşy

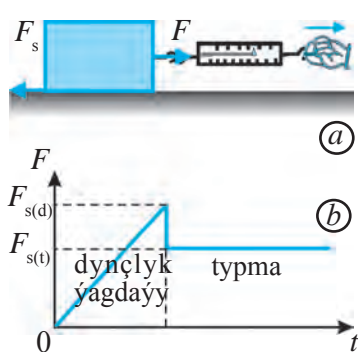
Ýöränimizde ýeri yza itekleýändigimizi göz öňüne getirmek üçin sportçylar maşk edýän rolikli ýodajygy mysal edip getirmek mümkin (108-nji surat). Munda sportçy öňe ylgamakçy bolup öňe hereketlense, ýodajyk yza hereket edýär.

Sürtülme güýji  $F_{s(t)}$  täsir edýän güýç  $F$  -e proporsional ýagdaýda üýtgeýär:  $F_{s(t)} = kF$ . Bu ýerde  $k$  – sürtülme koeffisiýenti. Onuň bahasy täsirleşýän jisimleriň materialyna, üstleriniň ýylmanaklygyna we başgalara bagly.

Durmuşda sürtülme käbir halatlarda peýdaly bolsa, kä halatlarda zyýanly bolýar. Meselem, gyşda buzly



**108-nji surat.**  
Sürtülme sebäpli  
ýodanyň yza hereketi



**109-njy surat.** Dynçlykdaky we typma sürtülmäniň ýüze çykyşy (a) we olaryň grafigi (b)

ýolda barýan awtomobiliň tigrileri bilen buzlugyň arasyndaky sürtülmäni artdyrmak gerek bolsa, konki bilen buzuň arasyndaky sürtülmäni kemeltmeli bolýar.

Zerurlyga garap sürtülmäni kemeltmek ýa-da artdyrmak mümkin. Munuň üçin ilki sürtülme koeffisiýentini ölçemek zerurlygy döreýär. Dynçlykdaky sürtülme güýjüni ölçemek mümkin. Eger tagtajygy (jisimi) gorizontol üste goýup, dinamometr bilen dartsak, jisim ýerinden gozgalmasa-da, dinamometriň görkezijisi barha artýar we mälim maksimal  $F = F_{s(d)}$  baha ýetende, jisim ýerinden gozganýar (109-njy a

surat). Bu ýerde  $F_{s(d)}$  – dynçlykdaky sürtülme güýji.



**Jisimiň dynçlyk ýagdaýyndan herekete gelýän mahalyndaky sürtülme güýjüne dynçlykdaky sürtülme güýji diýilýär.**



**Daýanç düşüňjeler:** sürtülme güýji, dynçlykdaky sürtülme, dynçlykdaky sürtülme güýji.



1. Náme üçin käbir ýük awtomobilleriniň yzky tigrilerine zynjyr daňylýar?
2. Náme üçin diri balyklary elde saklap durmak kyn?
3. Náme üçin ussalar detallara şurupy towlamazdan oň oňa sabyn çalýarlar?
4. Sürtülme haýsy wagtda peýdaly, haýsy wagtda bolsa zyýanlydygyna mysallar getirin.

### 33-§. TYPMA SÜRTÜLME. TOGALANMA SÜRTÜLME

#### Typma sürtülme



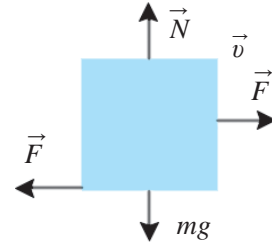
**Typma sürtülme – bu bir jisimiň üsti boýunça başga jisim typyp hereketlenende emele gelýän sürtülmedir.**

Meselem, stoluň üstündäki kitaby süýşürende, typma sürtülme emele gelýär. 109-njy a suratda şekillendirilen jisimi dinamometr arkaly çekip,

ýerinden gozgaýarys. Jisim ýerinden gozgalan wagtynda dinamometriň görkeziji ýiti kemelýär. Dinamometri dartys arkaly jisimi deňölçegli hereketlendirsek, dinamometriň görkeziji üýtgewsiz galýar. Dinamometriň görkezijiniň şol üýtgewsiz bahasy typma sürtülme güýji  $F_{s(t)}$ -a deň bolýar. Diýmek, typma sürtülme güýji dynçlykdaky sürtülme güýjünden kiçi bolýar (109-njy b surat).

Eger typýan jisimiň üstüne ýük goýsak, ölçelýän sürtülme güýji artýar. Tejribeden görnüşi ýaly, gorizontal ugurda deňölçegli hereketlenýän jisime täsir edýän  $F$  güýç jisimiň agyrlygy  $P = mg$  -e göni proporsional.

Nýutonyň üçünji kanunyna görä jisim sürtülýän üste nähili güýç bilen täsir etse, şol üst hem jisime şeýle güýç bilen tersine täsir edýär (110-njy surat). Typma sürtülme güýji  $F_{s(t)}$  jisime täsir edýän güýç  $F$  -e mukdar taýdan deň. Ters täsir güýje daýanjyň **reaksiýa güýji** –  $N$  diýilýär. Bu güýç hemişe üste perpendikulýar ugrukdyrylan bolýar. Diýmek, typma sürtülme güýji –  $F_{s(t)}$  jisimiň reaksiýa güýji –  $N$  -e göni proporsional:



110-njy surat. Typma sürtülmede wektor ululyklaryň ugry

$$F_{s(t)} = \mu N \quad \text{ýa-da} \quad F_{s_i(t)} = \mu mg \quad (1)$$

bu ýerde  $\mu$  (mýu) – typma sürtülme koeffisiýenti bolup, onuň bahasy bir-birine sürtülýän jisimleriň madda görnüşine, üstleriniň ýylmanaklygyna we başgalara bagly. Typma sürtülme koeffisiýentini (1) formuladan tapýarys:

$$\mu = \frac{F_{s(t)}}{N} \quad \text{ýa-da} \quad \mu = \frac{F_{s(t)}}{mg} \quad (2)$$

Käbir jübüt materiallar üçin typma sürtülme koeffisiýenti 3-nji jedwelde getirilen.

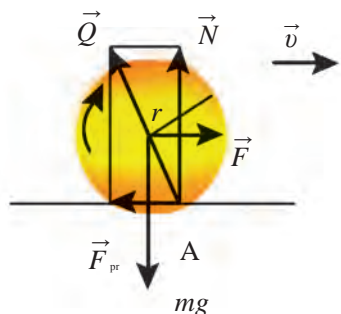
3-nji jedwel

№	Materiallar	$\mu$	№	Materiallar	$\mu$
1	Mis bilen buz	0,02	5	Bronza bilen çoyun	0,2
2	Polat bilen buz	0,04	6	Agaç bilen agaç	0,4
3	Polat bilen polat	0,12	7	Deri bilen çoyun	0,6
4	Polat bilen bronza	0,15	8	Rezin bilen beton	0,75

## Togalanma sürtülme



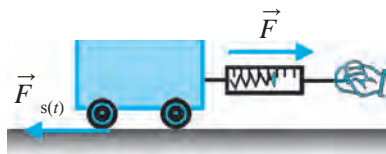
**Bir jisim ikinji jisimiň üsti boýunça typmazdan togalansa, munda emele gelen sürtülmä togalanma sürtülme diýilýär.**



**111-nji surat.** Togalanma sürtülmede wektorlaryň ugry

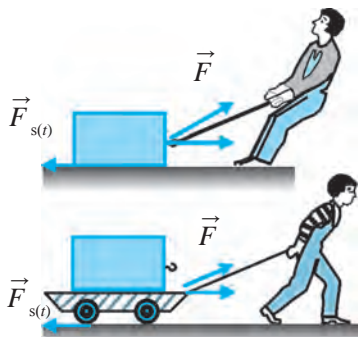
Tigirler tigirlenende, boçkalar ýa-da pürsler togalananda, togalanma sürtülme ýüze çykýar. Togalanma sürtülmäniň emele gelmeginiň esasy sebäbi tigrir degip duran üstüň agyrylyk güýjüniň täsirinde oýuk peýda bolup deformirlenmegidir. Tigiriň üsti we ol togalanýan üst näçe gaty bolsa, tigrir togalananda şonça kem deformirlenýär we togalanma sürtülme güýji  $F_{s(t)}$  şonça kiçi bolýar (111-nji surat). Demir ýoluň demir yzlarynda sürtülme güýji örän kiçi bolmagynyň sebäbi hem şonda.

Islendik jisimiň togalanma sürtülme güýjüni ölçemek mümkin. Munuň



**112-nji surat.** Togalanma sürtülme güýjüni kesgitlemek

üçin arabajyk dinamometr arkaly birmeňzeş tizlikde dartylýar. Munda arabajygyň tigirleriniň togalanma sürtülme güýji  $F_{s(t)}$  dinamometr görkezzen  $F$  güýjüň bahasyna deň bolýar (112-nji surat). Bu güýjüň bahasy 4-e bölünse, arabajykdaky her bir tigririň togalanma sürtülme güýji tapylýar.



**113-nji surat.** Typma (a) bilen togalanma (b) sürtülmäniň deňşdirilişi

Togalanma sürtülme güýji  $F_{s(t)}$  typma sürtülme güýji  $F_{s(t)}$  dan kiçi bolýar (113-nji surat). Şonuň üçin hem gadymdan adamlar agyr ýükleri bir ýerden başga ýere orun üýtgedende pürslerden peýdalanypdyrlar. Tigrir oýlanyp tapylandan soň bolsa ol pürsleriň ýerini eýeläpdir. Tigiriň oýlanyp tapylmagy beýik açyşlardan biridir. Geçirilen tejribelerden görnüşi ýaly, togalanma sürtülme güýji  $F_{s(t)}$  jisimiň agyrylygy  $P$ -ge göni proporsional, togalanýan jisimiň  $r$  radiusyna ters proporsional bolýar, ýagny:



$$F_{s(t)} = \mu_d \frac{P}{r}, \quad (3)$$

bu ýerde  $\mu_t$  – togalanma sürtülme koeffisiýenti. Onuň bahasy bir-birine sürtülýän jisimleriň materialyna, üstleriniň ýylmanaklygyna we başgalara bagly.  $\mu_t$ -nyň bahasy polat bilen polat üçin 0,2 mm-e, awtomobil tigriniň rezini bilen asfalt üçin 2 mm-e deň. Agaç tagtanyň pola sürtülme güýjüni ölçemek üçin agaja dinamometri birikdirýäris. Dinamometri gorizental ýagdaýda saklap, agajy pola görä deňölçegli hereketlendirýäris. Jisim deňölçegli hereket edip başlanda dinamometriň görkezijisi sürtülme güýjüni görkezýär. Agajyň deňölçegli hereket edip başlamagy täsir edýän güýji we sürtülme güýjüniň bir-birine deňligini görkezýär. Diňe bu güýçler garşylykly ugrukdyrylan bolýar. Eger agajyň üstüne ýük goýsak, ýüksüz ýagdaýa garanda köpräk sürtülme peýda bolanýandygyny görýäris. (2) formuladan togalanma sürtülme koeffisiýentini tapalyň:

$$\mu_t = F_{s(t)} \frac{r}{P} \quad \text{ýa-da} \quad \mu_t = F_{s(t)} \frac{r}{mg}. \quad (4)$$

Diýmek, togalanýan jisimiň radiusy näçe uly bolsa, togalanma sürtülme koeffisiýenti hem şonça uly bolýan eken.

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Massasy 2 t bolan awtomobiliň tigrileri bilen asfalt arasyndaky togalanma sürtülme güýjüni tapyň. Tigiriň diametrini 1 m, rezin bilen asfalyň arasyndaky togalanma sürtülme koeffisiýentini 2 mm,  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alyň.

<i>Berlen:</i>	<i>Formulasy:</i>	<i>Çözülişi:</i>
$m = 2 \text{ t} = 2\,000 \text{ kg};$	$P = mg;$	$P = 2000 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 20\,000 \text{ N};$
$\mu_d = 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m};$	$r = \frac{D}{2};$	$r = \frac{1}{2} \text{ m} = 0,5 \text{ m};$
$D = 1 \text{ m}; g = 10 \text{ m/s}^2.$	$F_{s(t)} = \mu_d \frac{P}{r}.$	$F_{s(t)} = 0,002 \text{ m} \cdot \frac{20\,000 \text{ N}}{0,5 \text{ m}} = 80 \text{ N}.$
<hr/> <i>Tapmaly:</i>		
$F_{s(t)} = ?$		<i>Jogaby:</i> $F_{s(t)} = 80 \text{ N}.$



**Daýanç düşüňjeler:** typma sürtülme, typma sürtülme güýji, typma sürtülme koeffisiýenti, togalanma sürtülme, togalanma sürtülme güýji, togalanma sürtülme koeffisiýenti.



1. Togalanma sürtülme güýjüni düşündirip beriň. Onuň formulasy nähili aňladylýar?
2. Daş-töweregiňizde duşýan typma sürtülme we togalanma sürtülmä mysallar getiriň.



1. Gorizonta ýagdaýdaky agaç tagtanyň üstünde agaçdan ýasalan 5 kg massaly tagtajak deňölçegli typýar. Şonda emele gelen typma sürtülme güýjüni tapyň. (Şu we soňky meselelerde  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip, sürtülme koeffisiýentiniň bahasyny temasyndaky jedwelden we tekstden alyň.)
2. Gorizonta ýagdaýdaky poladyň üstünde polatdan ýasalan 10 kg massaly jisim gorizonta ugurda güýç bilen deňölçegli çekip typýar. Munda jisim nähili güýç bilen dartylýar?
3. Gorizonta ýagdaýdaky poladyň üstünde radiusy 10 sm, massasy 3 kg bolan polat disk deňölçegli togalanýar. Munda emele gelen togalanma sürtülme güýjüni tapyň.
4. 3-nji meselede getirilen diskiň gapdal tarapy bilen gorizonta ýagdaýdaky polat üstüň üstünde tekiz typýar. Typma sürtülme güýjüni tapyň. Ony 3-nji meseledäki togalanma sürtülme güýji bilen deňeşdiriň we netije çykaryň.

## 34-Ş. TYPMA SÜRTÜLME KOEFFISIÝENTINI KESGITLEMEK

### (3-nji laboratoriya işi)

**Işiň maksady:** agaç çyzgyjyň üstünde typýan tagtajygyň sürtülme koeffisiýentini kesgitlemegiň kömeginde typma sürtülmä deňişli bilimlerini berkitmek.

**Gerekli enjamlar:** uzyn agaç çyzgyç, ilgençekli tagtajak, dinamometr, terezi, çeküw daşlary.

### Işi ýerine ýetirmegiň tertibi

1. Terezide tagtajygyň massasyny ölçäň we 4-nji jedwele ýazyň.
2.  $P = mg$  formuladan peýdalanyp, tagtajygyň agyrlygyny tapyň.
3. Tagtajyga dinamometri ildirip, ony çyzgyç boýunça deňölçegli taýdyryň we dinamometriň görkezişini  $F_{s(t)}$  typma sürtülme güýjüne deň diýip alyp, ony jedwele ýazyň.

4. 121-nji sahypadaky (4) formuladan peýdalanyp, typma sürtülme koeffisiýentini hasaplaň.

5. Tagtajişygyň üstüne ilki 100 g-lyk, soňra 200 g-lyk çeküw daşlaryny goýup, tejribäni gaýtalaň. Olar üçin hem typma sürtülme güýjüni tapyň. Netijeleri jedwele ýazyň.

6.  $\mu_{\text{ort}} = (\mu_1 + \mu_2 + \mu_3)/3$  formuladan peýdalanyp, typma sürtülme koeffisiýentiniň ortaça bahasyny hasaplaň we netijäni jedwele ýazyň.

4-nji jedwel

№	$m$ , kg	$P$ , N	$F_{s(t)}$ , N	$\mu$	$\mu_{\text{ort}}$
1.					
2.					
3.					

7. Absolýut we otnositel ýalňyşlyklary tapyň.

8. Laboratoriya işiniň netijesini derňäň we netije çykaryň.

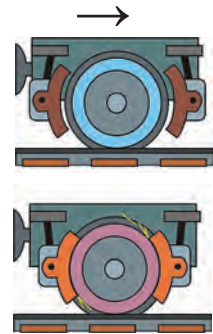
## 35-Ş. TEBIGATDA WE TEHNIKADA SÜRTÜLME

### Sürtülmäniň ähmiýeti

Tebigatda we tehnikada sürtülme uly ähmiýete eýe. Sürtülme peýdaly ýa-da zyýanly bolmagy mümkin. Sürtülme peýdaly bolanda ony artdyrmaga, zyýanly bolanda bolsa kemeltmäge hereket edilýär.

Sürtülme bolmadyk ýagdaýynda näme boljakdygyny göz önüne getirip göreliň. Sürtülme bolmadyk ýagdaýynda adamlar hem, haýwanlar hem ýerde ýöräp bilmez diler. Ýöreýän mahalymyzda aýaklarymyz bilen ýerden iteklenýäris. Sürtülme kem bolan buzuň üstünde ýöremegiň kyndygyny bilýärsiňiz. Sürtülme bolmanda-dy, zatlar elimizden typyp gaçardylar.

Wagonyň tigrirlerini aýlanmadan togtatmak üçin sürtülme güýjünden peýdalanlyýar (114-nji surat). Awtomobile tormoz berlende, sürtülme güýji ony saklaýar. Dynçlykdaky sürtülmesiz ol hereketlenip bilmezdi, tigrirler aýlanybererdi, awtomobil bolsa ýerinde durubererdi. Sürtülmäni artdyrmak üçin awtomobilleriň şinalarynyň üsti güberçek edip taýýarlanylýar (115-nji surat).



114-nji surat.  
Wagonyň tigririniň tormozlanyşy



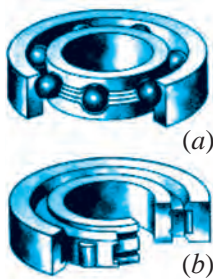
**115-nji surat.**

Awtomobilniň şinasynyň üsti

Dynçlyk ýagdaýyndaky sürtülme güýji polda duran stol-stullary we şkaflary saklap durýar, tagta kakylan çüýi saklap durýar, dalan tanabyň çözülip gitmegine ýol bermeýär.

Ösümliklerde we haýwanlarda dürli hili organlar sürtülme sebäpli saklap galmak wezipesini ýerine ýetirýär. Meselem, ösümlikleriň çyrmaşyklary, piliň hortumy, dyrmaşyp çykýan haýwanlaryň guýrugy büdür-südür üste eýe bolýar.

### Zyýanly sürtülme we ony kemeltmek



**116-njy surat.**  
Şarikli (a)  
we rolikli (b)  
podşipnikler

Bir-biriniň üstünde hereketlenýän üstlerde emele gelýän sürtülmeler köp halatlarda zyýanly bolýar. Şeýle halatlarda sürtülmäni kemeldýän dürli serişdeler ulanylýar. Meselem, maşynlarda we stanoklarda sürtülme sebäpli hereketlenýän bölekleri gyzýar we iýilýär. Sürtülmäni kemeltmek üçin bir-birine degip durýan üstler ýylmanýar, olaryň aralary ýaglanýar.

Sürtülmäni kemeltmek maksadynda awtomobilleriň, welosipedleriň we stanoklaryň aylanýan wallaryna podşipnikler geýdirilýär. Podşipnigiň wala gönüden-göni degip durýan bölegi – wkladyş polatdan, çoyundan ýa-da bronzadan ýasalýar. Wkladyşyň içki üstüne gurşunyň ýa-da galaýynyň dürli garyndylary örtülýär we ýaglanýar. Wal aýlananda, ol wkladyşyň üstünde typýar. Şeýle podşipniklere typma podşipnikleri diýilýär. Typma podşipnigi wal bilen wkladyşyň arasyndaky typma sürtülme güýjüni kemeltmäge hyzmat edýär.

Togalanma sürtülme güýji typma sürtülme güýjünden ep-esli kem bolýanlygy tehnikada amatlyk döredýär. Şarikli we rolikli podşipnikleriň ulanylyşyny togalanma sürtülme güýjüniň kemligine esaslanandyr. Şeýle podşipniklerde aýlanýan wal podşipnigiň gozganmaýan wkladyşynda typmazdan, eýsem polat şarjagazlaryň we rolikleriň üstünde togalanýar (116-njy surat).

Podşipnigiň gaty polatdan taýýarlanan içki halkasy wala ornaşdyrylan bolýar. Daşky halkasy bolsa maşynyň korpusyna berkidilen. Wal aýlananda içki halka şarjagazlarda ýa-da roliklerde togalanýar. Şarjagazlar we rolikler halkalaryň arasynda ýerleşdirilen bolýar. Şarikli ýa-da rolikli podşipnikler ulanylanda olaryň sürtülme güýji typma podşipniklerine garanda 20–30 esse kem bolýar.

Ýapgytlykdan düşýän welosipediň pedaly aýlandyrylmasa-da onuň tigiri arkaýyn aýlanyberýär. Çünki welosipediň tigiri walyna şarikli ýa-da rolikli podşipnik geýdirilen bolýar. Eger podşipnik bolmady, welosipedi ýöretmek kyn bolardy.

Awtomobilleriň, stanoklaryň, elektrik dwigatelleriň we başgalaryň aýlanýan böleklerinde şarikli we rolikli podşipnikler ulanylýar. Häzirki zaman senagatyny we transportyny şeýle podşipniklersiz göz öňüne getirip bolmaýar. Ylmy-tehnikanyň ýokary derejedäki ösüşi döwründe sürtülme güýji örän kem bolan podşipnikler önümçiligi ýola goýlan. Būdür-sūdürlükleri tekizlenip, atomlar we molekulalar derejesinde ýylmanan podşipnikler sürtülmäniň has-da kemligi bilen tapawutlanýar. Howanyň ýa-da suwuklygyň garşylyk güýjüni kemeltmek maksadynda uly tizlikde hereketlenýän jisimler owal şekilde ýasalýar. Şeýle şekilde ýasalan samolýotlarda we suwasty gämilerde garşylyk güýjüniň kemelmeginiň hasabyna uly tizlik gazanylyp, ýangyç sarpy ep-esli kemelýär. Asmanda uçýan guşlar we suwda ýaşaýan köp jandarlar hem owal şeklinde bolmagynyň sebäbi şonda.

Garda we buzluklarda adamlaryň ýykylmagynyň, awtomaşynlaryň saklanyp bilmän awariýa duçar bolmaklarynyň öňüni almak üçin ýollara gum, duz ýa-da toprak sepip, sürtülme güýji artdyrylýar. Ýöne lyža ýa-da çanalarda uçmak üçin olaryň aşaky bölegi ýylmanak edilip, mahsus ýaglar bilen ýaglanýar.

Ýatladyp geçýäris, sürtülme güýji jisimleriň bir-birine gönüden-göni galtaşmagynda peýda bolýar we hemme wagt galtaşma üsti boýunça ýönelýär. Bu häsiýeti bilen sürtülme güýji galtaşma üstüne dik ugrukdyrylan maýyşgaklyk güýjünden tapawutlanýar.

Jisimiň sürtülme güýjüniň täsirindäki hereketinde bu güýç hemişe hereket ugrunyň wektoryna garşylykly ugrukdyrylan bolýar. Diýmek, sürtülme güýji jisimiň tizliginiň san bahasyny kemeldýär we jisime diňe sürtülme güýji täsir etse, jisim ýuwaş-ýuwaşdan baryp togtaýar.

Köp duşýan ýagdaýlardan biri, meselem, hereketdäki awtomobiliň öňünden bir päsgelçilik çykaýsa, sürüji tigirlere motoryň täsirini kesip, tormozy işe salýar. Awtomobil diňe sürtülme güýjüniň täsiri astynda tormozlanma aralygy diýlip atlandyrylýan ýoly geçip bolup, togtaýar. Hasap-hesipler bu aralygyň başlangyç tizligiň kwadratyna göni proporsionaldygyny, sürtülme güýjüne bolsa ters proporsionaldygyny görkezdi.



**Daýanç düşüňjeler:** podşipnik, wkladyş, typma podşipnigi, şarikli we rolikli podşipnikler.



1. Tebigatda we daş-töweregimizde sürtülme güýji ýok diýip göz önüne getirip we pikirleriňizi aýdyp beriň.
2. Nähili zyýanly sürtülmeleri bilýärsiňiz?
3. Awtomobiliň tigiriniň haýsy böleginde sürtülme peýdaly, haýsy böleginde zyýanly?
4. Näme üçin traktorlar, ýol depgiläp tekizleýän katoklar we bäbekleriň arabajyklary owal şekilde sürtülmeýär?

## V BAP BOÝUNÇA NETIJELER

- ◆ Bütindünýä dartyлма kanuny: Iki jisimiň özara dartyşma güýji olaryň massalarynyň köpeltmek hasylyna göni proporsional we olaryň arasyndaky uzaklygyň kwadratyna ters proporsional, ýagny:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

- ◆ Agyrlyk güýji – jisimleriň Ýere dartyş güýji. Onuň formulasy:
 
$$F_{ag} = mg.$$
- ◆ Jisimiň agyrlygy – Ýere dartylmagy sebäpli jisimiň daýanja ýa-da asma täsir edýän güýji. Dynçlyk ýagdaýynda duran jisimiň agyrlygy:  $P = mg$ .  $a$  tizlenme bilen pese dikligine hereketlenýän jisimiň agyrlygy:  $P = m(g-a)$ .  $a = g$ -da agramсызlyk halaty bolýar.
- ◆ Agramсызlyk – jisimiň diňe grawitasiýa güýçleriň täsirindäki erkin hereketi.
- ◆ Birinji kosmos tizligi – Ýeriň dartyş güýjüniň täsirinde jisimiň Ýeriň daşynda töwerek boýunça hereketlenmegi üçin zerur bolan tizlik. Onuň bahasy:  $v_1 = 7,9$  km/s.
- ◆ Ýeriň emeli hemrasy – adam tarapyndan döredilip, giňişlige uçurylan we Ýeriň hemrasyna öwürilen raketa, kosmos gämileri.
- ◆ Jisimiň başga bir jisimiň üstünde erkin hereketlenmegine sürtülme güýji garşylyk edýär. Sürtülme güýji jisimiň hereketine garşylykly ugrukdyrylan bolýar.

- ◆ Jisimleriň sürtülmesini üç görnüşe – dynçlykdaky sürtülme, typma sürtülme we togalanma sürtülmä bölmek mümkin.
- ◆ Dynçlykdaky sürtülme güýji jisimi bir ýerde saklap durýar we ýerinden gozganmaga garşylyk görkezýär.
- ◆ Typma sürtülme jisimiň üstünde başga jisim typanda ýüze çykýar. Typma sürtülme güýji jisimiň basyş güýjüne proporsional bolýar:  
 $F_{s(t)} = \mu N$ .
- ◆ Jisim başga jisimiň üstünde togalansa, togalanma sürtülme ýüze çykýar. Togalanma sürtülme güýji togalanýan jisimiň agyrlygyna göni proporsional, radiusyna ters proporsional bolýar:

## V BABA DEGIŞLI GOŞMAÇA GÖNÜKMELER

1. Aşakdaky tejribäni geçirjek boluň. Ulanylmadyk galamy alyp, iki süýem barmaklaryňyzyň üstüne goýuň. Indi galamy gorizental ýagdaýda saklap durup, barmaklaryňyzy bir-biri tarapa ýuwaşjadan ýakynlaşdyryň. Munda galam ilki bir barmagyňyzda, soň başga barmagyňyzda we ş. m. süýşýändiginiň şaýady bolarsyňyz. Eger tejribäni uzuyrak ýylmanak agaç bilen gaýtalasaňyz, bu ýagdaý ýene-de köpräk gaýtalanýandygyny görersiňiz. Şeýle gyzykly hadysanyň sebäpi nämede?

2. Nämе üçin dynç duran wagony ýerinden gozgamak birmeňzeş tizlikde hereketlendirip durmakdan kyn?

3. Deňiz portunda iki sany uly gämi bir-birinden 100 m uzaklykda dur. Eger her bir gäminiň massasy 1000 t-dan bolsa, olar bir-birine nähili güýç bilen dartýar?

4. Massaňyzy, Ýeriň massasyny we radiusyny bilmek bilen özüňiz Ýere nähili güýç bilen dartylýandygyny hasaplaň. Özüňiz bilen Ýeriň arasyndaky aralygy Ýeriň radiusyna deň diýip alyň.

5. Ýeriň Günüň daşynda aýlanma tizligini  $v = 30$  km/s, Ýeriň orbitasynyň radiusyny  $R = 1,5 \cdot 10^{11}$  m diýip alyp, Günüň massasyny hasaplap tapyň.

6. Ýeriň üstünden uçup çykýan kosmos raketanyň tizlenmesi  $30$  m/s<sup>2</sup> -a deň bolup, ondaky uçujynyň massasy 90 kg bolsa, kabinada onuň agyrlыgy näçe bolýandygyny tapyň.

7. 10 kg massaly jisimi wertikal ýokary  $2$  m/s<sup>2</sup> tizlenme bilen götermek üçin näçe güýç gerek bolar?

8. Gorizonta ugurda  $v = 10$  m/s tizlik bilen zyňlan jisimiň gorizonta ugurdaky uçuş uzaklygy zyňma beýikligine deň. Jisim nähili  $h$  beýiklikden zyňlan?

9. Eger haýsy-da bolsa bir jisim gorizonta ugurda tizlenme bilen hereketlense, onuň agyrlýgy üýtgämi? Jogabyňyzy esaslandyryp beriň.

10. Massasy 50 kg bolan bola çanada depeden typyp düşüp, gorizonta ýolda 20 m aralygy 10 s dowamynda geçip togtayar. Sürtülme güýjüni we sürtülme koeffisiýentini tapyň.

11. Näme üçin güýçsüz şemal örän uly buz bölegi – aýsbergi ýerinden gozgamagy mümkin bolup, güýçli tupan diňe kenardaky kiçi buz bölegini zordan yraýar?

12. Akymyň tizligi derýanyň düýbünde güýçlümi ýa-da üstündemi? Jogabyňyzy esaslandyryp beriň.

13. Gorizonta ýagdaýdaky agaç tagtanyň üstünde agaçdan ýasalan 1 kg massaly tagtajak tekiz typýar. Şonda emele gelen typma sürtülme güýjüni tapyň.  $\mu = 0,4$  diýip alyň.

14. Traktor tirkegi 10 kN güýç bilen çekende, oňa  $0,5$  m/s<sup>2</sup> tizlenme berýär. Dartyş güýji 30 kN bolan başga traktor şu tirkege nähili tizlenme berer?

15. Asfalt ýolda deňölçegli hereketlenýän 1200 kg massaly awtomobiliň tigirleriniň bilelikdäki togalanma sürtülme güýjüni tapyň. Tigirleriniň radiusy 30 sm.  $\mu_t = 0,1$  sm diýip alyň.

16. Massasy 0,5 kg bolan brusoguň üstüne 7 kg ýük goýup, gorizonta üstde puržin arkaly dartylýar. Tagtanyň gorizonta üstde sürtülme koeffisiýenti 0,2-ä, puržiniň gatylygy 150 N/m-e deň bolsa, puržin näçä süýnýär?

17. Gorizonta ýolda 36 km/sagat tizlik bilen hereketlenýän awtomobili öwürmek üçin iň kiçi duganyň radiusyny tapyň. Tigirleriň ýola typma sürtülme koeffisiýenti 0,25-e deň.



# SAKLANMA KANUNLARY

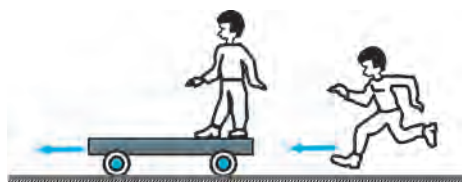
Eger jisime goýlan güýçler mälim bolsa, Nýutonyň kanunlary mehanikanyň meselelerini çözmäge mümkinçilik berýär. Ýöne köp ýagdaýlarda bu güýçler näbelli bolandygy üçin Nýutonyň kanunlaryny gönüden-göni ulanyp bolmaýar. Meselem, iki jisim çaknyşanda üste gelýän deformatsiýa örän çylşyrymly bolup, maýyşgaklyk güýçlerini hasaba almaly bolýar. Güýçleriň täsir edýän wagty-da örän gysga bolýar. Netijede gözegçilik edilýän proseslerde ýüze çykýan güýçleriň bahalaryny kesgitlemek esli kyn. Şular ýaly ýagdaýlarda meseläni çözmek üçin Nýutonyň kanunlaryndan gelip çykýan netijelerden, hususan-da, täze fiziki ululyklar – *impuls* we *energiýa* ululyklaryndan peýdalanylýar. Belli bir şertlerde bu ululyklar garalýan **proses dowamynda üýtgemeyänligi**, ýagny **saklanmagy** köp hadysalary derňemekde amatlylyk döredýär. Şonuň üçin *impuls* we *energiýanyň saklanma* häsiýetlerinden peýdalanmak çylşyrymly meseleleriň beýlekilerden ýönekeý görnüşe getirilmegine kömek edýär.

Impulsyň we energiýanyň saklanma kanunlary fizikanyň ähli bölümlerine degişli bolup, tebigatyň iň möhüm kanunlarydyr.

---

---

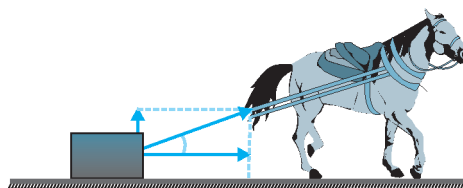
## VI bap. IMPULSYŇ SAKLANMA KANUNY



---

---

## VII bap. IŞ WE ENERGIÝA. ENERGIÝANYŇ SAKLANMA KANUNY

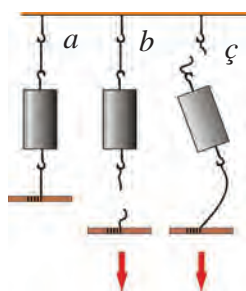




## VI bap. IMPULSYŇ SAKLANMA KANUNY

### 36-§. IMPULS

#### Güýjüň impulsy



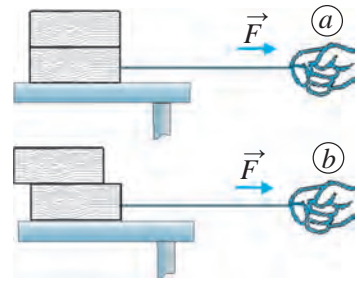
**117-nji surat.**  
Ýüpüň silkip (b)  
we ýuwaşjadan (ç)  
çekilende üzülişi

Saklanyp duran arabajygy belli bir tizlikde hereketlendirmek üçin ony uly tizlikde gelýän başga arabajyk dürtüp goýbermelidir. Ýa-da ony ýuwaşjadan çekip, kiçi güýjüň täsiri kömeginde hem gerekli tizligi aldyrmak mümkin. Ýöne munuň üçin uzak wagtyň dowamynda güýç täsir etdirip durmaly bolýar. Bu iki usulda araba birmeňzeş tizlikde herekete gelýär: birinde gysga wagtyň dowamynda uly güýç, ikinjisinde uzak wagtyň dowamynda kiçi güýjüň täsirinde. Diýmek, jisimleriň özara täsirinde netije güýjüň mukdaryndan daşary, täsirleşme wagtynyň dowamlylygyna hem bagly eken. Muňa göz ýetirmek üçin aşakdaky tejribeleri geçirip

görelin.

**1-nji tejribe.** Iki birmeňzeş ýüpe iki tarapyndan daňlan jisimi 117-nji *a* suratda görkezilişi ýaly asyp goýalyň. Ilkibaşda ýüpi tiz, ýagny silkip aşak çekýäris (117-nji *b* surat). Munda jisimiň astyndaky ýüpüň üzülendigine şaýat bolýarys. Çünki silkip çekenimizde, Nýutonyň birinji kanunyna esasan jisim özüniň dynçlyk ýagdaýyny saklamaga hereket edýär we jisimiň üstündäki ýüpe güýç täsir edip ýetişmeýär. Netijede jisimiň aşagyndaky ýüpe üstündäki ýüpe garanda köpräk güýç täsir edip, ol üzülýär. Soňra jisimiň aşagyna daňlan ýüpi ýuwaşlyk bilen pese çekýäris. Munda jisimi ýokardaky daýanç bilen daňlyp duran ýüp üzülýär (117-nji *ç* surat). Çünki biziň aşak çekýän güýjümize jisimiň agyrlygy hem goşulýar. Jisimiň üstündäki ýüpe aşagyndaky ýüpe garanda köpräk güýç täsir edendigi üçin ýokardaky ýüp üzülýär.

**2-nji tejribe.** Stoluň üstüne üstleri ýylmanak iki tagtajygy üstme-üst goýalyň. Aşagyndaky tagtajyga ýüp daňlan bolsun (118-nji surat). Birinji (a) ýagdaýda aşakdaky tagtajygy ýuwaşjadan çekýäris. Munda aşaky we üstki tagtajak bir-birine görä süýşmezden, stoluň üstünde typýar. Ikinji (b) ýagdaýda aşakdaky tagtajak tiz, ýagny silkip çekýäris. Munda üstki tagtajak aşaky tagtajakyň üstünde typyp, yzrakda galýar ýa-da düşüp gitmegi mümkin.



**118-nji surat.** Üstki tagtajakyň ýuwaşja (a) we silkip (b) çekilendäki halaty

Tejribelardan şeýle netije çykarmak mümkin: jisimleriň özara täsiri netijesi diňe bir güýjüň mukdaryna däl, eýsem onuň täsir wagtynyň dowamlylygyna hem bagly. Şonuň üçin güýjüň impulsy diýen ululyk girizilen. Impuls latynça *impulsus* sözünden alnan bolup, *itergi* diýen manyny aňladýar.



**Güýjüň impulsy jisime täsir edýän güýjüň şu güýjüň täsir edýän wagtyna köpeltmek hasyllyna deň.**

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot t. \quad (1)$$

Halkara birlikler sistemasynda güýjüň impulsy –  $\vec{I}$  -iň birliги **Nýuton · sekunt** (N·s). 1 N·s ly impuls – bu 1 s dowamynda täsir edýän 1 N güýjüň impulsydyr.

Güýjüň impulsy wektor ululyk bolup, onuň ugry güýjüň ugry bilen birmeňzeş bolýar.

### Jisim impulsy

Hozy çakmak üçin uly daş bilen ony ýuwaşjadan urmak ýeterli, ol çakylýar. Ýöne gaty urup goýberilse, hoz owradylyp gidýär. Eger daş kiçijik bolsa, hozy çakmak üçin ýuwaşjadan urmak ýeterli däl. Daşy hoza uly tizlik bilen urmaly bolýar.

Diýmek, hereketlenýän jisimiň zarbasy şu jisimiň massasyna we onuň tizligine bagly eken.

Agaç tagta çüý kamak üçin çekiji uly ýa-da kiçi tizlik bilen urmak mümkin. Çekiji uly tizlik bilen uruş zarby kiçi tizlik bilen uruş zarbyndan ulurak bolýar. Çekiç bir sany, onuň massasy üýtgemedi, diňe onuň tizligi

özgerdi. Diýmek, täsir edýän jisimiň massasy birmeňzeş bolanda, tizlik näçe uly bolsa, impuls hem şonça uly bolýan eken.

Indi uly-kiçiligi her hili iki çekiji alyp, birmeňzeş tizlik bilen urup göreliň. Munda massasy uly çekijiň zarbasy ulurak boljagy anyk. Diýmek, iki jisimiň tizligi birmeňzeş bolanda haýsy jisimiň massasy uly bolsa, şol jisimiň impulsy uly bolýan eken.

10 m/s tizlik bilen hereketlenýän 10 g massaly jisimiň diwara urulma zarbasy edil şeýle tizlik bilen hereketlenýän 100 g massaly jisimiň urulma zarbasyndan 10 esse kiçi bolýar.

Tüpeň atylan wagtynda onuň 10 g massaly oky 600 m/s tizlik bilen hereketlenýär, diýeliň. Ok şeýle tizlik bilen ýuka tagtany deşip geçýär. Çünki uly tizlikde hereketlenýän 10 g massaly okuň urulma zarbasy 10 m/s tizlikde hereketlenýän şeýle massaly jisimiň urulma zarbasyndan 60 esse uly.

Ýokarda getirilen mysallardan aşakdaky netijeler gelip çykýar:



1. Birmeňzeş tizlikde hereketlenýän jisimlerden biriniň massasy näçe uly bolsa, onuň urulma zarbasy şonça uly bolýar.
2. Hereketlenýän jisimiň tizligi näçe uly bolsa, onuň urulma zarbasy şonça uly bolýar.

Diýmek, jisimiň hereketini häsiýetlendirmek üçin jisimiň massasyny we onuň tizligini aýratynlykda däl-de, eýsem olary bilelikde garamaly. Şu mak-satda *jisim impulsy* diýen fiziki ululyk girizilen.



**Jisimiň massasy bilen onuň tizligine köpeltmek hasylyna deň ululyk *jisim impulsy* (ýa-da hereket mukdary) diýlip atlandy-rylýar.**

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (2)$$

Halkara birlikler sistemasynda jisimiň impulsynyň birligi  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$  bolýar. 1  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$  lik impuls – bu 1  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  tizlik bilen hereketlenýän 1 kg massaly jisimiň impulsydyr.

Tizlik wektor ululyk bolany sebäpli jisimiň impulsy hem wektor ululyk-dyr. Onuň ugry tizligiň ugry bilen birmeňzeş bolýar.

### Güýjüň impulsy bilen jisimiň impulsynyň arasyndaky gatnaşyk

$\vec{v}_0$  başlangyç tizlik bilen hereketlenýän jisim  $t$  wagtyň dowamynda başga jisim bilen täsirleşmegi netijesinde onuň tizligi üýtgäp,  $\vec{v}$  -e deň bolup galsyn. Munda jisim deňüýtgeýän hereket edýär. Jisimiň alan tizlenmesi aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}. \quad (3)$$

Eger jisimiň  $m$  massasy, başga jisim bilen täsirleşme güýji  $F$  bolsa, onda Nýutonyň ikinji kanunyna görä tizlenmäniň aşakdaky formulasy hem ýerliklidir:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (4)$$

Tizlenmäniň iki formulasyny özara deňleşdirmek mümkin:

$$\frac{\vec{F}}{m} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad \text{ýa-da} \quad \vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0. \quad (5)$$

Bu formulada  $\vec{F}t$  – güýjüň impulsy,  $m\vec{v}_0$  – özara täsire çenli,  $m\vec{v}$  – özara täsirden soňky jisimiň impulslarydygyny hasaba alsak, formulanyň sag tarapy jisimiň impulsynyň üýtgeýşini aňladýar, ýagny

$$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{p} - \vec{p}_0 = \Delta\vec{p}. \quad (6)$$

(5) we (6) formulalardan:

$$F = \frac{\Delta p}{t} \quad \text{ýa-da} \quad \Delta p = F \cdot t \quad (7)$$

-ge eýe bolarys.



**Wagt birligi içinde jisimiň impulsynyň üýtgemegi şu jisime täsir edýän güýje deň.**

Mundan aşakdaky netije gelip çykýar:



**Hemişelik güýjüň täsirinde jisimiň impulsynyň wektorynyň üýtgemegi şu güýjüň onuň täsir edýän wagtyna köpeltmek hasylyna deň.**

Jisimi herekete getirmek üçin onuň «inersiýasyny» ýeňmek gerekmi, diýen sorag döreýär. Jisim oňa güýç täsir edende özüniň herekete getirilmegine garşylyk etmeýär. (5) formulany başlangyç tizliksiz ( $v_0 = 0$ ) halyna garalyň:

$$\vec{F}t = m \cdot \Delta \vec{v}. \quad (8)$$

Bu formulada wagt  $t = 0$  bolanda, tizlik  $v = 0$  bolýar. Çünki islendik jisimiň massasy nola deň däl. Diýmek, güýç täsir edip, jisimi herekete getirmegi üçin belli bir wagt gerek bolýar. Jisimiň massasy näçe uly bolsa, ony herekete getirmek üçin şonça köp wagt talap edilýär. Şonuň üçin bize güýç jisimiň inersiýasyny ýeňýän ýaly duýulýar.

Jisimiň gönüçyzykly hereketinde güýjüň we tizlikleriň ugrunyň gabat gelýändigini üçin formulany skalýar görnüşde ýazmak mümkin:

$$Ft = mv - mv_0. \quad (9)$$

Diýmek, jisimiň impulsyny birmeňzeş mukdarda üýtgetmegiň iki usuly bar eken: gysga wagtyň dowamynda uly güýç we uzak wagtyň dowamynda kiçi güýç täsir etdirmek netijesinde. Bu iki usula amalyýetde köp duşýars. Meselem, dagdaky harsaňdaşy ýarmak üçin gysga wagtyň dowamynda uly güýç ulanylýsa, uzak wagtyň dowamynda damýan suw damjalary hem daşy ýumurmagy mümkin. (5) formula Nýutonyň ikinji kanunynyň umumy görnüşdäki aňlatmasydyr.

### Mesele çözmegiň nusgasy

Tizligi 27 km/sagat bolan welosipediň we awtomaşynyň impulslaryny tapyň. Welosipediň massasyny 100 kg (sürüjisi bilen bilelikde), awtomaşynyň massasyny 1200 kg diýip alyň.

<i>Berlen:</i>	<i>Formulasy:</i>	<i>Çözülişi:</i>
$m_v = 100 \text{ kg};$	$p_v = m_v v_v;$	$p_v = 100 \text{ kg} \cdot 7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 750 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}.$
$m_a = 1200 \text{ kg};$		$p_a = 1200 \text{ kg} \cdot 7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 9\,000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}.$
$v_v = v_a = 27 \frac{\text{km}}{\text{sagat}} = 7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$		$p_a = m_a v_a.$

*Tapmaly:*  
 $p_v = ?$   $p_a = ?$

*Jogaby:*  $p_v = 750 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}};$   $p_a = 9\,000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}.$



**Daýanç düşüňjeler:** impuls, güýjüň impulsy, jisimiň impulsy.



1. Güýjüň impulsyna we jisimiň impulsyna mysallar getiriň.
2. Jisime güýç täsir edendigi üçin jisimiň impulsa eýe diýip aýtmak mümkinmi?

G  
24

1. Daýanja asylan jisime bog'langan ip pastga qarab dastlab 2 s dowamynda 10 N güýç bilen tortib turildi. Soňra bolsa şeýle güýç bilen 0,1 s içinde siltab tortildi. Har ikkala hol üçin jisime täsir etgan güýç impulsyni tapyň.
2. Massasy 2 kg bolan jisim 5 m/s tizlikde devorga urildi we tizligini tamoman yokotdi. Jisimiň täsir güýji impulsyni tapyň.
3. Massasy 100 g bolan şarjagaz gorizonta üstde 0,5 m/s tizlik bilen ikinji şarjagazga urildi we 0,2 m/s tizlikde öz hereketini awwelgi ugurda dowam ettirdi. Urilish paytida şarjagazyň impulsy näçega özgargan?

## 37-Ş. IMPULSYŇ SAKLANMA KANUNY

### Ýapyk sistema

Fizikada derňelýän jisimler toparyna jisimler sistemasy diýilýär. Sistema girýän jisimleriň arasyndaky özara täsir güýçlerine *içki güýçler*, sistemadaky jisimleriň sistemadan daşardaky jisimler bilen özara täsirleşmegi netijesinde emele gelýän güýçlere bolsa *daşky güýçler* diýilýär.



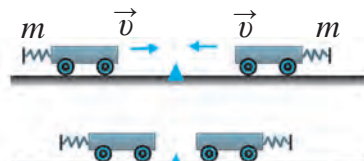
**Sistemadaky jisimler diňe bir-biri bilen özara täsirleşse we sistema täsir edýän daşky güýçleriň täsiri özara deňagramlykda bolsa, şeýle jisimler sistemasy ýapyk sistema diýlip atlandyrylýar.**

Kosmos gämisini uçurmakda Ýer bilen kosmos gämisi bilelikde ýapyk sistema diýip garalýar. Çünki Gün, Aý we başga asman jisimleriniň kosmos gämisine täsirini hasaba almasa hem bolýar.

Gorizonta üstde birnäçe şarjagaz bir-biri bilen çaknyşyp, täsirleşýän bolsun. Eger şarjagazlaryň üste sürtülmesi hasaba almaýan derejede kiçi bolsa, bu şarjagazly üsti ýapyk sistema diýip garamak mümkin.

### Massasy we tizlikleri birmeňzeş jisimleriň çaknyşmagy

**1-nji tejribe.** Bir tarapyna puržinli bufer berkidilen birmeňzeş  $m$  massaly iki arabajygy gorizonta relse 119-njy suratdaky ýaly goýýarys. Arabajyklara täsir edýän agyrylyk güýji we relsiň reaksiya güýji özara deňagramlykda bolýar. Şonuň üçin garalýan jisimler sistemasyny ýapyk sistema diýip almak mümkin.

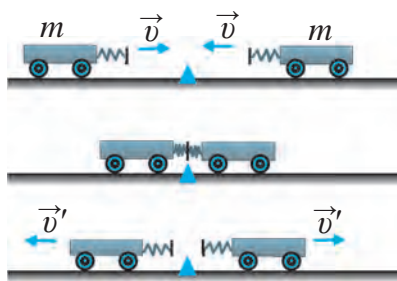


119-njy surat. Her bir arabajygyň impulsalarynyň nola deňleşşi

Arabajyklar çaknyşanda togtap galmagy üçin olaryň birine plastilin ýapyşdyryp goýlan. Arabajyklary birmeňzeş  $v$  tizlik bilen hereketlendirsek, birinji arabajygyň impulsy  $mv$ -ge deň bolýar. Ikinji arabajygyň tizligi birinji arabajygyň tizligine deň, ýöne garşylykly ugrukdyrylani üçin ikinji arabajygyň impulsy  $-mv$ -ge deň bolýar. Onda iki arabajygyň impulslarynyň jemi:

$$mv + (-mv) = mv - mv = 0$$

bolýar. Arabajyklar çaknyşanda plastilin arkaly olar bir-birine ýapyşyp galýar we togtaýar. Tizlik  $v = 0$  bolandygy üçin her bir arabajygyň impulsy nola deň bolýar.



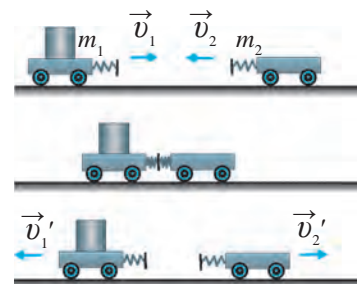
**120-nji surat.** Çaknyşandan soň arabajyklaryň impulslarynyň jeminiň nola deňleşşi

**2-nji tejribe.** Indi arabajyklaryň puržinli buferleri 120-nji suratdaky ýaly bir-birine garap dursun. Iki arabajyga ululygy birmeňzeş, ýöne ugry garşylykly bolan  $v$  tizlik berýäris. Birinji gezekdäki ýaly munda hem arabajyklar çaknyşmazdan öňki impulslaryň jemi nola deň. Ýöne arabajyklar çaknyşandan soň her biriniň impulsy nola deň bolmaýar. Çünki olar çaknyşandan soň birmeňzeş  $v'$  tizlik bilen bir-birinden barha uzaklaşýar. Olaryň impulslarynyň jemi:

$$m(-v') + mv' = -mv' + mv' = 0$$

bolýar. Diýmek, 1-nji tejribedäki ýaly arabajyklaryň çaknyşmagyndan öň hem, çaknyşandan soň hem olaryň impulslarynyň jemi nola deň.

### Massasy we tizlikleri her hili jisimleriň impulsy



**121-nji surat.** Dürli massaly arabajyklaryň çaknyşmagy

**3-nji tejribe.** Arabajyklar massalary dürlüçe  $-m_1$  we  $m_2$  bolsun. Olary relse 121-nji suratdaky ýaly ornaşdyryp, birinjisine  $v_1$ , ikinjisine garşylykly ugurda  $v_2$  tizlik berýäris. Arabajyklar çaknyşandan soň degişlilikde  $v_1'$  we  $v_2'$  tizlikler bilen yza gaýdyp başlaýar. Netijede her bir arabajyga täsir edýän güýçler bir-birine deň, ýöne garşylykly tarapa ugrukdyrylan bolýar. Şonuň üçin ikinji arabajyk üçin güýç otrisatel alamat



bilen alynmalydyr. Iki arabajygyň impulslarynyň nähili üýtgeýşini hasap-lalyň.

Birinji arabajygyň impulsynyň üýtgemegi:

$$\vec{F}t = m_1\vec{v}_1' - m_1\vec{v}_1.$$

Ikinji arabajygyň impulsynyň üýtgemegi:

$$-\vec{F}t = m_2\vec{v}_2' - m_2\vec{v}_2.$$

Deňlikleri agzama-agza goşýarys:

$$0 = m_1\vec{v}_1' - m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2' - m_2\vec{v}_2$$

ýa-da  $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'.$  (1)

Bu deňligiň çep tarapy arabajyklaryň çaknyşmagyndan öňki, sag tarapy bolsa çaknyşandan soňky impulslarynyň jemini aňladýar. Diýmek, arabajyklar bir-biri bilen çaknyşanda olaryň impulslarynyň jemi wagtyň geçmegi dowamynda üýtgewsiz galýar, ýagny impulslaryň jemi saklanýar.

### Impulsyň saklanma kanunynyň kesgitlemesi

Ýapyk sistemada iki jisimiň özara täsirleşmegi netijesinde olaryň impulslarynyň saklanmasyny ýokarda gördük. Eger ýapyk sistemada jisimler köp bolsa-da, özara täsirleşýän jisimleriň impulslarynyň jemi üýtgemeyär, ýagny saklanýar:

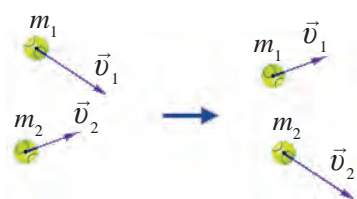
$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = \text{const.} \quad (2)$$

Umumy ýagdaýda impulsyň saklanma kanuny aşakdaky ýaly kesgitlenýär:



**Ýapyk sistemada jisimleriň impulslarynyň wektor jemi jisimleriň özara täsirleşmegi we wagtyň geçmegine seretmezden üýtgemeyär.**

Ýatladyp geçýäris, bu kanun diňe sistema daşky güýçler täsir etmedik ýagdaýynda ýerliklidir. Impulsyň saklanma kanuny fizikanyň esasy kanunlaryndan biridir. Bu kanun diňe bir makroskopik jisimleriň özara täsiri üçin däl, eýsem mikroskopik molekula, atom, elementar bölejikleriň özara täsiri üçin hem ýerliklidir. Meselem, topdan atylan ok öňe uçup gitse, topuň özi yza «bököndigini» kinofilmlerde köp görensiňiz (122-nji surat). Eger ýapyk



122-nji surat. Çaknyşýan bölejikleriň impulsy

sistema bir bitewi jisimden ybarat bolsa, ýagny jisime täsir edýän güýç bolmasa, jisimiň impulsy üýtgemeyär. Bu bolsa inersiýa kanunyny, ýagny jisimiň tizliginiň hemişelikdigini aňladýar.

Täsirleşýän jisimleriň mehanikasyny bilmek – bu olaryň çaknyşandan soňky hereketlerini nähili bolýandygyny bilmekdir. Netijeleýji tizlik çaknyşmanyň maýyşgak ýa-da maýyşgak dældigine

bagly. Maýyşgak däl çaknyşmada çaknyşandan soň iki jisim bilelikde hereket edip, birmeňzeş  $v$  tizlik alýar. Şonuň üçin çaknyşmadan soňky jisimler sistemasynyň impulsy aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$(m_1+m_2)v.$$

Impulsyň saklanma kanunyna esasan çaknyşma çenli we çaknyşmadan soňky impulsly deňleşdirýäris:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1+m_2)v. \quad (3)$$

(3) formuladan  $v$ -ni tapýarys:

$$v = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2}. \quad (4)$$

Eger  $v_1$  tizligiň ugruny položitel ugur diýip alsak,  $v$  tizligiň öňündäki položitel alamat jisimleriň çaknyşmadan soň  $v_1$  ugurda, otirisatel alamat bolsa olaryň garşylykly ugrunda hereket edýändigini aňladýar.

Meselem, massasy 3 kg we tizligi 8 m/s bolan jisimiň massasy 2 kg we tizligi 10 m/s bolan ikinji jisime maýyşgak däl urulsa, olaryň her biri aşakdaky tizlige eýe bolýar:

$$v = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 10}{3 + 2} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 8,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Maýyşgak çaknyşmada jisimler nähili tizlik bilen bir-birlerine ýakynlaşan bolsa, çaknyşmadan soň olar şeýle tizlikde uzaklaşýarlar. Çaknyşma çenli jisimleriň bir-birine ýakynlaşma tizligi  $v_2 - v_1$ -e deň. Çaknyşmadan soň jisimleriň bir-birinden uzaklaşma tizligi bolsa  $v_2' - v_1'$ . Maýyşgak çaknyşmada bu tapawutlar bir-birine deň:  $v_2 - v_1 = v_2' - v_1'$ .

Biz jisimleriň çaknyşmasynyň iki araçäk ýagdaýyna, ýagny absolýut maýyşgak we absolýut maýyşgak däl çaknyşmalara garadyk. Tebigatda köpräk doly maýyşgak bolmadyk çaknyşmalar, ýagny çaknyşmadan soň jisimler öz durkuny doly dikeldip bilmeýän ýagdaýlar duşýar. Impul-

syň saklanma kanunyň ýerine ýetirilişini tehnikada giňden ulanýarys. Meselem, reaktiw hereketde bu kanunyň ulanylýandygy aýdyň ýüze çykýar. Raketalaryň kosmiki perwazyny planlaşdyrmakda ýangyç sarpý hasabyny almakda impulsiň saklanma kanunyndan peýdalanylýar.

Halk seýillerinde ajaýyp tomaşa görkezilýär. Ýerde ýatan pälwanyň üstüne uly demir bölegi goýulýar we bu demre çekiç bilen urulýar. Tomaşaçylar pälwan nädip çekijiň zarbasyna çydaýandygyna haýran galýarlar. Aslynda (4) formula görä, demir böleginiň massasy çekijiň massasyndan näçe esse uly bolsa, demir böleginiň alan tizligi çekijiň tizliginden şonça esse kiçi. Şonuň üçin uly, emma pälwany basyp galmaýan demir bölegi saýlanyp alynýar.

### Mesele çözmegiň nusgasy

Massasy 50 t bolan demirýol wagony 8 km/sagat tizlik bilen 30 t massaly dynç duran wagona gelip tirkeldi. Wagonlaryň tirkelenden soňky tizligini tapyň.

<p><i>Berlen:</i></p> $m_1 = 50 \text{ t};$ $m_2 = 30 \text{ t};$ $v_1 = 8 \text{ km/sagat};$ $v_2 = 0. v_1' = v_2'.$ <hr style="width: 100%;"/> <p><i>Tapmaly:</i></p> $v_1' = v_2' = ?$	<p><i>Formulasý:</i></p> $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'.$ $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_1'.$ $v_1' = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}.$	<p><i>Çözülişi:</i></p> $v_1' = \frac{50 \cdot 8 \text{ km}}{50 + 30 \text{ sagat}} = 5 \frac{\text{km}}{\text{sagat}}.$  <p><i>Jogaby:</i> <math>v_1' = v_2' = 5 \frac{\text{km}}{\text{sagat}}</math></p>
---	---	---



**Daýanç düşüňjeler:** ýapyk sistema, impulsiň saklanma kanuny.



1. Ýapyk sistema kesgitleme beriň we ony mysallar bilen düşündiriň.
2. Göni çyzyk boýunça garşylykly ugurda hereket edýän massasy we tizlikleri birmeňzeş bolan jisimleriň çaknyşmadan öňki impulslarynyň jemi nämä deň bolýar?
3. 2-nji soragda getirilen jisimleriň çaknyşandan soňky impulslarynyň jemi nämä deň bolýar?



1. 2 m/s tizlik bilen gelyän 30 t massaly demirýol wagony dynç duran wagona tirkeldi. Tirkelen wagonlar 1 m/s tizlik bilen hereketlenip başlady. Ikinji wagonyň massasyny tapyň.
2. 6 m/s tizlik bilen ылgap barýan 50 kg massaly oňlan 2 m/s tizlik bilen hereketlenýän 30 kg massaly arabajygy kowup ýetdi we onuň üstüne çykdy. Arabajygyň oňlan bilen bilelikdäki tizligi näçe?

3. 3-nji tejribede getirilen arabajyklaryň massalary degişlilikde 1 kg we 0,5 kg, çaknyşyança tizlikleri bolsa 2 m/s we 3 m/s bolup, çaknyşandan soň birinji arabajyk 1,5 m/s tizlik alan bolsa, ikinji arabajyk nähili tizlik bilen hereketlenip başlaýar?

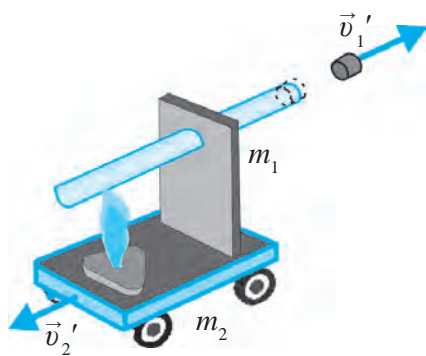
## 38-Ş. REAKTIW HEREKET

### Reaktiw hereket barada düşünje

Üfläp çişirilýän howa şarynyň agzyny daymazdan goýbersek, şar ajaýyp traýektoriya boýunça uçup gidýändigini görensiňiz. Munda impulsyň saklanma kanuny ýerine ýetirilip, howa uly tizlikde şaryň agzyndan bir tarapa, şaryň özi bolsa garşylykly tarapa hereket edýär. Bu hadysa reaktiw herekete mysal bolup biler.



**Ýapyk sistemanyň bir bölegi haýsy-da bolsa bir tizlik bilen hereket etse, sistemanyň galan bölegi oňa garşylykly ugurda herekete gelýär. Emele gelen şeýle herekete *reaktiw hereket* diýilýär.**



**123-nji surat.** Dykynyň hereketine garşylykly ugurda emele gelen reaktiw hereket

Reaktiw hereketi göz önüne getirmek üçin aşakdaky tejribäni geçireliň.

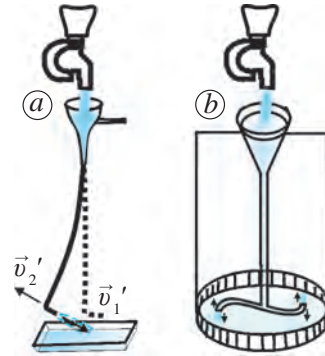
Probirkanyň ýarysyna çenli suw guýup, dyky bilen ýapalyň we 123-nji suratdaky ýaly arabajyga ornaşdyralyň. Gury ýangyjyň ýalnynda probirkadaky suwy gyzdyralyň. Suw gaýnama temperaturasyna ýakynlaşanda dyky uly tizlik bilen atylýar, arabajyk bolsa dykynyň ugruna garşylykly tarapa hereketlenýär. Munda dykyny probirkadan atyp çykarýan buguň basyş güýjüne garşylykly ugrukdyrylan reaktiw güýç peýda

bolýar. Reaktiw güýjüň täsirinde arabajyk dykynyň hereketine garşylykly ugurda hereketlenýär.

Meselem, dykynyň massasy  $m_1 = 10$  g, arabajygyň massasy (gury ýangyç we probirka bilen bilelikde)  $m_2 = 500$  g, dykynyň we arabajygyň dyky atylmazdan öňki tizlikleri  $v_1 = v_2 = 0$ , dykynyň atylyş tizligi  $v_1' = 10$  m/s -a deň, diýeliň. Impulsyň saklanma kanunyndan peýdalanyň, dyky zyňlanda arabajygyň alan  $v_2'$  reaktiw tizligini hasaplaýarys.

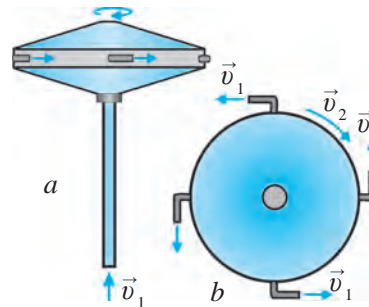
$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$  deňlikde  $v_1 = v_2 = 0$  bolany üçin çep tarapy nola deň bolýar:  $0 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ . Mundan  $v_2' = -m_1 v_1'/m_2$  ýa-da  $v_2' = -0,2$  m/s bolýar.

Reaktiw hereketi düşüniş üçin ýene başga tejribeleri hem geçirmek mümkin. 124-nji *a* suratda şekillendirilen tejribede suw  $v_1$  tizlik bilen bir tarapa atylyp dursa, naýyň özi garşylykly tarapa  $v_2$  reaktiw tizlik bilen hereket edýär. 124-nji *b* suratdaky tejribede bolsa eplenen çüýşe naýyň iki ujundan suw atylyp durýar. Munda suwuň hereketine garşylykly ugurda emele gelen reaktiw hereketiň hasabyna çüýşe naý aýlanýar. Bu sistema Segneriň perrikleri diýilýär.



**124-nji surat.** Suwuň akymyna garşylykly ugurda emele gelen reaktiw hereketler

Howanyň kömeginde hem reaktiw hereketi almak mümkin. 125-nji suratda şeýle gurluşyň esasy bölegi şekillendirilen. Munda erkin aýlanýan disk gozganmaýan naýa podşipnik arkaly ornaşdyrylan. Gysylan howa naý arkaly diskiň içine girýär. Basyş astyndaky howa diskiň çetlerine ornaşdyrylan dört sany naýjagaz arkaly galtaşma hökmünde daşary atylyp çykyp durýar. Bu bolsa diski garşylykly ugurda aýlaýan reaktiw hereketi emele getirýär.



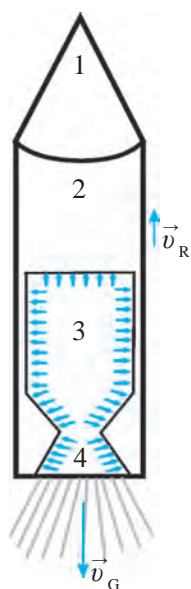
**125-nji surat.** Howanyň kömeginde reaktiw hereketi emele getiriji gurluş: a) gapdaldan görnüşi; b) ýokardan görnüşi

### Raketanyň gurluşy we hereketi

Soňky 50–60 ýylyň içinde giňişlige köp kosmos gämiler, Ýeriň emeli hemralary uçuryldy. Olary Ýerden orbita raketalar alyp çykýar.



**Reaktiw güýjüň täsirinde hereketlenýän kosmiki uçujy sistemalar raketa diýlip atlandyrylýar.**



**126-njy surat.**  
Raketanyň gurluşy mümkin:

Raketanyň hereketi reaktiw herekete esaslanandyr. Onuň gurluşy shematik ýagdaýda 126-njy suratda şekillendirilen. Raketa, esasan, dört bölekden ybarat. 1-nji bölekde Ýeriň daşyndaky orbita çykaryp goýulýan kosmos gämisi ýa-da emelei hemra ýerleşýär. Raketanyň 2-nji bölegini ýangyç we raketany Ýerden uçuryjy enjamlar düzýär. 3-nji bölekde ýangyç ýanyjy kamerasy ýerleşýän bolup, bu ýerde ýangyjyň ýanmagy netijesinde ýokary temperaturaly we basyşly gaz toplanýar. Şeýle gaz reaktiw soplo (4-nji bölek) arkaly örän uly  $v_G$  tizlikde daşary çykarylýar. Ýanyjy kamerasyna beýleklerden kiçi ölçegli soplo arkaly çykýan uly basyşly gaz akymy örän uly tizlige eýe bolýar. Şonuň netijesinde impulsyň saklanma kanunyna görä gaz akymynyň ugruna garşylykly ugurda reaktiw güýç emele gelýär. Bu güýjüň täsirinde raketa herekete gelýär we  $v_R$  reaktiw tizlik alýar (127-nji surat).

Raketanyň soplosyndan çykýan gazyň massasy  $m_G$ , tizligi  $v_G$ , raketanyň massasy  $m_R$ , alan reaktiw tizligi  $v_R$  bolsun. Impulsyň saklanma kanunyny ulanyp, aşakdaky deňligi ýazmak

$$m_G \vec{v}_G + m_R \vec{v}_R = 0 \quad \text{ýa-da} \quad \vec{v}_R = - \frac{m_G \vec{v}_G}{m_R}.$$



**127-nji surat.**  
Raketanyň göterilmegi

Formuladan görnüşi ýaly, raketanyň massasy näçe kem bolsa, onuň reaktiw tizligi şonça uly bolýar. Hakykatda hem, raketanyň massasynyň uly bölegi ýangyç massasyna dogry gelýär. Ýangyjyň ýanma prosesinde onuň mukdary hem-de raketanyň massasy barha kemelýär. Bu bolsa raketanyň tizliginiň barha artmagyna getirýär. Raketa bellenilen beýiklige çykýança onuň ýangyçdan boşan bölekleri nobatma-nobat bölünip, howada ýanyp gidýär. Raketanyň kiçi bir bölegi – kosmos gämisi (Ýeriň emeli hemrasy) uçuşyny dowam etdirýär. Impulsyň saklanma kanuny esasynda emele gelýän reaktiw hereket kosmonawtikanyň esasy hasaplanýar. Kosmiki raketa we gämileriň döredilmegine alymlardan K. E. Siolkowskiý (1852–1935), S. P. Korolýow (1906–1966), M. W. Keldýş (1911–1978), W. Braun (1912–1976), G. Obert (1894–1989) we başgalar uly goşant goşupdyrlar. Häzirki wagtda kosmonawtika ugry ýokary derejede ösýär.

**Daýanç düşünjeler:** reaktiw hereket, raketa, kosmonawtika.

1. Reaktiw hereket diýip nämä aýdylýar? Impulsyň saklanma kanuny esasynda reaktiw hereketi düşündirip beriň.
2. 123–124-nji suratlarda şekillendirilen tejribeleri düşündirip beriň.
3. Raketanyň gurluşyny aýdyp beriň.
4. Raketanyň nähili herekete gelyändigini düşündirip beriň.

**VI BABA DEGIŞLI GOŞMAÇA GÖNÜKMELER**

1. Nämе üçin elimizdäki kerpiji çekiç bilen ursak, elimiz gaty agyrandygyny duýmaýarys?
2. Açyk kosmosdaky kosmonawt raketa başgalar kömek etmezden gaýdyp girmegi üçin nähili hereket etmeli?
3. Kenarda durup gaýygy durtsek, ol süýşýär. Nämе üçin gaýykda durup ony durtsek, ol gozganmaýar?
4. Jisime daňlan ýüp silkip 0,05 s dowamynda 20 N güýç bilen çekilende, jisim ýerinden gozganmady. Soňra ýüp şeýle güýç bilen 2 s dowamynda çekip durlanda, jisim ýerinden gozgandy. Iki ýagdaý üçin hem güýjüň impulsyny tapyň we olary deňeşdiriň.
5. Massasy 20 g-lyk daş 15 m/s tizlik bilen gelip urulsa, äpişgäniň aýnasy döwülmeýär. Ýöne 100 g-lyk daş şeýle tizlik bilen urlanda, aýna döwülýär. 20 g-lyk daş 60 m/s tizlik bilen urlanda hem aýna döwülýär. Iki ýagdaý üçin hem jisimiň impulslaryny hasaplaň we olary deňeşdiriň. Nämе üçin birinji ýagdaýda aýna döwülmeýär?
6. Massasy 100 g-lyk daş 5 m/s tizlik bilen gorizonta atyldy. Atylan wagtynda daşyň impulsy näçe bolupdyr?
7. Massalary 1200 kg-dan bolan iki awtomobil ýolda garşylykly ugurda gelip, bir-biri bilen çaknyşdy. Eger olaryň tizlikleri degişlilikde 90 km/sagat we 120 km/sagat bolsa, olar bir-birine nähili ululykdaky impuls bilen çaknyşypdyr? Eger şu awtomobilleriň tizlikleri degişlilikde 36 km/sagat we 54 km/sagat bolanda çaknyşma wagtynda impulslary näçe bolardy? Haýsy ýagdaýda çaknyşmanyň zyýany uly? Nämе üçin?

8. Gorizonta üstde massasy 400 g bolan şarjagaz 1 m/s tizlikde ikinji şarjagaz bilen çaknyşdy. Şondan soň birinji şarjagaz 0,4 m/s tizlik bilen öz hereketini dowam etdirdi. Çaknyşan wagtynda birinji şarjagazyň impulsy näçe üýtgäpdir?
9. 3 m/s tizlik bilen gelýän massasy 60 t-ly demirýol wagony dynç duran 40 t-ly wagona tirkeldi. Tirkelenden soň wagonlar nähili tizlik bilen hereketlenipdir?
10. 4 m/s tizlik bilen ylgap barýan 40 kg massaly oğlan 1 m/s tizlik bilen hereketlenýän 20 kg massaly arabajygy kowup ýetip, onuň üstüne çykdy. Arabajygyň oğlan bilen bilelikdäki tizligi näçe?
11. Hereketdäki arabajygyň üstündäki guma bir bölek jisim gelip düşdi. Nähili ýagdaýda arabajyk öz hereket ugruny saklamak bilen tizligini kemeldýär? Togtaýar? Yza hereket edýär?
12. 70 kg massaly adam 280 kg massaly gaýygyň bir ujundan ikinji ujuna 5 m ýol ýöräp bardy. Munda gaýyk suwa görä näçe metr aralyga süýşýär?
13. Massasy 100 g bolan şarjagaz gorizonta üstde 0,5 m/s tizlikde gelip ikinji şarjagaza uruldy we 0,2 m/s tizlikde öz hereketini öňki ugurda dowam etdirdi. Çaknyşma wagtynda şarjagazyň impulsy näçe üýtgäpdir?

## GEÇILEN TEMALAR BOÝUNÇA TEST SORAGLARY

1. Sürtülme güýjüni kemeltmek üçin tehnikada aşakdaky çärelerden haýsasy görülýär?  
A) arassalamak;                      B) ýuwmak;  
C) sürtmek;                              D) ýaglamak.
  
2. Hereketlenýän otly wagonynda oturan adam nämelere görä dynçlykda bolýar?  
A) wagona görä;                      C) wagona we ýere görä;  
B) ýere görä;                              D) relse görä.



3. Agyrlyk güýji 550 N bolan jisimiň massasy näçe kilogramy düzýär?

- A) 55 kg;                      B) 550 kg;  
C) 5,5 kg;                      D) 65 kg.

4. Deňtizlenýän hereket edýän «Neksiýa» awtomobili 20 s dowamynda tizligini 36 km/sagatdan 72 km/sagada artdyrdy. «Neksiýa» awtomobiliniň tizlenmesini tapyň ( $m/s^2$ ):

- A) 18;                      B) 0,4;                      C) 20;                      D) 0,5.

5.  $0,4 m/s^2$  tizlenme bilen deňtizlenýän hereket edýän jisimiň mälim wagtdaky tizligi 9 m/s-a deň. Jisimiň şu wagtdan 10 s öňki wagtdaky tizligi näçe bolupdyr ( $m/s$ )?

- A) 0,4;                      B) 5;                      C) 4;                      D) 10.

6. 5 kilonýuton (kN) näçe nýutona deň?

- A) 5000;                      B) 0,05;                      C) 500;                      D) 0,5.

7. Demir ýolda duran wagon 4 kN güýç bilen çekilende, ol  $0,2 m/s^2$  tizlenme bilen hereketlenip başlady. Wagonyň massasyny tapyň:

- A) 20 t;                      B) 4 t;                      C) 0,2 t;                      D) 0,4 t.

8. Näme sebäpden doňan ýodalara we ýollara gum sepilýär?

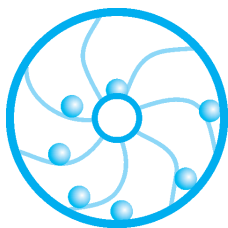
- A) buzuň eremegini çaltlandyrmak üçin;  
B) sürtülmäni köpeltmek üçin;  
C) aýakgabyň aşagy azrak könelmegi üçin;  
D) ýoda we ýollara mozaika çyzmak üçin.

9. Ryçagly terezide jisimiň haýsy parametri ölçelýär?

- A) massasy;                      B) göwrümi;  
C) agyrlýgy;                      D) uzynlygy.

## GOŞMAÇA SORAGLAR

1. Iki birmeñzeş gaýykdan birinde oturan oğlan ikinji gaýygy tanap bilen dartsa, iki gaýyk birmeñzeş süýşermi? Eger jogap ters bolsa, haýsy gaýyk köpräk süýşer?
2. Asmanda durnalaryň sürüsi uçup barýar. Olaryň bir-birine görä hereketi barada näme diýmek mümkin?
3. Näme üçin orun üýtgetme geçilen aralyga deň ýa-da kiçi bolmagy mümkin, ýöne uly bolup bilmeýär?
4. Otlynyň aýnasyndan garalsa, daşardaky daragtlar, öýler aýnanyň ýanyndan wyzlap geçip durýar. Munda aýnanyň ýakynyndaky predmetleriň tizligi, aýnadan uzakdaky predmetleriň tizliginden uly bolýar? Näme sebäpden?
5. Awtomobiliň aýnasyndan gözegçilik edýän adama başga awtomobiliň tigiriniň hereketi nähili görünýär?
6. Awtomobiliň sag we çep tigirleri öwrümde birmeñzeş ýol geçýärmi?
7. Ýerde 5,6 m uzynlyga bökýän adam Aýda ýa-da Marsda näçe metr uzaklyga bökmegi mümkin? Eger Ýeriň massasy Gün ýaly uly bolsa, bu uzynlyk üýtgeýärmi?
8. Welosipedçi öwrülýän mahaly näme üçin öwrülýän tarapa gyşarýar?
9. Normal atmosfera basyşy hemme şäherlerde birmeñzeşmi? Birmeñzeş bolmasa, näme üçin?
10. Ýeriň orbitasy boýunça hereketlenýän kosmos gämisiniň içinde otluçöp ýakmak mümkinmi?
11. Sürtülýän byçgy nähili maksatda ýaglap durulýar?
12. Näme üçin buzuň üstünde typyp gidenimizde yza ýykylýarys?
13. Näme üçin paraşyutda böken adam ýere paraşyutsyz adama garanda haýal düşýär?
14. Maýatnikli, gumly we tow berilýän sagatlar Aýda ulanylsa, Ýerdäki ýaly işlärmä? Näme üçin?
15. Geçmişde ýurdumyzda «Kokant araba» ady bilen meşhur arabalar ulanylypdyr. Olaryň tigirleri atyň boýundan hem beýik edip ýasalypdyr. Munuň sebäbi nämede?
16. Adatda, at arabanyň yzky tigiri öňdäkiden ulurak edip ýasalypdyr. Näme üçin?

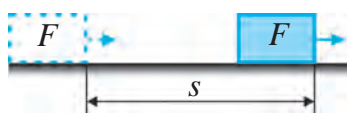


## VII bap. IŞ WE ENERGIÝA. ENERGIÝANYŇ SAKLANMA KANUNY

Tebigatda mehaniki, ýylylyk, elektrik, ýagtylyk, ýadro, himiki we başga görnüşdäki energiýalar bar. Bu energiýalar bir-birine öwrülip durýar. Meselem, mehaniki energiýa ýylylyk energiýasyba, elektrik energiýa mehaniki energiýa öwrülmeği mümkin. Munda energiýa görnüşi taýdan bir-birinden tapawutlansa-da, mukdar taýdan saklanýar, ýagny energiýa bardan ýok bolmaýar, ýokdan bar bolmaýar. Şu sebäpli tebigatdaky dürli hadysalar we prosesler energiýa arkaly bir-birine baglanan. Şu bapda jisimiň mehaniki hereketinde edilen iş, kinetik we potensial energiýa, bu energiýalaryň bir-birine öwrülmeği, doly mehaniki energiýanyň saklanmagy we kuwwaty öwrenýäris.

### 39-Ş. MEHANIKI IŞ

#### Mehaniki iş we onuň birlikleri



128-nji surat.  $F$  güýjüň täsirinde jisimiň  $s$  aralyga orun üýtgetmeği

Gündelik durmuşymyzda iş diýende işçi, inžener, alymlaryň peýdaly zähmetini düşüňäris. Ýöne alymyň näçe iş edenligini ölçäp bolmaýar. Şonuň üçin fizikada diňe ölçäp bolýan ululyk – mehaniki iş öwrenilýär. Araba oňa birikdirilen atyň dartýş güýjüniň täsirinde mälum aralyga

ýöredi.

Agzy dyky bilen berkidilen suwly çüýşe gap gyzdyrylanda onuň içindäki basyş güýjüniň artmagy netijesinde dyky atylyp çykyp, mälum aralyga baryp düşýär, ýagny mehaniki iş ýerine ýetirilýär.

Güýjüň täsirinde jisimiň tizligi kemelen ýagdaýlarda (meselem, sürtülme güýji) hem iş ýerine ýetirilýär. Eger bar güýjümüz bilen şakfy süýşürmähe hereket etsek, ol bolsa gozganman ýerinde durubarse, hiç hili mehaniki iş ýerine ýetirilmeýär. Jisim öz inersiýasy bilen hemişelik tizlikde hereket-

lenýär we oňa güýç täsir etmeýän bolsa, ol hiç hili mehaniki işi ýerine ýetirmeýär.

Diýmek, mehaniki iş ýerine ýetirilmegi üçin jisime güýç täsir etmeli we bu güýjüň täsirinde jisim mälum aralyga süýşmeli. Meselem, tekiz üstde duran jisime  $F$  güýç täsir edende, ol şol güýjüň ugrunda göni çyzyk boýunça  $s$  aralyga orun üýtgetsin. Munda  $A$  mehaniki iş ýerine ýetirilýär (128-nji surat):

$$A = F \cdot s. \quad (1)$$



**Mehaniki iş güýç we şol güýjüň ugrunda jisim geçen ýoluň köpeltmek hasylyna deň.**

Jisime näçe uly güýç täsir etse we şol güýjüň täsirinde jisim näçe uly aralygy geçse, edilen iş hem şonça köp bolýar.

Mehaniki iş goýlan güýje hem-de geçilen ýola göni proporsionaldyr.

Halkara birlikler sistemasynda işiň birligi – Joul (J). Bu birligiň ady inlis fizigi *Jeýms Joulyň* hormatyna goýlan.



**1 J – bu 1 N güýjüň täsirinde jisimi 1 m aralyga orun üýtgetmekde edilen işe deň.**

Amalda işiň başga birlikleri — kilojoul (**kJ**), megajoul (**MJ**), milli-joul (**mJ**) hem ulanylýar. Işiň bu birlikleri bilen esasy birligiň arasynda aşakdaky gatnaşyk bar:

$$1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J};$$

$$1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J};$$

$$1 \text{ mJ} = 10^{-3} \text{ J}.$$

Mehaniki iş güýjüň täsirinde ýerine ýetirilýändigini üçin, ol güýjüň işi diýlip hem atlandyrylýar.

Mehaniki iş skalýar ululykdyr.

### Täsir güýjüniň mehaniki işi

Mehaniki işiň (1) formulasy jisime täsir edýän güýjüň we jisimiň orun üýtgetmesi birmeňzeş ugurda bolan ýagdaý üçin ýerlikli. Meselem, jisim  $F = 5 \text{ N}$  güýjüň täsirinde şol güýjüň ugrunda  $s = 20 \text{ m}$  aralyga orun üýtgeden bolsun. Onda bu güýjüň ýerine ýetiren işi  $A = 5 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} = 1 \text{ J}$ -a deň bolýar (129-njy a surat). Eger güýjüň ugry jisimiň hereket ugry

bilen birmeňzeş bolsa, bu güýç položitel iş ýerine ýetiren bolýar. Ýöne güýjüň ugru jisimiň hereket ugruna garşylykly bolsa (meselem, typmada ýa-da sürtülmede), bu güýç otrisatel iş eden bolýar:

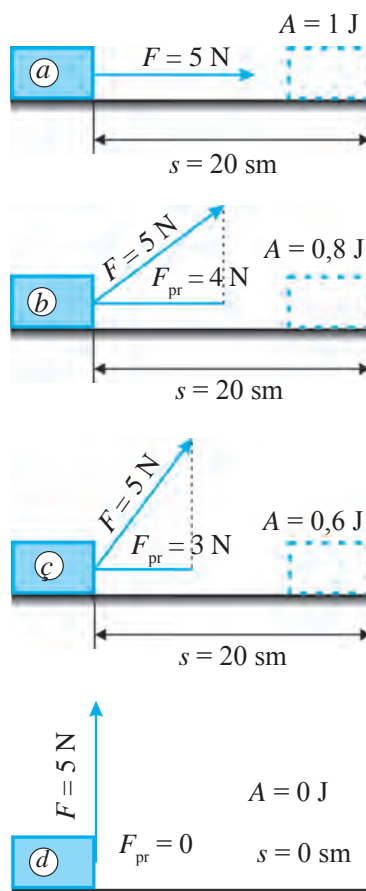
$$A = -Fs.$$

Eger güýjüň ugru jisim hereketiniň ugrunda bolmasa, mehaniki işiň bahasy nähili kesgitlenýär?

Jisime täsir edýän güýç jisimiň orun üýtgetme ugru bilen mälum burçy emele getirse, täsir edýän güýjüň orun üýtgetme ugruna proyeksiýasy – emele getirijisi alynýar. Meselem, jisime  $F = 5 \text{ N}$  ululykdaky güýç 129-njy *b* suratda görkezilişi ýaly burç astynda täsir edip, jisim şol güýjüň täsirinde 20 sm aralyga orun üýtgetsin. Suratdan görnüşi ýaly, bu güýjüň orun üýtgetme ugruna proyeksiýasy  $F_{pr} = 4 \text{ N}$ -ny düzýär. Onda bu güýjüň ýerine ýetiren işi  $A = 4 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} = 0,8 \text{ J}$ -a deň.

Jisime täsir edýän güýjüň ugru bilen orun üýtgetme ugru arasyndaky burçuň barha artmagy bilen  $F$  güýjüň  $F_{pr}$  proyeksiýasy barha kemelýär. Bu bolsa güýjüň ýerine ýetiren işi hem barha kemelýändigini görkezýär. Meselem, 129-njy *ç* suratda jisime täsir edýän  $F = 5 \text{ N}$  güýjüň ugru bilen orun üýtgetmäniň arasyndaky burç 129-njy *b* suratdakydan ulurak bolanlygy üçin onuň proyeksiýasy kiçi, ýagny  $F_{pr} = 3 \text{ N}$ -ny düzýär. Munda güýjüň ýerine ýetiren işi  $A = 3 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} = 0,6 \text{ J}$ -a deň bolýar.

Jisime täsir edýän güýjüň ugru bilen orun üýtgetmäniň ugrunyň arasyndaky burç ýene-de artdyrylsa, güýjüň proyeksiýasy we şonuň netijesinde, güýjüň ýerine ýetiren işi barha nola ýakynlaşýar. Güýjüň ugru orun üýtgetmäniň ugru bilen  $90^\circ$ -y emele getirse, güýjüň orun üýtgetmäniň ugruna proyeksiýasy nokady, ýagny noly düzýär (129-njy *d* surat). Bu bolsa jisime täsir edýän güýç, orun üýtgetmäniň ugruna perpendikulýar ugrukdyrylan bolsa, işiň ýerine ýetirilmeýändigini görkezýär.



129-njy surat. Edilen işiň güýjüň ugruna baglylygy

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Awtomobil 5 kN motor güýjüniň täsirinde 3 km aralygy geçdi. Awtomobiliň motory näçe iş edipdir?

<p><i>Berlen:</i></p> $F = 5 \text{ kN} = 5\,000 \text{ N};$ $s = 3 \text{ km} = 3\,000 \text{ m}.$	<p><i>Formulasy:</i></p> $A = Fs.$	<p><i>Çözülişi:</i></p> $A = 5\,000 \text{ N} \cdot 3\,000 \text{ m} =$ $= 15\,000\,000 \text{ J} = 15 \text{ MJ}.$
<p><i>Tapmaly:</i></p> $A = ?$		<p><i>Jogaby:</i> <math>A = 15 \text{ MJ}.</math></p>



**Daýanç düşüňjeler:** mehaniki iş, täsir güýjüniň mehaniki işi, güýjüň proyeksiýasy.



- Ştangaçy ştangany ýokary göterdi. Onuň myşsalarynyň maýyşgaklyk güýçleri eden işi bilen agyrylyk güýjüniň işiniň arasynda nähili tapawut bar?
- Hereketlenýän jisime goýlan güýç nähili ýagdaýda iş ýerine ýetirmeyär?



- Ýerde duran ýüke 250 N güýç täsir edýän holda ol şol güýjüň ugrunda 8 m aralyga süýrüp eltildi. Munda näçe iş ýerine ýetirilipdir?
- Arabajyga belli bir burç astynda güýç täsir edilip, ol 15 m aralyga eltildi. Eger arabajyga täsir edýän güýjüň hereket ugruna proyeksiýasy 42 N bolsa, bu ýerde näçe iş ýerine ýetirilipdir?
- Ýolda bozulyp galan awtomobili 3 adam itekläp, 480 m uzaklykdaky ussahana alyp bardylar. Eger olardan biri awtomobile 150 N, ikinjisi 200 N, üçünjisi bolsa 250 N güýç bilen täsir edip baran bolsa, olaryň her biri näçeden iş edipdirler? Olaryň üçüsi bilelikde näçe iş edipdirler?
- Elektrowoz demirýol wagonlaryny 2 km aralyga çekip baranda 240 MJ işi ýerine ýetirdi. Elektrowoz wagonlary nähili güýç bilen çekipdir?
- Jisim dik ýokary zyňyldy. Aşakdaky ýagdaýlarda agyrylyk güýjüniň işiniň alamaty nähili bolýar?
  - jisim ýokary galanda;
  - jisim aşak düşende.
- Massasy 75 kg bolan adam bina girilýän ýerden 6-njy etaža basgançakda çykanda nähili işi ýerine ýetirýär? Her bir etažyň beýikligi 3 m.
- Hemra Ýeriň daşynda orbita boýunça aýlanýar. Raketanyň dwigateliň kömeginde hemra başga orbita geçirildi. Hemranyň mehaniki energiýasy üýtgedimi?

## 40-Ş. JISIMI GÖTERENDE WE ONY ŞOL ARALYGA GORIZONTAL ORUN ÜÝTGEDENDE EDILEN IŞI HASAPLAMAK

### (4-nji laboratoriya işi)

**Işniň maksady:** Jisim wertikal we gorizontal ýol boýunça orun üýtgedilende edilen işi özbaşdak hasaplamak.

**Gerekli enjamlar:** Laboratoriya tribometri, okuw dinamometri, santimetrli bölümlere eýe bolan ölçeg lentasy, 2 sany iki ilgençekli 100 g massaly ýük, brusok, çyzgyç.

### Işi ýerine ýetirmegiň tertibi

1. Enjamlardan 130-njy suratda görkezilen gurluşy gurnaň.
2. Dinamometriň kömeginde brusogyň agyrlygyny ölçäň. Soňra brusogy ýokary deňölçegli hereketlendirip, önünden lentanyň kömeginde ölçelen tribometriň çyzgyjynyň beýikligine göteriň. Edilen işiň ululygyny aşakdaky formula bilen hasaplaň:

$$A = F_{ag} \cdot h.$$

3. Tejribäni üç gezek gaýtalaň. Her tejribede brusoga 0,81 N; 1,81 N; 2,81 N ýükleri asyň we bu edilen işiň agyrlýk güýjüni ýeňmek üçin sarp bolanyny bellik ediň.

4. Tapylan netijeleri 5-nji jedwele ýazyň.

5. Çyzgyjy stola goýup, dinamometriň kömeginde brusogy çyzgyç boýunça birinji ýagdaýdaky aralyga bir tekiz orun üýtgediň. Munda emele gelen dartýşma güýjüni dinamometriň görkezişi  $F_t$  den anyklaň.

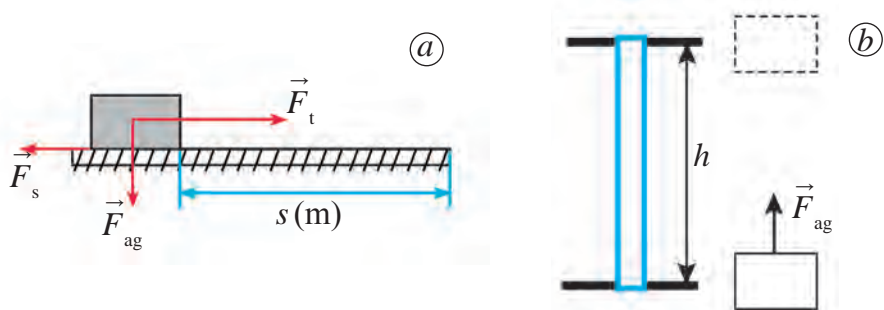
6. Işi ýene dartýşma güýjüne we ýola görä hasaplaň:  $A = F_t \cdot s$ . Ünsüňizi bu iş agyrlýk güýjüni däl, eýsem sürtülme güýjüni ýeňmekde ýerine ýetirilendigine gönükdiriň. Soňra brusoga 0,81 N; 1,81 N; 2,81 N ýükleri asyp, tejribäni üç gezek gaýtalaň we her gezek dartýş güýjüniň eden işi hasaplaň. Tapylan netijeleri jedwele ýazyň.

*5-nji jedwel*

№	$m, \text{kg}$	$h, \text{m}$	$F_{ag}, \text{N}$	$s, \text{m}$	$F_s, \text{N}$	$A_h, \text{j}$	$A_{tek}, \text{j}$
1							
2							
3							

Soňra brusoga 1 N, 2 N, 3 N ýükleri ýükläp (130-njy surat), tejribäni ýene 2–3 gezek gaýtalaň we her gezek dartyş güýjüniň ýerine ýetiren işini hasaplaň.

Alnan netijeleri deňeşdirip, hemme wagt ýüki ýokary göterende edilen iş ony şeýle aralyga gorizontol ýol boýunça orun üýtgedende edilen işden uludygyny ýa-da kiçidigini anyklaň.



**130-njy surat.** Jisimi göterende (a) we şu aralyga gorizontol orun üýtgedende (b) edilen işi ölçýän gurluş

## 41-§. POTENSIAL ENERGIÝA



**131-nji surat.** Asma sagat

Käte jisimler işi bir selemde ýerine ýetirmezden, uzak wagtyň dowamynda ýerine ýetirmegi mümkin. Olar iş ýerine ýetirijilik ukyplaryny uzak wagt saklaýar. Meselem, asma sagatlaryň mahsus daşlaryny ýokary göterip, biz iş edýäris (131-nji surat). Netijede sagat mehanizmi daşlar pese düşýänçe iş ýerine ýetirijilik ukybyna eýe bolýar. Agyrlyk güýjüniň täsirinde ýuwaşjadan pese düşýän daşlar sagadyň maýatnigimi, tigrini we millerini aýlaýar. Daşlar pese düşdüdi saýyn olaryň iş ýerine ýetirijilik ukyby barha kemelýär. Pese düşen daşlary göterip, olaryň iş edijilik ukybyny ýene dikeltmek mümkin. Daşlary göterenimizde olaryň iş ýerine ýetirijilik ukyby artýar, pese düşdügi saýyn barha kemelýär we pola ýa-da ýere ýetip gelende bütinleý gutarýar. Diňe bir götermek bilen däl, eýsem puržini gysmak ýa-da towlamak kömeginde hem iş edijilik ukybyny emele getirmek mümkin. Tow berilýän sagatlar we oýunjaklar şu usulda işleýär. Şonuň ýaly-da, jisimi mälim tizlikde hereketlendirsek, onda iş ýerine ýetirijilik goruny emele getirýäris. Meselem, palta bilen odun çapanda, iş ýerine ýetirilýär. Munuň



üçin palta uly tizlik bermelidir. Garalan ähli mysallarda jisimiň ýagdaýy üýtgedilip, iş ýerine ýetirilýär (ýüki düşürüp, gysylan puržini sozup, tizlikdäki jisimiň hereketini saklap). Şu özgertmeler amala aşyrylýança jisim özüniň iş edijilik ukybyny saklap durýar.



**Jisimiň öz ýagdaýyny üýtgetmegi netijesinde ýerine ýetirip bilme-gi mümkin bolan iş energiýa diýlip atlandyrylýar.**

«Energiýa» sözi grekçede «işeňňirlik» diýen manyny aňladýar. Energiýanyň üýtgemegi şol özgerileri amala aşyrmak üçin sarp edilýän iş bilen ölçelýär.

Şonuň üçin energiýany iş ýaly birliklerde ölçemeli. Onuň esasy birligi – joule (J). Mehaniki energiýa kinetik we potensial energiýa bölünýär.

$m$  massaly jisim  $h$  beýiklikden erkin gaçýar, diýip çak edeliň (132-nji surat). Munda jisim diňe Ýeriň dartýş güýji, ýagny  $F_{ag} = mg$  agyrylyk güýjüniň täsirinde hereket edýär. Jisim  $h$  beýiklikden ýere gaçýança agyrylyk güýjüniň ýerine ýetirýän işi aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$A = F \cdot s = F_{ag} \cdot h \quad \text{ýa-da} \quad A = mgh. \quad (1)$$

Ýerine ýetirilmegi mümkin bolan bu iş şol jisimiň *potensial energiýasyna* deň. Diýmek,  $h$  beýiklikde duran  $m$  massaly jisimiň ýerine ýetirmegi mümkin bolan işi, ýagny potensial energiýasy aşakdaky ýaly aňladylýar:

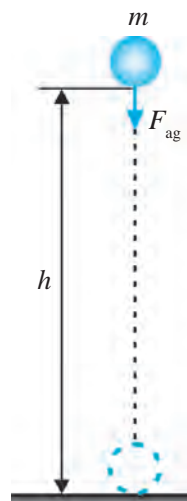
$$E_p = mgh. \quad (2)$$

(2) formulada aňladylan potensial energiýa özara täsir edýän iki jisim – şarjagaz we Ýeriň bir-birine görä ýagdaýyna bagly.



**Özara täsir edýän jisimleriň ýa-da jisim bölekleriniň bir-birine görä ýagdaýyna bagly bolan energiýa potensial energiýa diýlip atlandyrylýar.**

Indi  $h_1$  beýiklikde duran  $m$  massaly jisimiň  $h_2$  ýagdaýyna üýtgemeginde edilen işi tapalyň (133-nji surat). Jisimiň geçen ýoly  $h = h_1 - h_2$  bolýanlygyn-dan edilen işi aşakdaky ýaly aňlatmak mümkin:

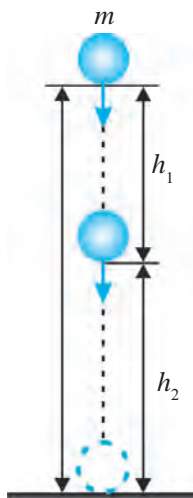


**132-nji surat.**  
Işiň agyrylyk güýjüniň täsirinde ýerine ýetirilişi

$$A = mgh = mg(h_1 - h_2) \text{ ýa-da } A = mgh_1 - mgh_2. \quad (3)$$

$mgh_1 = E_{p1}$  – jisimiň  $h_1$  beýiklikdäki potensial energiýasy,  $mgh_2 = E_{p2}$  – jisimiň  $h_2$  beýiklikdäki potensial energiýasydygyndan:

$$A = E_{p1} - E_{p2} \text{ ýa-da } A = -(E_{p2} - E_{p1}). \quad (4)$$



Bu ýerde «-» alamat jisimiň ýagdaýynyň  $h_1$  beýiklikden  $h_2$  beýiklige özgerende jisimiň potensial energiýasynyň kemelýändigini görkezýär.

Diýmek,



**Jisimiň potensial energiýasynyň üýtgemegi edilen işe deň.**

Jisim ýokardan aşak düşende  $E_{p2} < E_{p1}$  bolanyandygy üçin  $A > 0$  bolýar. Munda agyrylyk güýji položitel iş edýär.

Jisimi ýokary göterilende bolsa  $E_{p2} > E_{p1}$  bolany üçin  $A < 0$  bolýar. Munda agyrylyk güýjüni ýeňmek üçin otrisatel iş ýerine ýetirilýär.

### 133-nji surat.

Jisimiň potensial energiýasynyň üýtgemegi

### Mesele çözmegiň nusgasy

Massasy 1 kg bolan jisimiň 25 m beýiklikde we 15 m beýiklikde potensial energiýasy näçe bolýar? Jisim şol bir beýiklikden ikinji beýiklige düşende agyrylyk güýji näçe iş edýär?  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýlip alynsyn.

*Berlen:*

$$m = 1 \text{ kg}; h_1 = 25 \text{ m};$$

$$h_2 = 15 \text{ m}; g = 10 \text{ m/s}^2.$$

*Tapmaly:*

$$E_{p1} = ? E_{p2} = ? A = ?$$

*Formulasy:*

$$E_{p1} = mgh_1;$$

$$E_{p2} = mgh_2;$$

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}).$$

*Çözülişi:*

$$E_{p1} = 1 \cdot 10 \cdot 25 \text{ J} = 250 \text{ J};$$

$$E_{p2} = 1 \cdot 10 \cdot 15 \text{ J} = 150 \text{ J};$$

$$A = -(150 - 250) \text{ J} = 100 \text{ J}.$$

$$\text{Jogaby: } E_{p1} = 250 \text{ J}; E_{p2} = 150 \text{ J}; A = 100 \text{ J}.$$



**Daýanç düşüňjeler:** agyrylyk güýjüniň ýerine ýetiren işi, potensial energiýa.



1. Jisim  $h$  beýiklikden ýere düşende nähili iş ýerine ýetirilýär?
2. Jisimiň  $h$  beýiklikdäki potensial energiýasy nähili aňladylýar?
3. Potensial energiýa diýip nämä aýdylýar?

4. Jisim  $h_1$  beýiklikden  $h_2$  beýiklige düşende agyryk güýjüniň ýerine ýetiren işi nähili aňladylýar?

**G**  
**27**

1. Massasy 200 g bolan jisimiň 40 m beýiklikde potensial energiýasy näçe bolýar? Jisim şu beýiklikden ýere gaçanda agyryk güýji näçe iş ýerine ýetirýär? Şu we soňky meselelerde  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýlip alynsyn.
2. 2 kg ýük 5 m beýiklikden 12 m beýiklige alyp çykyldy. Şu beýikliklerde jisimiň potensial energiýalary näçe bolýar? Jisimi ýokary alyp çykanda näçe iş ýerine ýetirilýär?
3. Binanyň 9-njy etažynda duran 40 kg massaly oglanyň ýere görä potensial energiýasy näçe bolýar? Her bir etažyň beýikligini 3 m diýip alyň.
4. Tow berilýän puržinli diwar sagady nähili energiýanyň hasabyna işleýär?

## 42-§. KINETIK ENERGIÝA

### Jisimiň tizliginiň üýtgemeginde edilen iş

Stoluň üstünde duran  $m$  massaly jisim  $F$  güýjüň täsirinde sürtülmesiz hereketlenip,  $a$  tizlenme alsyn (134-nji surat).  $t$  wagtyň içinde jisimiň alan tizligi:

$$v = at. \quad (1)$$

Şu wagtyň içinde jisimiň geçen ýoly aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$s = \frac{at^2}{2}. \quad (2)$$

(1) formulany  $t = v/a$  görnüşde ýazyp, ony (2) formuladaky  $t$  wagtyň ýerine goýarys we jisimiň geçen ýolunyň aşakdaky aňlatmasyny alýarys:

$$s = \frac{v^2}{2a}. \quad (3)$$

Nýutonyň ikinji kanunyna görä jisime täsir etgan güýç:

$$F = ma. \quad (4)$$

(3) we (4) formulalardan peýdalanyp, edilen işi tapýarys:

$$A = Fs = ma \frac{v^2}{2a} \text{ ýa-da } A = \frac{mv^2}{2} \quad (5)$$



**134-nji surat.**  $v$  tizlik alan şarjagazyň kinetik energiýasy

Bu formula  $m$  massaly dynç duran jisimiň  $v$  tizlik almak üçin edilen işi aňladýar.

Eger  $m$  massaly jisimiň başlangyç tizligi  $v_1$  bolsa, onuň  $v_2$  tizligine art-dyrmak üçin ýerine ýetirilýän iş:

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \quad (6)$$

### Kinetik energiýanyň üýtgemegi

(5) formula, şonuň ýaly-da, tizlik bilen hereketlenýän  $m$  massaly jisimiň kinetik energiýasyny hem aňladýar, ýagny:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (7)$$



**Jisimiň ýa-da sistemanyň öz hereketi sebäpli alan energiýasyna kinetik energiýa diýilýär. Jisimiň kinetik energiýasy massasy bilen tizliginiň kwadratynyň köpeltmek hasylynyň ýarysyna deň.**

(6) formulada  $mv_1^2/2 = E_{k1}$ ,  $mv_2^2/2 = E_{k2}$  diýip alynsa, jisimiň tizligi  $v_1$ -den  $v_2$ -ä üýtgände edilen işi aşakdaky ýaly aňlatmak mümkin:

$$A = E_{k2} - E_{k1}, \quad (8)$$

bu ýerde  $E_{k1}$  – başlangyç tizligi  $v_1$  bolanda jisimiň kinetik energiýasy,  $E_{k2}$  – tizligi  $v_2$  ga özgerende jisimiň kinetik energiýasy. Onda (8) formulany aşakdaky ýaly kesgitlemek mümkin:



**Jisimiň kinetik energiýasynyň üýtgemegi edilen işe deň.**

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Başlangyç tizligi 36 km/sagat bolanda massasy 2 t-ly awtomobiliň kinetik energiýasy näçe bolýar? Onuň tizligi 90 km/sagada ýetende näçe? Awtomobiliň tizligi şeýle üýtgemegi üçin onuň motory näçe iş edipdir?

*Berlen:*

$$m = 2 \text{ t} = 2000 \text{ kg};$$

$$v_1 = 36 \text{ km/sagat} = 10 \text{ m/s};$$

$$v_2 = 90 \text{ km/sagat} = 25 \text{ m/s}.$$

*Formulasý:*

$$E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}.$$

$$E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}.$$

*Çözülüşi:*

$$E_{k1} = \frac{2000 \cdot 10^2}{2} \text{ J} = 100\,000 \text{ J} = 100 \text{ kJ}.$$

$$E_{k2} = \frac{2000 \cdot 25^2}{2} \text{ J} = 625\,000 \text{ J} = 625 \text{ kJ}.$$

Tapmaly:  $A = E_{k2} - E_{k1}$ .

$E_{k1} = ?$   $E_{k2} = ?$   $A = ?$  Jogaby:  $E_{k1} = 100$  kJ;  $E_{k2} = 625$  kJ;  $A = 525$  kJ.



**Daýanç düşüňjeler:** mehaniki energiýa, kinetik energiýa.



1. Mehaniki energiýa diýip nämä aýdylýar? Ol nähili birliklerde ölçelýär?
2. (5) formulany getirip çykaryň we kesgitläp beriň?
3. Berlen massaly jisimiň tizligi bir bahadan başga baha üýtgände edilen iş nämä deň?



1. Buzuň üstündäki 40 g massaly hokkeý şaýbasyna zarba bilen uranda, ol 25 m/s tizlige eýe bolýar. Şaýba nähili kinetik energiýa alypdyr?
2. 72 km/sagat tizlik bilen barýan massasy 1,2 t-ly awtomobili togtatmak üçin näçe iş etmeli?
3. 10 m/s tizlik bilen barýan welosipediň tizligini 20 m/s-a çenli artdyrmak üçin nähili işi ýerine ýetirmeli? Welosipediň (sürüji bilen bilelikde) massasy 100 kg-a deň.
4. 72 km/sagat tizlik bilen barýan massasy 200 t-ly otlynyň tizligini 144 km/sagada çenli artdyrmak üçin elektrowoz näçe iş etmeli?
5. 7,7 km/s tizlik bilen uçýan Ýeriň emeli hemrasy 40 000 MJ kinetik energiýa eýe. Emeli hemranyň massasyny tapyň.

### 43-§. MEHANIKI ENERGIÝANYŇ SAKLANMA KANUNY

Massasy  $m = 1$  kg-lyk jisim  $h_1 = 45$  m beýiklikden taşlananda onuň potensial we kinetik energiýalary nähili üýtgeýşini göreläň (135-nji surat). Bu ýerde erkin gaçma tizlenmesi  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

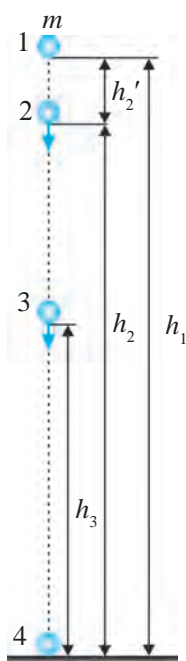
1-nji ýagdaý.  $h_1 = 45$  m beýiklikde jisimiň potensial we kinetik energiýalary aşakdaky ýaly bolýar:

$$E_{p1} = mgh_1; E_{p1} = 1 \cdot 10 \cdot 45 \text{ J} = 450 \text{ J};$$

$$E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}; E_{k1} = \frac{1 \cdot 0^2}{2} \text{ J} = 0.$$



**Ýerden mälim beýiklikde dynçlykda duran jisimiň potensial energiýasy maksimal baha, kinetik energiýasy bolsa nola deň bolýar.**



135-nji surat.  
Jisimiň erkin  
gaçmagynda  
energiýanyň  
öwrülmeği

2-nji ýagdaý. Beýiklikden goýberilen jisim erkin gaçanda  $t = 1$  s-da  $h_2' = gt^2/2 = 10 \cdot 1^2/2 \text{ m} = 5 \text{ m}$  aralygy geçýär. Şeýlelikde, bu wagtda jisim ýerden  $h_2 = h - h_2' = 45 \text{ m} - 5 \text{ m} = 40 \text{ m}$  beýiklikde bolýar. Bu wagtda jisimiň tizligi  $v_2 = gt_2 = 10 \cdot 1 \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$  baha ýe bolýar. Onda  $h = 45 \text{ m}$  beýiklikden gaçýan jisimiň  $h_2 = 40 \text{ m}$  beýiklikdäki potensial we kinetik energiýalary aşakdaky ýaly bolýar:

$$E_{p2} = mgh_2; \quad E_{p2} = 1 \cdot 10 \cdot 40 \text{ J} = 400 \text{ J};$$

$$E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}; \quad E_{k2} = \frac{1 \cdot 10^2}{2} \text{ J} = 50 \text{ J}.$$

3-nji ýagdaý.  $h_1 = 45 \text{ m}$  beýiklikden taşlanan jisim 2 s dowamynda 20 m aralygy geçýär. Munda jisimiň ýerden beýikligi  $h_3 = 25 \text{ m}$ , tizligi bolsa  $v_3 = 20 \text{ m/s}$ -a deň bolýar. Bu wagtda jisimiň potensial we kinetik energiýalary aşakdaky ýaly bolýar:

$$E_{p3} = mgh_3; \quad E_{p3} = 1 \cdot 10 \cdot 25 \text{ J} = 250 \text{ J};$$

$$E_{k3} = \frac{mv_3^2}{2}; \quad E_{k3} = \frac{1 \cdot 20^2}{2} \text{ J} = 200 \text{ J}.$$



**Beýiklikden erkin gaçanda jisimiň potensial energiýasy kemelip, kinetik energiýasy bolsa barha artýar, ýagny jisimiň potensial energiýasy barha kinetik energiýa öwrülýär.**

4-nji ýagdaý.  $h_1 = 45 \text{ m}$  beýiklikden taşlanan jisim 3 s-da ýere ýetip gelýär, ýagny jisimiň ýerden beýikligi  $h_4 = 0$ -a deň bolýar. Jisim bu wagtda ýere  $v_4 = 30 \text{ m/s}$  tizlik bilen urulýar. Jisimiň ýere urulýan wagtyndaky potensial we kinetik energiýalary aşakdaky ýaly bolýar:

$$E_{p4} = mgh_4; \quad E_{p4} = 1 \cdot 10 \cdot 0 \text{ J} = 0;$$

$$E_{k4} = \frac{mv_4^2}{2}; \quad E_{k4} = \frac{1 \cdot 30^2}{2} \text{ J} = 450 \text{ J}.$$



**Beýiklikden erkin gaçýan jisimiň ýere urulýan wagtyndaky potensial energiýasy nola, kinetik energiýasy bolsa maksimal baha deň bolýar.**

Jisim dik ýokary zyňlanda ters proses bolýar. Munda jisim ýokary göterildiği saýyn kinetik energiýasy maksimal bahadan nola çenli kemelip ugraýar. Jisimiň potensial energiýasy bolsa noldan maksimal baha çenli barha artýar. Potensial energiýanyň üýtgemegi jisimiň diňe wertikal hereketinde däl, hereket traýektoriyasy islendik bolanda-da ýüze çykýar. Meselem, binanyň 7-nji etažynda 2 kg massaly jisim duran bolsun. Eger binanyň her bir etažynyň arasy 3 m-den diýip alsak, 7-nji etažda duran jisimiň ýere, ýagny 1-nji etaža garanda potensial energiýasy 360 J-a deň bolýar. Şol jisim 3-nji etaža basgançakdan alyp düşülse-de, liftde getirilende-de bu etažda onuň potensial energiýasy 120 J-a deň bolýar.

135-nji suratda şekillendirilen jisimiň  $h = 45$  m beýiklikden düşüş dowamynda garalan 4 ýagdaýynyň her birinde kinetik we potensial energiýalaryň jemi nähili bolýar?

$$1\text{-nji ýagdaýda: } E_{p1} + E_{k1} = 450 \text{ J} + 0 = 450 \text{ J.}$$

$$2\text{-nji ýagdaýda: } E_{p2} + E_{k2} = 400 \text{ J} + 50 \text{ J} = 450 \text{ J.}$$

$$3\text{-nji ýagdaýda: } E_{p3} + E_{k3} = 250 \text{ J} + 200 \text{ J} = 450 \text{ J.}$$

$$4\text{-nji ýagdaýda: } E_{p4} + E_{k4} = 0 + 450 \text{ J} = 450 \text{ J.}$$



**Beýiklikden erkin gaçanda jisimiň islendik wagtdaky kinetik we potensial energiýalaryň jemi, ýagny jisimiň doly mehaniki energiýasy üýtgemeyär.**

Bu netije jisimi ýokary dikligine zyňlandaky ýagdaýlar üçin hem ýerliklidir. Diýmek, jisimiň maksimal kinetik energiýasy onuň maksimal potensial energiýasyna deň.

Mälim bolşy ýaly, jisimiň kinetik energiýasynyň üýtgemegi edilen işe deň. Eger beýiklikden düşýän jisimiň 1-nji ýagdaýdaky kinetik energiýasy  $E_{k1}$ , 2-nji ýagdaýdakysy  $E_{k2}$  bolsa, edilen iş aşakdaky ýaly bolýar:

$$A = E_{k2} - E_{k1}. \quad (1)$$

Şu iki ýagdaý üçin jisimiň potensial energiýasynyň üýtgemegi-de edil şeýle edilen işe deň, ýagny:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}). \quad (2)$$

(1) we (2) aňlatmalaryň çep taraplary birmeňzeş ululygy aňladýandygy üçin sag taraplaryny deňleşdirmek mümkin:

$$E_{k2} - E_{k1} = -(E_{p2} - E_{p1}). \quad (3)$$

Jisimleriň özara täsiri we hereketi netijesinde kinetik energiýa hemde potensial energiýa şeýle üýtgeýär, ýagny olardan biriniň artmagy başgasynyň kemelmegine deň. Olardan biri näçe kemelse, ikinjisi şonça artýar.

(3) deňligi aşakdaky görnüşde ýazmak mümkin:

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}. \quad (4)$$

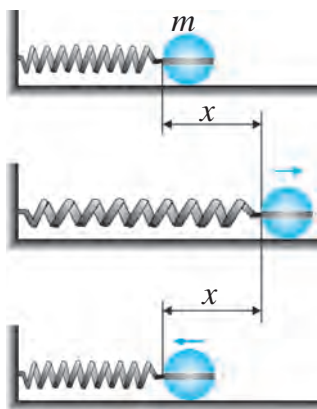
Bu deňligiň çep tarapy 1-nji ýagdaýdaky, sag tarapy bolsa 2-nji ýagdaýdaky jisimiň doly mehaniki energiýasyny görkezýär. Bu deňlik **mehaniki energiýanyň saklanma kanunyny** aňladýar.

Diýmek, bir görnüşdäki energiýa ikinji görnüşe geçmegi mümkin, ýöne munda energiýanyň mukdary üýtgemeyär.

Energiýanyň saklanma kanuny aşakdaky ýaly kesgitlenýär:



**Ýapyk sistemanyň doly mehaniki energiýasy sistemanyň bölekleriniň islendik hereketinde üýtgeşsiz galýar.**



**136-njy surat.** Puržinden we jisimden ybarat ýapyk sistemada mehaniki energiýanyň saklanmagy

Şu wagta çenli Ýeriň dartýş güýjüniň täsirinde jisimiň hereketi, ýagny Ýer we jisimden ybarat bolan ýapyk sistemadaky mehaniki hereketine garaýdyk. Mehaniki energiýanyň saklanma kanuny başga ýapyk sistemalar üçin hem ýerliklidir. Meselem, daýançdan, puržinden we jisimden ybarat ýapyk sistemany göreläň.

Daýanja ornaşdyrylan puržine  $m$  massaly jisimi berkidip, ony  $x$  aralyga çekip duralyň (136-njy surat). Munda jisimiň kinetik energiýasy  $E_{k1} = mv_1^2/2 = 0$ , potensial energiýasy bolsa  $E_{p1} = kx^2/2$  bolýar. Bu ýerde  $k$  – puržiniň gatylygy. Jisimi goýbersek, ol puržiniň maýyşgaklyk güýji sebäpli tizlik alýar. Jisim deňagramlylyk ýagdaýdan geçýän mahalynda, ýagny  $x = 0$  aralykda onuň tizligi iň uly baha eýe bolýar. Şoňa görä-de  $E_{k2} = mv_2^2/2$  kinetik energiýasy hem maksimal bahada bolýar.

Puržinden we jisimden ybarat şeýle ýapyk sistema üçin hem (4) formula, ýagny mehaniki energiýanyň saklanma kanuny ýerlikli bolýar.

Ýokarda puržiniň maýyşgaklyk güýjüniň täsirindäki jisimiň hereketinde jisim daýanjyň üstünde sürtülmesiz hereketlenýär, diýlip alýndy.



*Mesele çözmegiň nusgasy*

Massasy 200 g bolan jisim 15 m/s tizlik bilen ýokary dikligine atyldy. 1 s-dan soň jisimiň kinetik energiýasy we zyňlan nokada görä potensial energiýasy näçe bolýar?  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alynsyn.

<i>Berlen:</i>	<i>Formulasy:</i>	<i>Çözülişi:</i>
$m = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg};$	$v = v_0 - at;$	$v = 15 \text{ m/s} - 10 \cdot 1 \text{ m/s} = 5 \text{ m/s};$
$v_0 = 15 \text{ m/s};$	$E_k = \frac{mv^2}{2};$	$E_k = \frac{0,2 \cdot 5^2}{2} \text{ J} = 2,5 \text{ J};$
$g = 10 \text{ m/s}^2.$	$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2};$	$h = 15 \cdot 1 - \frac{10 \cdot 1^2}{2} \text{ m} = 10 \text{ m};$
<i>Tapmaly:</i>	$E_p = mgh.$	$E_p = 0,2 \cdot 10 \cdot 10 \text{ J} = 20 \text{ J}.$
$E_k = ? E_p = ?$		<i>Jogaby:</i> $E_k = 2,5 \text{ J}; E_p = 20 \text{ J}.$

Eger sürtülmeli hereket bolsa, jisimiň doly mehaniki energiýasynyň bir bölegi ýylylyk energiýasyna öwrülýär. Munda jisimiň gyzyň gidendigini duýmak mümkin. Meselem, bir bölek demri çekiç bilen ursak, ýokary göterilen çekiçiň potensial energiýasy pese düşýän dowamynda tizlik alyp, kinetik energiýa öwrülýär. Çekiç demre urlup togtansoň, kinetik energiýa nola deň bolup galýar. Munda doly energiýa demriň böleginiň şekilini üýtgetmäge, ýagny ony deformirlemäge we gyzdymaga sarp edilýär.

*Mesele çözmegiň nusgasy*

80 m beýiklikden erkin gaçýan 1 kg massaly jisim beýikligiň ýarysyny geçende onuň kinetik we potensial energiýalary nämä deň?  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alynsyn.

<i>Berlen:</i>	<i>Formulasy:</i>	<i>Çözülişi:</i>
$h_1 = 80 \text{ m};$	$E_{p1} = mgh_1;$	$E_{p1} = 1 \cdot 10 \cdot 80 \text{ J} = 800 \text{ J};$
$h_2 = \frac{h_1}{2};$	$E_{p2} = mgh_2;$	$h_2 = \frac{80}{2} \text{ m} = 40 \text{ m};$
$g = 10 \text{ m/s}^2.$	$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$	$E_{p2} = 1 \cdot 10 \cdot 40 \text{ J} = 400 \text{ J};$
<i>Tapmaly:</i>	deňlikde $E_{k1} = 0:$	$E_{k2} = 800 \text{ J} - 400 \text{ J} = 400 \text{ J}.$
$E_{p2} = ? E_{k2} = ?$	$E_{k2} = E_{p1} - E_{p2}.$	<i>Jogaby:</i> $E_{p2} = 400 \text{ J}; E_{k2} = 400 \text{ J}.$



**Daýanç düşüňjeler:** jisimiň potensial we kinetik energiýalarynyň öwrülmeği, doly mehaniki energiýa, mehaniki energiýanyň saklanma kanuny.



- 135-nji suratda şekillendirilen jisim goýberilenden 1 s, 2 s we 3 s wagt geçenden soň nähili beýiklikde bolýandygyny getirip çykaryň we düşündirip beriň.
- 125 m beýiklikde duran 200 g massaly jisim goýberildi. Jisimiň hereketiniň üçünji we başinji sekundyň ahylarynda potensial we kinetik energiýalary näçe bolýar? Şu we soňky meselelerde  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alýnsyn.



- 100 g massaly jisim tik ýokary 30 m/s tizlik bilen zyňyldy. 2 s-dan soň onuň kinetik we potensial energiýalary näçe bolýar? Iň ýokary beýiklikde jisim nähili potensial energiýa eýe bolýar?
- Uly tokmak 6 m beýiklikden düşüp, gazygy uranda 18 kJ kinetik energiýa eýe bolýar. Şeýle beýiklikde tokmagyň potensial energiýasy gazyga görä näçe bolýar? Kinetik energiýasy näçe? Tokmagyň massasy näçe?
- Massasy 200 g bolan jisim dik ýokary 30 m/s tizlik bilen zyňyldy. Iň ýokary nokada göterilende jisimiň potensial energiýasy näçe bolýar?
- Beýiklikden goýberilen 500 g massaly jisimiň doly mehaniki energiýasy 200 J-a deň. Jisim nähili beýiklikden taşlap goýberilipdir?  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alýnsyn.
- 136-njy suratda şekillendirilen jisimiň massasy 50 g, puržini 10 sm-e çekip goýberilende alan iň uly tizligi 10 m/s bolsa, ýapyk sistemanyň doly mehaniki energiýasy näçe bolar? Şeýle puržin nähili gatylyga eýe?

#### 44-Ş. JISIMIŇ KINETIK ENERGIÝASYNYŇ ONUŇ TIZLIGINE WE MASSASYNA BAGLYLYGYNÝ KESGITLEMEK (5-nji laboratoriya işi)

**Işiň maksady:** dürli massaly şarlaryň tizligini üýtgedip, kinetik energiýanyň sürtülme güýjüni ýeňşine gözegçilik etmegiň kömeginde energiýa degişli bilimlerini berkitmek.

**Gerekli enjamlar:** dürli massaly 2 sany polat şarjagaz, metal ternaw, brusok, ölçeg lentasy, sekundomer, ştatiw.

#### Işi ýerine ýetirmegiň tertibi

1. 137-nji suratda görkezilişi ýaly ştatiwiň kömeginde ternawy ýapgyt ýagdaýda ornaşdyryň. Ternawyň aşaky ujuna brusogy diräp goýuň.

2. Ternawyň orta bölegine kiçi massaly şarjagazy goýuň we ony goýberip, ternaw boýunça nähili togalanyşyna, agaç brusoga gelip urluşyna, sürtülme güýjüni ýňşine we brusogy mälim aralyga süýşürişine gözegçilik edip duruň.

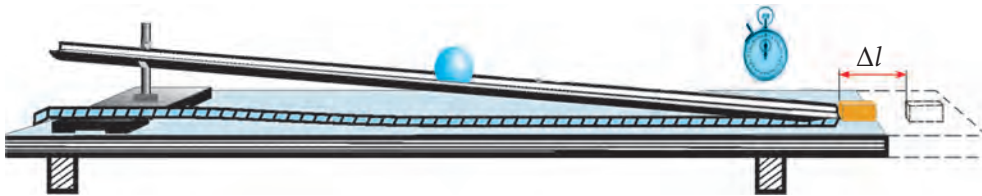
3. Brusok süýşüp galan  $\Delta l$  aralygy ölçäň.

4. Şarjagazy ternawyň ýokary ujundan goýberip, tejribäni gaýtalaň.

5. Uly massaly şarjagazy ternawyň orta böleginden goýberiş we brusogyň süýşendigini ýene täzeden ölçäň.

6. 1-nji laboratoriya işindäki ýaly aralygy we wagty ölçäp, şarjagazyň alan tizlenmesini tapyň. Tizlenme we wagat görkezijilerinden peýdalanylýp, şarjagazyň brusoga urlan wagtyndaky tizligini anyklaň we  $E_k = \frac{mv^2}{2}$  formuladan kinetik energiýany tapyň.

7. Brusogyň süýşürilmeginde edilen iş bilen kinetik energiýanyň arasyndaky baglanyşygyň netijelerini derňäň we netije çykaryň.



137-nji surat. Jisimiň kinetik energiýasynyň onuň tizligine we massasyna baglylygyna gözegçilik etmek üçin gurluş

## 45-Ş. KUWWAT

### Kuwwat we onuň birlikleri

Birmeňzeş mehaniki işi dürli maşyn dürlüçe wagtda ýerine ýetirmegi mümkin. Meselem, uly kran ýerde duran 10 t kerpiji 30 m beýiklige 1 minutda çykarmagy mümkin. Kiçi kran bolsa şonça kerpiji 2 t-dan 5 gezek göterip ýokary çykarmagy mümkin. Munda iki kran birmeňzeş işi ýerine ýetirdi, ýöne ony ýerine ýetirmek üçin dürlüçe wagat sarplandy.

Maşyn, dwigatel we dürli mehanizmleriň işi ýerine ýetirijilik mümkinçiligini deňeşdirmek üçin kuwwat diýlip atlandyrylýan fiziki ululyk girizilen. Birmeňzeş işi ýerine ýetirýän maşynlardan haýsy biri şu işi gysgarak wagtyň içinde ýerine ýetirse, şol kuwwatlyrak bolýar. Mehanizmiň kuwwaty  $N$  wagat birliginde ýerine ýetiren işi bilen aňladylyar:

$$N = \frac{A}{t}.$$



**Edilen işiň şu işi ýerine ýetirmek üçin sarp edilen wagta gatnaşygy kuwwat diýlip atlandyrylýar.**

Halkara birlikler sistemasynda kuwwatyň esasy birlihi edip **watt** (W) alnan. 1 W diýende 1 s içinde 1 J işi ýerine ýetirýän gurluşyň kuwwaty

düşünilýär. Kuwwat birliginiň ady bug maşynyny oýlap tapan inlis alymy Jeýms Uatt (Watt) hormatyna goýlan. Amalda kuwwatyň başga birlikleri – milliwatt (mW), gektowatt (gW), kilowatt (kW), megawatt (MW) hem ulanylýar. Kuwwatyň esasy we başga birlikleriniň arasyndaky gatnaşyklar aşakdaky ýaly:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mW} &= 0,001 \text{ W} = 10^{-3} \text{ W}; & 1 \text{ gW} &= 100 \text{ W} = 10^2 \text{ W}; \\ 1 \text{ kW} &= 1\,000 \text{ W} = 10^3 \text{ W}; & 1 \text{ MW} &= 1\,000\,000 \text{ W} = 10^6 \text{ W}. \end{aligned}$$

Kuwwat iş we wagt ýaly skalýar ululykdyr.

Onuň formulasyndan mälim wagtyň içinde edilen işi tapmak mümkin:

$$A = Nt. \quad (2)$$

Bu formula işiň we energiýanyň ýene bir birligini girizmäge mümkinçilik berýär. Mehaniki işiň birligi 1 W kuwwatly mehanizmiň 1 s dowamynda ýerine ýetiren işine deň. Bu birlik **watt-sekunt** (W · s) diýlip atlandyrylýar. Kuwwaty iş ediş tizligi diýip atlandyrmak mümkin. Transport serişdeleriniň kuwwaty **at güýji** diýilýän mahsus birlikde ölçelýär. Takmynan 736 W bolan mehanizmiň kuwwaty 1 at güýjüne deň, ýagny:

$$1 \text{ at güýji} \approx 736 \text{ W}.$$

### Kuwwat, güýç we tizligiň arasyndaky gatnaşyklar

Transport serişdeleri köplenç hemişelik tizlik bilen hereketlenýär.  $v$  tizlik bilen gönüçyzykly deňölçegli hereket edýän awtomobil  $t$  wagtyň dowamynynda  $s = vt$  aralygy geçýär. Awtomobil hemişelik tizlik bilen hereket etmegi üçin oňa herekete getirýän motoryň  $F$  güýji täsir edip durmalydyr. Bu güýç awtomobiliň hereketine garşylyk edýän güýçlere (dürli sürtülme güýçlerine) mukdar taýdan deň we garşylykly ugrukdyrylandyr. Şonuň üçin awtomobil  $s$  aralygy geçende, onuň motorynyň eden işi  $A = Fs = Fvt$ -ge deň bolýar. Eger  $A = Nt$  bolýandygyny hasaba alsak, kuwwatyň aşakdaky formulasy gelip çykýar:

$$N = Fv. \quad (3)$$

Şu formuladan görnüşi ýaly, motoryň kuwwaty näçe uly bolsa, awtomobiliň tizligi-de şonça uly bolýar. Şonuň üçin uly tizlikde hereket edýän samolýot, oty, awtomobillere uly kuwwatly motorlar ornaşdyrylýar. Ýokardaky formuladan ýene şuny aňmak mümkin, ýagny motoryň kuwwaty hemişelik bolanda, tizlik näçe uly bolsa, güýç şonça kiçi bolýar. Şonuň üçin

ýapgytlyk boýunça depä çykanda awtomobiliň dartyş güýjüni artdyrmak üçin tizlik kemeldilýär.

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Uly kran 10 t kerpiji, kiçi kran bolsa 2 t kerpiji 30 m beýiklige 1 minutda çykardy. Her bir kranyň kuwwatynyň peýdaly bölegini tapyň.  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alyň.

<i>Berlen:</i>	<i>Formulasy:</i>	<i>Çözülişi:</i>
$m_1 = 10 \text{ t} = 10\,000 \text{ kg};$	$A_1 = m_1 gh;$	$A_1 = (10\,000 \cdot 10 \cdot 30) \text{ J} = 3\,000\,000 \text{ J};$
$m_2 = 2 \text{ t} = 2\,000 \text{ kg};$	$A_2 = m_2 gh;$	$A_2 = (2\,000 \cdot 10 \cdot 30) \text{ J} = 600\,000 \text{ J};$
$h = 30 \text{ m};$		
$t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s};$	$N_1 = \frac{A_1}{t};$	$N_1 = \frac{3\,000\,000}{60} \text{ W} = 50\,000 \text{ W} = 50 \text{ kW};$
$g = 10 \text{ m/s}^2.$	$N_2 = \frac{A_2}{t}.$	$N_2 = \frac{600\,000}{60} \text{ W} = 10\,000 \text{ W} = 10 \text{ kW}.$
<i>Tapmaly:</i>		
$N_1 = ? \quad N_2 = ?$		<i>Jogaby:</i> $N_1 = 50 \text{ kW}; \quad N_2 = 10 \text{ kW}.$



### Daýanç düşünje: kuwwat.



1. Kuwwat näme? Ol nähili birliklerde aňladylýar?
2. Kuwwat, güýç we tizligiň arasyndaky gatnaşyk nähili aňladylýar?
3. İş we energiýa (**J**) jouldan daşary ýene nähili birlikde ölçelýär?
4. Awtomobil depä çykanda dartyş güýjüni artdyrmak üçin sürüji näme etmeli?



1. Eger oglan 1 sagatda 360 kJ iş eden bolsa, oglanyň kuwwatynyň peýdaly bölegini tapyň.
2. Massasy 4 kg bolan jisim güýjüň täsirinde gorizonta üstde 5 s dowamynda 15 m aralyga deňölçegli hereketlendirip baryldy. Typýan üstleriň sürtülme koeffisiýenti 0,2 -ä deň bolsa, jisimiň hereketlendirilendäki kuwwatyň peýdaly bölegini tapyň. Şu we soňky meselede  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alyň.
3. At massasy 1 t bolan arabany 1 km aralyga 10 minutda eltdi. Eger arabanyň hereketine garşylyk koeffisiýenti 0,06-a deň bolsa, atyň kuwwatynyň peýdaly bölegini tapyň.
4. Samolýot 900 km/sagat tizlik bilen uçýar. Motorynyň peýdaly kuwwaty 1,8 Mw bolsa, onuň dartyş güýji näçe?

## 46-§. TEBIGATDA ENERGIÝANYŇ SAKLANMAGY. PEÝDALY TÄSIR KOEFFISIÝENTI

### Tebigatda energiýanyň öwrülmeği we saklanmagy

Energiýanyň saklanma kanuny diňe bir mehaniki hadysalaryň çäginde däl, eýsem başga ähli fiziki hadysalarda hem ýerlikli. Bu hadysalarda energiýa bir görnüşden başga görnüşe öwrülmeği mümkin. Meselem, sürtülme güýjüniň täsirinde hereketlenýän jisim mehaniki energiýasynyň bir bölegi ýylylyga öwrülýär.

Günüň ýagtylyk energiýasy Ýer ýüzüni ýyladýar, ýylylyk sebäpli suw basseýnleri we çyg ýerlerden suw buglary atmosfera göterilýär, emele gelen bulutlardan ýagyn ýagýar, bu ýagynlar derýalardaky suwy emele getirýär, derýa suwunyň potensial energiýasy beýik bentden düşende kinetik energiýa öwrülýär, suwuň kinetik energiýasy gidroelektrostansiýalarda turbina-ny aýlaýar we elektrik energiýasy emele gelýär, elektrik energiýasy bolsa öýlerdäki elektrik yralary arkaly ýagtylyk energiýasyna aýlanýar we ş.m. Şeýdip tebigatda energiýa ýok bolup gitmeýär, ol diňe bir görnüşden başga görnüşe geçýär. Bu energiýanyň saklanma kanunydyr. Tebigatda energiýanyň saklanma kanuny aşakdaky ýaly kesgitlenýär:



**Tebigatda energiýa hiç wagt bardan ýok bolmaýar we ýokdan bar bolmaýar, ol diňe bir görnüşden başga görnüşe ýa-da bir jisimden başga jisime geçip, mukdar taýdan üýtgeşsiz galýar.**

### Mehanizmleriň peýdaly täsir koeffisiýenti

Islendik maşynyň ýa-da dwigateliň peýdaly işi doly sarp edilen energiýadan kiçi bolýar. Çünki ähli mehanizmlerde sürtülme güýçleri bar bolup, şol güýçler netijesinde gurluşlaryň dürli bölekleri gyzýar. Sarp edilen doly energiýanyň bir bölegi ýylylyga öwrülip, zaýa bolýar, galan bölegi peýdaly işi ýerine ýetirýär. Maşynlar we dwigatellar sarp edýän energiýanyň näçe bölegi peýdaly iş edýändigini görkezýän ululyk – peýdaly täsir koeffisiýenti (gysgaça PTK) girizilen.



**Peýdaly işiň sarp edilen işe gatnaşygy bilen ölçelýän ululyk *peýdaly täsir koeffisiýenti* diýlip atlandyrylýar we  $\eta$  harpy bilen belgilenýär.**

Islendik mehanizmiň peýdaly täsir koeffisiýentini göterim hasabynda aňlatmak mümkin. Eger peýdaly işi  $A_p$ , sarp edilen doly işi  $A_d$  bilen belgilesek, onda PTK formulasy aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$\eta = \frac{A_p}{A_d} \cdot 100 \%$$

PTK birden ýa-da 100 %-den uly bolup bilmeyär. Maşynlarda we dwigatel-lerde sürtülme güýçleriniň işi sebäpli doly energiýanyň bir bölegi zaýa bolýar we şu sebäpli PTK hemişe birden kiçi bolýar.

*Mesele çözmegiň nusgasy*

Göteriji kрана kuwwaty 10 kW bolan dwigatel ornaşdyrylan. Kran massasy 5000 kg bolan ýüki 3 minudyň içinde 24 m beýiklige göterýär. Kranyň PTK-ni tapyň.  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alyň.

<i>Berlen:</i>	<i>Formulasy:</i>	<i>Çözülişi:</i>
$N_d = 10 \text{ kW} = 10\,000 \text{ W};$ $m = 5000 \text{ kg}; h = 27 \text{ m};$ $t = 3 \text{ min} = 180 \text{ s};$ $g = 10 \text{ m/s}^2.$	$A_d = N_d t;$ $A_p = mgh;$ $\eta = \frac{A_p}{A_d} \cdot 100 \%$	$A_d = (10\,000 \cdot 180) \text{ J} = 1\,800\,000 \text{ J}.$ $A_p = (5000 \cdot 10 \cdot 27) \text{ J} = 1\,350\,000 \text{ J}.$ $\eta = \frac{1\,350\,000}{1\,800\,000} \cdot 100 \% = 75 \%$
<i>Tapmaly:</i>		<i>Jogaby:</i> $\eta = 75 \%$ .
$\eta = ?$		



**Daýanç düşüňjeler:** tebigatda energiýanyň öwrülmeği, tebigatda energiýanyň saklanmagy, Günüň ýagtylyk energiýasy, gidroelektrostansiýa, peýdaly täsir koeffisiýenti.



1. Tebigatda energiýanyň öwrülmeğini düşündirip beriň.
2. «Energiýa hiç wagt bardan ýok bolmaýar, ýokdan bar bolmaýar», diýende nämäni düşüňýärsiňiz?
3. Peýdaly täsir koeffisiýenti diýip nähili ululyga aýdylýar we ol nähili aňladylýar?
4. Nämese sebäpden PTK birden (100 % den) uly bolup bilmeyär?



1. Awtomobile kuwwaty 100 kw bolan dwigatel ornaşdyrylan. Ol 1 minutda 2,4 MJ peýdaly iş edýär. Awtomobiliň PTK-ni tapyň.
2. Göteriji kran 10 kw kuwwatly dwigatel bilen işleýär. Dwigateliň PTK 80 %-e deň bolsa, massasy 2 t bolan ýük 40 m beýiklige näçe wagtda çykarylýar?  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alyň.

3. Samolýot göni çyzyk boýunça 900 km/sagat tizlik bilen deňölçegli uçýar. Dwigatelleriniň kuwwaty 1,8 MW we FIK 70 %-e deň bolsa, dartýş güýji näçe?
4. Gidrostansiýanyň beýikligi 25 m bolan bentden her sekuntda 200 t suw düşýär. Elektrostansiýanyň kuwwaty 10 MW. Bentden düşýän suwuň mehaniki energiýasynyň elektrik energiýa öwürülme PTK näçe?  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alyň.

## VII BABA DEGIŞLI GOŞMAÇA GÖNÜKMELER

1. Massasy 1 kg bolan jisim 50 m beýiklikden 20 m beýiklige düşende agyrylyk güýji näçe işi ýerine ýetirýär? Şu we soňky degişli gönükmelerde  $g = 10 \text{ m/s}^2$  diýip alynsyn.
2. Gatylygy 10 000 N/m bolan puržin deňagramlylyk ýagdaýdan 8 sm aralyga süýndi. Şu ýagdaýda puržiniň potensial energiýasy nämä deň?
3. Puržini 5 mm süýndürmek üçin 3 kJ işi ýerine ýetirmeli. Şu puržini 1,2 sm-e süýndürmek üçin näçe işi ýerine ýetirmeli bolýar?
4. Massasy 1 kg bolan jisim 180 m beýiklikden erkin gaçýar. Jisimiň hereketiniň altynjy sekundyň ahyryndaky kinetik we potensial energiýalary näçe bolar?
5. Ştangaçy massasy 180 kg bolan ştangany 2 m beýiklige dik ýokary galdyranda näçe iş ýerine ýetirilýär?
6. Kran uzynlygy 7 m we kesigi  $75 \text{ cm}^2$  bolan polat pürsi gorizontaly ýagdaýdan 60 m beýiklige göterende näçe iş edilendigini tapyň. Poladyň dykzlygy  $7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .
7. Massasy 250 g bolan erkin gaçýan jisimiň tizligi mälim ýolda 1 m/s dan 9 m/s çenli artdy. Şu ýolda agyrylyk güýjüniň ýerine ýetiren işini tapyň.
8. Mälim tizlik bilen hereketlenýän jisimiň impulsy  $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ , kinetik energiýasy 50 J. Jisimiň tizligini we massasyny tapyň.
9. Uzynlygy 3 m we massasy 40 kg bolan sütün ýerde ýatyr. Ony wertikal edip goýmak üçin näçe işi ýerine ýetirmeli?
10. 60 m beýiklikden erkin gaçýan massasy 0,5 kg bolan jisimiň ýeriň üstünden 20 m beýikdäki potensial we kinetik energiýasyny tapyň.
11. Daş ýokary 20 m/s tizlik bilen zyňyldy. Nähili beýiklikde daşyň kinetik we potensial energiýalary özara deňleşer?
12. Gorizontaly üstde jisim 100 N güýjüň täsirinde deňölçegli hereketlenýär. Daşy güýjüň täsiri togtandan soň jisim 2 m aralyga tyyyp baryp togtaýar. Sürtülme güýjüniň işini tapyň.



13. Eger oglan 0,5 sagatda 180 kJ işi ýerine ýetiren bolsa, onuň peýdaly kuwwatyny tapyň.
14. Awtomobile kuwwaty 250 kW bolan dwigatel ornaşdyrylan. Ol 1 sagatda 360 MJ peýdaly işi ýerine ýetirdi. Awtomobiliň PTK-ni tapyň.

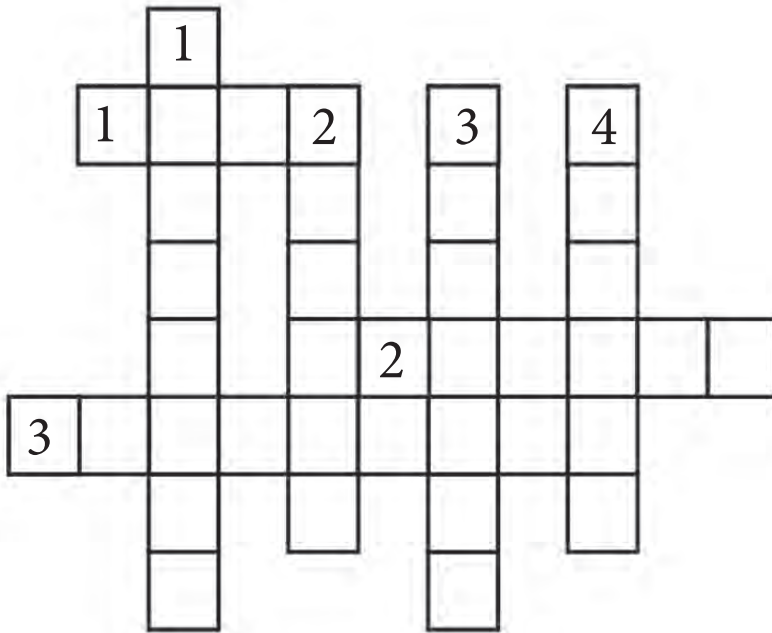
### Krossword

Keseligine: 1. Ölçeg birligi.

2. Fizika ylmynyň ösüşine uly goşant goşan watandaşlarymyzdan biri (adynyň özbekçe ýazylyşy).
3. Fizika sözünü ylma girizen alym.

Dikligine: 1. Fizikabyň bölümlerinden biri.

2. Kosmonawtlaryň transporty.
3. Energiýanyň görnüşi.
4. Itergi diýen manyny aňladýan fiziki ululyk.



## LABORATORIÝA IŞLERINDE ÖLÇEG ÝAŇYŞLYKLARYNY HASAPLAMAK

Fiziki ululyklary laboratoriya sapaklarynda ölçemek gönüden-göni we gytaklaýyn ýerine ýetirilýär. Gönüden-göni ölçelende abzal gözlenýän ululygyň bahasyny görkezýär.

Fiziki ululyklaryň hemmesini gönüden-göni ölçäp bolmaýar. Şonuň üçin gözlenýän fiziki ululyk gönüden-göni ölçäp tapylan ululyklar arkaly hasaplap tapylýar. Fiziki ululygy şeýle kesgitlemäge gytaklaýyn ölçemek diýilýär. Gytaklaýyn ölçelende absolýut we otnositel ýalňyşlyklary hasaba almak zerur.

Fiziki ululygy ölçände birmeňzeş şertde ölçelen bahalar  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  alynýar. Olaryň ortaça arifmetik bahasy

$$a_{\text{ort}} = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n) / n$$

aňlatmadan tapylýar.

Ölçeg wagtynda tapylan bahalar bir-birinden tapawutlanyp, olaryň ortaça bahadan tapawudyna käbir ölçegleriň **absolýut ýalňyşlygy** diýilýär.

Birinji ölçegdäki absolýut ýalňyşlyk  $\Delta a_1 = |a_{\text{ort}} - a_1|$ , ikinji  $\Delta a_2 = |a_{\text{ort}} - a_2|$ , üçünji  $\Delta a_3 = |a_{\text{ort}} - a_3|$ , we  $n$ -nji  $\Delta a_n = |a_{\text{ort}} - a_n|$  aňlatmalardan tapylýar. Soňra absolýut ýalňyşlyklaryň ortaça bahasy  $\Delta a_{\text{ort}} = (\Delta a_1 + \Delta a_2 + \dots + \Delta a_n) / n$  aňlatmadan kesgitlenýär.

Fiziki ululygyň hakyky bahasy tapylan ortaça bahadan  $\pm a_{\text{ort}}$  çenli tapawutlanýar, ýagny  $a = a_{\text{ort}} + \Delta a_{\text{ort}}$ . Şonuň ýaly-da, absolýut ýalňyşlygyň ortaça bahasynyň ölçelýän ululygyň ortaça bahasyna gatnaşygy **otnositel ýalňyşlyk** diýlip atlandyrylýar we ol göterim hasabynda alynýar, ýagny

$$\varepsilon = (\Delta a_{\text{ort}} / a_{\text{ort}}) \cdot 100 \%$$

## GÖNÜKMELERİN JOGAPLARY

**2-nji gönükme 2.**  $v = 1,5 \text{ m/s}$ . **3.**  $v = 5 \text{ m/s}$ . **4.**  $v = 80 \text{ km/sagat}$ . **3-nji gönükme 1.**  $s = 60 \text{ m}$ . **2.**  $s = 30 \text{ km}$ . **3.**  $t = 10 \text{ min}$ . **4.**  $t = 0,5 \text{ sagat}$ . **4-nji gönükme 1.**  $v_{\text{ort}} = 0,5 \text{ m/s}$ . **2.**  $v_{\text{ort}} = 90 \text{ km/sagat}$ . **3.**  $v = 1,5 \text{ m/s}$ . **4.** Sagat  $7^{40}$  da. **5-nji gönükme 1.**  $a = 2,5 \text{ m/s}^2$ . **2.**  $t = 30 \text{ s}$ . **3.**  $a_1 = 0,5 \text{ m/s}^2$ ;  $a_2 = -1,0 \text{ m/s}^2$ . **4.**  $a = 0,5 \text{ m/s}^2$ . **5.**  $t = 50 \text{ s}$ . **6-njy gönükme 1.**  $v = 12 \text{ m/s}$ . **2.**  $v = 15 \text{ m/s}$ . **3.**  $v = 24 \text{ km/sagat}$ ;  $v_{\text{ort}} = 42 \text{ km/sagat}$ . **4.**  $v_0 = 5 \text{ m/s}$ . **7-nji gönükme 1.**  $s = 15 \text{ m}$ . **2.**  $s = 1,4 \text{ km}$ . **8-nji gönükme 1.**  $v = 60 \text{ m/s}$ ;  $h = 180 \text{ m}$ . **2.**  $t = 4 \text{ s}$ ;  $h = 80 \text{ m}$ . **3.**  $v = 45 \text{ m/s}$ ;  $h = 45 \text{ m}$ . **9-njy gönükme 1.**  $v = 5 \text{ m/s}$ ;  $h = 30 \text{ m}$ . **2.**  $h = 90 \text{ m}$ ;  $t = 6 \text{ s}$ . **3.**  $v = -10 \text{ m/s}$ ;  $h = 75 \text{ m}$ . **4.**  $v = 60 \text{ m/s}$ . **5.**  $h = 45 \text{ m}$ ;  $v_0 = 30 \text{ m/s}$ . **10-njy gönükme 1.**  $v_1 = 0,5 \text{ m/s}$ ;  $v_2 = 1 \text{ m/s}$ ;  $v_3 = 1,5 \text{ m/s}$ ;  $\omega = 10 \text{ rad/s}$ . **2.**  $v = 10 \text{ m/s}$ . **3.**  $v = 0,05 \text{ mm/s}$ ;  $\Delta\varphi = 1 \text{ rad}$ ;  $\omega \approx 0,0017 \text{ rad/s}$ . **5.**  $v \approx 21 \text{ sm/s}$ ;  $\omega \approx 0,00105 \text{ rad/s}$ . **11-nji gönükme 1.**  $v \approx 0,21 \text{ m/s}$ ;  $\omega \approx 0,21 \text{ rad/s}$ . **2.**  $T \approx 0,19 \text{ s}$ ;  $v \approx 5,3 \text{ 1/s}$ ;  $\omega \approx 33,3 \text{ rad/s}$ . **3.**  $v \approx 465 \text{ m/s}$ ;  $\omega \approx 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$ . **12-nji gönükme 1.**  $a = 100 \text{ m/s}^2$ . **2.**  $a \approx 1786 \text{ m/s}^2$ . **3.**  $a \approx 1875 \text{ m/s}^2$ . **4.**  $r = 57,6 \text{ sm}$ . **5.**  $T = 0,05 \text{ s}$ ;  $v = 18,84 \text{ m/s}$ ;  $\omega = 125,6 \text{ rad/s}$ ;  $a \approx 2366 \text{ m/s}^2$ . **14-nji gönükme 3.**  $a = 2 \text{ m/s}^2$ ;  $m = 40 \text{ kg}$ . **4.**  $F = 20 \text{ N}$ . **15-nji gönükme 1.**  $v = 7,85 \text{ m/s}$ ;  $F \approx 4,9 \text{ N}$ . **2.** A.  $v = 7,85 \text{ m/s}$ ;  $F \approx 9,8 \text{ N}$ . B.  $v = 15,7 \text{ m/s}$ ;  $F \approx 9,8 \text{ N}$ . D.  $v = 3,925 \text{ m/s}$ ;  $F \approx 1,2 \text{ N}$ . **16-njy gönükme 1.**  $k = 80 \text{ N/m}$ . **2.**  $\Delta l = 2 \text{ sm}$ . **3.**  $F_t \approx 40 \text{ N}$ . **4.**  $\Delta l = 1 \text{ sm}$ . **5.**  $k = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}$ . **6.**  $k_2 = 500 \text{ N/m}$ . **17-nji gönükme 1.**  $F \approx 2 \cdot 10^{20} \text{ N}$ . **2.**  $F \approx 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ . **3.**  $F = 8,17 \cdot 10^{-8} \text{ N}$ . **18-nji gönükme 1.**  $F = F_{\text{ag}} = 2 \text{ kN}$ . **3.**  $m = 2 \text{ t}$ . **19-njy gönükme 1.**  $P = 0,5 \text{ N}$ . **2.**  $P = 0,8 \text{ N}$ . **3.**  $P = F_{\text{may}} = 2 \text{ N}$ . **20-nji gönükme 1.**  $P = 6 \text{ N}$ . **3.**  $a = 3 \text{ m/s}^2$ . **21-nji gönükme 1.**  $h = 45 \text{ m}$ ;  $s = 4 \text{ m}$ . **2.**  $t = 5 \text{ s}$ ;  $h = 125 \text{ m}$ . **3.**  $v_1/v_a = 355,5$ ;  $v_1/v_s = 31,6$ . **22-nji gönükme 1.**  $F = 3,84 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ . **2.**  $F = 0,67 \text{ N}$ . **3.**  $F = 3,5 \cdot 10^{-22} \text{ N}$ . **4.**  $F = P = 1000 \text{ kN}$ . **5.**  $m = 10 \text{ t}$ . **6.**  $F = 9,8 \text{ N}$ ; **7.**  $P = 666 \text{ N}$ . **8.**  $P = 657 \text{ N}$ . **9.**  $4716 \text{ km}$ . **23-nji gönükme 1.**  $F_{13} = 20 \text{ N}$ . **2.**  $F = 12 \text{ N}$ . **3.**  $F_{s(t)} = 0,06 \text{ N}$ . **4.**  $F_{s(t)} = 3,6 \text{ N}$ . **24-nji gönükme 1.**  $I_1 = 20 \text{ N} \cdot \text{s}$ ;  $I_2 = 1 \text{ N} \cdot \text{s}$ . **2.**  $I = 10 \text{ N} \cdot \text{s}$ . **3.**  $\Delta p = -0,3 \text{ N} \cdot \text{s}$ . **25-nji gönükme 1.**  $m = 30 \text{ t}$ . **2.**  $v^I = 4,5 \text{ m/s}$ . **3.**  $v^{II} = 4,5 \text{ m/s}$ . **26-njy gönükme 1.**  $A = 2 \text{ kJ}$ . **2.**  $A = 630 \text{ J}$ . **3.**  $A_1 = 72 \text{ kJ}$ ;  $A_2 = 96 \text{ kJ}$ ;  $A_3 = 120 \text{ kJ}$ ;  $A_{\text{um}} = 283 \text{ kJ}$ . **4.**  $F = 120 \text{ kN}$ . **5.** a) otrisatel; b) položitel. **6.**  $A = 12,25 \text{ J}$ . **27-nji gönükme 1.**  $E_p = 80 \text{ J}$ . **2.**  $E_{p1} = 100 \text{ J}$ ;  $E_{p2} = 240 \text{ J}$ ;  $A = -140 \text{ J}$ . **3.**  $A = 9,6 \text{ kJ}$ . **28-nji gönükme 1.**  $E_k = 12,5 \text{ J}$ ; **2.**  $A = 240 \text{ kJ}$ ; **3.**  $A = 10 \text{ kJ}$ ; **4.**  $A = 80 \text{ kJ}$ . **5.**  $m = 1349 \text{ kg}$ . **29-njy gönükme 1.**  $E_k = 5 \text{ J}$ ;  $E_p = 40 \text{ J}$ .  $E_{\text{max}} = 45 \text{ J}$ . **2.**  $E_{p2} = 18 \text{ kJ}$ ;  $E_{k2} = 0$ ;  $m = 300 \text{ kg}$ . **3.**  $E_p = 90 \text{ J}$ . **4.**  $h = 40 \text{ m}$ . **30-njy gönükme 1.**  $N = 100 \text{ W}$ . **2.**  $N = 24 \text{ W}$ . **3.**  $N = 1 \text{ kW}$ . **4.**  $F = 7,2 \text{ kN}$ . **31-nji gönükme 1.**  $\eta = 40\%$ . **2.**  $t = 1 \text{ min } 40 \text{ s}$ . **3.**  $F = 5040 \text{ N}$ . **4.**  $\eta = 20\%$ .

---

## GOŞMAÇA GÖNÜKMELERİN JOGAPLARY

**II bap. 1.**  $v = 5$  m/s;  $v = 18$  km/sagat. **2.**  $S = 60$  km. **3.**  $t = 12$  min. **4.** a) 25 m/s; b) 15 m/s. **5.**  $l_1 = 270$  m;  $l_2 = 360$  m. **6.**  $t_{ak.g} = 2 t_{ak.b}$ . **7.**  $v_{ort} = 72$  km/sagat. **8.**  $t_2 = 20$  s. **9.**  $S_2 = 72$  sm. **10.**  $S = 38,75$  m. **11.**  $S = 40$  m;  $v = 90$  m/s. **12.**  $S = 25$  m. **13.**  $t = 8$  s. **14.**  $v = 55$  m/s. **15.**  $h = 720$  m;  $v = 120$  m/s. **16.**  $v_{ort} = 45$  km/sagat;

**III bap. 1.**  $v = 0,6$  1/s;  $T = 1,67$  s;  $v = 1,88$  m/s;  $\omega = 3,76$  rad/s. **2.**  $T = 0,05$  s;  $v = 20$  1/s;  $\omega = 125,6$  rad/s. **3.**  $v = 4,2 \cdot 10^{-7}$  1/s;  $v = 1$  km/s. **4.**  $v = 3,2 \cdot 10^{-8}$  1/s;  $v = 30$  km/s. **5.**  $v = 1,2 \cdot 10^{-5}$  1/s;  $a = 0,034$  m/s<sup>2</sup>. **6.**  $v = 2,65$  1/s. **7.**  $a = 0,225$  m/s<sup>2</sup>. **8.**  $a = 1570$  m/s<sup>2</sup>. **9.**  $v_2/v_1 = 1/20$ . **10.** 4 esse;

**IV bap. 1.**  $F = 20$  N. **2.**  $F = 0,1$  N. **3.**  $m = 20$  t. **4.**  $F = 0,8$  N. **5.**  $a = 0,5$  m/s<sup>2</sup>. **6.**  $a = 3$  m/s<sup>2</sup>. **7.** a) 2 m/s; b) 3 m/s. **8.**  $F = 1,6$  kN. **9.**  $v = 2$  m/s. **10.**  $a = 1,5$  m/s<sup>2</sup>. **11.**  $a = 1,5$  m/s<sup>2</sup>. **12.**  $F = 800$  N. **13.**  $F = 4$  N;  $a = 40$  m/s<sup>2</sup>. **14.**  $F_2 = 4F_1$ ;  $a_2 = 4a_1$ . **15.**  $m = 250$  g. **16.**  $F = 1$  N. **17.**  $m = 200$  kg;  $a = 12,5$  m/s<sup>2</sup>. **18.**  $k = 20$  N/m. **19.**  $k = 125$  N/m. **20.**  $m = 300$  g. **21.**  $\Delta l = 6$  sm. **22.**  $k_2 = 160$  N/m. **23.**  $\Delta x = 14$  sm.

**V bap. 3.**  $F = 6,67 \cdot 10^{-3}$  N. **5.**  $M_g = 2 \cdot 10^{30}$  kg. **6.**  $P = 3,58$  kN. **7.**  $P = 118$  N. **8.**  $h = 20$  m. **10.**  $F_{sürt} = 20$  N;  $\mu = 0,04$ . **13.**  $R = 40$  m;

**VI bap. 4.**  $I_1 = 1$  N·s;  $I_2 = 40$  N·s. **5.**  $p_1 = 0,3$  kg·m/s;  $p_2 = 1,5$  kg·m/s;  $p_3 = 1,2$  kg·m/s. **6.**  $p = 0,5$  kg·m/s. **7.**  $p_1 = 30000$  kg·m/s;  $p_2 = 40000$  kg·m/s;  $p_1' = 12000$  kg·m/s;  $p_2' = 18000$  kg·m/s. **8.**  $\Delta p = -0,24$  kg·m/s. **9.**  $v = 1,8$  m/s. **10.**  $v = 3$  m/s. **12.**  $x = 1$  m. **13.**  $\Delta p = -0,03$  N/s.

**VII bap. 1.**  $A = 300$  J. **2.**  $E_p = 32$  J. **3.**  $A_2 = 17$  kJ. **4.**  $E_k = 1800$  J;  $E_p = 0$  J. **5.**  $A = 3600$  J. **6.**  $A = 246$  kJ. **7.**  $A = 10$  J. **8.**  $v = 10$  m/s;  $m = 1$  kg. **9.**  $A = 600$  J. **10.**  $E_k = 200$  J;  $E_p = 100$  J. **11.**  $h = 10$  m. **12.**  $A = 200$  J. **13.**  $N = 100$  W. **14.**  $\eta = 40$  %;

---

## MAZMUNY

Giriş.....	3
<b>KINEMATIKANYŇ ESASLARY</b>	
<b>I bap. Mehaniki hereket barada umumy maglumatlar</b>	
1-§. Jisimleriň hereketi .....	8
2-§. Giňişlik we wagt .....	11
3-§. Kinematikanyň esasy düşüňjeleri .....	14
4-§. Skalýar we wektor ululyklar hem-de olaryň üstünde amallar .....	18
<b>II bap. Gönüçzykly hereket</b>	
5-§. Gönüçzykly deňölçegli hereket barada düşünje .....	26
6-§. Gönüçzykly deňölçegli hereket tizligi .....	28
7-§. Gönüçzykly deňölçegli hereketiň grafigi .....	32
8-§. Deňölçegsiz hereketde tizlik .....	34
9-§. Deňüýtgeýän hereketde tizlenme .....	37
10-§. Deňüýtgeýän hereket tizligi .....	40
11-§. Deňüýtgeýän hereketde geçilen ýol .....	44
12-§. Deňtizlenýän hereketlenýän jisimiň tizlenmesini kesgitlemek (1-nji laboratoriya işi) .....	47
13-§. Jisimleriň erkin gaçmagy .....	48
14-§. Ýokary dik zyňlan jisimiň hereketi .....	50
<b>III bap. Töwerek boýunça deňölçegli hereket</b>	
15-§. Jisimiň töwerek boýunça deňölçegli hereketi .....	56
16-§. Aýlanma hereketi häsiýetlendirýän ululyklaryň arasyndaky gatnaşyklar .....	59
17-§. Merkeze ymtylýan tizlenme .....	62
<b>DINAMIKANYŇ ESASLARY</b>	
<b>IV bap. Hereket kanunlary</b>	
18-§. Jisimleriň özara täsiri. Güýç .....	69
19-§. Nýutonyň birinji kanuny — inersiýa kanuny .....	72
20-§. Jisimiň massasy .....	76
21-§. Nýutonyň ikinji kanuny .....	78
22-§. Nýutonyň üçünji kanuny .....	82
23-§. Hereket kanunlarynyň aýlanma herekete ulanylyşy .....	86
24-§. Maýyşgaklyk güýji .....	88
25-§. Puržiniň gatylygyny kesgitlemek (2-nji laboratoriya işi) .....	93
<b>V bap. Daşky güýçleriň täsirinde jisimleriň hereketi</b>	
26-§. Bütindünýä dartyлма kanuny .....	97
27-§. Agyrlyk güýji.....	100

28-§. Jisimiň agyrlygy .....	102
29-§. Ýükleme we agramsyzlyk .....	105
30-§. Ýeriň dartýş güýjüniň täsirinde jisimleriň hereketi .....	108
31-§. Ýeriň emeli hemralary .....	112
32-§. Sürtülme güýji. Dynçlykdaky sürtülme .....	115
33-§. Typma sürtülme. Togalanma sürtülme .....	118
34-§. Typma sürtülme koeffisiýentini kesgitlemek (3-nji laboratoriya işi) ..	122
35-§. Tebigatda we tehnikada sürtülme .....	123

## **SAKLANMA KANUNLARY**

### **VI bap. Impulsyň saklanma kanuny**

36-§. Impuls .....	130
37-§. Impulsyň saklanma kanuny .....	135
38-§. Reaktiv hereket .....	140

### **VII bap. İş we energiýa. Energiýanyň saklanma kanuny**

39-§. Mehaniki iş .....	147
40-§. Jisimi göterende we şol aralyga gorizonta orun üýtgetmede edilen işi hasaplamak (4-nji laboratoriya işi) .....	151
41-§. Potensial energiýa .....	152
42-§. Kinetik energiýa .....	155
43-§. Mehaniki energiýanyň saklanma kanuny .....	157
44-§. Jisimiň kinetik energiýasynyň onuň tizligine we massasyna baglylygyny kesgitlemek (5-nji laboratoriya işi) .....	162
45-§. Kuwwat.....	163
46-§. Tebigatda energiýanyň saklanmagy. Peýdaly täsir koeffisiýenti.....	166
Goşmaça. Laboratoriya işlerinde ölçeg ýalňyşlyklaryny hasaplamak.....	170
Gönükmeleriň jogaplary .....	171
Goşmaça gönükmeleriň jogaplary.....	172

**Habibullaýew Polat Kirgizbaýewiç.**

Fizika: umumy orta bilim berýän mekdepleriň 7-nji synpy üçin derslik/  
P. K.Habibullaýew, A. Baýdedaýew, A. D. Bahromow. – Gaýtadan işlenen  
dördünji neşir. — D.: «O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi» Döwlet ylmy  
neşirýaty, 2017. — 176 s.

*O‘quv nashri*

HABIBULLAYEV PO‘LAT QIRG‘IZBOYEVICH  
BOYDEDAYEV AHMADJON  
BAHROMOV AKBAR DALABOYEVICH  
BURXONOV SATTOR OSIMOVICH

## **FIZIKA**

Umumiy o‘rta ta’lim maktablarining  
7-sinfi uchun darslik  
(Turkman tilida)

*Qayta ishlangan va to‘ldirilgan to‘rtinchi nashri*

«O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi»  
Davlat ilmiy nashriyoti  
Toshkent–2017

Redaksiya müdiri A. Zulfikarow  
Terjime eden K. Hallyýew  
Korrektor J. Metýakubow  
Çeper redaktor A. Ýakubjanow  
Sahaplaýjy dizaýner J. Badalow, K.Hallyýew

Çap etmäge 2017-nji ýylyň 08-nji awgustunda rugsat edildi. Möçberi 70×100<sup>1/16</sup>.  
«Times New Roman» garniturasy, kegl 11,5. Ofset çap ediliş usuly. Ofset kagyzy. Şertli  
çap listi 14,19. Neşir listi 12,00. 890 nusgada çap edildi. Buýurma № 4795.

«O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi» Döwlet ylmy neşirýaty.  
100011, Daşkent ş., Nowaýy köçesi, 30.

«Sharq» neşirýat-çaphana paýdarlar kompaniýasynyň çaphanasynda çap edildi.  
100000, Daşkent şäheri, Beýik Turan köçesi, 41.

**Kärendesine berlen dersligiň ýagdaýyny  
görkezýän jedwel**

T/n	Okuwçynyň ady we familiýasy	Okuw ýyly	Dersligiň alnandaky ýagdaýy	Synp ýolbaşçysynyň goly	Dersligiň tabşyrylandaky ýagdaýy	Synp ýolbaşçysynyň goly
1						
2						
3						
4						
5						
6						

**Derslik ulanmaga berlip, okuw ýylynyň ahyrynda gaýtaryp alnanda ýokardaky jedwel synp ýolbaşçysy tarapyndan aşakdaky bahalaýyş ölçeglerine esasan doldurylýar:**

Täze	Dersligiň birinji gezek ulanmaga berlendäki ýagdaýy.
Ýagşy	Kitabyň daşy bitin, dersligiň esasy böleginden aýrylmandyr. Ähli listleri bar, ýyrtylmadyk, goparylmadyk, sahypalarynda ýazgy we çyzyklar ýok.
Kanagatlanarly	Kitabyň daşy ýenjilen, birmeme çyzylyp, gyalary gädilen, dersligiň esasy böleginden aýrylan ýerleri bar, peýdalanyjy tarapyndan kanagatlanarly abatlanan. Gopan listleri täzedan dikeldilen, käbir sahypalary çyzylan.
Kanagatlanarsyz	Kitabyň daşy çyzylan, ýyrtylan, esasy böleginden aýrylan ýa-da bütinleý ýok, kanagatlanarsyz abatlanan. Sahypalary ýyrtylan, listleri ýetişmeýär, çyzyp, boýalyp taşlanan. Dersligi dikeldip bolmaýar.



**Habibullaýew Polat Kirgizbaýewiç.**

Fizika: umumy orta bilim berýän mekdepleriň 7-nji synpy üçin derslik/  
P. K.Habibullaýew, A. Baýdedaýew, A. D. Bahromow. – Gaýtadan işlenen  
dördünji neşir. — D.: «O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi» Döwlet ylmy  
neşirýaty, 2017. — 176 s.

*O‘quv nashri*

HABIBULLAYEV PO‘LAT QIRG‘IZBOYEVICH  
BOYDEDAYEV AHMADJON  
BAHROMOV AKBAR DALABOYEVICH  
BURXONOV SATTOR OSIMOVICH

## **FIZIKA**

Umumiy o‘rta ta’lim maktablarining  
7-sinfi uchun darslik  
(Turkman tilida)

*Qayta ishlangan va to‘ldirilgan to‘rtinchi nashri*

«O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi»  
Davlat ilmiy nashriyoti  
Toshkent–2017

Redaksiya müdiri A. Zulfikarow  
Terjime eden K. Hallyýew  
Korrektor J. Metýakubow  
Çeper redaktor A. Ýakubjanow  
Sahaplaýjy dizaýner J. Badalow, K.Hallyýew

Çap etmäge 2017-nji ýylyň 08-nji awgustunda rugsat edildi. Möçberi 70×100<sup>1/16</sup>.  
«Times New Roman» garniturasy, kegl 11,5. Ofset çap ediliş usuly. Ofset kagyzy. Şertli  
çap listi 14,19. Neşir listi 12,00. 144 nusgada çap edildi. Buýurma № 4795 – A.

«O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi» Döwlet ylmy neşirýaty.  
100011, Daşkent ş., Nowaýy köçesi, 30.

«Sharq» neşirýat-çaphana paýdarlar kompaniýasynyň çaphanasynda çap edildi.  
100000, Daşkent şäheri, Beýik Turan köçesi, 41.