

FİZİKA

DƏRSLİK

10





AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ DÖVLƏT HİMNİ

Musiqisi *Üzeyir Hacıbəylinin*,
sözləri *Əhməd Cavadındır*.

Azərbaycan! Azərbaycan!
Ey qəhrəman övladın şanlı Vətəni!
Səndən ötrü can verməyə cümlə hazırız!
Səndən ötrü qan tökməyə cümlə qadiriz!
Üçrəngli bayrağınla məsud yaşa!

Minlərlə can qurban oldu,
Sinən hər bə meydan oldu!
Hüququndan keçən əsgər,
Hərə bir qəhrəman oldu!

Sən olasan gülüstan,
Sənə hər an can qurban!
Sənə min bir məhəbbət,
Sinəmdə tutmuş məkan!

Namusunu hifz etməyə,
Bayrağını yüksəltməyə
Cümlə gənclər müştəqdir!
Şanlı Vətən! Şanlı Vətən!
Azərbaycan! Azərbaycan!



HEYDƏR ƏLİYEV
AZƏRBAYCAN XALQININ ÜMUMMİLLİ LİDERİ

MİRZƏLİ MURQUZOV, RASİM ABDURAZAQOV, RÖVŞƏN ƏLİYEV

FİZİKA

10


Ümumi təhsil müəssisələrinin 10-cu sinifləri üçün fizika fənni üzrə
DƏRSLİK


©Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi



**Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0
International (CC BY-NC-SA 4.0)**

Bu nəşr Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International lisenziyası (CC BY-NC-SA 4.0) ilə www.trims.edu.az saytında əlçatandır. Bu nəşrin məzmunundan istifadə edərkən sözügedən lisenziyanın şərtlərini qəbul etmiş olursunuz:

İstinad zamanı nəşrin müəllif(lər)inin adı göstərilməlidir. 

Nəşrdən kommersiya məqsədilə istifadə qadağandır. 

Törəmə nəşrlər orijinal nəşrin lisenziya şərtlərilə yayılmalıdır. 

Bu nəşrlə bağlı irad və təkliflərinizi bn@bakineshr.az və derslik@edu.gov.az elektron ünvanlarına göndərməyiniz xahiş olunur. Əməkdaşlığınız üçün əvvəlcədən təşəkkür edirik!

B A K I  N Ə Ş R

Fizika

Mündəricat

I fəsil

• KİNEMATİKANIN ƏSASLARI •

| | |
|--|----|
| 1.1. Mexaniki hərəkət və onun təsviri | 10 |
| 1.2. Yol və yerdəyişmə | 14 |
| 1.3. Düzxətli bərabərsürətli hərəkət. Sürət | 17 |
| 1.4. Düzxətli dəyişənsürətli hərəkət. Təcil | 21 |
| 1.5. Düzxətli bərabərtəcilli hərəkətdə sürət və yerdəyişmə | 24 |
| • PRAKTİK İŞ. Bərabərtəcilli hərəkət üçün “yollar qanunu” | 28 |
| 1.6. Cismın sərbəstdüşməsi | 28 |
| 1.7. Mexaniki hərəkətin nisbiliyi | 31 |
| 1.8. Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət | 34 |
| • I fəslə aid məsələlər | 38 |

II fəsil

• DİNAMİKANIN ƏSASLARI •

| | |
|---|----|
| 2.1. Dinamikanın əsas məsələsi. Qüvvə. Əvəzləyici qüvvə. Kütlə | 43 |
| 2.2. Ətalətlə hərəkət: Nyutonun I qanunu | 46 |
| 2.3. Dinamikanın əsas qanunu: Nyutonun II qanunu | 49 |
| 2.4. Təsir və əks təsir. Nyutonun III qanunu | 52 |
| 2.5. Ümumdünya cazibə qanunu | 54 |
| 2.6. Ağırlıq qüvvəsi. Qravitasiya sahəsinin intensivliyi | 57 |
| 2.7. Çəki və çəkisizlik | 60 |
| 2.8. Elastiklik qüvvəsi | 65 |
| 2.9. Sürtünmə qüvvəsi. Sürtünmə qüvvəsinin təsiri altında hərəkət | 69 |
| 2.10. Cismın tarazlıq şərtləri | 73 |
| • II fəslə aid məsələlər | 75 |

III fəsil

• SAXLANMA QANUNLARI •

| | |
|---|----|
| 3.1. Qapalı sistem. İmpulsun saxlanması qanunu | 79 |
| 3.2. Mexaniki iş və güc | 84 |
| 3.3. Sistemin işgörmə qabiliyyəti – enerjidir. Kinetik enerji | 87 |
| 3.4. Potensial enerji | 89 |
| 3.5. Tam mexaniki enerji. Enerjinin saxlanması qanunu | 92 |
| 3.6. Azərbaycanda alternativ enerji mənbələrindən istifadə (Təqdimat dər) | 95 |
| • III fəslə aid məsələlər | 97 |

IV fəsil

• MEXANİKİ RƏQSLƏR VƏ DALĞALAR •

| | |
|---|-----|
| 4.1. Rəqsi hərəkət. Sərbəst rəqslər | 101 |
| 4.2. Yaylı rəqqasda harmonik rəqslər | 105 |
| 4.3. Riyazi rəqqasda harmonik rəqslər | 109 |
| • PRAKTİK İŞ. Riyazi rəqqas vasitəsilə sərbəstdüşmə təcilinin təyini .. | 112 |
| 4.4. Harmonik rəqslərdə enerji çevrilmələri (Təqdimat dərsləri) | 113 |
| 4.5. Məcburi rəqslər. Rezonans | 116 |
| 4.6. Rəqslərin elastik mühitdə yayılması: mexaniki dalğa | 118 |
| • IV fəslə aid məsələlər | 122 |

V fəsil

• RELYATİVİSTİK MEXANİKA •

| | |
|--|-----|
| 5.1. Nisbilik nəzəriyyəsinin əsasları | 126 |
| 5.2. Enerji ilə kütlə arasında qarşılıqlı əlaqə qanunu | 130 |
| • V fəslə aid məsələlər | 132 |

VI fəsil

• MOLEKULAR-KİNETİK NƏZƏRİYYƏ •

| | |
|--|-----|
| 6.1. Molekulyar-kinetik nəzəriyyə və onun əsas müddəaları | 135 |
| 6.2. İdeal qaz. İdeal qazın molekulyar-kinetik nəzəriyyəsinin əsas tənliyi | 140 |
| 6.3. İstilik tarazlığı – temperatur | 143 |
| 6.4. İdeal qazın hal tənliyi | 147 |
| 6.5. Qaz qanunları | 150 |
| 6.6. Buxarların xassələri: doyan və doymayan buxar | 154 |
| 6.7. Havanın rütubətliyi. Şeh nöqtəsi | 158 |
| 6.8. Mayələrin səthi gərilməsi. Kapilyar hadisələr | 160 |
| 6.9. Bərk cisimlər və onların bəzi xassələri | 165 |
| • VI fəslə aid məsələlər | 169 |

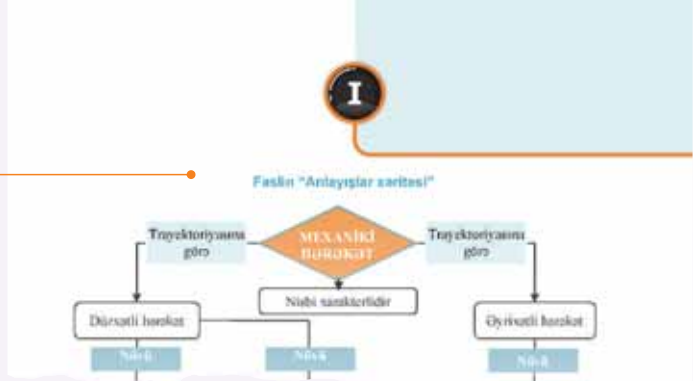
VII fəsil

• TERMODİNAMİKANIN ƏSASLARI •

| | |
|--|-----|
| 7.1. Termodinamik sistem. Daxili enerji | 173 |
| 7.2. Termodinamikanın birinci qanunu | 178 |
| 7.3. Termodinamikanın ikinci qanunu. İstilik mühərriklərinin iş prinsipi | 181 |
| • Layihə. İstilik mühərrikləri və ətraf mühit | 186 |
| • VII fəslə aid məsələlər | 187 |
| Terminlər lüğəti | 189 |

DƏRSLİYİNİZLƏ TANIŞ OLUN!

Anlayışlar xəritəsi. Fəsilə öyrəniləcək anlayışların əlaqəlilik ardıcılığı sistemata-sıdır.



Maraqoyatma. Müxtəlif situasiya və hadisələr təsvir edilir, əvvəllər qazanılmış biliklərə əsaslanan suallarla yekunlaşır.



Araşdırma. Təcrübə və laboratoriya işləri. Fərdi və qrup şəklində yerinə yetirilə bilər. Bildiyiniz və öyrən-cəyiniz məlumatlar arasında əlaqə ya-radır.

Kürəciklərin qarışdırılması
Təchizat: Qalıqçı növü, eyni ölçülü polad kürəciklər (8-10 ədəd), tunc dəyənək (və ya miflən və tutacağı olan ştəp).
İşin gedişi:
1. Növü ölçüli dənizə bəstəli və bəstəli kürəcikləri bir-birə qoşun-luq əyən-lər tutu-ru. Növü ölçüli dənizə bəstəli və bəstəli kürəcikləri bir-birə qoşun-luq əyən-lər tutu-ru. Növü ölçüli dənizə bəstəli və bəstəli kürəcikləri bir-birə qoşun-luq əyən-lər tutu-ru.

Dəyənək uzunluğı eyni dəyənəklərdə iki qonşu tənə (və ya çitək) nöqtəni arandıqı məsafədir (həz: d), uzununa dəyənək isə iki qonşu sətəyə (və ya sıyrıqləpə) nöqtəni arandıqı məsafəyə bərabərdir (həz: e).

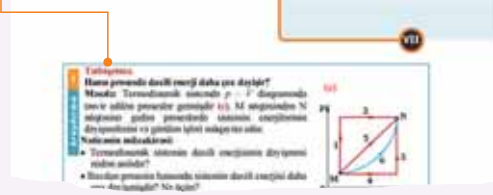
Dəyənək təsviri
Fəzə eyni ki, dəyənək məndə $a = A \cos(\omega t + \phi)$ qonşu tənə əyən-lər tutu-ru. Fəzə eyni ki, dəyənək məndə $a = A \cos(\omega t + \phi)$ qonşu tənə əyən-lər tutu-ru. Fəzə eyni ki, dəyənək məndə $a = A \cos(\omega t + \phi)$ qonşu tənə əyən-lər tutu-ru.

Dərinləşdirmə. Daha dərin-dən öyrənmək istəyən şagirdlər üçün əsas anlayışlar, mövzu ilə bağlı izahlar və düsturların çıxarılışıdır.

Praktik iş. Mövzu üzrə eksperiment xarakterli fəaliyyət əks etdirilir.



Təbiiqetmə. Mövzuda öyrənilənləri möhkəmləndirmək, tətbiq etmək və onlara münasibət bildirmək məqsədilə verilən təcrübə və tapşırıqlardır.



Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin. Eksperiment xarakterlidir və onları yerinə yetirmək üçün müxtəlif mənbələrdən istifadə edilə bilər.

Özünü qiymətləndirin. Öyrəndiklərinizi, zəif cəhətlərinizi müəyyən etmək üçün nəzərdə tutulur. Yaradıcılıq bacarığınızı inkişaf etdirmək və onlara münasibət bildirmək məqsədi daşıyır.

Nə öyrəndiniz? Mövzuda öyrənilənləri möhkəmləndirmək üçün istifadə olunur.

Layihə. Evdə yerinə yetirilməsi nəzərdə tutulur. Eksperiment xarakterlidir və onları yerinə yetirmək üçün müxtəlif mənbələrdən istifadə edilə bilər.

Fəslə aid məsələlər. Bölmənin sonunda öyrəndiklərinizin tətbiqinə dair sual və tapşırıqlar verilir. Cavablar 206-207-ci səh.-də

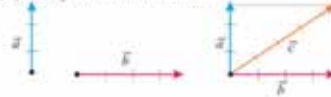
- Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:**
- Qol saatının saniyə əqrəbinin uzunluğu 2 sm, dəqiqə əqrəbinin uzunluğu isə 1,5 sm-dir. Hansı əqrəbin ucunun mərkəzəqəçmə təcilinin modulu daha böyükdür və bu fərq nə qədərdir?
 - Həyatınızda çevrə üzrə bərabərsüzlü hərəkətdə harda rast gəlmisiniz? Onların dövrəmə periodu və tezliyi haqqında nə deyə bilərsiniz?
- Özünü qiymətləndirin:**
1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qərarlıq qaldı?
 2. Nə üçün çevrə üzrə bərabərsüzlü hərəkətdə təcil mərkəzəqəçmə və ya normal təcil adlanır?
 3. Günəş ətrafında dövr edən Yerlə mərkəzəqəçmə təcilinin modulunu hesablayın (Yer orbitini radiusu $R = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$ olan çevrə qəbul edin).
 4. Yer kürəsi Günəş ətrafında hansı xətti sürətlə dövr edir (Yer orbitini radiusu $R = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$ olan çevrə qəbul edin)?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?
Verilən anlayışlara tərif yazın: "dənmə bucağı", "bucaq sürəti", "xətti sürət", "mərkəzəqəçmə təcili", "dövrəmə periodu", "dövrəmə tezliyi".

• **LAYİHƏ** • Çevrə üzrə bərabərsüzlü hərəkətin "ANLAYIŞLAR XƏRİTƏSİNİ" qurun.

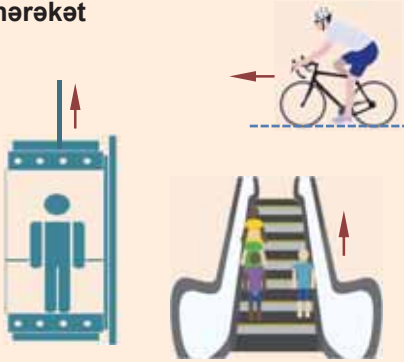
I FƏSLƏ AİD MƏSƏLƏLƏR

- 1.1. N maddi nöqtəsinin XOY müstəvisində koordinatlarını təyin edin: nöqtənin radius-vektoru OX oxu ilə 30° bucaq təşkil edir, onun modulu isə 5 m-dir.
- 1.2. M maddi nöqtəsinin koordinatları $x_M = 1 \text{ m}$ və $y_M = 1,5 \text{ m}$, N nöqtəsinin koordinatları isə $x_N = 3 \text{ m}$ və $y_N = -2 \text{ m}$ -dir. Bu nöqtələr oxunu koordinat sistemində qurun və təyin edin: a) M və N nöqtələrinin birləşdirən vektorun modulunu; b) bu vektorun OX və OY oxları üzərindəki proyeksiyalarını; c) onun OX oxu ilə əmələ gətirdiyi bucağı.
- 1.3. \vec{a} və \vec{b} vektorları qarşılıqlı perpendikulyardır (s.1). Təyin edin: a) əvəzləyici vektoru; b) əvəzləyici vektorun modulunu.



KİNEMATİKANIN ƏSASLARI

Düzxətli bərabərsürətli
hərəkət



Əyrixətli hərəkət

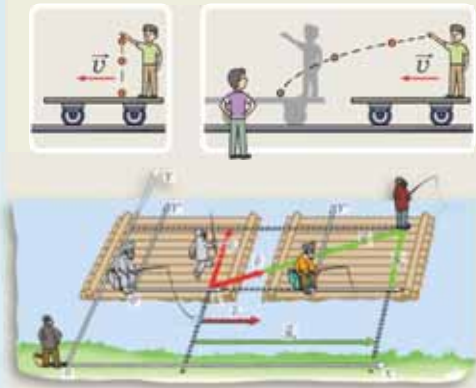


• Bu hərəkətlərdə ümumi nədir?

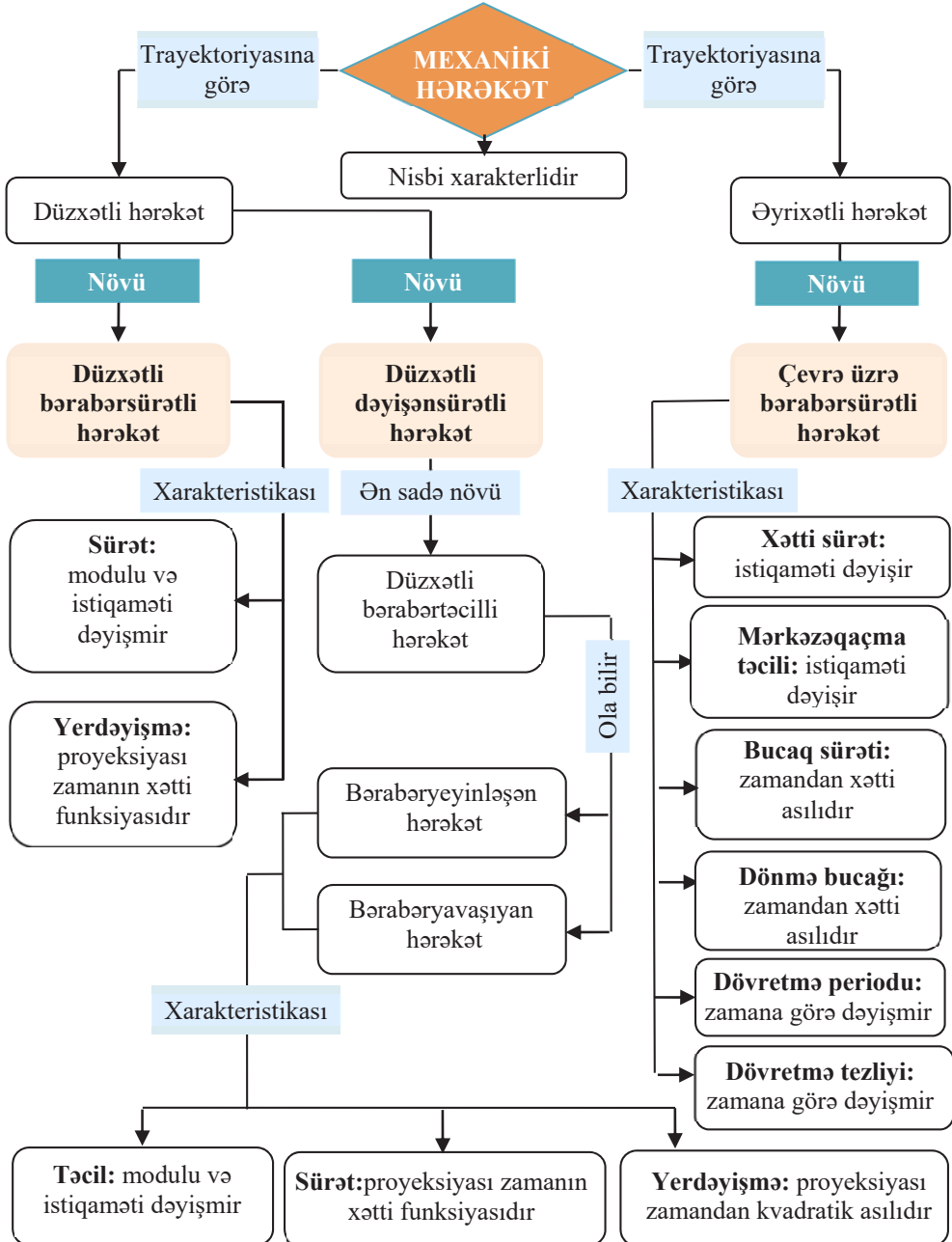
Bərabərtəcilli hərəkət



Hərəkətin nisbilyi



Fəslin "Anlayışlar xəritəsi"



Yəqin ki, qədim yunan filosofu, efesli Heraklitin (e.ə. 554–483-cü illər) məşhur kəlamlarını eşitmisiniz:



“Hər şey axır, hər şey dəyişir”.
“İki dəfə bir axara girmək olmaz”.

- Bu kəlamlardan hansı mənə çıxır?

Görüş təyin etdiyiniz dostunuzu vədələşdiyiniz yerdə tapa bilmədikdə, dərhal ona telefonla zəng edib “Haradasan?” soruşursunuz. O, olduğu yeri təsvir etdikdə isə “Yerini dəyişmə, orda dur, gəlirəm” göstərişini verirsiniz.

- “Haradasan?” və “Yerini dəyişmə, orda dur” ifadələrinin müəyyən fiziki mənə daşıya bilməsi barədə nə düşünürsünüz?

1 Dəfinələr adası

Məsələ 1: R.Stivensonun “Dəfinələr adası” romanından bilirsiniz ki, əfsanəvi dəniz qulduru kapitan Flint adada basdırdığı dəfinənin yerini xəritədə belə bir şərhə işarə etmişdir:

“... *Durbinəoxşar dağın sağ çiyində hündür ağac. Günorta vaxtı ağacın kölgəsi boyunca yüz fut irəliləmək, qərbə dönərək on sajin daha addımlamaq. Doxsan düym qazımaq*” (a).

Dəfinənin yerini təyin edə bilərsinizmi?

(1 fut = 30,48 sm, 1 sajin = 213,36 sm, 1 düym = 2,5sm)



Nəticənin müzakirəsi:

- Adaya getməzdən əvvəl xəritəyə əsasən dəfinənin yerini müəyyənləşdirə bilərsinizmi? Bunun üçün nə etmək lazımdır?

Ətraf aləmdə fasiləsiz baş verən dəyişiklik materiyanın əsas xassələrindən biri olan *hərəkətdir*. Hərəkətin isə ən sadə forması *mexaniki hərəkətdir*.

- *Mexaniki hərəkət* – cismin zaman keçdikcə fəzada başqa cisimlərə nəzərən vəziyyətinin (yaxud koordinatlarının) dəyişməsidir.
- *Mexaniki hərəkətin qanunauyğunluqlarını, onun səbəbini öyrənən elm mexanika* (yun. “mekhane” – maşın, mexanizm) adlanır.
- *İstənilən zaman anında cismin vəziyyətini təyin etmək mexanikanın əsas məsələsidir*.

Mexanikanın əsas məsələsini həll etmək üçün cismin necə hərəkət etdiyini, onun vəziyyətinin zaman keçdikcə necə dəyişdiyini dəqiq müəyyən etmək lazımdır. Başqa sözlə desək, mexaniki hərəkəti xarakterizə edən fiziki kəmiyyətlər arasında əlaqələri təyin etmək lazımdır.

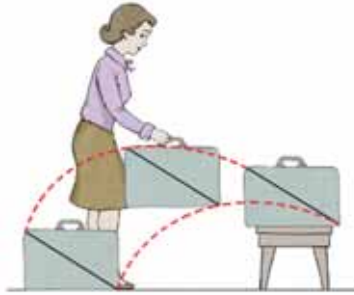
Mexanikanın mexaniki hərəkəti təsvir edən bölməsi *kinematikadır*.

- *Kinematika* (yun. “kinematos” – hərəkət) – *mexaniki hərəkəti dəyişdirən səbəbləri araşdırmadan, onu öyrənən mexanika bölməsidir*.

Mexaniki hərəkətin ən sadə növlərindən biri *irəliləmə hərəkətidir*.

- *İrəliləmə hərəkəti* – *bütün nöqtələri eyni hərəkət edən cismin hərəkətinə deyilir*. İrəliləmə hərəkətində cismin xəyalən iki ixtiyari nöqtəsindən keçən düz xətt əvvəlki vəziyyətinə paralel qalır. Məsələn, çamadanı döşəmədən stulun üzərinə qoyduqda ona irəliləmə hərəkəti verilir (b). İrəliləmə hərəkətində cismin bütün nöqtələri eyni hərəkət etdiyindən, onun hərəkəti cismin bir nöqtəsinin hərəkətinə gətirilir. Bu halda *maddi nöqtə* adlandırılan ideallaşdırılan fiziki modeldən istifadə etmək əlverişli olur.

(b)



- *Maddi nöqtə* – *verilmiş şəraitdə ölçüləri nəzərə alınmayan cisimdir*.

Diqqət! Burada “verilmiş halda” sözləri o deməkdir ki, eyni bir cismi bir halda maddi nöqtə kimi qəbul etmək mümkündürsə, digər halda onu maddi nöqtə kimi qəbul etmək olmaz. Məsələn, Yer kürəsinin radiusu, onun Günəşə qədərki məsafəsindən 24000 dəfə kiçik olduğuna görə, Yeri Günəş ətrafında hərəkət edən maddi nöqtə qəbul etmək olar. Lakin Yer səthinə nəzərən təyyarənin, avtomobilin, kosmik gəminin və s.-nin hərəkətini öyrənərkən Yer kürəsini maddi nöqtə hesab etmək olmaz.

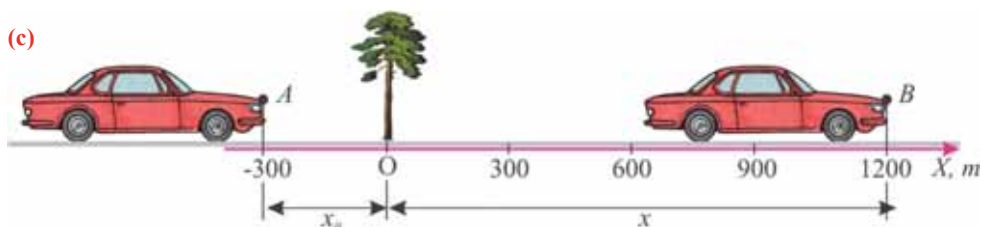
Maddi nöqtənin ixtiyari zamanda vəziyyətini müəyyən etmək üçün *hesablama cismi* seçilməlidir:

- *Maddi nöqtənin hərəkəti hansı cismə nəzərən öyrənilirsə, həmin cisim hesablama cismi adlanır.*

Hesablama cismi ixtiyari seçilir və o, şərti olaraq tərpənməz qəbul olunur. Məsələn, Günəş, Yer, görünən ulduz, məktəb binası, getdiyimiz qatar vaqonu, ağac, abidə və s. hesablama cismi ola bilər.

Hesablama cismi seçilibsə, ona nəzərən maddi nöqtənin vəziyyəti ya *koordinat*, yaxud da *radius-vektor* üsulu ilə verilə bilər.

Maddi nöqtənin vəziyyətinin koordinat üsulu ilə verilməsi. Bu üsula əsasən hesablama cismi seçilir və onun hər hansı nöqtəsindən koordinat oxları keçirilir. Sonra isə hərəkəti öyrənilən cismin istənilən nöqtəsinin vəziyyəti həmin koordinatlarla təyin olunur. Bunun necə edildiyini riyaziyyat fənnindən öyrənmişiniz (bax: *Riyaziyyat-5*). Məsələn, düz yolda hərəkət edən avtomobilin vəziyyətini təyin edək (c).



Bunun üçün yolboyu yönəlmiş **OX** koordinat oxu çəkilir. Koordinat oxunun başlanğıc nöqtəsini (**O** nöqtəsi) yol kənarında bitən ağacı qəbul edək. Belə halda avtomobilin vəziyyəti onun x koordinatı ilə təyin edilir. Koordinat başlanğıcından sağ tərəfə hesablanan koordinatlar müsbət, sol tərəfə hesablanan koordinatlar isə mənfi qəbul olunur. Fərz edək ki, müşahidəyə başlanan anda ($t = 0$ anında) avtomobilin koordinatı -300 m-dir. Bu onun başlanğıc koordinatı olub (A nöqtəsindəki vəziyyəti) x_0 ilə işarə edilir:

$$x_0 = -300 \text{ m.}$$

Avtomobil **OX** oxu istiqamətində hərəkət etdiyindən, zaman keçdikcə onun koordinatı artaraq müəyyən t anında $x = 1200$ m olur. Koordinatın zamandan asılılığı [$x = x(t)$] məlum olarsa, avtomobilin istənilən anda vəziyyətini təyin etmək mümkündür.

Beləliklə, maddi nöqtənin hərəkəti seçilən *hesablama sisteminə* görə öyrənilir.

- *Hesablama cismi, onunla bağlı koordinat sistemi və vaxtı ölçən cihaz birlikdə hesablama sistemini təşkil edir.*

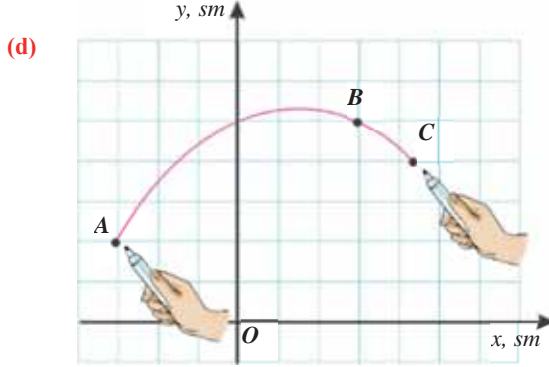
2

Tətbiqetmə

Araşdırma

Maddi nöqtənin koordinatlarını təyin edin.

Məsələ 2: Şəkildə markerin lövhədə hərəkəti təsvir edilmişdir (d). Markerin hərəkətə gətirildiyi $t_0 = 0$ anında olduğu A nöqtəsinin, $t_1 = 2 \text{ san}$ anında olduğu B nöqtəsinin və $t_3 = 4 \text{ san}$ anında olduğu C nöqtəsinin koordinatlarını təyin edin.

**Nəticənin müzakirəsi:**

- Markerin lövhədə mexaniki hərəkətini təsvir etmək üçün nəyi bilmək lazımdır?
- Markerin zamanın üç müxtəlif anında hansı koordinatlarını təyin etdiniz?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

- Gündəlik həyatda rast gəldiyiniz irəliləmə hərəkətinə nümunələr gətirə bilərsinizmi?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Eyni cismi onun hərəkətinin hansı halında maddi nöqtə qəbul etmək olar, hansı halında isə olmaz? Niyə?
3. Hesablama sisteminin tətbiqi hansı zərurətdən irəli gəlir?
4. Cismnin fəzada, məsələn, səmada uçan quşun vəziyyəti neçə ölçülü koordinat sisteminə nəzərən öyrənilməlidir?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayışların təriflərini iş vərəqinə yazın: “mexaniki hərəkət”, “mexanika”, “mexanikanın əsas məsələsi”, “kinematika”, “irəliləmə hərəkəti”, “maddi nöqtə”, “hesablama cismi”, “hesablama sistemi”.

1.2 YOL VƏ YERDƏYİŞMƏ

Məktəbləri aparan avtobus saat 8⁰⁰-da Bakının Azadlıq meydanından yola düşdü.

- Avtobus iki saata 135 km məsafə gedibsə, onun saat 10⁰⁰-da hara çatdığını dəqiq müəyyən etmək olarmı? Nə üçün?
- Avtobus saat 10⁰⁰-da yenidən Azadlıq meydanına qayıda bilərmə?
- Cismın son vəziyyətini təyin etmək üçün onun hərəkətə başladığı nöqtəni və gedilən yolu bilmək kifayətdirmi?

Cavabınızı əsaslandırın.



1 İki məntəqə arasındakı yollar eynidirmi?

Araşdırma

Resurs: Bakı-Zaqatala şəhərlərarası nəqliyyat yollarının xəritəsi (a), sap, xətkəş, yaxud kurvimetr.

- Avtomobil yolu
- Dəmir yolu
- Hava yolu



İşin gedişi:

1. Bakı-Zaqatala şəhərləri arasındakı avtomobil, dəmir və hava yollarının uzunluqlarını sap və xətkəşdən istifadə etməklə ölçün.
2. Alınan qiymətləri xəritənin miqyasına əsasən kilometrə ifadə edib 1.1 cədvəlinin uyğun xanalarında yazın (cədvəli iş vərəqinə köçürün).

Cədvəl 1.1.

| Nəqliyyat yolu | Avtomobil yolu | Dəmir yolu | Hava yolu |
|--|----------------|------------|-----------|
| Bakı-Zaqatala şəhərləri arasındakı məsafə (km) | | | |

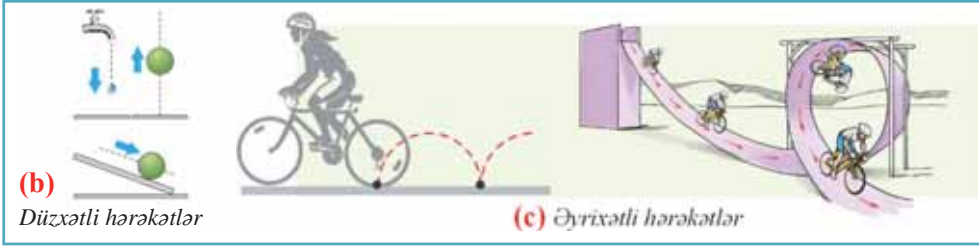
Nəticənin müzakirəsi:

- Bakıdan Zaqatalaya uyğun olaraq avtobus, qatar və təyyarə ilə səyahət edən üç turisdən hansı daha az məsafə qət etmişdir? Hansı daha böyük məsafə qət etmişdir? Niyə?

Bilirsiniz ki, hər cür hərəkət müəyyən *trayektoriya* üzrə baş verir.

- *Hərəkət trayektoriyası maddi nöqtənin verilmiş hesablama sistemində nəzərdən hərəkət etdiyi görünən və görünməyən xətdir.* Bu xətt görünməyə də bilər, məsələn, balığın suda, təyyarənin səmada, arının havada və s. hərəkət trayektoriyaları yalnız təsəvvür edilə bilər. Hərəkət trayektoriyası formasına görə *düzxətli* və *əyrixətli* olur:
- *Verilmiş hesablama sistemində nəzərdən trayektoriyası düz xətt olan hərəkət **düzxətli hərəkət** (b), əyri xətt olan hərəkət isə **əyrixətli hərəkət** adlanır (c).*

- *Maddi nöqtənin hərəkət trayektoriyasının uzunluğuna bərabər olan fiziki kəmiyyət **gedilən yol** adlanır. Gedilən yol skalyar müsbət kəmiyyət olub l hərfi ilə işarə edilir və BS-də vahidi metrdir.*



Maddi nöqtənin hərəkətini tam xarakterizə etmək üçün onun fəzada vəziyyətinin dəyişməsi müəyyən olunmalıdır. O ya maddi nöqtənin *koordinatlarının dəyişməsi*, yaxud da *radius-vektorun dəyişməsidir*.

- *İstənilən fiziki kəmiyyətin dəyişməsi onun son və başlanğıc qiymətlərinin fərqinə bərabərdir və həmin kəmiyyətin işarəsinin əvvəlində Δ (delta) yazılır.*

Maddi nöqtənin hərəkəti zamanı koordinatların dəyişməsi. Maddi nöqtənin hərəkəti zamanı onun koordinatlarının dəyişməsi həm müsbət, həm də mənfi ola bilər. Məsələn, fərz edək ki, əyri xətlə trayektoriya üzrə hərəkət edən qarışqa M nöqtəsindən N nöqtəsinə gəlmişdir (d).

Qarışqanın X oxu üzrə koordinatları artdığından ($x > x_0$) onun bu ox üzrə koordinatının dəyişməsi müsbət olur:

$$s_x = \Delta x = x - x_0 > 0.$$

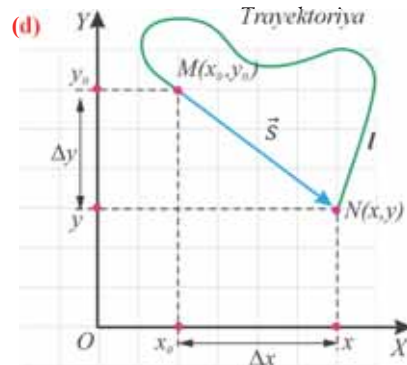
Qarışqanın Y oxu üzrə koordinatları isə azaldığından ($y < y_0$) onun həmin ox üzrə koordinatının dəyişməsi mənfi olur:

$$s_y = \Delta y = y - y_0 < 0.$$

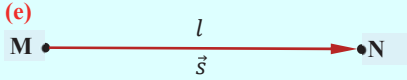
- *Yerdəyişmə – hərəkətdə olan maddi nöqtənin başlanğıc və son vəziyyətini birləşdirən istiqamətlənmiş düz xətt parçasıdır. Yerdəyişmə vektorial kəmiyyətdir.*
- *Vektorial kəmiyyət – ədədi qiymətindən (modulundan) başqa, istiqaməti ilə də verilən kəmiyyətdir.*

Vektorial kəmiyyət kimi yerdəyişmə vektorlarını üçbucaq və ya paraleloqram qaydası ilə toplamaq və ya çıxmaq olar.

Yerdəyişmənin də yol kimi BS-də vahidi metrdir, lakin o, kəmiyyət olaraq gedilən yoldan fərqlidir: *yerdəyişmə fiziki mənaca verilmiş zaman fasiləsində maddi nöqtənin başlanğıc vəziyyətdən hansı məsafəyə və hansı istiqamətə yerini dəyişdiyini göstərir.*



Diqqət! Yalnız bir istiqamətdə baş verən düzxətli hərəkətdə yerdəyişmənin modulu gedilən yola bərabərdir (e), qalan bütün hallarda (düzxətli hərəkətin istiqaməti dəyişdikdə, əyri xəttli hərəkətdə) gedilən yol yerdəyişmənin modulundan böyük olur (f).



Maddi nöqtə aralarındakı məsafə l olan M nöqtəsindən N nöqtəsinə gəlmişdir. Bu halda gedilən yol yerdəyişmənin moduluna bərabərdir: $s = l$.



Maddi nöqtə aralarındakı məsafə l olan M nöqtəsindən N nöqtəsinə gəlmiş, sonra isə həmin xətt üzrə geri, M nöqtəsinə qayıtmışdır. Bu halda nöqtənin getdiyi yol $2l$ olduğu halda, onun yerdəyişməsinin modulu sıfıra bərabərdir:

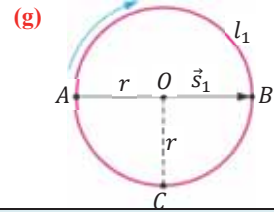
$$\vec{s} = \vec{MN} + \vec{NM} = 0, \quad s = MN + NM = 2l.$$

Araşdırma 2

Tətbiqetmə

Yol və yerdəyişmə eyni kəmiyyətlərdirmi?

Məsələ. Velosipedçi radiusu 80 m olan dairəvi velotrekdə hərəkət edir. O , A nöqtəsindən start götürür. Velosipedçinin B nöqtəsində ilk olduğu ana uyğun gedilən yolu və yerdəyişməni təyin edin (g).



| Verilir: | Həlli | Hesablanması |
|--------------------------------------|--|---|
| $r = 80$ m $l_1 - ?$ $s_1 - ?$ | Gedilən yol l_1 qövsünün uzunluğuna bərabərdir: $l_1 = \pi r$. Yerdəyişmənin modulu isə çevrənin diametrinə bərabərdir: $s_1 = D = 2r$. | $l_1 = 3,14 \cdot 80 \text{ m} = 251,2 \text{ m}$, $s_1 = 2 \cdot 80 \text{ m} = 160 \text{ m}$. |

Nəticənin müzakirəsi:

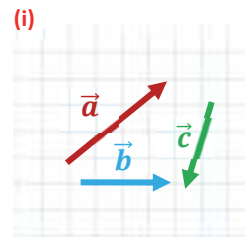
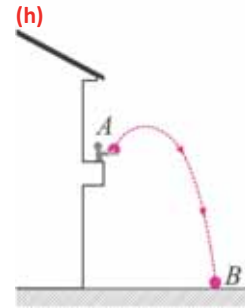
- Yol və yerdəyişmənin fərqi nədir?
- Velosipedçi A nöqtəsindən C nöqtəsinə gəldikdə gedilən yol və yerdəyişmənin modulu nəyə bərabərdir?
- Velosipedçi bir tam dövr etdikdən sonra yenə A nöqtəsinə gəlsə, onun getdiyi yol və yerdəyişmənin modulu nəyə bərabər olar?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

- Eyvandan atılan top (A nöqtəsi) B nöqtəsində yerə düşür. Onun getdiyi yol və yerdəyişməni sxematik göstərə bilərsinizmi (h)?

Özünüzü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaralıq qaldı?
2. Gedilən yol yerdəyişmənin moduluna hansı halda bərabər ola bilər? Misal göstərin.
3. Gedilən yol sıfıra bərabər ola bilərmi? Niyə?
4. Hərəkətdə olan cismin yerdəyişməsinin modulu sıfıra bərabər ola bilərmi? Niyə? Misal göstərin.
5. Vektorların (\vec{a} , \vec{b} , \vec{c} vektorları) cəmi üçbucaq qaydası ilə necə təyin edilir (i)? Bu vektorların cəmi paraleloqram qaydası ilə necə təyin edilir? Uyğun qaydaları sxematik təsvir edin.



NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan fiziki anlayış və kəmiyyətlərə tərif verin: “trayektoriya”, “gedilən yol”, “yerdəyişmə”, “skalyar kəmiyyət”, “vektorial kəmiyyət”.

1.3 DÜZXƏTLİ BƏRABƏRSÜRƏTLİ HƏRƏKƏT. SÜRƏT

Avtomobil Bakı-Qazax avtobanının düzxətli Hacıqabul-Gəncə hissəsində elə hərəkət edir ki, o: hər 1 saatda 90 km, hər 30 dəqiqədə 45 km, hər 15 dəqiqədə 22,5 km, hər 10 dəqiqədə 15 km, hər 5 dəqiqədə 7,5 km, hər 1 dəqiqədə 1,5 km və s. yol gedir.

- **Avtomobilin sürəti və sürət dəyişməsi haqqında nə söyləmək olar?**
- **Avtomobilin istənilən zaman anında vəziyyətini təyin etmək üçün nəyi bil-mək vacibdir?**

1

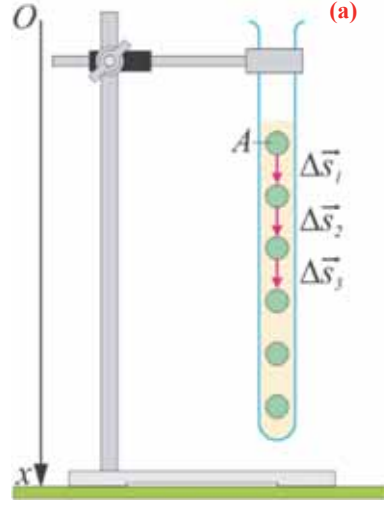
Araşdırma

Kürəciyin düzxətli hərəkətinin tədqiqi.

Təchizat: bir ucu bağlı qalın divarlı silindrik şüşə boru, şəkər tozu ilə kifayət dərəcədə qatılaşdırılmış su (yüksək özlülük su – 1 litr), marker, saniyəölçən, metal kürəcik (2–3 əd.), xətkəş, ştativ.

İşin gedişi:

1. Borunu qatılaşdırılmış su ilə doldurun, şaquli olaraq ştativə bərkidin (a).
2. Kürəciyi suya buraxın. O, mayədə müəyyən A nöqtəsindən keçdikdə saniyəölçəni işə salın. Bərabər $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3 = \dots = 5 \text{ san}$ zaman fasilələrində şaquli hərəkət edən kürəciyin vəziyyətini markerlə borunun divarında işarələməklə $\Delta s_1, \Delta s_2, \Delta s_3 \dots$ yerdəyişmələrini təyin edin (xətkəşlə).
3. Alınan nəticələri 1.2-cədvəlinin uyğun xanalarına yazıb kürəciyin sürətini hesablayın (cədvəli iş vərəqinə köçürün).



Cədvəl 1.2

| | | | | |
|------------------------|---|---|---|---|
| Zaman fasilələri | $\Delta t_1 = 5 \text{ san}$ | $\Delta t_2 = 5 \text{ san}$ | $\Delta t_3 = 5 \text{ san}$ | $\Delta t_4 = 5 \text{ san}$ |
| Yerdəyişmələrin modulu | $\Delta s_1 = \dots$ | $\Delta s_2 = \dots$ | $\Delta s_3 = \dots$ | $\Delta s_4 = \dots$ |
| Sürətin modulu | $v_1 = \frac{\Delta s_1}{\Delta t_1} = \dots$ | $v_2 = \frac{\Delta s_2}{\Delta t_2} = \dots$ | $v_3 = \frac{\Delta s_3}{\Delta t_3} = \dots$ | $v_4 = \frac{\Delta s_4}{\Delta t_4} = \dots$ |

4. Bərabər zaman fasilələrini azaltmaqla təcrübəni ikinci eyni kürəciklə təkrarlayın və uyğun yerdəyişmələri təyin edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Kürəcik bərabər zaman fasilələrində hansı yerdəyişmələri icra etdi?
- Apardığınız hesablamalardan kürəciyin düzxətli bərabərsürətli hərəkət etdiyini söyləmək olarmı? Cavabınızı əsaslandırın.

Mexaniki hərəkətin ən sadə növü düzxətli bərabərsürətli hərəkətdir.

- *Düzxətli bərabərsürətli hərəkət – düz xətt boyunca istənilən bərabər zaman fasilələrində eyni yerdəyişmə icra edən maddi nöqtənin hərəkətidir.*
- *Zaman keçdikcə düzxətli bərabərsürətli hərəkətin sürətinin modulu və istiqaməti dəyişmir: $\vec{v} = \text{const}$.*

• *Düzxətli bərabərsürətli hərəkətin sürəti maddi nöqtənin yerdəyişməsinin həmin yerdəyişməyə sərf olunan zaman fasiləsinə nisbətində bərabər olan sabit kəmiyyətə deyilir:*

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}. \quad (1.1)$$

Düsturdakı $\frac{1}{t}$ nisbəti müsbət skalyar kəmiyyət olduğundan sürət vektoru \vec{v} -nin istiqaməti yerdəyişmə vektoru \vec{s} -in istiqaməti ilə eyni olur. BS-də sürətin vahidi saniyədə-metrdir:

$$[v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{1m}{1san} = 1 \frac{m}{san}.$$

Sürət məlumdursa, t zaman fasiləsində düzxətli bərabərsürətli hərəkətdə yerdəyişməni təyin etmək olar:

$$\vec{s} = \vec{v} \cdot t. \quad (1.2)$$

• *Düzxətli bərabərsürətli hərəkətdə gedilən yol yerdəyişmənin moduluna bərabərdir:*

$$l = s = vt. \quad (1.3)$$

Vektorların proyeksiyaları üzərində cəbri əməllər aparmaq mümkün olduğundan, yerdəyişməni hesablamaq üçün (1.2) ifadəsində vektor olan düsturlardan yox, vektorun koordinat oxları üzərində proyeksiyaları daxil edilmiş düsturlardan istifadə edilir. Düzxətli hərəkətdə trayektoriya düz xətt olduğundan maddi nöqtənin vəziyyəti bir x koordinatı ilə təyin edilir. Maddi nöqtənin həm sürət, həm də yerdəyişmə vektorlarının bu oxa proyeksiyaları təyin olunur və tənlik proyeksiyalarla yazılaraq həll edilir. Yerdəyişmənin və sürətin OX oxu üzərindəki proyeksiyalarını (1.2) ifadəsində nəzərə alaraq yazmaq olar:

$$s_x = v_x t. \quad (1.4)$$

İstənilən zaman anında maddi nöqtənin x koordinatı:

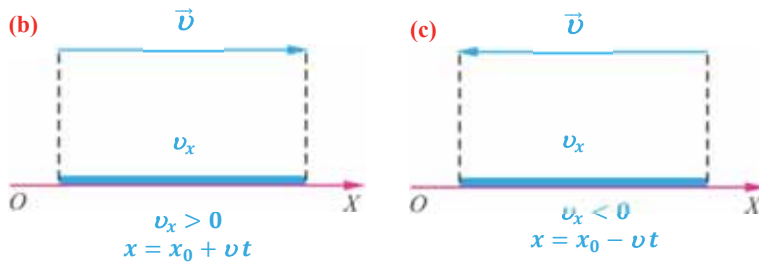
$$x = x_0 + s_x, \quad x = x_0 + v_x t. \quad (1.5)$$

(1.5) ifadəsi *düzxətli bərabərsürətli hərəkətin tənliyidir.*

Maddi nöqtə seçilən OX oxu istiqamətində hərəkət edirsə, sürətin proyeksiyası müsbət **(b)**, koordinat oxunun əksinə hərəkət edirsə, sürətin proyeksiyası mənfi qəbul edilir **(c)**.

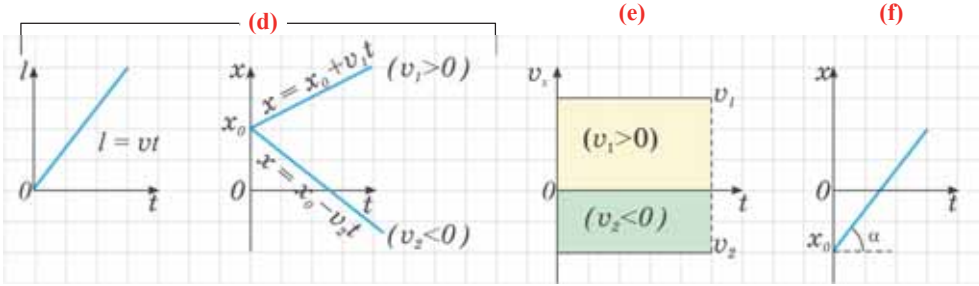
(1.5) tənliyindən sürətin proyeksiyası təyin olunur:

$$v_x = \frac{x - x_0}{t}. \quad (1.6)$$



(1.6) tənliyindən sürətin hansı fiziki mənə daşdığı aydın olur: *sürətin ox üzərində proyeksiyasının ədədi qiyməti uyğun koordinatın vahid zamanda dəyişməsinə bərabərdir.*

Maddi nöqtənin düz xəttli bərabərsürətli hərəkətində gedilən yol və koordinat zamanın xətti funksiyasıdır (d). Sürət isə sabit olduğundan sürət–zaman qrafiki zaman oxuna paralel düz xətdir – sürət zamandan asılı deyildir (e):



Bərabərsürətli hərəkətin koordinat – zaman qrafiki zaman oxu ilə müəyyən bucaq təşkil edir. Bu bucağın tangensi ədədi qiymətcə sürətin ox üzrə proyeksiyasına bərabərdir (f): $tga = \frac{\Delta x}{t} = v_x$.

2

Araşdırma

Tətbiiqetmə. Öyrəndiklərinizi məsələ həllinə tətbiq edin

Məsələ. Aralarındakı məsafə 90 km olan A və B məntəqələrindən eyni zamanda qarşı-qarşıya düz xətt boyunca iki velosipedçi hərəkətə başladı. Birinci velosipedçinin sürəti $3 \frac{m}{san}$, ikinci velosipedçinin sürəti isə $1,5 \frac{m}{san}$ -dir (g).



Təyin edin:

- a) velosipedçilərin t_1 görüşmə müddətini və görüşmə koordinatlarını;
b) onların görüşən ana qədər gətdikləri yolları və icra etdikləri yerdəyişmələri;

Verilir:

$$l = 90 \text{ km} = 90\,000 \text{ m}; \quad v_1 = 3 \frac{m}{san}; \quad v_2 = 1,5 \frac{m}{san}$$

- a) t_1 -? x_1, x_2 -?
b) l_1, l_2 -? s_{x1}, s_{x2} -?

Həlli

a) Məsələnin bu bəndi aşağıdakı ardıcıl addımlarla həll olunur:

I addım. Koordinat başlanğıcı A nöqtəsinə düşən OX koordinat sistemi seçilir və sxem çəkilir (h).



II addım. Hərəkət tənliyi ümumi şəkildə yazılır: $x = x_0 + v_x t$.

III addım. Şərtə əsasən hərəkət tənlikləri də ümumi şəkildə yazılır:

$$x_1 = v_{1x} t = 3t;$$

$$x_2 = x_0 + v_{2x} t = 90\,000 \text{ m} - 1,5t.$$

IV addım. Velosipedçilər görüşdükdə onların koordinatları bərabərləşir: $x_1 = x_2$. Bu bərabərlikdə uyğun tənliklər t_1 görüşmə müddətinə əsasən yazılır və həmin müddət hesablanır:

$$3t_1 = 90\,000 - 1,5t_1,$$

$$4,5t_1 = 90\,000 \rightarrow t_1 = \frac{90\,000}{4,5} \text{ san} = 20\,000 \text{ san} \approx 5,6 \text{ saat}.$$

V addım. Velosipedçilərin x_1 və x_2 görüşmə koordinatlarını təyin etmək üçün onların hərəkət tənlikləri t_1 müddətinə əsasən həll olunur:

$$x_1 = v_{1x}t_1 = 3 \frac{m}{san} \cdot 20\,000san = 60\,000m = 60\,km;$$

$$x_2 = x_1 \text{ olduğundan } x_2 = 60\,km.$$

b) Şərtə əsasən velosipedçilər düzxətli hərəkət etdiklərindən və hərəkət istiqamətlərini dəyişmədiklərindən, gedilən yol yerdəyişmənin moduluna bərabərdir:

$$l_1 = s_{1x} = x_1 - x_{01}; \quad l_2 = |s_{2x}| = |x_2 - x_{02}|.$$

Məsələnin **b** bəndinin həllini tamamlayın.

Nəticənin müzakirəsi:

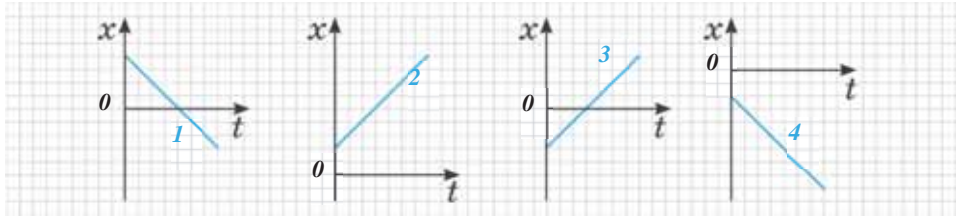
- Velosipedçilər görüşən vaxta (ana) qədər uyğun olaraq hansı məsafələr qət etmişlər?
- Velosipedçilər hərəkətə başlayandan hansı müddətdən sonra aralarında 10 km məsafə qalmışdır?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

- Avtobus $90 \frac{km}{saat}$ sürətlə hərəkət etməklə minik avtomobilinin 10 saniyəyə qət etdiyi yerdəyişməni 20 san müddətinə gedir. Minik avtomobilinin sürətini təyin edin.

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Maddi nöqtənin hərəkət tənliyi $x = x_0 + v_x t$ şəklində verilmişdir. Onun istənilən zaman anında vəziyyətini təyin etmək üçün nəyi bilmək lazımdır?
3. Şəkildə x oxu boyunca hərəkət edən maddi nöqtənin koordinat-zaman qrafikləri təsvir edilmişdir.
 - Hansı qrafik hərəkətin koordinat başlanğıcından keçdiyini göstərir?
 - Hansı qrafik hərəkətin x oxunun əksi istiqamətində olduğunu göstərir?
 - Hansı qrafikdə x_0 və v_x əks işarəli, hansında eyni işarəlidir?



4. Piyada və velosipedçi qarşı-qarşıya hərəkət edir. Piyada üçün koordinatın zamandan asılılığı $x_1 = 13 + 2t$, velosipedçi üçün isə $x_2 = 27 - 5t$ -dir. Bu asılılıqları bir qrafikdə təsvir edin və onların görüşmə anını müəyyənə bilərsiniz.

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan fiziki anlayış və kəmiyyətlərə tərif verin: “sürət”, “düzxətli bərabərsürətli hərəkət”, “sürətin ox üzərində proyeksiyası”, “düzxətli bərabərsürətli hərəkətdə gedilən yol”.

1.4 DÜZXƏTLİ DƏYİŞƏNSÜRƏTLİ HƏRƏKƏT. TƏCİL

Praktikada düzxətli bərabərsürətli hərəkətə çox az təsadüf edilir. Hərəkətdə olan avtomobil, qatar, təyyarə, mexanizmin hissəsi və s.-nin sürətinin ya qiyməti, ya istiqaməti, ya da hər ikisi dəyişə bilər.

- Dəyişənsürətli düzxətli hərəkəti də düzxətli bərabərsürətli hərəkət tənlikləri ilə ifadə etmək olarmı? Bunun üçün nəyi bilmək lazımdır?

1 Araşdırma

Sürət dəyişməsinin yeyinliyi nə deməkdir?

Məsələ 1: Uçuşa hazırlaşan təyyarə uçuş zolağında A nöqtəsində durub. Onun hərəkətə başlayandan 5 san sonra sürəti $v_1 = 18 \frac{m}{san}$ (B nöqtəsində), 10 san sonra isə $v_2 = 30 \frac{m}{san}$ (C nöqtəsində) oldu (a). Təyyarənin uçuş zolağının uyğun olaraq AB və BC hissələrində sürət dəyişmələri (Δv_1 və Δv_2) nəyə bərabərdir? Hansı zaman intervalında sürət dəyişməsi daha yeyin baş vermişdir?



| Verilir | Həlli | Hesablanması |
|---|--------------------------|--------------|
| $t_0 = 0 \rightarrow v_0 = 0$ | $\Delta v_1 = v_1 - v_0$ | ... |
| $t_1 = 5 \text{ san} \rightarrow v_1 = 18 \text{ m/san}$ | $\Delta v_2 = v_2 - v_1$ | ... |
| $t_2 = 10 \text{ san} \rightarrow v_2 = 30 \text{ m/san}$ | $\Delta t_1 = t_1 - t_0$ | ... |
| $\Delta v_1 - ? \quad \Delta v_2 - ? \quad \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} - ? \quad \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} - ?$ | $\Delta t_2 = t_2 - t_1$ | ... |

Nəticənin müzakirəsi:

- Uçuş zolağının hansı hissəsində təyyarənin sürət dəyişməsi daha yeyindir?
- Sürətin dəyişmə yeyinliyinin fiziki mahiyyəti nədir və onu bilmək nə dərəcədə vacibdir?

• Düzxətli hərəkətdə bərabər zaman fasilələrində müxtəlif yerdəyişmələr icra edən maddi nöqtənin hərəkəti düzxətli dəyişənsürətli hərəkət adlanır.

Dəyişənsürətli hərəkətdə sürət sabit qiyməti ilə xarakterizə oluna bilmir. Belə hərəkətdə ya orta sürət adlanan sürətdən istifadə edilir.

Orta sürət.

- Dəyişənsürətli hərəkət edən maddi nöqtənin trayektoriyasının verilən hissəsindəki orta sürəti, onun bu hissəsindəki yerdəyişməsinin həmin yerdəyişməyə sərf etdiyi zamana nisbətində bərabərdir:

$$\vec{v}_{or} = \frac{\vec{s}}{t}. \quad (1.7)$$

- Dəyişənsürətli hərəkət edən maddi nöqtənin yola görə orta sürəti gedilən ümumi yolun bu yolu getməyə sərf etdiyi zamana nisbətində bərabərdir:

$$v_{or} = \frac{l_{üm}}{t_{üm}}. \quad (1.8)$$

Təcil. Dəyişənsürətli hərəkətdə ani sürətin qiymət və istiqamətinin dəyişmə yeyinliyi təcil adlanan kəmiyyətlə xarakterizə olunur:

• Təcil – sürət dəyişməsinin bu dəyişmənin baş verdiyi zaman fasiləsinə nisbətində bərabər olan fiziki kəmiyyətdir:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}. \quad (1.9)$$

Əgər zamanın hesablanması sıfırdan başlayırsa $\Delta t = t - 0 = t$ olur, bu halda:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \frac{\Delta \vec{v}}{t}. \quad (1.10)$$

Təcil vektorial kəmiyyət olub istiqaməti $\Delta \vec{v}$ -nin istiqaməti ilə üst-üstə düşür.

Sadəlik üçün burada və gələcəkdə elə düzxətli dəyişənsürətli hərəkətə baxılacaq ki, həmin hərəkətdə maddi nöqtənin istənilən bərabər zaman fasiləsində sürəti eyni qədər dəyişmiş olsun. Bu cür hərəkət *bərabərtəcilli hərəkət* adlanır:

• *Bərabərtəcilli hərəkət* – istənilən bərabər zaman fasilələrində sürət dəyişməsi sabit qalan hərəkətdir. *Bərabərtəcilli hərəkətdə təcilin qiymət və istiqaməti dəyişmir:*

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \frac{\Delta \vec{v}}{t} = \text{const}. \quad (1.11)$$

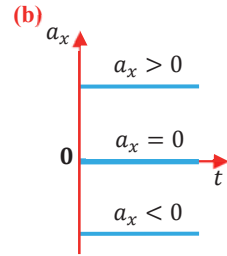
Bərabərtəcilli hərəkətdə təcilin ixtiyari ox üzrə, məsələn, x oxu üzrə proyeksiyası da sabitdir:

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t} = \text{const}. \quad (1.12)$$

Bu o deməkdir ki, bərabərtəcilli hərəkətdə təcil-zaman qrafiki zaman oxuna paralel düz xətdir – təcilin seçilən ox üzrə proyeksiyası zamandan asılı deyildir (b).

Təcilin BS-də vahidi $1 \frac{m}{san^2}$ – elə düzxətli bərabərtəcilli hərəkətin təcili qəbul edilir ki, maddi nöqtənin 1 san-də sürət dəyişməsi $1 \frac{m}{san}$ olsun:

$$[a] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = \frac{1m/san}{san} = 1 \frac{m}{san^2}.$$



Bilirsinizmi? Təcil fizika və texnikada istifadə olunan mühüm kəmiyyətlərdən biridir. Məlumdur ki, avtomobil, avtobus və qatar ehmal tormozlandıqda səmişinlər bir narahatlıq hiss etmir, lakin kəskin tormozlandıqda isə ciddi təhlükə yaranır. Deməli, bu hadisədə sürət dəyişməsi deyil, bu dəyişmənin hansı yeyinliklə baş verdiyi vacibdir. Maşın və mexanizmlərdə sürət dəyişməsinin yeyinliyini nəzarətdə saxlamaq üçün təcillölçən cihazdan – akselerometrədən (lat. *accelero* – təcilləndirirəm + yun. *metreo* – ölçürəm) istifadə edilir (c).

(c)



Tətbiqetmə**Orta sürət nəyə bərabərdir?**

Məsələ 2. Velosipedçi düzxətli yolun birinci yarısını modulu $4 \frac{m}{san}$ olan sabit sürətlə, digər yarısını isə modulu $6 \frac{m}{san}$ olan sabit sürətlə hərəkət etdi. Velosipedçinin bütün yolda orta sürətini təyin edin.

| Verilir | Həlli |
|--|--|
| $v_1 = 4 \text{ m/san}$ $v_2 = 6 \text{ m/san}$ $v_{or} = ?$ | $v_{or} = \frac{l}{t} = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2}$ $l_1 = \frac{l}{2} = v_1 t_1 \text{ olduğundan, } t_1 = \frac{l}{2v_1}$ <p>Eyni qayda ilə: $t_2 = \frac{l}{2v_2}$.</p> <p>Beləliklə: $v_{or} = \frac{l}{t} = \frac{l}{\frac{l}{2v_1} + \frac{l}{2v_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2v_1} + \frac{1}{2v_2}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2}$.</p> |
| Hesablanması | |
| ... | |

Nəticənin müzakirəsi:

- Yolun iki bərabər hissəsi üçün orta sürət hansı düsturla təyin olunur?
- Velosipedçinin iki ardıcıl bərabər zaman fasiləsində ($t_1 = t_2$) sürəti uyğun olaraq v_1 və v_2 olubsa, onun orta sürəti hansı düsturla təyin olunur?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

- Spidometr avtomobilin hansı sürətini ölçür: orta, yoxsa ani? Cavabınızı əsaslandırın.

Özünüzü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Yerdəyişməyə və yola görə orta sürət bir-birindən nə ilə fərqlənir?
3. Təcilin fiziki mənası nədir?
4. Düzxətli bərabərsürətli və dəyişənsürətli hərəkətlərdə uyğun olaraq təcil nəyə bərabərdir? Nə üçün?
5. Avtomobil yerindən tərپənərək artan sürətlə düzxətli hərəkətə başlayarsa, onun təcil vektoru hansı istiqamətə yönəlir? Nə üçün?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan fiziki anlayış və kəmiyyətlərə tərif verin: “düzxətli dəyişənsürətli hərəkət”, “orta sürət”, “təcil”, “bərabərtəcilli hərəkət”.

1.5

DÜZXƏTLİ BƏRABƏRTƏCİLLİ HƏRƏKƏTDƏ
SÜRƏT VƏ YERDƏYİŞMƏ

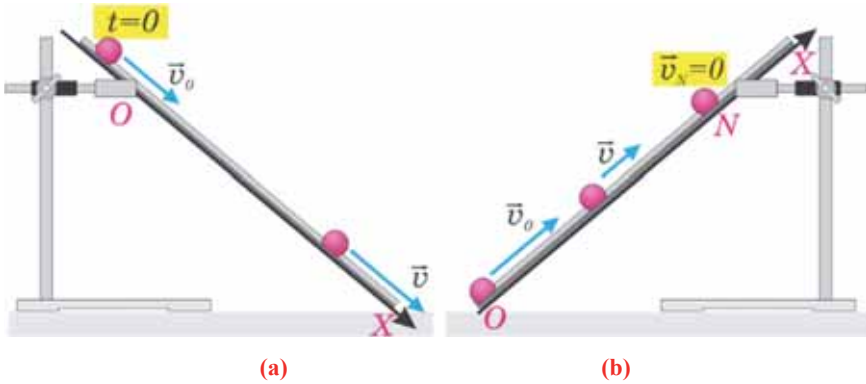
Təyyarə uçuş zolağında hərəkət istiqamətinə yönəlmiş x koordinat oxu boyunca sabit $a_x = 6 \frac{m}{san^2}$ təcillə hərəkət edir.

- Təyyarənin hər saniyədə sürət dəyişməsi nəyə bərabərdir?
- Bu hərəkət üçün təcilin proyeksiyası – zaman qrafiki nədir?
- Düzxətli bərabərtəcilli hərəkətdə sürət və yerdəyişmənin proyeksiyası nədən asılıdır? Bunu necə müəyyənləşdirmək olar?

Araşdırma

Bərabərtəcilli hərəkətdə sürət nədən asılıdır?

Məsələ 1. Şəkildə mail novda \vec{v}_0 başlanğıc sürəti ilə aşağı və yuxarı bərabərtəcilli diyirlənən kürəcik təsvir edilmişdir (**a** və **b**). Bu hərəkətlərə uyğun təcilin OX oxu üzərində proyeksiyasını çəkin və işarəsini müəyyən edin.



Nəticənin müzakirəsi:

- Bərabərtəcilli hərəkət edən kürəciyin sürət düsturunu vektor şəklində necə yazmaq olar?
- Mail nov boyunca yuxarı və aşağı bərabərtəcilli diyirlənən kürəciyin sürətinin proyeksiyasının düsturunu ümumi şəkildə yaza bilərsinizmi?
- Mail nov boyunca \vec{v}_0 başlanğıc sürəti ilə yuxarı bərabərtəcilli hərəkət edən kürəciyin N nöqtəsində təcilin proyeksiyası ümumi şəkildə nəyə bərabərdir?

Düzxətli bərabərtəcilli hərəkətdə sürət. (1.10) düsturundan görünür ki, \vec{a} təcili məlumdursa, istənilən andaki sürəti təyin etmək olar:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t, \quad (1.13)$$

və ya x oxu üzrə proyeksiyada:

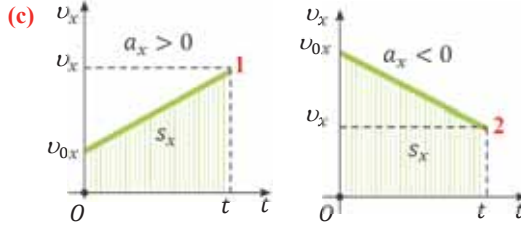
$$v_x = v_{0x} + a_x t. \quad (1.14)$$

Əgər başlanğıc sürət sıfıra bərabərdirsə ($v_{0x} = 0$):

$$v_x = a_x t. \quad (1.15)$$

Bu ifadələrdən məlum olur ki, bərabərtəcilli hərəkətdə sürət zamanın xətti funksiyası olub koordinat başlanğıcından (və ya v_{0x} -dan) keçən düz xətdir.

Bu xətt, başlanğıc sürət sıfırdan fərqli olduğu halda, sürətin artmasına, yaxud azalmasına uyğun olaraq ya yuxarı, yaxud da aşağı meyil edir (c).



Düzxətli bərabərtəcilli hərəkətdə yerdəyişmə. Bərabərtəcilli hərəkətdə yerdəyişmə düsturunun sürət-zaman qrafiki əsasında çıxarılması əlverişlidir. Yerdəyişmənin x oxu üzrə proyeksiyası $v_x(t)$ qrafiki ilə zaman oxu arasında qalan fiqurun sahəsinin ədədi qiymətinə bərabərdir. Verilən qrafikdə ştrixlənmiş bu fiqur trapesiyadır (bax: c):

$$s_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} \cdot t \quad (1.16)$$

və ya vektor şəklində:

$$\vec{s} = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}}{2} \cdot t. \quad (1.17)$$

Sonuncu düsturda \vec{v} -nin əvəzinə onun (1.13)-dəki ifadəsi yazılırsa, bərabərtəcilli hərəkət üçün yerdəyişmənin ümumi tənliyi alınar:

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2. \quad (1.18)$$

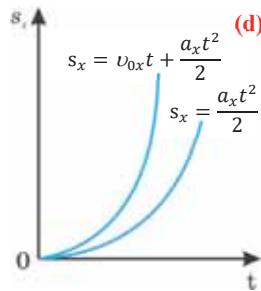
Beləliklə, düzxətli bərabərtəcilli hərəkətdə yerdəyişmənin proyeksiyasının (məs.: x oxu üzərində) tənliyi aşağıdakı kimi olur:

$$s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}. \quad (1.19)$$

Maddi nöqtə sükunət halından ($v_{0x} = 0$) hərəkətə başlayarsa, onun hərəkət tənliyi:

$$s_x = \frac{a_x t^2}{2}. \quad (1.20)$$

Tənlikdən görüldüyü kimi, düzxətli bərabərtəcilli hərəkətdə yerdəyişmənin proyeksiyası zamandan kvadratik asılıdır ($s_x \sim t^2$) və onun qrafiki koordinat başlanğıcından keçən paraboladır (d).



Bərabəryeyinləşən və bərabəryavaşıyan hərəkətlər. Bərabərtəcilli hərəkət xarakterinə görə ya *bərabəryeyinləşən*, yaxud da *bərabəryavaşıyan* olur.

- *Bərabəryeyinləşən hərəkətdə* \vec{v}_0 və \vec{a} vektorları eyni istiqamətə yönəlir. Bu halda v_{0x} və a_x proyeksiyalarının hər ikisinin işarəsi ya müsbət, yaxud da mənfi olur. Maddi nöqtə sükunət halından ($v_{0x} = 0$) hərəkətə başlayırsa, istiqamətindən asılı olmayaraq hərəkət bütün hallarda *bərabəryeyinləşəndir*.
- *Bərabəryavaşıyan hərəkətdə* \vec{v}_0 və \vec{a} vektorları əks istiqamətə yönəlir. Bu halda v_{0x} və a_x proyeksiyaları əks işarəli olur – biri mənfi olduqda digəri müsbət olur.

2
Araşdırma

Tətbiqetmə

Qrafikləri uyğunlaşdırma bilərsinizmi?

Məsələ 2. Şəkilə düzxətli bərabərtəcilli hərəkət edən maddi nöqtənin sürət proyeksiyasının zamandan asılılıq qrafiki verilmişdir. Buna uyğun olaraq maddi nöqtənin yerdəyişmə və təcilin proyeksiyasının zamandan asılılıq qrafiklərini qurun.

Nəticənin müzakirəsi:

- Sürət proyeksiyasının zamandan asılılıq qrafikinə əsasən yerdəyişmə və təcilin proyeksiyalarının zamandan asılılıqları necə müəyyən olunur?
- Sürət proyeksiyasının zamandan asılılıq qrafikinə əsasən hərəkətin bərabəryeyinləşən, yaxud bərabəryavaşıyan olduğunu necə təyin etmək olar?

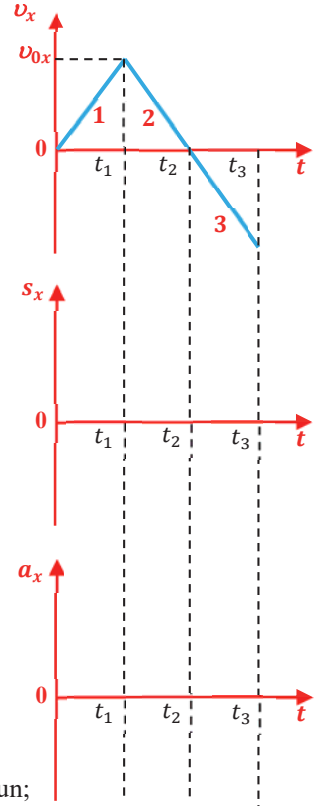
Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

- Düzxətli hərəkət edən avtomobilin başlanğıc sürəti $v_{0x} = 15 \frac{m}{san}$ və təcili $a_x = 2 \frac{m}{san^2}$ olarsa, $t = 20 san$ anında onun sürəti nəyə bərabər olar?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərstdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Düzxətli bərabərtəcilli hərəkət edən avtomobilin sürətinin proyeksiyası $v_x = 21 - 7t$ qanunu ilə dəyişir. Buna görə:

- a) sürət proyeksiyasının zamandan asılılıq qrafikini qurun;
- b) avtomobilin başlanğıc sürətinin və təcilin proyeksiyasını təyin edin;
- c) t -nin hansı qiymətində avtomobilin dayandığını təyin edin;
- e) avtomobilin hərəkət tənliyini yazın.



NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

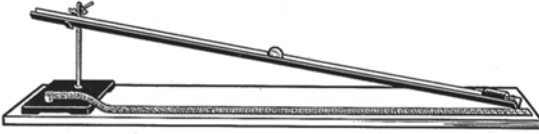
Öyrəndiyiniz fiziki anlayışlara tərif verin və uyğun tənliklərə əsasən sürət proyeksiyası – zaman, yerdəyişmə proyeksiyası – zaman və təcil proyeksiyası – zaman qrafiklərini qurun. “Bərabəryeyinləşən hərəkət” və “bərabəryavaşıyan hərəkət”in tənliklərini yazın.

PRAKTİK İŞ

BƏRABƏRTƏCİLLİ HƏRƏKƏT ÜÇÜN “YOLLAR QANUNU”

Məqsəd: mail yerləşdirilən novla bərabərtəcilli diyirlənən kürəciyin yollar qanununu (yolların nisbətinin nəyə bərabər olduğu) müəyyənləşdirməyi bacarmaq.

Təchizat: Qaliley novu, kürəcik, metal silindr (xüsusi istilik tutumu dəstindən), metronom (və ya saniyəölçən), ölçü lenti, mufta və tutqacı olan ştativ.



İşin gedişi:

I mərhələ. Kürəciyin hərəkət təcilinin təyini.

1. Novu ştativə maili olaraq elə bərkidin ki, o, üfüqlə kiçik bucaq təşkil etsin. Diyirlənən kürəciyi tormozlamaq üçün novun aşağı hissəsində metal silindr yerləşdirin. Metronom elə tənzimlənir ki o, dəqiqədə 120 zərbə vursun.
2. Novun yuxarı hissəsindən kürəcik buraxılan an metronom işə salınır. Novun mailliyi elə tənzimlənir ki, metronomun 4-cü zərbəsində kürəcik silindrlə toqquşsun. Bu hal üçün kürəciyin hərəkət müddəti $t = 2 \text{ san}$, kürəciyin getdiyi məsafə isə $s = 132 \text{ sm} \pm 1 \text{ sm}$ olur.
3. Sükunət halından ($v_0 = 0$) hərəkətə başlayan kürəciyin təcilinin modulu $a = \frac{2s}{t^2}$ düsturundan hesablanır.

II mərhələ. Yollar qanununun müəyyənləşdirilməsi.

1. Təcrübə şəraiti dəyişdirilmədən o, ardıcıl zaman fasilələri üçün təkrarlanır: kürəciyin ardıcıl $t_1 = 1 \text{ san}$, $t_2 = 2 \text{ san}$, $t_3 = 3 \text{ san}$, $t_4 = 4 \text{ san}$ müddətlərində getdiyi uyğun yollar $l = \frac{at^2}{2}$ düsturuna əsasən hesablanır.
2. Alınan ifadələri verilən cədvəldə qeyd edin, yolların nisbətinin nəyə bərabər olduğunu – “yollar qanununu” müəyyənləşdirin:

$$l_1 : l_2 : l_3 : l_4 = \dots ?$$

| Təcrübənin sayı | Metronomun zərbələr sayı | $a, \frac{m}{\text{san}^2}$ | l, m | t, san | $l_1 : l_2 : l_3 : l_4 = \dots ?$ |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------|--------|-----------------|-----------------------------------|
| 1 | | $\approx 0,66$ | | 1 | |
| 2 | | | | 2 | |
| 3 | | | | 3 | |
| 4 | | | | 4 | |

3. Təcrübədən gəldiyiniz nəticəni ümumiləşdirin.



XVI əsrin sonlarında italyan alimi Qalileo Qaliley böyük bir kəşfə yol açan sadə eksperiment aparır. O, İtaliyanın Piza şəhərindəki əyri qüllədən iki müxtəlif kütləli cismi eyni anda sərbəst buraxdıqda onların Yer səthinə eyni təcillə düşdüyünü müəyyən edir.

- Hündürlükdən düşən cisimlərin hərəkəti hansı xarakterlidir? Nə üçün?
- Qalileyin apardığı bu eksperimentdən çıxan mühüm nəticə nədir?

Cisimlərin eyni vaxtda düşməsinə səbəb nədir?

Təchizat: Nyuton borusu, Kamovski nasosu, rezin şlanq.

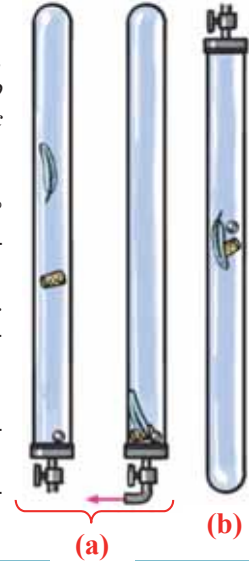
Cihazın təsviri: Nyuton borusu – qalındıvarlı, bir tərəfi bağlı, digər tərəfində kran olan uzunluğu 1 m-dən azca böyük şüşə borudur. Borunun içərisinə ölçüsü və çəkisi müxtəlif olan üç cisim – qırma dənəsi, mantar və quş lələyi salınmışdır (a).

İşin gedişi:

1. Borunu şaquli vəziyyətdə saxlayın, sonra onu cəld 180° çevirib içərisindəki cisimlərin borunun dibinə düşmə ardıcılığını müşahidə edin (bax: a).
2. Borunu nasosa birləşdirib içərisindəki havanı çıxarın. Kranı bağlayın, təcrübəni təkrarlayın, sərbəst düşən cisimlərin borunun dibinə çatma prosesini izləyin (b).

Nəticənin müzakirəsi:

- Havası çıxarıldıqdan sonra cisimlərin borunun dibinə düşməsində qeyri-adi nə müşahidə etdiniz?
- Araşdırmalardan cisimlərin sərbəstdüşmə hərəkətinin xarakteri haqqında hansı nəticəyə gəldiniz?



Yerdə ən çox rast gəlinən bərabərtəcilli hərəkət cisimlərin havada sərbəstdüşməsidir. Yer səthindən qaldırılan, dayağı və asqısı olmayan cisimlərin düşməsi *sərbəstdüşmədir*.

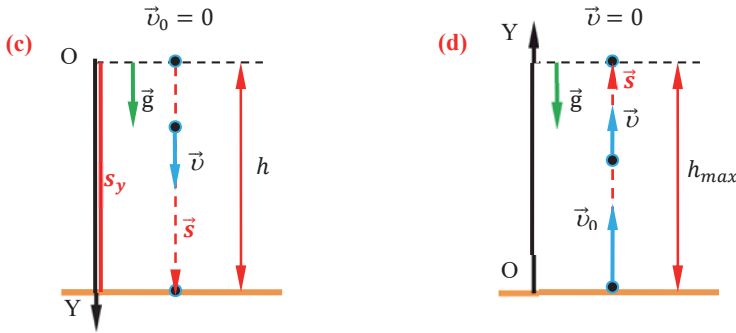
• *Sərbəstdüşmə* – cismnin yalnız ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında düşən hərəkətidir. Belə hərəkət g təcili ilə bərabəryeyinləşəndir.

Cisimlərin sərbəstdüşməsini ilk dəfə XVI əsrin sonlarında italyan alimi Qalileo Qaliley araşdırmışdır. O, eyni diametrlə müxtəlif kürələrin (taxta, dəmir və fil sümüyündən hazırlanmış kürələr) mail novda hərəkətlərini araşdırarkən müəyyən edir ki, bu cisimlər fərqli kütləli olmalarına baxmayaraq eyni təcillə hərəkət edir. Mail novun

meyil bucağını dəyişdikdə də təcilin qiymətinin hər üç cisim üçün sabit qaldığı aşkar olur. Qalileyin gəldiyi nəticə: *Yer kürəsi səthinin verilən hissəsində bütün cisimlərə eyni təcil verir.* Aparılan ölçmələr göstərmişdir ki, *sərbəstdüşmə təcili* adlandırılan bu təcil Yer səthinin yaxınlığında $\approx 9,8 \frac{m}{san^2}$ -ə bərabərdir. Sonralar aparılan çoxsaylı araşdırmalardan müəyyən edilir ki, bu qiymət Yer qütblərində $\approx 9,83 \frac{m}{san^2}$, ekvatorunda isə $\approx 9,78 \frac{m}{san^2}$ -dir.

Sərbəstdüşmə təcilinə istiqaməti (\vec{g}) həmişə şaquli aşağı – Yer mərkəzinə doğru yönəlir. Cisim düşərkən o, bərabəryeyinləşən hərəkət edir. Bu zaman sərbəstdüşmə təcili vektorunun istiqaməti sürət vektorunun istiqaməti ilə üst-üstə düşür. Seçilən koordinat oxu hərəkət istiqamətində yönəldilərsə, təcilin ox üzrə proyeksiyasının işarəsi müsbət olur (**c**).

Təcrübə göstərir ki, şaquli yuxarı atılan cisim də sərbəstdüşmə təcili ilə hərəkət edir. Belə ki, cisim yuxarı atıldıqda o, bərabəryavaşayan hərəkət edir. Seçilən koordinat oxu hərəkət istiqaməti üzrə yönəldilərsə, sərbəstdüşmə təcili vektorunun istiqaməti koordinat oxunun əksinə yönəldiyindən onun ox üzrə proyeksiyası mənfi olur (**d**).



Beləliklə, həm sərbəst düşən, həm də şaquli yuxarı atılan cismin hərəkəti bərabərtəcilli olduğundan bu hərəkət üçün əvvəlki dərslərdə aldığımız düsturlar tamamilə ödənilir (bax: *cədvəl 1.3*).

Cədvəl 1.3.

| Bərabərtəcilli hərəkətin kinematik tənlikləri: vektor və proyeksiyada | h hündürlüyündən şaquli aşağı atılan cismin sürəti | Şaquli yuxarı atılan cismin hərəkəti |
|--|---|--|
| $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$ $\vec{s} = \vec{v}_0t + \frac{1}{2}\vec{g}t^2$ $v_y = v_{0y} + g_yt$ $s_y = v_{0y}t + \frac{g_yt^2}{2}$ | Şaquli aşağı və yuxarı atılan cismin yerdəyişməsi uyğun olaraq düşdüyü və qalxdığı hündürlüyə bərabər olduğuna görə, $v_y = v, s_y = h$ və $v_{0y} = v_0$ götürülmüşdür. | |
| | $v = v_0 + gt,$ $h = v_0t + \frac{gt^2}{2}; h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}.$ <p>$v_0 = 0$ olduqda:</p> $v = gt; h = \frac{gt^2}{2}.$ | $v = v_0 - gt,$ $h = v_0t - \frac{gt^2}{2}.$ <p>Cismin sürəti maksimum hündürlüyə çatdığı an sıfıra bərabər olduğundan ($v = 0$):</p> $v_0 = gt.$ |

Kim haqlıdır?

Səbinə piyada keçidində dayanıb işıqforun yaşıl işığına gözləyirdi. Birdən yol kənarında dayanan avtomobilin sürücüsü ilə DYP əməkdaşı arasındakı mübahisə onun diqqətini çəkdi. DYP əməkdaşı sürücüyə xüsusi cihazın ekranındakı rəqəmi göstərərək onun yaşayış məntəqəsindəki yol ayrıcından 94 km/saat sürətlə keçdiyini bildirdi. Sürücü isə bu hökmə heç cür razılaşmayaraq deyirdi:

– Mən Xırdalandan çıxanda saat 8⁰⁰ idi, indi isə saat 10⁰⁰-dur. Getdiyim yol isə cəmi 50 km-dir.



I sual. Kim bu mübahisədə haqlıdır, niyə?

II sual. Sürücünün iddiasına görə, o hansı sürətlə hərəkət etmişdir?

III sual. Avtomobildə sürəti ölçən cihaz nə adlanır?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

• Hər dəfə yağış yağdıqda bir möcüzəylə rastlaşırıq. Belə ki, 2 km hündürlükdəki buludlardan yağın damcılarını üstümüzdə $7 - 8 \frac{m}{san}$ sürətlə düşür. Əgər havanın müqaviməti olmasa idi, bu damcılar üstümüzdə hansı sürətlə düşərdi və həmin sürət bizim həyatımız üçün təhlükəli ola bilərdimi? Nə üçün?

Özünüzü qiymətləndirin:

- Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
- Cisim 45 m hündürlükdən sərbəst düşür ($v_0 = 0, g = 10 \frac{m}{san^2}$).
 - Düşmə müddəti nə qədərdir?
 - Cismin son sürəti nəyə bərabərdir?
 - Cisim $t = 2,5 \text{ san}$ anında hansı hündürlükdə olar?
- Sərbəst düşən cismin uyğun olaraq 1 san, 2 san, 3 san və 4 san müddətində getdiyi yolları hesablayın ($v_0 = 0, g = 10 \frac{m}{san^2}$).

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

- Verilən fiziki anlayış və kəmiyyət haqqında qısa izah yazın: “sərbəstdüşmə”, “sərbəstdüşmə təcili”.
- Müəyyən hündürlükdən sərbəst düşən və şaquli yuxarı atılan cisimlərin hərəkət tənliklərini yazın.

1.7 MEXANİKİ HƏRƏKƏTİN NİSBİLİYİ

İki avtomobil şosədə uyğun olaraq,

$$v_1 = 50 \frac{km}{saat}$$

və

$$v_2 = 60 \frac{km}{saat}$$

sürətləri ilə hərəkət edir.

(a)



(b)



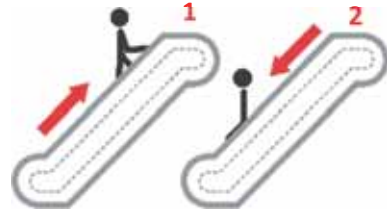
- Bu avtomobillər qəza törətdikdə hansı halda daha böyük fəlakət baş verər: qarşı-qarşıya hərəkət edərkən toqquşduqda (a), yoxsa eyni istiqamətdə hərəkət edərkən ikinci avtomobil birincini arxadan vurduqda (b)? Niyə?

1 Eyni sürətin modulunun “müxtəlif” olmasına səbəb nədir?

Məsələ 1: Metro stansiyasında 1 eskalatoru Yerə nəzərən $3 m/san$ sürətlə yuxarı, 2 eskalatoru isə həmin sürətlə aşağı hərəkət edir. Arif 1 eskalatorunda ona nəzərən $2,5 m/san$ sürətlə yuxarı qalxır, Nəzrin isə 2 eskalatorunda ona nəzərən $2,5 m/san$ sürətlə aşağı düşürdü.

Nəticənin müzakirəsi:

- Arifin və Nəzrinin uyğun olaraq Yerə nəzərən sürətlərinin modulu nəyə bərabərdir?
- Arifin Nəzrinə nəzərən sürəti nəyə bərabərdir?
- Sürətin mütləq olub-olmadığı haqqında hansı nəticəyə gəlmək olar?



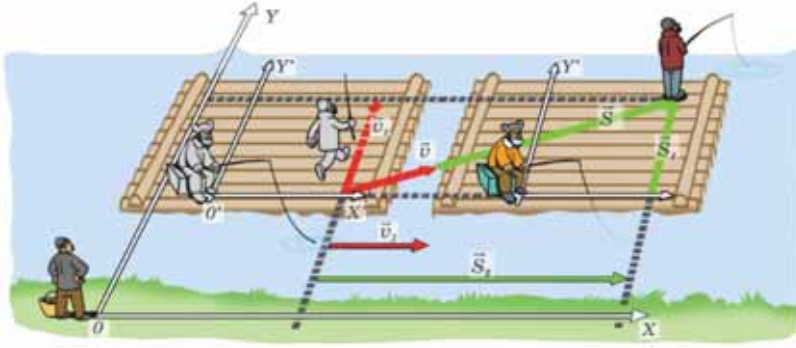
Bilirsiniz ki, maddi nöqtənin (və ya cismin) fəzada vəziyyəti hesablama sisteminin seçilməsindən asılıdır – müxtəlif hesablama sisteminə nəzərən maddi nöqtənin vəziyyəti müxtəlif ola bilər. Deməli, cismin fəzada vəziyyəti nisbidir. Bu nisbilik cismin yalnız vəziyyətinə deyil, onun hərəkətinə də aiddir:

• *Cismin bir-birinə nəzərən hərəkətdə olan müxtəlif hesablama sistemlərinə nisbətən yerdəyişməsi və sürəti də müxtəlifdir.*

Hərəkətin nisbiliyini növbəti məsələnin həlli ilə araşdıraraq.

Məsələ 2. İki balıqçı çay axını ilə hərəkət edən salın səthindədir. Birinci balıqçı yeşik üzərində oturub balıq tutur, ikinci isə salın hərəkət istiqamətinə perpendikulyar istiqamətdə onun bir kənarından digər kənarına keçir. İkinci balıqçının sahilə duran müşahidəçiyə nəzərən yerdəyişməsini və sürətini təyin edin (c).

(c)



Həlli. İkinci balıqçının hərəkəti müxtəlif yanaşmadan araşdırılır. Bu məqsədlə iki hesablama sistemindən istifadə edilə bilər:

Sükunətdə olan hesablama sistemi (XOY) – sahiləki müşahidəçi ilə əlaqəlidir. O, yerə nəzərən sükunətdədir.

Hərəkətdə olan hesablama sistemi (X'O'Y') – oturan balıqçı ilə əlaqəlidir. O, çayın axın sürəti ilə hərəkət edən salla birlikdə hərəkətdədir (bax: c).

Oturan balıqçı hərəkətdə olan sistemdə hesablama cisimidir. Ona elə gəlir ki, yoldaş salın bir kənarından digərinə \vec{v}_1 sürəti ilə keçir və o, \vec{s}_1 yerdəyişməsi icra edir. Bu zaman sal, oturan balıqçıyla birlikdə sükunətdə olan hesablama sisteminə nəzərən \vec{v}_2 sürəti ilə \vec{s}_2 yerdəyişməsi icra edir. Beləliklə, iki vektorun paraleloqram üsulu ilə toplanması qaydasından məlum olur ki, ikinci balıqçının sükunətdə olan hesablama sistemində nəzərən ümumi \vec{s} yerdəyişməsi \vec{s}_1 və \vec{s}_2 yerdəyişmələri cəminə bərabərdir.

$$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2. \quad (1.21)$$

(1.21) ifadəsinin hər iki tərəfini hərəkət edən və sükunətdə olan sistemlər üçün eyni olan t zamanına bölsək, alarıq:

$$\frac{\vec{s}}{t} = \frac{\vec{s}_1}{t} + \frac{\vec{s}_2}{t}.$$

Buradan sürətlərin toplanmasının ümumi qanunu alınır:

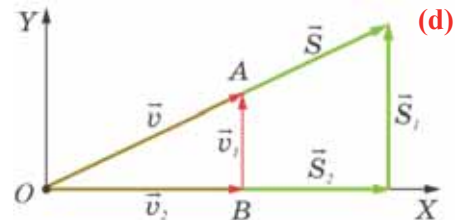
$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2. \quad (1.22)$$

• Sükunətdə olan hesablama sistemində nəzərən cismin sürəti (\vec{v}) onun hərəkətdə olan sistemə nəzərən sürəti ilə (\vec{v}_1) hərəkətdə olan sistemin sükunətdə olan sistemə nəzərən sürətinin (\vec{v}_2) həndəsi cəminə bərabərdir.

Sürətlərin toplanması qanunundan istifadə edərək salın səthində addımlayan balıqçının sahilə duran müşahidəçiyə nəzərən sürəti hesablanır.

Çertyojdan görüldüyü kimi, \vec{v}_1 və \vec{v}_2 sürətləri bir-birinə perpendikulyar yönəlməklə düzbucaqlı ΔOAB üçbucağının katetlərini, yekun \vec{v} sürəti isə onun hipotenuzunu əmələ gətirir (d). Sürətin ədədi qiyməti Pifaqor teoreminə görə:

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}.$$



Tətbiqetmə**İki qatar**

Qazaxa gedən Nigar 70 km/saat sürətlə hərəkət edən qatarda pəncərədən eyni sürətlə qarşidan gələn qatarın vaqonlarının pəncərələrinə baxırdı. Budur, qarşidan gələn qatarın sonuncu vaqonu da onun pəncərəsinin qarşısından keçib getdi.



I sual. Qarşidan gələn qatarın sonuncu vaqonu Nigarın pəncərəsinin qarşısından keçib getdiyi an o özünün getdiyi qatarın sürətində hansı dəyişikliyi hiss etdi?

II sual. 70 km/saat sürətlə qarşı-qarşıya gələn iki qatarın uyğun olaraq bir-birinə və yerə nəzərən sürətləri nəyə bərabərdir?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

- Qatarda hərəkət edən sərnəşinin qatara nəzərən sürətini, qatarın isə Yerə nəzərən sürətini bilməklə sərnəşinin yerə nəzərən sürətini necə təyin etmək olar?

Özünüzi qiymətləndirin:

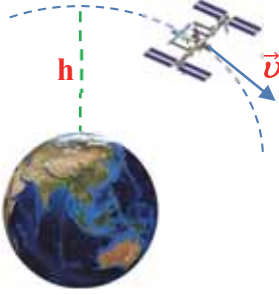
1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. “Mexaniki hərəkət nisbidir” müddəası nə deməkdir?
3. “Sükunətdə olan hesablama sistemi” və “hərəkətdə olan hesablama sistemi” dedikdə, nə başa düşülür?
4. Sürətlərin toplanmasının ümumi qanunu necə ifadə olunur?
5. Dünyanın geosentrik və heliosentrik təsəvvürlərinə əsasən cisimlərin vəziyyəti uyğun olaraq hansı göy cisminə nəzərən müəyyən olunurdu? Cavabınızı əsaslandırın. Bu təsəvvürlərin baniləri kimlərdir?
6. Motorlu qayıq sahilboyu bir məntəqədən digərinə qədərki yola çayın axını istiqamətində 40 dəq, axının əksinə isə 1 saat 10 dəq vaxt sərf etdi. Çay axınının sürətinin modulu 8 km/saat olarsa, qayığın suya nəzərən sürətinin modulu nəyə bərabərdir?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Verilən müddəaları izah edin: “sükunətdə olan hesablama sistemi”, “hərəkətdə olan hesablama sistemi”, “hərəkətin nisbiliyi”, “sürətlərin toplanması qanunu”.

1.8

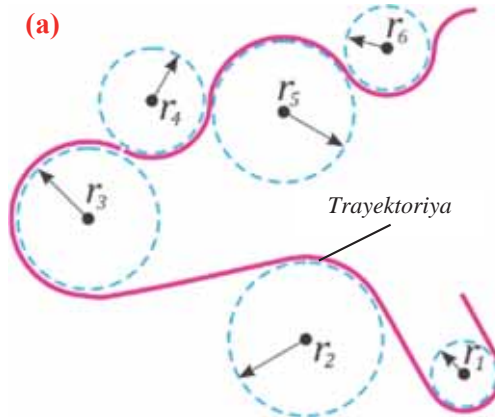
ÇEVRE ÜZRƏ BƏRABƏRSÜRƏTLİ HƏRƏKƏT



Beynəlxalq kosmik stansiyanın (BKS) Yer ətrafında dövretmə periodu 90 dəqiqə 44 san, Yer səthindən orta hündürlüyü 360 km-dir. Yerin radiusunun orta qiyməti 6371 km-dir.

- BKS-in orbitinin dairəvi olduğunu fərz etsək, onun hərəkət sürətini və təcilini necə təyin etmək olar?
- Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət hansı kəmiyyətlərlə xarakterizə olunur?

Bilirsiniz ki, əyrixətli hərəkətin ən sadə növü təbiətdə geniş yayılan çevrə üzrə hərəkətdir (bax: Fizika-7, mövzular: 1.5 və 1.6). Öz oxu ətrafında fırlanan Yer səthinin nöqtələri, saat əqrəbindəki nöqtələr və s. çevrə üzrə hərəkət edir. Çevrə üzrə hərəkətin öyrənilməsinin mühüm nəzəri-praktik əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, ixtiyari əyrixətli trayektoriya müxtəlif radiuslu çevrələrin qövslərinin cəmi kimi təsəvvür edilə bilər (a).



Çevrə üzrə hərəkətin ən sadə növü bərabərsürətli hərəkətdir.

• Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət – maddi nöqtənin sürətinin modulunun çevrənin bütün nöqtələrində eyni olduğu hərəkətdir. Belə hərəkət aşağıdakı kəmiyyətlərlə xarakterizə olunur:

Dövretmə periodu. Dövretmə periodu – maddi nöqtənin çevrə üzrə tam bir dövrünə sərf etdiyi zamandır:

$$T = \frac{t}{N}$$

Burada T – dövretmə periodu, N – maddi nöqtənin t müddətindəki tam dövrlərinin sayıdır. Dövretmə periodunun BS-də vahidi saniyədir:

$$[T] = 1 \text{ san.}$$

Dövretmə tezliyi. Dövretmə tezliyi – çevrə üzrə hərəkət edən maddi nöqtənin vahid zamandakı dövrlərinin sayıdır:

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

Burada v – dövretmə tezliyidir (bəzən o, n hərfi ilə ifadə olunur). Dövretmə tezliyinin BS-də vahidi saniyədə birdir:

$$[v] = \frac{1}{\text{san}} = \text{san}^{-1}.$$

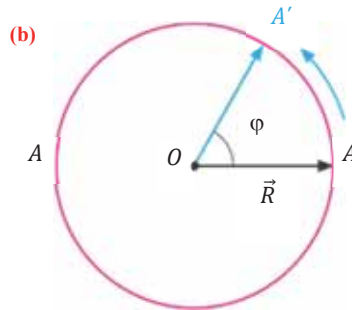
Dövretmə periodu ilə dövretmə tezliyi qarşılıqlı tərs kəmiyyətlərdir:

$$v = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{1}{v}.$$

Bu o deməkdir ki, dövretmə tezliyi nə qədər kiçikdirsə, dövretmə periodu bir o qədər dəfə böyükdür və ya əksinə.

Dönmə bucağı. Dönmə bucağı – çevrə üzrə hərəkətdə radius-vektorun döndüyü bucaqdır. O , radiuslar arasındakı qövsün uzunluğunun çevrənin radiusuna nisbəti ilə ölçülən fiziki kəmiyyətdir (b):

$$\varphi = \frac{l}{R}.$$



Burada φ – dönmə bucağı, l – dönmə bucağına uyğun qövsün uzunluğu, R – çevrənin radiusudur. Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edən nöqtənin radius-vektorunun bərabər zaman fasilələrində dönmə bucaqları eyni olur. Dönmə bucağı skalyar kəmiyyət olub BS-də vahidi radiandır:

$$[\varphi] = 1 \text{ rad}.$$

• 1 rad elə dönmə bucağına deyilir ki, onun cızdığı qövsün uzunluğu çevrənin radiusuna bərabər olsun ($l=R$).

Bucaq sürəti. Bucaq sürəti – dönmə bucağının bu dönməyə sərf olunan zamana nisbəti ilə ölçülən fiziki kəmiyyətdir:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}.$$

Burada ω – bucaq sürətidir. Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edən nöqtənin bucaq sürəti zaman keçdikcə dəyişməz qalır ($\omega = \text{const}$). Bucaq sürətinin BS-də vahidi saniyədə radiandır:

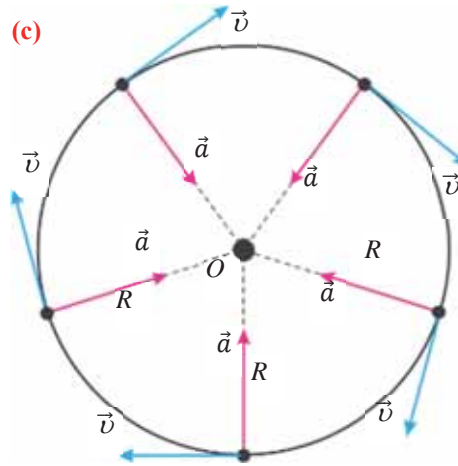
$$[\omega] = 1 \frac{\text{rad}}{\text{san}}.$$

• *Bucaq sürətinin vahidi olaraq çevrə üzrə elə bərabərsürətli hərəkətin bucaq sürəti qəbul edilir ki, bu hərəkətdə radius vektor 1 san-də 1 rad bucaq qədər dönsün.*

Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edən maddi nöqtə dövretmə perioduna bərabər müddətdə ($t = T$) tam bir dövr edir və bu zaman radius-vektor $\varphi = 2\pi$ radian bucaq qədər dönür. Ona görə də bərabərsürətli hərəkətdə bucaq sürəti ilə dövretmə periodu və ya tezliyi arasında aşağıdakı əlaqə yaranır:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu.$$

Xətti sürət. *Xətti sürət – maddi nöqtənin çevrə üzrə hərəkət sürətinin moduluna deyilir. Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkətdə xətti sürətin modulu sabit olub ($v = \text{const}$) istiqaməti isə daim dəyişir və trayektoriyanın istənilən nöqtəsində çevrəyə toxunan istiqamətdə yönəlir (c).*



Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkətdə xətti sürət ədədi qiymətəə gedilən yolun bu yolu getməyə sərf olunan zamana nisbətində bərabərdir:

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

Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edən maddi nöqtə dövretmə perioduna bərabər müddətdə ($t = T$) tam bir dövr edir və bu zaman maddi nöqtə çevrənin uzunluğuna bərabər yol gedir: $l = 2\pi R$. Bunu xətti sürətin ifadəsində nəzərə alsaq, xətti sürətlə bucaq sürəti arasında əlaqə düsturu alınır:

$$v = \frac{2\pi}{T} R = \omega R.$$

Mərkəzəqaçma təcili. Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkətdə xətti sürətin istiqamətinin dəyişmə yeyinliyi mərkəzəqaçma təcili və ya normal təcil adlanan fiziki

kəmiyyətlə xarakterizə olunur. *Mərkəzəqaçma təcili və ya normal təcil vektoru traektoriyanın hər bir nöqtəsində radius boyunca çevrənin mərkəzinə doğru yönəlir (bax: c). Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edən maddi nöqtənin mərkəzəqaçma təcilinin modulu xətti sürət kvadratının çevrənin radiusuna nisbətində bərabərdir:*

$$a = \frac{v^2}{R}.$$

Tətbiqetmə

İsbat edə bilərsinizmi?

İsbat edin ki:

1) çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkətdə xətti sürətlə tezlik aşağıdakı düsturla əlaqəlidir:

$$v = 2\pi vR.$$

2) çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkətdə mərkəzəqaçma təcili dövretmə periodu, tezliyi və dövrlərin sayı ilə aşağıdakı düsturlarla əlaqəlidir:

$$a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}; \quad a = 4\pi^2 v^2 R, \quad a = \frac{4\pi^2 N^2}{t^2} R.$$

3) çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkətdə mərkəzəqaçma təcili bucaq sürəti və xətti sürətlə aşağıdakı düsturlarla əlaqəlidir:

$$a = \omega v.$$

Nəticənin müzakirəsi:

- Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edən maddi nöqtənin xətti sürətinin çevrənin radiusundan, dövretmə periodu və tezliyindən asılılıq qrafiklərini qurun.
- Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edən maddi nöqtənin mərkəzəqaçma təcilinin çevrənin radiusundan, dövretmə periodu və tezliyindən asılılıq qrafiklərini qurun.

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

- Qol saatının saniyə əqrəbinin uzunluğu 2 sm, dəqiqə əqrəbinin uzunluğu isə 1,5 sm-dir. Hansı əqrəbin ucunun mərkəzəqaçma təcilinin modulu daha böyükdür və bu fərq nə qədərdir?
- Həyatınızda çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkətə harada rast gəlmisiniz? Onların dövretmə periodu və tezliyi haqqında nə deyə bilərsiniz?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərstdə hansı anlayış və kəmiyyətləri təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Nə üçün çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkətdə təcil mərkəzəqaçma və ya normal təcil adlanır?
3. Günəş ətrafında dövr edən Yer mərkəzəqaçma təcilinin modulunu hesablayın (Yer orbitini radiusu $R = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$ olan çevrə qəbul edin).
4. Yer kürəsi Günəş ətrafında hansı xətti sürətlə dövr edir (Yer orbitini radiusu $R = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$ olan çevrə qəbul edin)?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Verilən anlayış və kəmiyyətlərə tərif yazın: “dönmə bucağı”, “bucaq sürəti”, “xətti sürət”, “mərkəzəqaçma təcili”, “dövretmə periodu”, “dövretmə tezliyi”.

• **LAYİHƏ** • Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkətin “ANLAYIŞLAR XƏRİTƏSİ” Nİ qurun.

1.1. N maddi nöqtəsinin XOY müstəvisində koordinatlarını təyin edin: nöqtənin radiusvektoru OX oxu ilə 30° bucaq təşkil edir, onun modulu isə 5 m-dir.

1.2. M maddi nöqtəsinin koordinatları $x_M = 1$ m və $y_M = 1,5$ m, N nöqtəsinin koordinatları isə $x_N = 3$ m və $y_N = -2$ m-dir.

Təyin edin:

a) bu vektorun OX və OY oxları üzərindəki proyeksiyasını;

b) M və N nöqtələrini birləşdirən vektorun modulunu;

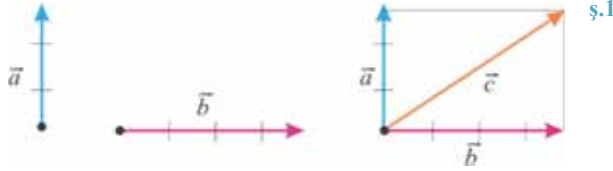
c) onun OX oxu ilə əmələ gətirdiyi bucağı.

1.3. \vec{a} və \vec{b} vektorları qarşılıqlı perpendikulyardır (§.1).

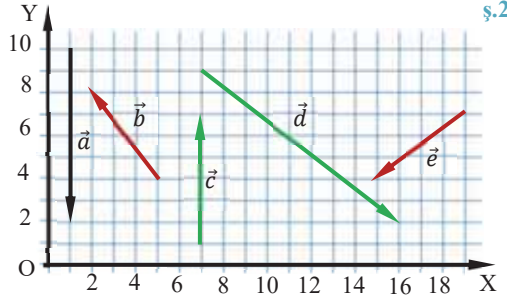
Təyin edin:

a) əvəzləyici vektorun istiqamətini;

b) əvəzləyici vektorun modulunu.



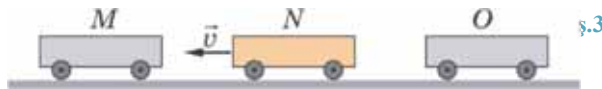
1.4. Şəkildə təsvir edilən vektorların OX və OY koordinat oxları üzərində proyeksiyalarını müəyyən edin (§.2).



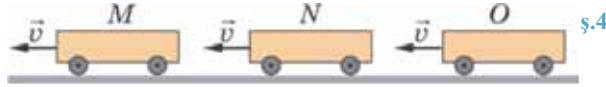
1.5. İdmançı qaçaraq radiusu 60 m olan dairəvi trayektoriya üzrə 10 dövr etdi. İdmançının getdiyi yolu təyin edin. Onun yerdəyişməsinin modulu nəyə bərabərdir ($\pi = 3$)?

1.6. Uzunluğu 8 sm olan saatın saat əqrəbinin uc nöqtəsinin $t_1 = 3$ saat, $t_2 = 6$ saat, $t_3 = 9$ saat, $t_4 = 12$ saat zaman fasilələrinə uyğun getdiyi yolu və yerdəyişməsinin modulunu təyin edin ($\pi = 3$).

1.7. N arabacığı yerə nəzərən hərəkətdə, M və O arabacıqları isə sükunətdədir (§.3). Hesablama sistemi N arabacığı ilə əlaqədar olarsa, bu sistemə görə M və O arabacıqlarının vəziyyətləri haqqında nə demək olar?



- 1.8. M, N və O arabacıqlarının hər üçü eyni istiqamətdə və eyni sürətlə hərəkət edir (§.4). Hesablama sistemi N arabacığı ilə əlaqədar olarsa, bu sistemə görə M və O arabacıqlarının vəziyyətləri haqqında nə demək olar?



- 1.9. Velosipedçi 10 m/san sabit sürətlə əvvəlcə 3 km şimala, sonra isə 4 km şərqə hərəkət etdi. Təyin edin: a) velosipedçinin bütün yola sərf etdiyi vaxtı; b) onun yerdəyişməsinin modulunu.

- 1.10. Sürət modulunun verilən qiymətlərini $\frac{m}{san}$ -yə çevirin:

$$v_1 = 180 \frac{km}{saat}; v_2 = 2,4 \frac{km}{daq}; v_3 = 16 \frac{km}{san}; v_4 = 120 \frac{sm}{san}.$$

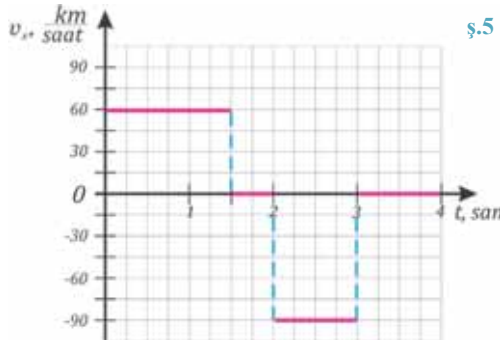
- 1.11. Futbolçu meydanda sabit $v = 5 \frac{m}{san}$ sürəti ilə əvvəlcə cənuba $l_1 = 20 m$, sonra qərba $l_2 = 40 m$, daha sonra isə şimala $l_3 = 30 m$ qaçdı.

Təyin edin: a) futbolçunun qaçdığı ümumi yolu; b) onun yerdəyişməsinin modulunu; c) başlanğıc vəziyyətinə həmin sürətlə düz xətt boyunca qayıtmasına sərf etdiyi müddəti.

- 1.12. Şəkilə sürət proyeksiyasının zamandan asılılıq qrafiki verilmişdir (§.5). Qrafikə uyğun gələn hərəkəti təsvir edin.

Təyin edin:

- a) yerdəyişmənin modulunu;
b) 0 – 4 saat zaman fasiləsində gedilən yolu;
c) təcilini..



- 1.13. Helikopter Bakıdan “Neft daşları”na uçur. Onun havaya nəzərən hərəkət sürətinin modulu $v_1 = 108 km/saat$ -dir. Heliokopterin hərəkətinin əksi istiqamətində əsən küləyin sürətinin modulu $v_2 = 10 m/san$ -dir.

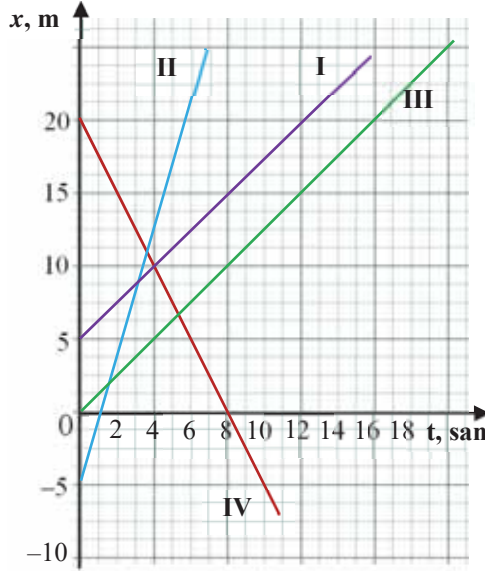
Təyin edin:

- a) helikopterin Yerə nəzərən sürətinin modulunu;
b) 30 dəq müddətindəki Yerə nəzərən yerdəyişməsini. Hərəkətin sxemini çəkin.

- 1.14. Əvvəlki məsələni küləyin əsmə istiqamətinin helikopterin hərəkət istiqamətinə perpendikulyar olduğu hal üçün həll edin. Hərəkətin sxemini çəkin.

- 1.15. Şəkil 6-da cismin hərəkət qrafiki təsvir edilmişdir. Qrafiki diqqətlə nəzərdən keçirib aşağıdakı sualları cavablandırmağa çalışın.

§.6



I sual. Qrafiklər hansı növ hərəkəti təsvir edir?

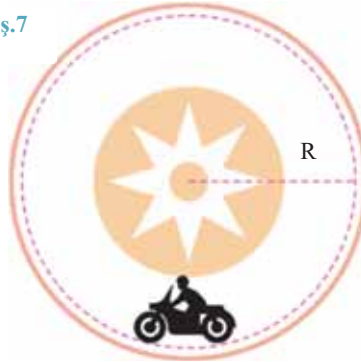
II sual. Cisimlərin hərəkətləri bir-birindən nə ilə fərqlənir?

III sual. Hansı cisim daha böyük, hansı cisim isə ən kiçik sürətlə hərəkət edir?

IV sual. Cisimlərin hərəkət tənlikləri necə yazılır?

- 1.16. Motosikletçi sirkdə radiusu 4 m olan silindrik formalı divar boyunca fırlanma hərəkəti edir (§.7. *yuxarıdan görünüşü*). Motosikletçinin mərkəzəqaçma təcilinin $25 \frac{m}{san^2}$ olduğunu bilərək onun xətti və bucaq sürətlərini təyin edin.

§.7



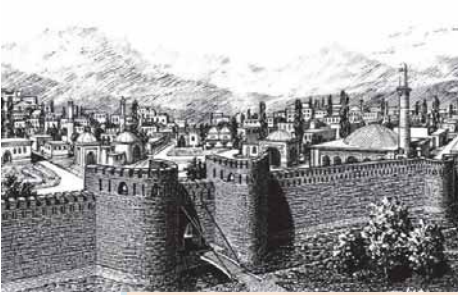
- 1.17. Velosipedin təkərinin diametri 0,5 m-dir. Təkərin fırlanma tezliyi nə qədər olmalıdır ki, velosipedçinin sürəti $10 \frac{m}{san}$ olsun ($\pi = 3$)?

DİNAMİKANIN ƏSASLARI

Gəncə zəlzəlesi

1139-cu il sentyabr ayının 30-da gecə Qədim Şərqi nəhəng şəhərlərindən olan Gəncədə güclü zəlzələ baş vermişdir. Tarixi mülahizələrə görə bu təbii fəlakət nəticəsində 230 000 insan dağıntılar altında qalaraq həlak olmuşdur.

Nizami Gəncəvi "İskəndərnamə"də Gəncə zəlzələsini belə təsvir etmişdir:



Qədim Gəncə, zəlzələdən əvvəl, 1139-cu il.

Qopdu bir zəlzələ, göyü oynatdı,
Şəhərlər dağılıb yerlərə batdı.
Dağ – daş sarsılaraq qopub uçanda
Fələk toz altında qaldı bir anda...
Fələk zəncirinin həlqələr itək
Yerin də bəndləri ayrıldı tək-tək.

Azdı yollarını gur axan sular,
Dağlar çırpışmaqdan bitab oldular.
Heç bir göz səlamət qalmadı inan
Matəm sürməsinə qerq oldu cahan.
O qədər xəzinə batdı o gecə,
O şənbə gecəsi yox oldu Gəncə.

- Niyə zəlzələdə tikililər dağılır, çaylar məcrasını dəyişir, dağlar qopub uçur?

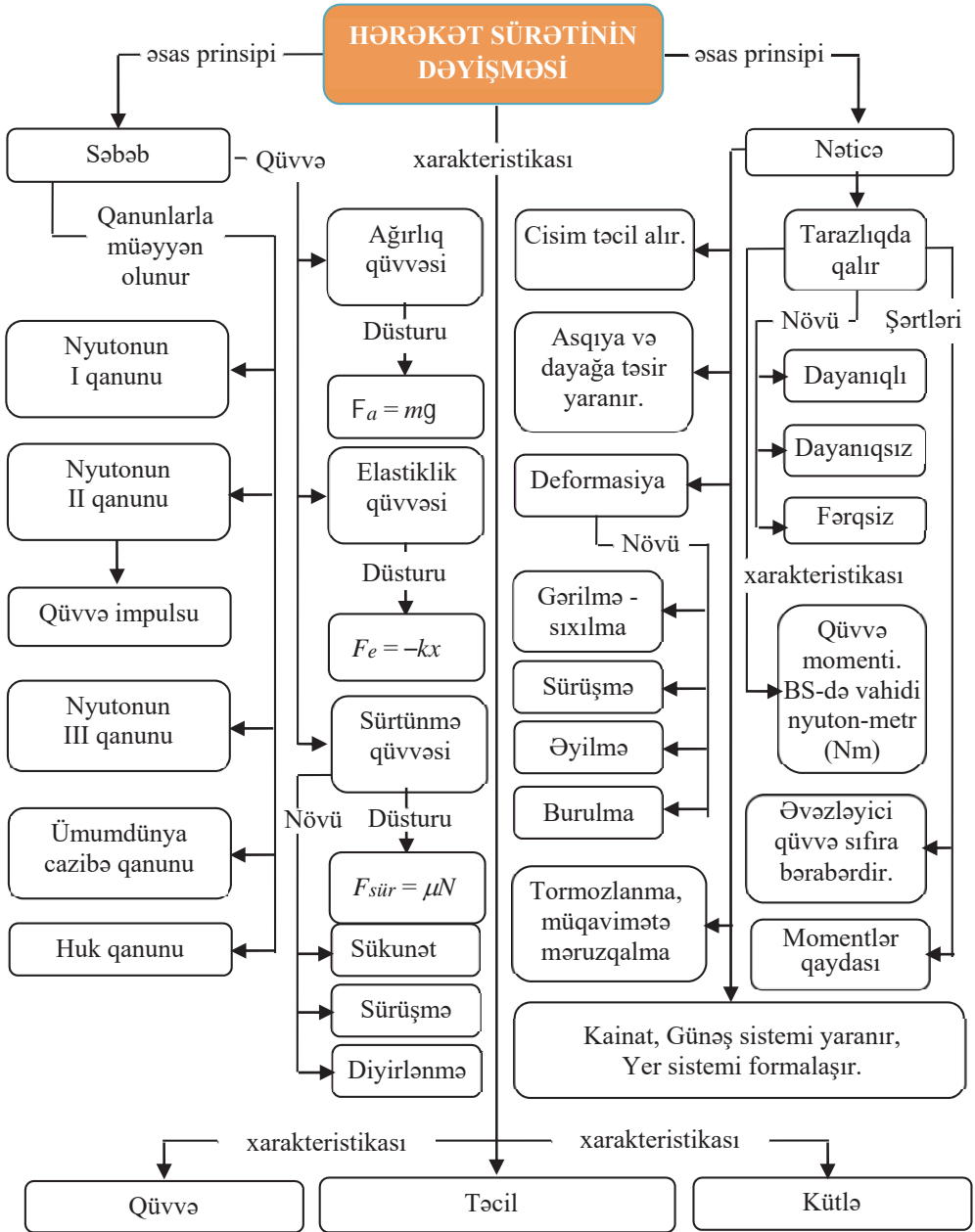


Günəş sistemi planetləri içərisində ən uca dağ Mars səthindəki Olimp dağıdır. Onun zirvəsi planetin səthindən 26 000 m yüksəklikdədir.

Yer planetində isə ən uca zirvə Everestdir, onun dəniz səviyyəsindən hündürlüyü 8 847 m-dir. Alimlərin hesablamalarına görə, Yer səthində dağlar 15 000 m-dən uca ola bilməz.

- Niyə Yer səthində dağlar 15 000 m-dən uca ola bilməz?

Fəslin "Anlayışlar xəritəsi"



2.1 DİNAMIKANIN ƏSAS MƏSƏLƏSİ. QÜVVƏ. ƏVƏZLƏYİCİ QÜVVƏ. KÜTLƏ

Vəli və Asif sketbordda hərəkət edərək müxtəlif hündürlüklərdən tullanırdılar. Belə tullanırların birində Asif ayağından ciddi zədə aldı.

- **Asifin müəyyən hündürlükdən atıldığı zaman zədə almasının səbəbi nədir?**



Məktəb həkimi şagirdləri müayinə edəndə Lalənin onurğa sütununda əyrilik baş verdiyini aşkarladı.

- **Lalənin onurğa sütununda əyriliyin baş verməsi hansı səbəblərdən yaranı bilər?**



Suda batmaq təhlükəsindən xilas olmaq üçün istifadə olunan vasitələrdən biri xilasedici dairedir. Şəkilə bu vasitədən düzgün istifadə etmək texnikası təsvir edilmişdir.



- **Xilasedici dairedən istifadə etmə texnikası hansı fiziki hadisəyə əsaslanır?**

Araşdırma 1

Qüvvələrin əvəzlənməsi nə deməkdir?

Təchizat: “Statikaya aid cihazlar” dəsti, marker, xətkəş.

İşin gedişi.

1. “Statikaya aid cihazlar” dəstindən götürülən yayın bir ucu maqnit tutuqla metal lövhəyə bərkidilir. Yayın sərbəst ucundakı halqa iki dinamometrlə elə dartılır ki, onlar bir-biri ilə düz bucaq təşkil etməklə uyğun olaraq 3 və 4 bölgülərini göstərsin (a).
2. Halqanın son vəziyyətini nöqtə, dinamometrlərin vəziyyətlərini isə ştrixlərlə işarələyin.
3. Dinamometrin birini uzaqlaşdırın, digərini isə elə dartın ki, halqa işarələdiyiniz nöqtə ilə üst-üstə düşsün. Lövhədə dinamometrin yeni vəziyyətini ştrixlə qeyd edin.
4. Dinamometri uzaqlaşdırın və halqanın vəziyyətini işarələdiyiniz nöqtədən üç ştrixdən keçən düz xətlər çəkin. Bu xətlər üzərində dinamometrlərin göstəricilərinə uyğun bərabərbölgüülü üç vektor qurun.
5. Vektorlar üzərində əməllərdən istifadə edərək əvəzləyici vektoru, onun istiqamət və modulunu düzgün müəyyənləşdirdiyinizi yoxlayın.



Nəticənin müzakirəsi:

- Əvəzləyici qüvvə hansı qüvvələrin toplanmasından alındı və onun modulu neçə bölgüyə bərabərdir?
- Əvəzləyici qüvvənin modulunu riyazi olaraq hansı düsturla təyin etmək olar? Bu düsturdan aldığınız qiymət eksperimentdəki nəticə ilə nə dərəcədə uyğundur?

Siz “Kinematika” fəslinin dərs materiallarını öyrənməklə bərabərsürətli hərəkəti bərabərtəcilli hərəkətdən fərqləndirməyi, bu hərəkətlərin tənliklərini yazmağı bacardınız. Lakin hərəkətin hansı səbəbdən bərabərsürətli, yaxud təcilli olduğunu araşdırmadınız. Bu sual mexanikanın **dinamika** bölməsində öyrənilir.

- *Dinamika* (yun. “dinamikos” – qüvvətli, güclü) – hərəkətin xarakterini müəyyənləşdirən səbəbləri aşkar edən, bu səbəblərin hərəkətə necə təsir etdiyini öyrənən mexanika bölməsidir.
- *Dinamikanın əsas məsələsi* – qüvvənin təsirinə görə cismin hərəkətinin xarakterini, yaxud əksinə, cismin hərəkətinin xarakterinə görə ona hansı qüvvənin təsir etdiyini müəyyənləşdirməkdir.

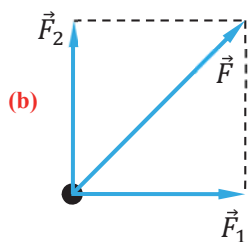
Dinamikada “qüvvə” anlayışı başlıca anlayış olub cisimlərin qarşılıqlı təsirini xarakterizə edən vektorial fiziki kəmiyyətdir (bax: *Fizika-7*, s. 30). Qüvvə vektorunun istiqaməti bir cismin digərinə təsir istiqaməti ilə üst-üstə düşür, onun modulu isə bu təsiri miqdarca ifadə edir. *Müəyyən bir qüvvədən danışıldıqda aydın təsəvvür olunmalıdır ki:*

- *Bu qüvvə hansı cismə təsir edir, yaxud hansı cismə tətbiq olunur?*
- *Cismə təsir edən qüvvə onun hansı nöqtəsinə tətbiq olunur?*
- *O hansı cismin təsirini xarakterizə edir?*
- *Bu qüvvə hansı xətt boyunca və necə yönəlmişdir?*
- *Onun modulu nəyə bərabərdir?*

Cismə bir-neçə qüvvə təsir edirsə, bu qüvvələr bir yekun qüvvə ilə əvəzlənir.

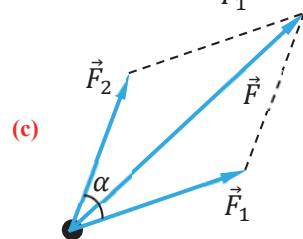
- *Əvəzləyici qüvvə – cismə təsir edən bütün qüvvə vektorlarının cəminə bərabərdir:*

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



Məsələn, əgər maddi nöqtəyə iki \vec{F}_1 və \vec{F}_2 qüvvələri bir-birinə perpendikulyar istiqamətdə təsir edirsə, onlar F qüvvə vektoru ilə əvəzlənə bilər (b). Bu qüvvənin modulu:

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}.$$



Əgər cismə təsir edən \vec{F}_1 və \vec{F}_2 qüvvə vektorları bir-biri ilə ixtiyari bucaq təşkil edərsə (c), əvəzləyici qüvvənin modulu *kosinuslar teoremi* (bax: *Riyaziyyat-9*) əsasında təyin edilir: $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2\cos(180^\circ - \alpha)}$.

Qüvvənin təsiri ilə cisim təcil aldığından dinamikada “təcil” anlayışı daha geniş mənə kəsb edir.

- *Cismin təcil alması – onun başqa cisimlərlə qarşılıqlı təsirdə olması deməkdir.*

- *Qarşılıqlı təsirdə olan iki cismin təcillərinin modullarının nisbəti onların kütlələrinin tərs nisbətində bərabərdir:*

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

Cismin təcili ilə kütləsi arasındakı bu münasibət kütlənin təyini üsullarından biridir. Belə ki, ixtiyari cismin kütləsini təyin etmək üçün əvvəlcə kütlə vahidi – kütlə etalonu olaraq hər hansı bir cismin kütləsi seçilir. Sonra elə eksperiment qoyulur ki, həmin eksperimentdə kütləsi təyin olunan cisim etalon qəbul edilən cisimlə qarşılıqlı təsirdə olsun. Bu halda həmin cisimlərin təcilləri ilə kütlələri arasındakı münasibətdən naməlum kütlə təyin edilir:

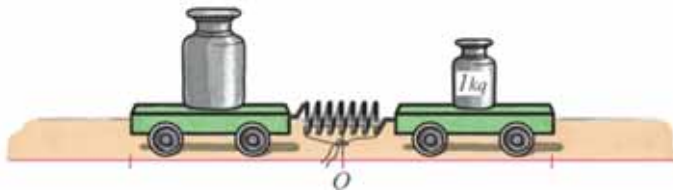
$$\frac{a_{et}}{a_c} = \frac{m_c}{m_{et}} \rightarrow m_c = m_{et} \cdot \frac{a_{et}}{a_c}.$$

Tətbiqetmə

Kütlənin təyini

Təchizat: arabacıq (2 əd.), etalon kütlə (1 kq-lıq çəki daşı), tədqiq olunan cisim (2 və ya 3 kq-lıq çəki daşı), nümayiş xətkəsi (1 m), saniyəölçən, yay, sap, alışıqan, marker.

(d)



İşin gedişi:

1. Üzərlərində 1 kq (şərti olaraq etalon qəbul edilən kütlə) və 2 kq çəki daşı qoyulmuş iki arabacığı müstəvi hamar səthdə qarşı-qarşıya yerləşdirin. Arabacıqlar arasında sıxılıb sapla bağlanmış yay yerləşdirin və “0” nöqtəsini qeyd edin (d).
2. Sapı yandırın və eyni anda saniyəölçəni işə salın. Arabacıqların müəyyən t zaman fasiləsindəki yerdəyişmələrinin proyeksiyalarını (gedilən yolu) xətkəslə ölçün və təcilləri hərəkətin kinematik tənliyindən hesablayın:

$$s = \frac{at^2}{2} \rightarrow a = \frac{2s}{t^2}.$$

3. Qarşılıqlı təsirdə olan iki cismin təcilləri ilə kütlələri arasındakı ifadədən axtarılan kütləni müəyyən edin (kütlə üçün alınan qiymətin 2 kq və ya 3 kq olub-olmadığını yoxlayın).
4. Bütün nəticələri 2.1 cədvəlində yazın.

Cədvəl 2.1

| No | m_{et}, kq | s_c, m | s_{et}, m | $a_c, \frac{m}{san^2}$ | $a_{et}, \frac{m}{san^2}$ | m_c, kq |
|----|--------------|----------|-------------|------------------------|---------------------------|-----------|
| 1 | 1 kq | | | | | (2 kq) |
| 2 | 1 kq | | | | | (3 kq) |

Nəticənin müzakirəsi:

- Arabacıqların aldıqları təcillər onlara hansı əvəzləyici qüvvənin təsirinin nəticəsidir? Bu qüvvələrin tətbiq nöqtələrini və istiqamətlərini sxematik göstərə bilərsinizmi?
- Arabacıqlara daha hansı qüvvələr təsir edir, onlardan hansılar bir-birinin təsirini tarazlaşdırır, bu qüvvələri sxematik göstərə bilərsinizmi?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Fərz edin ki, otaqdakı masanı iki nəfər itələyir. Onlardan biri nisbətən böyük qüvvə ilə qərbə, digəri isə nisbətən kiçik qüvvə ilə şimala. Masa hansı istiqamətə yerini dəyişər? Cavabınızı sxemlə əsaslandırın.

Özünüzü qiymətləndirin:

1. Dərstdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Dinamika kinematikadan nə ilə fərqlənir?
3. Cismlər arasında qarşılıqlı təsir hansı fiziki kəmiyyətlə xarakterizə olunur?
4. Cismə təsir edən qüvvəni müəyyənləşdirmək onun haqqında nəyi bilmək deməkdir? Cavabınızı əsaslandırın.
5. Cismə təsir edən bütün qüvvələrin əvəzləyicisi nə deməkdir?
6. Cismin təcil almasında kütlə nə kimi rola malikdir?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “dinamika”, “dinamikanın əsas məsələsi”, “qüvvə”, “əvəzləyici qüvvə”, “dinamikada təcil”, “kütlə”.

2.2

ƏTALƏTLƏ HƏRƏKƏT: NYUTONUN I QANUNU



Yay tətildə aşağıdakı hadisələri, yəqin ki, ya müşahidə etmişiniz, yaxud da özünüz yaşamışınız:

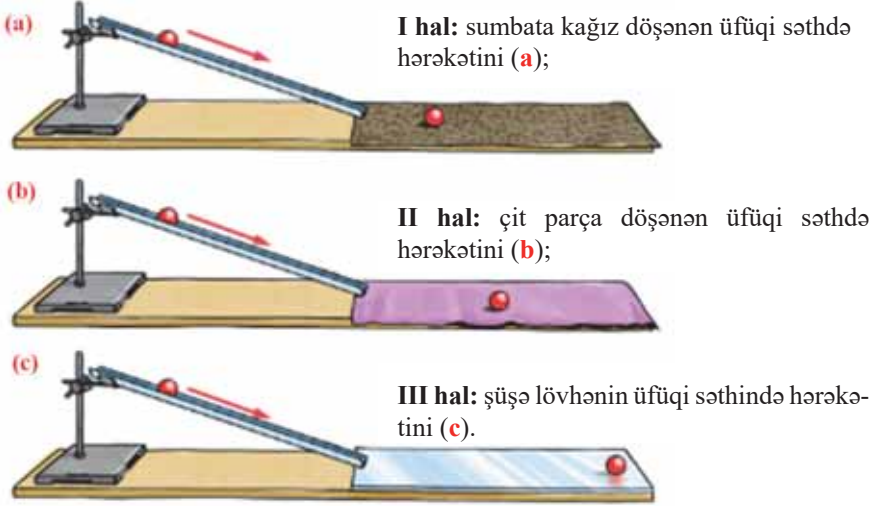
- a) Velosipedçi düzxətli yolda velosipedi bərabərsürətlə sürür;
- b) Hərdən o, ayaqlarını yerə qoymadan velosipedi sükunətdə saxlamağa çalışır;
- c) Velosipedçi diqqətsizlik səbəbindən təkərin daşa dəydiyini görmür və o, qəfil dayanan velosipedin üzərindən aşaraq yerə yığılır.

- Velosipedçinin düzxətli yolda bərabərsürətli hərəkət etməsinə səbəb nədir?
- Velosipedçinin ayaqlarını yerə qoymadan velosipedin üzərində öz tarazlığını saxlaya bilməsinə səbəb nədir?
- Velosipedçi nə üçün qəfil dayanan velosipedin üzərindən onun hərəkəti istiqamətində aşır?

Niyə fərqli yerdəyişmələr icra olundu?

Təchizat: Qaliley novu, metal kürəcik, üzvi şüşə lövhə, kobud sumbata kağızı (12–16 saylı), çit parça, mufta və tutqaçlı ştativ.

İşin gedişi: Novu mailliyi 30° olmaqla ştativə bərkidin. Kürəciyi yuxarıdan buraxıb onun üfüqi səth üzrə sonrakı hərəkətini üç halda müşahidə edin və hadisələrin səbəbi üzərində düşünün:

**Nəticənin müzakirəsi:**

- Kürəcik hansı səthdə sürətini, demək olar, itirdi, hansında artırdı? Nə üçün?

Dinamikanın əsasını İ.Nyutonun üç qanunu təşkil edir. Bu qanunlar çoxsaylı müşahidə və eksperimentlərin ümumiləşdirilməsinin nəticəsidir. İlk təcrübi ümumiləşməni XVII əsrdə yaşamış Q.Qaliley etmişdir. O sizin apardığımız araşdırmaya bənzər eksperimentlər nəticəsində *ətalət prinsipini* formalaşdırmışdır:

- *Əgər cismə başqa cisimlər təsir edirsə və onların bu təsirləri bir-birini tarazlaşdırarsa, cisim ya düzxətli bərabərsürətli hərəkət edər, yaxud da sükunətdə qalar.*

Qalileyin *ətalət* prinsipinə istinad edən Nyuton dinamikanın I qanununu formalaşdırır. Hazırda *Nyutonun I qanunu* belə ifadə olunur:

- *Elə hesablama sistemləri vardır ki, həmin sistemlərə görə cismə digər cisimlər təsir etmədikdə (və ya təsirlər bir-birini kompensasiya etdikdə) o, sükunətdə qalır və ya düzxətli bərabərsürətli hərəkət edir.*

Nyutonun I qanununun ödənildiyi bu hesablama sistemi *ətalət hesablama sistemi* (və ya *inersial hesablama sistemi*) adlanır. Yerə nəzərən sükunətdə və ya düzxətli bərabərsürətli hərəkətdə olan sistemlərə təqribən *ətalət hesablama sistemləri* kimi baxıla bilər. Məsələn, düzxətli bərabərsürətli hərəkət edən lokomotivlə bağlı hesablama sistemi *ətalət hesablama sistemi* qəbul oluna bilər.

Qeyd edək ki, "*ətalət hesablama sistemi*" anlayışı elmi abstraktdır. Real həyatda belə bir sistem mövcud deyildir, çünki təbiətdə mütləq sükunətdə olan cisim yoxdur.

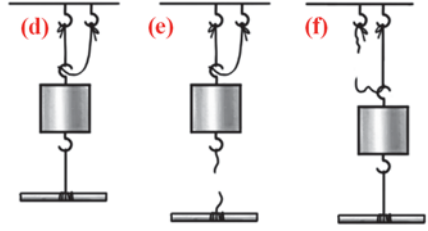
Tətbiqetmə

Sap nə üçün müxtəlif yerlərdən qırıldı?

Təchizat: iki tərəfindən qarmağı olan 1 kq-lıq metal silindr, sap, ştativ, dəstək.

İşin gedişi:

1. Silindri şəkildəki kimi ştativdən asın (d). Eyni şərait yaratmaq məqsədilə silindrin aşağı və yuxarı qarmağına bağlanan sapların eyni uzunluqda olmasına diqqət yetirin. Sap qırılan zaman ağır silindrin düşməsinin qarşısını almaq üçün o, möhkəm qaytanla dayağa bağlanır.
2. Aşağıdakı sapın ilğayinə keçirilən dəstəkdən tutaraq azca yuxarı qaldırın və birdən aşağı dartın. Bu zaman hansı sapın qırıldığına diqqət yetirin (e).
3. Qırılan sapı yenisi ilə əvəz edin və dəstəyə tətbiq olunan dartı qüvvəsini birdən deyil, tədricən artırmaqla onu yavaş-yavaş aşağı dartın. Bu zaman hansı sapın qırıldığına diqqət yetirin və müşahidə etdiyiniz hadisələrin səbəbi üzərində müzakirələr aparın (f).



Nəticənin müzakirəsi:

- Nə üçün dəstəyi birdən aşağı dartdıqda aşağıdakı sap qırıldı?
- Dəstəyi tədricən, yavaş-yavaş dartdıqda isə silindrin asıldığı yuxarı sap qırılır. Nə üçün?
- Bu eksperimentin Nyutonun I qanunu ilə nə əlaqəsi var?

İpucu. Cismnin ətalətliliyinin necə meydana çıxdığı, cisimlərin bir-birinə təsiretmə müddətlərinin rolunu nəzərə alın.

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

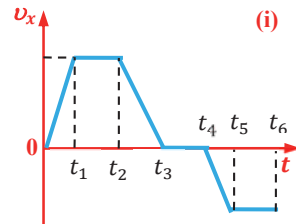
Yəqin ki, sirkdə belə bir nömrəni müşahidə etmişiniz: üfüqi uzanan pəhləvanın sinəsi üzərinə ağır zindan (50–60 kq) qoyulur, assistent isə gürzü zərbə zindana vurur (h). Pəhləvan üçün bu zərbələr heç bir təhlükə yaratmır, lakin o, döş qəfəsi üçün ciddi təhlükə yarada bilən bir hadisənin baş verməsindən hər zaman qorxub ehtiyat edir. Bu hansı hadisədir?

(h)



Özünüzi qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Nyutonun I qanunu bəzən ətalət qanunu da adlanır, nə üçün?
3. Şəkildə cismnin sürət proyeksiyası-zaman qrafiki verilmişdir (i). Hansı zaman fasiləsində cismə təsir edən qüvvələr bir-birini tarazlaşdırır?



NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan müddəalar haqqında qısa esse yazın: “ətalət prinsipi”, “ətalət hesablaması sistemi”, “Nyutonun I qanunu”.

2.3 DİNAMİKANIN ƏSAS QANUNU: NYUTONUN II QANUNU

Peşəkar voleybolçu sürətlə gələn topu qəbul etmək üçün əvvəlcə, birləşdirdiyi əllərini irəli uzadır, topu qəbul etdiyi an isə əllərini topun hərəkət istiqamətində geriye qaytarır.



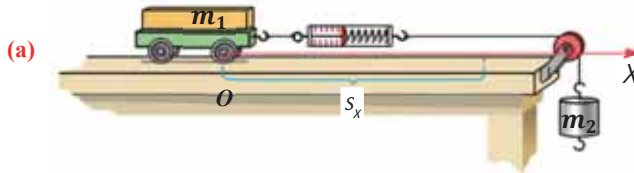
- Voleybolçu sürətlə üzərinə gələn topu qəbul edən an niyə əl birləşməsini geri qaytarır?

Təcil və qüvvə arasında hansı asılılıq var?

Təchizat: tribometr, blok, sap, tircik, dinamometr, arabacıq, yüklər dəsti (1 N-luq), saniyəölçən, tərəzi və çəki daşları.

İşin gedişi:

1. Tribometri masada üfqi yerləşdirin. Onun səthinə arabacığı qoyub içərisində tirciyi yerləşdirin. Dinamometrin bir ucunu arabacığa birləşdirin, digər ucuna isə sap bağlayıb blokdan aşırın. Sapın açıq ucundan yük asıb saniyəölçəni işə salın, aşağıdakı kəmiyyətləri təyin edin və nəticələri 2.2 cədvəlinə yazın (a):
 - a) arabacığın müəyyən s_x yerdəyişməsinə sərf olunan t_1 zaman fasiləsini;
 - b) dinamometrin göstəricisinə əsasən arabacığa təsir edən F_{1x} əvəzləyici qüvvəsini.
2. Sapın ucundakı yükün qarmağından ikinci yük asıb təcrübəni təkrarlayın: arabacığın eyni s_x yerdəyişməsinə sərf olunan t_2 zaman fasiləsini və arabacığa təsir edən F_{2x} əvəzləyici qüvvənin qiymətini cədvəldə qeyd edin.



3. Uyğun ifadələrə əsasən $a = \frac{2s}{t^2}$ düsturundan arabacığın a_{1x} və a_{2x} təcillərini hesablayın.

Cədvəl 2.2

| Nö | s_x, m | m_1, kq | m_2, kq | t, san | $a_x, \frac{m}{san^2}$ | F_x, N |
|----|----------|-----------|-----------|----------|------------------------|----------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |

Nəticənin müzakirəsi:

- Araşdırmadan arabacığa təsir edən əvəzləyici qüvvə ilə onun aldığı təcil arasında hansı asılılıq müəyyən etdiniz?

Araşdırmadan müəyyən etdiniz ki, verilən kütləli cismin təcili ona təsir edən əvəzləyici qüvvə ilə düz mütənasibdir:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{F_1}{F_2}$$

Digər tərəfdən, bilirsiniz ki, müxtəlif kütləli cismlər eyni əvəzləyici qüvvənin təsiri altında müxtəlif təcillər alır – cismin təcili onun kütləsi ilə tərs mütənasibdir:

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

Bu asılılıqları Nyuton araşdırmış və qanun şəklində ümumiləşdirmişdir. *Nyutonun II qanunu* adlanan həmin qanun belə ifadə olunur:

• *Ətalət hesablamada sistemində cismin aldığı təcil ona təsir edən qüvvələrin əvəzləyicisi ilə düz, bu cismin kütləsi ilə tərs mütənasibdir:*

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

və ya

$$m\vec{a} = \vec{F}. \quad (2.2.)$$

Qanunu belə də ifadə etmək olar: *cismə təsir edən əvəzləyici qüvvə cismin kütləsi ilə təcilinin hasilinə bərabərdir: $\vec{F} = m\vec{a}$.*

Nyutonun II qanunundan qüvvənin BS-də vahidi olan *nyutonun* ifadəsi müəyyən edilmişdir:

• *1 nyuton elə qüvvənin vahidinə deyildir ki, onun təsiri ilə kütləsi 1 kq olan cisim $1 \frac{m}{san^2}$ təcil alsın: $[F] = [m][a] = 1 \frac{kq \cdot m}{san^2} = 1N$.*

Qüvvə hərəkət sürətini dəyişən səbəbdır! Kinematikadan bilirsiniz ki, cismin təcili onun sürət dəyişməsinin yeyinliyidir:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}. \quad (2.3)$$

Bu ifadəni Nyutonun II qanununda nəzərə alsaq:

$$\frac{m \cdot (\vec{v} - \vec{v}_0)}{\Delta t} = \vec{F}.$$

Sadələşmə aparsaq, alırıq:

$$\frac{m\vec{v} - m\vec{v}_0}{\Delta t} = \vec{F} \quad \text{və ya} \quad \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t} = \vec{F}. \quad (2.4)$$

Burada $m\vec{v}$ – *impuls (və ya hərəkət miqdarı)* adlanır.

• *İmpuls – mexaniki hərəkətin miqdarı olub cismin kütləsi ilə onun sürəti hasilinə bərabər vektorial fiziki kəmiyyətdir. İmpuls \vec{p} hərfi ilə işarə edilir:*

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (2.5)$$

İmpulsun BS-də vahidi: $[p] = [m] \cdot [v] = 1 \frac{kq \cdot m}{san}$.

Nyutonun II qanununu hərəkət miqdarı əsasında belə də ifadə etmək olar:

• *Cismin hərəkət miqdarının dəyişməsi ona təsir edən əvəzləyici qüvvə istiqamətində baş verir və o həmin qüvvə ilə mütənasibdir:*

$$\Delta(m\vec{v}) = \vec{F}\Delta t. \quad (2.6)$$

• Qüvvə ilə onun təsir müddətinin hasilinə *qüvvə impulsu* deyilir.

Burada $\vec{F}\Delta t$ – *qüvvə impulsu* adlanır.

Qüvvə impulsu vektorial kəmiyyət olub istiqamətcə əvəzləyici qüvvənin təsir istiqamətindədir. Onun BS-də vahidi *nyuton-saniyədir*:

$$[F\Delta t] = 1N \cdot san = 1 \frac{kq \cdot m}{san}.$$

Beləliklə, Nyutonun II qanunu dinamikanın mühüm bir faktını ümumiləşdirdi:

• *Qüvvənin təsiri hərəkət sürətinin özünü deyil, onun dəyişməsinə – təcili doğurur.*

Tətbiqetmə**Nyutonun II qanununu tətbiq edək**

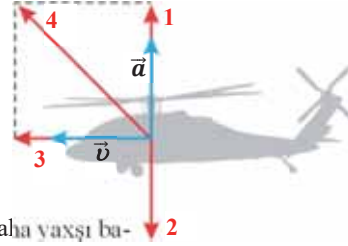
Məsələ. Bərabərtəcilli hərəkət edən 5 kq kütləli cisim 3 san müddətində sürətini $2 \frac{m}{san}$ -dən $4 \frac{m}{san}$ -yə dəyişdi. Təyin edin: a) cismin təcilini; b) cismə təsir edən əvəzləyici qüvvənin modulunu; c) cismə təsir edən qüvvə impulsunu; d) cismin sürət dəyişməsinin baş verdiyi müddətdəki yerdəyişməsini.

Nəticənin müzakirəsi:

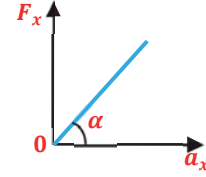
- Cismin təcilini hansı düsturla təyin etdiniz?
- Cismə təsir edən əvəzləyici qüvvə ona təsir edən qüvvə impulsundan nə ilə fərqlənir?
- Cismin yerdəyişməsini necə təyin etdiniz?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Şəkildə hərəkətdə olan helikopterin müəyyən andakı təcil və sürətinin istiqamətləri təsvir edilmişdir. Helikoptərə təsir edən əvəzləyici qüvvə və qüvvə impulsunun istiqamətini təyin edin.

**Özünü qiymətləndirin:**

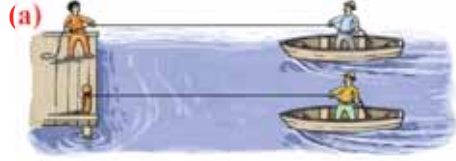
1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Nyutonun II qanununun $m\vec{a} = \vec{F}$ düsturuna istinad etməklə cismə təsir edən əvəzləyici qüvvənin onun kütləsindən və təcilindən asılı olduğunu söyləmək olarmı? Nə üçün?
3. Əgər cismə eyni zamanda dörd qüvvə – $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ və \vec{F}_4 qüvvələri təsir edərsə, Nyutonun II qanunu necə yazılar?
4. Cismin sürətinin istiqaməti ona təsir edən əvəzləyici qüvvənin təsir istiqamətinin əksinə ola bilərmi? Cavabınızı misallarla əsaslandırın.
5. Şəkildə verilən əvəzləyici qüvvə proyeksiyası-təcil proyeksiyası qrafikində α bucağının tangensi nəyi ifadə edir?

**NƏ ÖYRƏNDİNİZ?**

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “cismin təcillərinin nisbəti ...”, “Nyutonun II qanunu”, “impuls”, “qüvvə impulsu”, “1 nyuton”, “cismə təsir edən əvəzləyici qüvvə”.

2.4 TƏSİR VƏ ƏKS TƏSİR: NYUTONUN III QANUNU

Sahilə iki eyni qayıq yan alır: buna qayıqçılar kəndiri dartmaqla nail olurlar. Belə ki, birinci qayıq bir ucu sahildəki dirəyə bağlanmış kəndirin digər ucundan qayıqdakı qayıqçı tərəfindən dartılır. İkinci qayıq kəndirin bir ucundan qayıqdakı qayıqçı, digər ucundan isə sahildə duran adam dartır (a). Hər üç adam eyni qüvvə tətbiq edir.



• Hansı qayıq sahilə daha tez çatar? Cavabınızı əsaslandırın.

1 Araşdırma

Cismin digər cisimlə qarşılıqlı təsirində ikinci cisimdə nə baş verir?

Təchizat: nümayiş dinamometri (2 əd.), muftası olan ştativ (2 əd.).

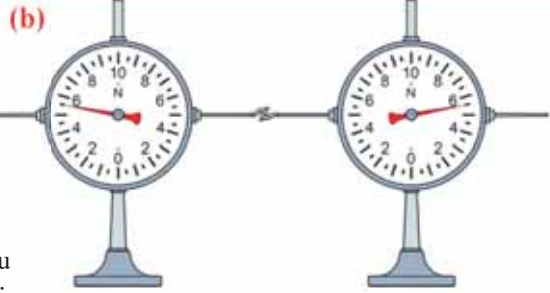
İşin gedişi: Dinamometrləri oxları üfüqi olmaqla ştativlərə bərkidin.

Oxların qarmaqlarını birləşdirib ştativləri əks tərəflərə dartın (b). Bu zaman iki hadisəni diqqətlə izləyin:

- a) dinamometrlərin göstəricilərini;
- b) dinamometrlərin əqrəblərinin meyil istiqamətlərini.

Nəticənin müzakirəsi:

- Dinamometrlərin bir-birinə təsir etdikləri qüvvələrin modulları haqqında nə deyə bilərsiniz?
- Dinamometrlərin əqrəblərinin meyil istiqamətlərinə əsasən təsir və əks təsir qüvvələrinin istiqamətləri haqqında hansı nəticəyə gəlmək olar?



Araşdırmadan müəyyən etdiniz ki, dinamometrlərin bir-birinə təsir etdikləri qüvvələr modulca bərabər, istiqamətcə əksdir (əqrəblər əks istiqamətlərə meyil etdi):

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2. \quad (2.7)$$

Bu bərabərlik *Nyutonun III qanununu* ifadə edir:

• *Ətalət hesablama sistemində iki cisim bir-birinə modulca bərabər, eyni bir düz xətt üzrə əks istiqamətlərə yönələn qüvvələrlə qarşılıqlı təsir edir.*

Nyutonun bu qanunu göstərir ki, cisimlər bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdə olduqları üçün qüvvələr həmişə cüt-cüt meydana çıxır. Bu o deməkdir ki, əgər ixtiyari cismə ikinci bir cisim müəyyən qüvvə ilə təsir edirsə, bu cisim də ikinci cismə mütləq modulca eyni, istiqamətcə əks tərəfə yönələn qüvvə ilə təsir edir. Nyutonun II qanununa görə, bu qüvvələr cisimlərə istiqamətcə bir-birinin əksinə yönəlmiş təcillər verəcək:

$$m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2. \quad (2.8)$$

Burada m_1 və m_2 uyğun olaraq qarşılıqlı təsirdə olan cisimlərin kütlələri, \vec{a}_1 və \vec{a}_2 həmin cisimlərin təcilləridir.

Nyutonun III qanunundan aşağıdakı nəticələr çıxır:

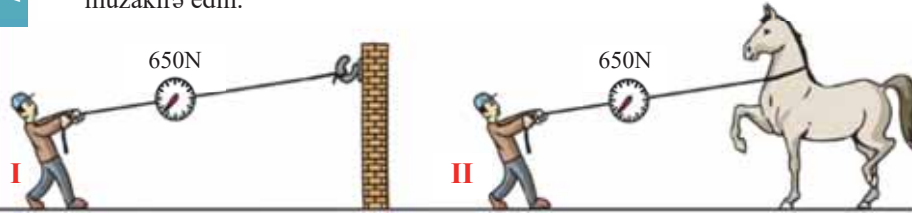
- *Cisimlərin qarşılıqlı təsiri zamanı eyni anda yaranan qüvvələr eyni təbiətlidir. Məsələn, iki küərə elastiki toqquşduqda onlar bir-birinə eyni təbiətli (elektromaqnit təbiətli) qüvvə ilə təsir edir.*
- *Qarşılıqlı təsir nəticəsində meydana çıxan qüvvələr müxtəlif cisimlərə tətbiq olunur. Ona görə də bu qüvvələr heç vaxt bir-birini tarazlaşdırma bilmir – bir-birinin təsirini kompensasiya edə bilmir. Yalnız bir cismə tətbiq olunan qüvvələr bir-birinin təsirini kompensasiya edə bilər.*

2
Araşdırma

Tətbiqetmə. Hansı müddəə doğrudur?

Məsələ. Şəkilə iki hadisə təsvir edilmişdir:

- Oğlan divara bağlanmış kəndiri dartır. Bu zaman kəndirin üzərindəki dinamometr 650 N qüvvə tətbiq olduğunu göstərir (I);
- Oğlan atın boynuna bağlanmış kəndiri dartır. Bu zaman həmin kəndirin üzərindəki dinamometr də 650 N qüvvəni göstərir (II). Təsvirləri araşdırıb aşağıdakıları müzakirə edin.



Nəticənin müzakirəsi:

- Hansı halda oğlan daha böyük qüvvə tətbiq edir: divara, yoxsa atın boynuna bağlanan kəndiri dartdıqda? Nə üçün?
- Bu hadisələrdə oğlanla divar və oğlanla at arasında yaranan qarşılıqlı təsir qüvvələrinin tətbiq nöqtələrini və istiqamətlərini təsvirdə göstərə bilərsinizmi?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

- Yəqin ki, suda üzən balıqları müşahidə etmişiniz: balıq üzgəclərinin köməyi ilə suyu arxaya itələyir və istədiyi istiqamətdə üzür. Balıqla bağlı hesablama sisteminə görə onun üzməsinin təmin edən təsir və əks təsir qüvvələri necə yaranır? Bu qüvvələrin hara tətbiq olduğu, hansı istiqamətə yönəldiyi və modulları arasındakı münasibət haqqında nə deyə bilərsiniz?
- Nyutonun III qanununun tətbiqinə aid gündəlik həyatda rast gəldiyiniz hadisələrdən misal göstərə bilərsinizmi?

Özünü qiymətləndirin:

- Dərstdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
- İki cismin qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranan qüvvələr arasında ümumi və fərqli cəhət nədir?
- Qarşılıqlı təsir nəticəsində yaranan qüvvələr bir-birinin təsirini kompensasiya edə bilərmi? Niyə?
- Nyutonun III qanunu əvvəlki iki qanunun müəyyən edə bilmədiyi hansı problemi həll etdi?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan müddəələr haqqında qısa esse yazın: “Təsir-əks təsir”, “Nyutonun III qanunu”.

Bilirsiniz ki, Yer səthində sərbəstdüşmə təcili $9,81 \text{ m/san}^2$, Ay səthində isə – 6 dəfə kiçik olub $1,2 \text{ m/san}^2$ -dir.

- Necə bilirsiniz, eyni kütləli cismi eyni hündürlükdən buraxdıqda harada daha tez düşər: Yer səthində, yoxsa Ayda? Niyə?

Astronavtlar uzun sürən kosmik səfərdən qayıtdıqdan sonra, akklimatizasiya proseduru keçirlər. Belə ki, onlar addımlamağı və əşyalarla rəftar etməyi yenidən “öyrənirlər”.

- Niyə astronavtlar uzun sürən kosmik səfərdən qayıtdıqdan sonra akklimatlaşma proseduru keçirlər?



Bilirsiniz ki, Kainatdakı bütün cisim və zərrəciklər – qalaktika ulduzları, Günəş və planetlər, Yer sistemi cisimləri, molekullar, atomlar və s. bir-birini *cazibə qüvvəsi* (və ya *qravitasiya qüvvəsi*) adlanan qüvvə ilə cəzb edir. İ.Nyuton bu qüvvənin asılı olduğu kəmiyyətləri araşdırdıqdan sonra onun dünyəvi xarakter daşdığını müəyyən edən qanun – *Ümumdünya cazibə qanununu* formalaşdırdı.

- İki maddi nöqtə arasındakı qarşılıqlı cazibə qüvvəsi onların kütlələrinin hasilindən düz, aralarındakı məsafənin kvadratından tərs mütənəsb asılıdır:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}. \quad (2.9)$$

Burada F – cazibə (qravitasiya) qüvvəsinin modulu, m_1 və m_2 – maddi nöqtələrin kütlələri, r – maddi nöqtələr arasındakı məsafə, G – mütənəsblik əmsalı olub, *Ümumdünya cazibə sabiti* və ya sadəcə *qravitasiya sabiti* adlanır.

Qravitasiya sabitinin BS-də vahidi: $[G] = \frac{[F] \cdot [r^2]}{[m] \cdot [m]} = 1 \frac{N \cdot m^2}{kq^2}$.

- *Qravitasiya sabiti* – qiymətə kütlələri 1 kq , aralarındakı məsafə 1 m olan iki maddi nöqtə arasındakı qarşılıqlı cazibə qüvvəsinə bərabərdir.

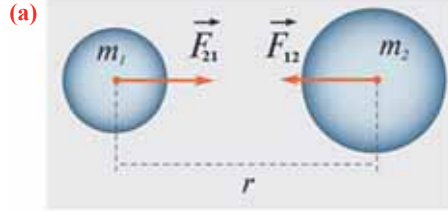
Qravitasiya sabitinin ədədi qiymətini təcrübə olaraq 1798-ci ildə ingilis alimi Henri Kavendiş (1731–1810) təyin etmişdir. Bu qiymət dünyəvidir – Kainatda bütün cisimlər üçün, ölçülərindən və kütlələrindən asılı olmayaraq eynidir:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kq^2}. \quad (2.10)$$

Göründüyü kimi, qravitasiya sabitinin ədədi qiyməti çox kiçikdir. Buna görə də, nisbətən kiçik kütləli cisimlər arasında cazibə qüvvəsi hiss olunmur. Yalnız çox böyük kütləli cisimlər, məsələn, ulduz – planet, planet – peyk, planet – planet sisteminin

cisimləri və s. arasında cazibə qüvvəsi hiss ediləcək dərəcədə böyük qiymətə malikdir.

Verilən şəraitdə maddi nöqtə kimi baxıla bilməyən iki ixtiyari cisim arasındakı cazibə qüvvəsi də Ümumdünya cazibə qanununun düsturundan təyin oluna bilər. Bu halda həmin cisimlər maddi nöqtələrin toplusu kimi təsəvvür edilir, iki ixtiyari maddi nöqtə arasındakı qüvvə hesablanır, alınan nəticələr toplanaraq ixtiyari iki cisim arasındakı cazibə qüvvəsi hesablanır. Belə hesablama mürəkkəb riyazi əməliyyatdır, lakin bircins kürə formalı cisimlər arasındakı qarşılıqlı cazibə qüvvəsini hesablamaq üçün cazibə qanunundan istifadə edilir. Burada kürələr arasındakı məsafə olaraq onların mərkəzləri arasındakı məsafə götürülür (a). Odur ki cazibə düsturunu ixtiyari cisimlə Yer arasındakı cazibə qüvvəsinin hesablanması üçün də tətbiq etmək olar. Bu halda cisimlər arasındakı məsafə Yerin mərkəzindən götürülür: $r = R + h$. Yer ilə cisim arasındakı qarşılıqlı F_{12} və F_{21} qüvvələri cisimləri birləşdirən xətt boyunca yönəlir.



Nyutonun III qanununa əsasən $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$, onların modulları isə bərabərdir: $F_{12} = F_{21} = F$.

$$F = G \frac{mM}{(R + h)^2}. \quad (2.11)$$

Burada R – Yer kürəsinin radiusu, M – Yerin kütləsi, h – Yer səthindən radius boyunca cismin mərkəzinə qədərki məsafədir. Yer səthindəki ($h = 0$) cisimlər üçün cazibə qanunu belə yazılır:

$$F = G \frac{mM}{R^2}.$$

Tətbiqetmə

Ümumdünya cazibə qanununu tətbiq edə bilirikmi?

Məsələ. Aşağıdakı cədvəllərdə verilən məlumatlar əsasında hansı iki göy cismi arasında cazibə qüvvəsinin ən böyük və ən kiçik olduğunu təyin edin.

| Göy cismi | Göy cisminin kütləsi |
|-----------|----------------------|
| A | m |
| B | 4 m |
| C | 2 m |
| D | 3 m |

| Göy cisimləri arasındakı məsafə | | | |
|---------------------------------|------|---------|---------|
| A cismi | | B cismi | C cismi |
| B | 15 R | | |
| C | 20 R | 5 R | |
| D | 10 R | 10 R | 25 R |

Nəticənin müzakirəsi:

- Cisimlər arasındakı cazibə qüvvəsi nədən asılıdır?
- Hesablamalardan hansı nəticəyə gəldiniz?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

NASA yaxın on illiklərdə Yupiter və Saturn planetlərinin pilotlu kosmik gəmilərlə tədqiq olunmasını nəzərdə tutur. Başlıca səbəb nəhəng planetlərin səthinə enməyin astronavtın həyatı üçün ölümcül təhlükəli olmasıdır.

Niyə nəhəng planetlərin səthinə enmək astronavtın həyatına son qoya bilər?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Yer səthinə yaxın məsafələr üçün ($h \ll R$) Ümumdünya cazibə qanunu necə yazılır?
3. Aralarındakı məsafə r olan m_1 və m_2 kütləli iki göy cismi bir-birinə modulu F olan qüvvə ilə qarşılıqlı təsir edir. Bu iki göy cismi arasındakı məsafə iki dəfə artarsa, onlar arasındakı cazibə qüvvəsinin modulu neçə F olar?
4. Kütlələri $m_1 = 16 \text{ kq}$ və $m_2 = 4 \text{ kq}$ olan iki maddi nöqtənin qarşılıqlı cazibə qüvvələrinin modulları nisbəti $\frac{F_1}{F_2}$ nəyə bərabərdir? Nə üçün?
5. Yer və Ay bir-birini hansı qüvvə ilə cəzb edir (Yerin kütləsi $6 \cdot 10^{24} \text{ kq}$, Ayın kütləsi isə $7 \cdot 10^{22} \text{ kq}$, onlar arasındakı məsafə 384 000 km-dir)?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan müddəalar haqqında qısa esse yazın: “Ümumdünya cazibə qanunu”, “Ümumdünya qravitasiya sabiti”, “Ümumdünya qravitasiya sabitinin ölçülməsi”.

2.6 AĞIRLIQ QÜVVƏSİ. QRAVİTASIYA SAHƏSİNİN İNTENSİVLİYİ

Baron Münhauzen özünün "möhtəşəm" kəşfi haqqında elmi məlumat verir: "... apardığım araşdırmalardan müəyyən etdim ki, sən demə, bütün binalar Yer səthində Piza qülləsi kimi əyri durur. Bunu adi üçbucaq xətkəşlə asanlıqla yoxlamaq olar. Yalnız qütblərdə və ekvatordakı binalar nisbətən düz durub." Bu "kəşfi" dinləyən...

Biznesmen – Ola bilməz! Axı Yer bütün binalara cazibə qüvvəsi ilə təsir edir və bu təsir Yerin mərkəzinə yönəlir.

Mühəndis – İnanılmazdır! Binaların şaquliliyi taraz aləti ilə yoxlanılır, onlar əyri olsa idi, aşardılar.

Arif (10-cu sinif şagirdi) – Mən 100% bilərəm ki, Yer səthindəki bütün cisimlərə, o cümlədən binalara ağırlıq qüvvəsi təsir edir. Bu qüvvə də onlara sərbəstdüşmə təcili verir.



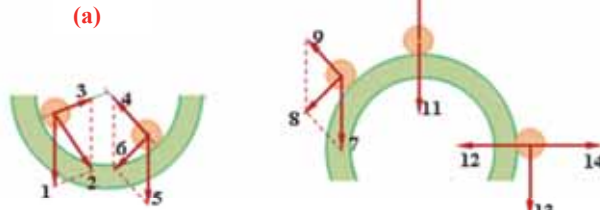
• Sizcə, kimin mülahizəsi doğrudur: baronun, biznesmenin, mühəndisin, yoxsa Arifin?

Araşdırma

Ağırlıq qüvvəsi və onun cismə verdiyi təcil hansı istiqamətə yönəlmişdir?

Məsələ: Şəkildə şaquli yerləşdirilmiş çökük və qabarıq səthlərdə hərəkət edən kürəciyin müxtəlif anlardakı vəziyyəti təsvir olunmuşdur (a).

Kürəciyə təsir edən ağırlıq qüvvəsi və bu qüvvənin kürəciyə verdiyi sərbəstdüşmə təcilinin düzgün istiqaməti hansı rəqəmlərlə işarə edilmişdir?



Nəticənin müzakirəsi:

- Necə düşünürsünüz, kürəciklərin hansı cisimlə cazibə qarşılıqlı təsiri daha böyükdür: Yerlə, Günəşlə, yaxınlıqdakı əşya ilə? Nə üçün?
- Ağırlıq qüvvəsinin meydana gəlməsinə səbəb nədir?
- Ağırlıq qüvvəsi hara tətbiq olunur, hansı istiqamətə yönəlir və modulu nəyə bərabərdir?

Müasir təsəvvürlərə görə, cisimlərarası qarşılıqlı cazibə təsiri materiyanın xüsusi növü olan qravitasiya sahəsi vasitəsilə baş verir. İstənilən cisim öz ətrafında qravitasiya sahəsi yaradır. Digər fiziki sahələr kimi qravitasiya sahəsi də özünəməxsus qüvvə xarakteristikasına malikdir. Bu xarakteristika *qravitasiya sahəsinin intensivliyi* adlanır.

- *Qravitasiya sahəsinin intensivliyi – qravitasiya sahəsində maddi nöqtəyə (cismə) təsir edən cazibə qüvvəsinin, onun kütləsinə nisbəti ilə ölçülən vektorial fiziki kəmiyyətdir:*

$$\vec{g}_0 = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (2.12)$$

Burada g_0 – qravitasiya sahəsinin intensivliyi, m – bu sahəyə gətirilən maddi nöqtənin (cism) kütləsi, F – qravitasiya sahəsindəki maddi nöqtəyə təsir edən cazibə qüvvəsidir.

Qravitasiya sahəsinin intensivliyinin modulu nədən asılıdır?

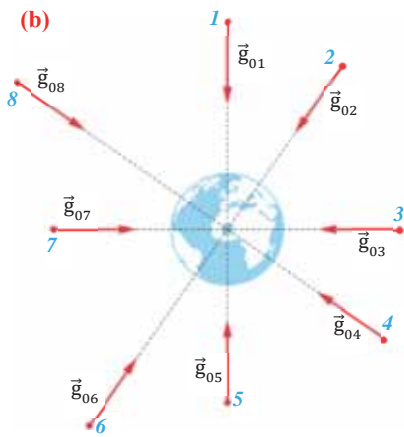
Bu məqsədlə qravitasiya sahəsinin intensivliyinin modulunu Yer səthi və Yer səthindən h hündürlükdəki ixtiyari nöqtə üçün hesablayaq:

$$g_0 = \frac{F_{Yer}}{m} = \frac{G \frac{mM}{R^2}}{m} = G \frac{M}{R^2}, \quad (2.13)$$

$$g_h = \frac{F_h}{m} = \frac{G \frac{mM}{(R+h)^2}}{m} = G \frac{M}{(R+h)^2}. \quad (2.14)$$

Burada F_{Yer} – Yer səthindəki cazibə qüvvəsi, M – Yerin kütləsi, R – Yerin radiusudur.

- *Qravitasiya sahəsinin intensivliyinin modulu bu sahə mənbəyinin kütləsindən düz, sahənin verilmiş nöqtəsinə qədərki məsafənin kvadratından tərs mütənəsb asılıdır. O, sahəyə gətirilən cismin kütləsindən asılı deyildir. Qravitasiya sahəsinin intensivliyi sahənin istənilən nöqtəsində radius boyunca sahə mənbəyinin mərkəzinə doğru yönəlir (b).*



Qravitasiya sahəsinin intensivliyi radius boyunca sahə mənbəyinin mərkəzinə doğru yönəlir.

doğru yönəlir (b). Qravitasiya sahəsinin verilmiş nöqtəsində sahə intensivliyinin modulu həmin nöqtədə sərbəstdüşmə təcilinin moduluna bərabərdir, verilmiş nöqtədə onların istiqamətləri də üst-üstə düşür.

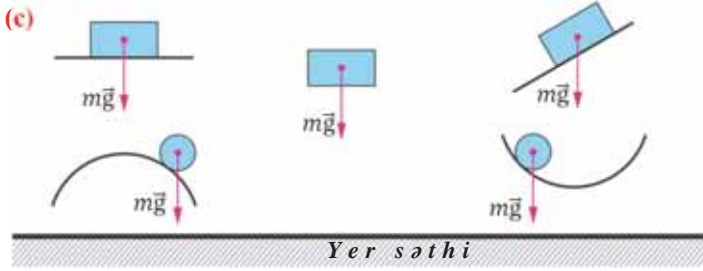
Qravitasiya sahəsinin intensivliyi ilə sərbəstdüşmə təcili eyni kəmiyyətlərdirmi?

Qravitasiya sahəsində yerləşən və ya bu sahəyə daxil olan ixtiyari cismə sahənin mənbəyi tərəfindən cazibə qüvvəsi təsir edir. Nəticədə cisim sahə mənbəyinin mərkəzinə (məsələn, Yerin mərkəzinə) doğru istiqamətlənmiş təcil – sərbəstdüşmə təcili alır. Cismə bu təcili qravitasiya sahəsinin ona təsir etdiyi *ağırlıq qüvvəsi* verir.

- *Ağırlıq qüvvəsi – cismin Yer tərəfindən cəzə olunduğu qüvvədir. Ağırlıq qüvvəsi sahəyə gətirilmiş cismin kütləsi ilə Yerin bu cismə verdiyi sərbəstdüşmə təcili hasilinə bərabərdir:*

$$\vec{F}_a = m\vec{g}. \quad (2.15)$$

Ağırlıq qüvvəsi həmişə cismin kütlə mərkəzinə tətbiq olunur və şaquli aşağı, Yerin (və ya digər planetin) mərkəzinə doğru yönəlir (c).



Yuxarıda deyilənlərdən aydın olur ki, “qravitasiya sahəsinin intensivliyi” və “sərbəstdüşmə təcili” anlayışları fərqli fiziki mahiyyət kəsb edir. Belə ki, qravitasiya sahəsinin intensivliyi sahənin yaranması ilə yarandığı halda, sərbəstdüşmə təcili yalnız bu sahəyə ixtiyari bir cisim (sınaq cismi) gətirildikdə ona ağırlıq qüvvəsinin təsiri nəticəsində yaranır.

Tətbiqetmə

Qravitasiya sahəsinin intensivliyi nədən asılıdır?

Təchizat: xətkəş, pərgar.

İşin gedişi: Məntdə verilən təsviri araşdırın (bax: b) və Yer kürəsinin qravitasiya sahəsinin intensivliklərinin modulları arasında hansı münasibət olduğunu təyin edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- “Qravitasiya sahəsinin intensivliyi” və “sərbəstdüşmə təcili” anlayışları arasında ümumi cəhət nədir? Onları fərqləndirən nədir?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Alimlərin hesablamalarına görə Yer səthindəki dağlar 15 000 m -dən uca ola bilməz. Hansı səbəbdən bu nəticəyə gəldiyini izah edə bilərsinizmi?

Özünüzi qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaralıq qaldı?
2. Verilən şəraitdə cismin kütləsini 4 dəfə artırırdıqda ağırlıq qüvvəsinin bu cismə verdiyi sərbəstdüşmə təcilinənin modulu necə dəyişər?
3. Qravitasiya sahəsinin verilən nöqtəsinə gətirilən cismin sərbəstdüşmə təcili $7 \frac{m}{san^2}$ -dir. Həmin nöqtədə sahənin intensivliyinin modulu nəyə bərabərdir?
4. Qravitasiya sahəsinin intensivliyinin məsafədən asılılıq qrafiki nədir? Bu qrafiki təsvir edə bilərsinizmi?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “Qravitasiya sahəsinin intensivliyi”, “Qravitasiya sahəsinin intensivliyinin modulu...”, “Ağırlıq qüvvəsi”, “Ağırlıq qüvvəsi bərabərdir...”, “qravitasiya sahəsinin intensivliyi” və “sərbəstdüşmə təcili” anlayışlarının fiziki mahiyyətləri arasında fərq ...

Baron Münhauzen

tikəcəyi çoxmərtəbəli binanın qeyri-adiliyi haqqında elmi məruzə edir: "...mənim tikəcəyim tərsinə çevrilmiş göydələndə Yerin mərkəzinə yaxınlaşdıqca çəki azalır. Yerin mərkəzində isə – binanın sakinləri tamamilə çəkisizlik halında olacaqlar".
Bu məlumatı dinləyən...

Biznesmen: Düşünürəm ki, Yerin mərkəzində heç bir çəkisizlikdən söhbət gədə bilməz. Əksinə, insanlar orada sonsuz böyük çəkiyə malik olacaqlar.

Mühəndis: Yerin mərkəzinə liftlə düşməyə, yəqin ki, bir neçə gün vaxt sərf olunur.

**Arif**

(10-cu sinif şagirdi):
100% əminəm ki, cisim Yerin mərkəzinə yaxınlaşdıqca o, sonsuz böyük qüvvə ilə cəzb olunacaq və insanlar orada əbədi qalacaqlar.

- Sizcə, kimin mülahizəsi doğrudur: baronun, bisnesmenin, mühəndisin, yoxsa Arifin? Cavabınızı əsaslandırın.

Araşdırma**1 Astronavtın Günəş sistemi cisimlərində çəkisi eynidirmi?**

Məsələ 1. Kütləsi 70 kq olan astronavtın Yerdə çəkisi 686 N-dur. O, Günəş sistemi cisimlərinin səthindəki tərzəziyə çıxarsa, onun çəkisi dəyişəcəkmi (a)? Problemin araşdırılmasında Günəş sistemi cisimlərinin xarakteristikaları cədvəlindəki uyğun məlumatlardan istifadə etmək olar (bax: cədvəl 2.3).

İpucu. Bilirsiniz ki, üfqi səthdə sükunətdə olan cismin çəkisi ədədi qiymətcə bu cismə təsir edən ağırlıq qüvvəsinə bərabərdir:

$$P = mg.$$



Cədvəl 2.3. Cünəş sistemi cisimlərinin bəzi xarakteristikası

| Günəş sistemi cisimləri | Səthində sərbəst-düşmə təcili (m/san ²) | Günəşdən olan orta məsafəsi (x10 ⁶ km) | Kütlesi (x10 ²⁴ kq) | Ekvatorial diametri (km-lə) |
|-------------------------|---|---|--------------------------------|-----------------------------|
| Merkuri | 3,7 | 58 | 0,33 | 4 880 |
| Venera | 8,8 | 108 | 4,8 | 121 |
| Yer | 9,8 | 150 | 6 | 12 756 |
| Mars | 3,8 | 228 | 0,6 | 6 800 |
| Yupiter | 23,5 | 778 | 1 877 | 142 800 |
| Saturn | 11,5 | 1 426 | 562 | 120 660 |
| Uran | 9,8 | 2 869 | 86 | 50 800 |
| Neptun | 11,6 | 4 496 | 102 | 49 600 |
| Günəş | 27,4 | – | ≈1 989 000 | ≈1 392 000 |
| Ay | 1,6 | – | 0,074 | 3 476 |

Nəticənin müzakirəsi:

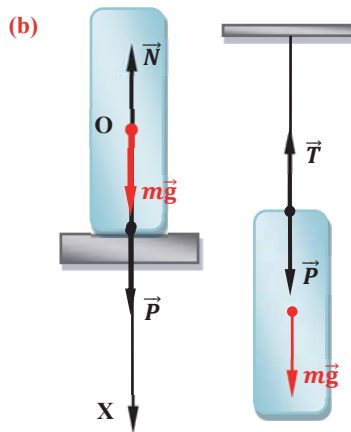
- Astronavtın Günəş sistemi cisimlərinin səthində kütləsi necə dəyişir?
- Hansı göy cisminin səthində astronavtın çəkisi daha böyükdür və ya daha kiçikdir? Niyə?

Çəki.

• *Çəki* – Yer in cazibəsi nəticəsində cismin üfüqi dayağa və ya asqıya göstərdiyi təsir qüvvəsidir. Çəki P ilə işarə olunur, o, dayağa (və ya asqıya) tətbiq edilir, istiqaməti isə dayağa və ya asqıya perpendikulyardır. Dayağın cisimlə birlikdə hərəkətinin xarakterindən asılı olaraq cismin çəkisi dəyişə və ya dəyişməyə bilər.

Çəkinin dəyişmədiyi hal. Əgər cisim üfüqi dayaq üzərində sükunətdə və ya düzxətli bərabərsürətli hərəkətdədirsə, onun çəkisi dəyişmir. Nə üçün?

Nyutonun III qanununa əsasən bu cismin çəkisi dayağın cismə göstərdiyi əks təsir qüvvəsinə – N reaksiya qüvvəsinə modulca bərabər olub istiqamətcə onun əksinə yönəlir. Reaksiya qüvvəsi cismin özünə tətbiq olunur (b): $P = -N$ (sadəlik üçün reaksiya qüvvəsinin tətbiq nöqtəsi cismin mərkəzinə sürüsdürülmüşdür).



Əgər asqıdan asılan cisim sükunətdə və ya asqı ilə birlikdə düzxətli bərabərsürətli hərəkətdədirsə, Nyutonun III qanununa əsasən bu cismin çəkisi onun asıldığı ipə

göstərdiyi əks təsir qüvvəsinə – T gərilmə qüvvəsinə modulca bərabər olub, istiqamətca onun əksinə yönəlir. Gərilmə qüvvəsi də cismin özünə tətbiq olunur (bax: **b**): $P = -T$.

Üfüqi dayaq üzərində cismin hərəkət tənliyi Nyutonun II qanununa əsasən belə yazılır: $ma = F$.

Burada əvəzləyici F qüvvəsinin ağırlıq qüvvəsi ilə reaksiya qüvvəsinin vektorial cəminə bərabər olduğu nəzərə alınarsa, hərəkət tənliyi aşağıdakı şəkli alar:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}. \quad (2.16)$$

Tənliyi həll etmək üçün koordinat oxu seçilir, qüvvə vektorlarının bu ox üzərində proyeksiyaları təyin olunur və proyeksiyaların işarələri nəzərə alınaraq tənlikdə yerinə yazılır. Koordinat oxunu (OX oxu) ağırlıq qüvvəsi istiqaməti üzrə yönəltmək əlverişlidir (bax: **b**). Beləliklə, qüvvələrin bu ox üzrə proyeksiyalarını, habelə üfüqi dayaq üzərində sükunətdə və ya düzxətli bərabərsürətli hərəkətdə olan cismin təcilinə sifirə bərabər olduğunu ($a = 0$) nəzərə alsaq, cismin hərəkət tənliyi üçün alırıq:

$$0 = mg - N. \quad (2.17)$$

Buradan görünür ki, üfüqi dayaq üzərində sükunətdə və ya düzxətli bərabərsürətli hərəkətdə olan cismin çəkisi ədədi qiymətcə ağırlıq qüvvəsinin moduluna bərabərdir:

$$P = N = mg. \quad (2.18)$$

Çəkinin dəyişdiyi hal.

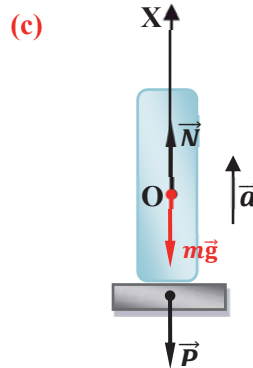
Əgər cisim üfüqi dayaq (və ya asqıyla) birlikdə \vec{a} təcili ilə şaquli istiqamətdə hərəkət edirsə, təcilin istiqamətindən asılı olaraq cismin çəkisi, sükunətdəki çəkisi ilə müqayisədə ya artar, yaxud da azalar.

Fərz edək ki, cisim dayaq ilə birlikdə şaquli yuxarı yönəlmiş \vec{a} təcili ilə, ağırlıq qüvvəsinin təsiri istiqamətinin əksinə hərəkət edir. Cismin hərəkət tənliyinin vektoru şəkildə ifadəsi dəyişmir:

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

Əlverişli olsun deyə koordinat oxunu hərəkət istiqamətində seçib tənliyi həll etsək (**c**), alırıq:

$$ma = N - mg. \quad (2.19)$$



Buradan da görünür ki, dayaq ilə birlikdə şaquli yuxarı yönəlmiş \vec{a} təcili ilə hərəkət edən cismin çəkisi artır. Cismin bu halı *əlavə yüklənmə* adlanır:

$$P = N = ma + mg = m(a + g). \quad (2.20)$$

Aydındır ki, əgər cisim üfüqi dayaqla birlikdə ağırlıq qüvvəsinin təsiri istiqamətində şaquli aşağı yönəlmiş \vec{a} təcili ilə hərəkət edərsə, onun çəkisi azalar:

$$P = N = m(g - a). \quad (2.21)$$

Çəkinin sıfıra bərabər olduğu hal – çəkisizlik. *Cisim yalnız qravitasiya qüvvəsinin təsiri ilə hərəkət edərsə, yəni onun təcili sərbəstdüşmə təcilinə bərabər olarsa ($a = g$), cismin çəkisi sıfıra bərabər olar.* Cismin bu halı *çəkisizlik* adlanır:

$$P = N = m(g - g) = 0. \quad (2.22)$$

Tətbiqetmə

Hansı halda cisim asqıya daha böyük qüvvə ilə təsir edir?

Məsələ 2. Sapdan asılan m kütləli cisim asqıyla birlikdə \vec{a} təcili ilə hərəkət edir. Bu cismin çəkisini təyin edin: əgər cisim-asqı sistemi:

- ağırlıq qüvvəsinin təsiri istiqamətində hərəkət edərsə;
- ağırlıq qüvvəsinin təsiri istiqamətinin əksinə hərəkət edərsə. Hərəkətləri *sxemdə təsvir edin, havanın müqavimətini nəzərə almayın.*

Nəticənin müzakirəsi:

- Cisim-asqı sistemi ağırlıq qüvvəsinin təsiri istiqamətinə yönəlmiş \vec{a} təcili ilə hərəkət edərsə, sapın gərilmə qüvvəsinin modulu nəyə bərabərdir?
- Cisim-asqı sistemi ağırlıq qüvvəsinin təsiri istiqamətinin əksinə yönəlmiş \vec{a} təcili ilə hərəkət edərsə, cismin hərəkət tənliyi necə yazılır?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Bəzən həyatda belə hadisə ilə üzləşə bilərsiniz: avtomobillə dostunuzun yaşadığı kəndə qonaq gedirsiniz. Kənd yolunu kəsən dərin çayın üzərində salınmış üfiqi taxta körpüdən keçmək lazımdır. Yol kənarındakı lövhədə körpünün ən çox 1,3 t kütləyə davam gətirə bildiyi qeyd olunmuşdur. Avtomobilinizin sizinlə və yüklə birlikdə ümumi kütləsi 1300 kq-dır. Avtomobili yükünü boşaltmadan körpüdən keçirməyə risk edəsinizmi? Avtomobili hansı sürətlə sürmək lazımdır ki, körpü sınmasın? Cavabınızı əsaslandırın.

Özünüzü qiymətləndirin:

- Dərstdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
- Hansı hallarda çəki və ağırlıq qüvvələri arasında münasibət:
 - $P = mg$;
 - $P > mg$;
 - $P < mg$?
- İsbat edin ki, cisim üfüqi dayaqla birlikdə \vec{a} təcili ilə ağırlıq qüvvəsinin təsiri istiqamətində hərəkət edərsə, onun çəkisi $N = P = m(g - a)$ bərabərdir.
- Hansı hadisədə cisim çəkisizlik halındadır: trampilindən atılıb suya düşməkdə olan idmançı, yerə enməkdə olan paraşütçü, liftlə yuxarı qalxan sənişin, balkondan düşən dibçək, yuxarı atılan top.

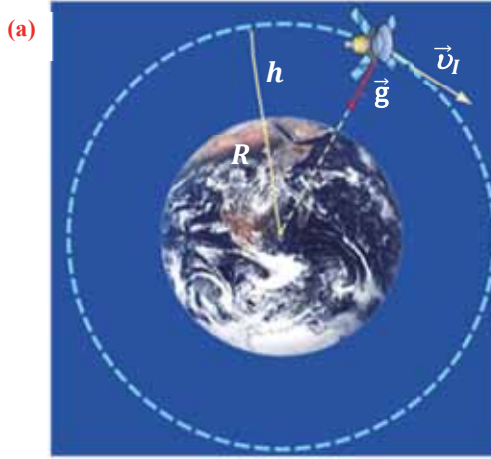
NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “çəki”, “reaksiya qüvvəsi”, “gərilmə qüvvəsi”, “əlavə yüklənmə”, “çəkisizlik”.

• **LAYİHƏ** • Süni peyk kosmosa hansı sürətlə çıxarılır?

Məsələ. Cismə hansı sürət vermək lazımdır ki, o, kütləsi M , radiusu R olan planetin süni peykinə çevrilərək h hündürlüyündə dairəvi orbit üzrə dövr etsin? Bu sürət verilən planet üçün birinci kosmik sürətdir.

- Planet səthində olan cismi dairəvi orbit üzrə onun ətrafında hərəkət edən süni peykə çevirmək üçün ona verilən sürət **birinci kosmik sürət** adlanır.



| Verilir | Həlli |
|--|---|
| Planetin kütləsi – M , planetin radiusu – R , planetin səthindən h hündürlüyündə dairəvi orbitdə hərəkət. $v - ?$ | <p>İpucu: Məsələni araşdırdıqda hərəkətin xarakteri məlum olur; a) hərəkət trayektoriyası dairəvidir; b) xətti sürət sabitdir. Planetlə süni peyk arasındakı qarşılıqlı cazibə qüvvəsi peykə mərkəzəqaçma təcili verir (a). Bu səbəbdən peykin hərəkət tənliyi belə yazılır:</p> $ma = G \frac{mM}{(R + h)^2} \rightarrow a = G \frac{M}{(R + h)^2}.$ <p>h hündürlüyündə dairəvi orbit üzrə bərabərsürətli hərəkət edən cismin mərkəzəqaçma təcili $a = \frac{v^2}{R+h}$ olduğundan, aşağıdakı sistem tənlik alınır:</p> $\begin{cases} a = G \frac{M}{(R + h)^2} \\ a = \frac{v^2}{R + h} \end{cases}$ <p>Sistem tənlik v-ə görə həll edilərək planet üçün birinci kosmik sürətin düsturu alınır. Bu düsturu ala bilərsinizmi?</p> |

Nəticənin müzakirəsi:

- Cismi planetin süni peykinə çevirmək üçün ona verilən birinci kosmik sürət nəyə bərabərdir?
- Birinci kosmik sürət süni peykin kütləsindən necə asılıdır?
- Yer yaxınlığında ($h \ll R$) və Yerdən $h = 300 \text{ km}$ hündürlüyü üçün birinci kosmik sürətləri hesablayın. Nəzərə alın: Yer kütləsi $M = 6 \cdot 10^{24} \text{ kq}$, radiusu $R = 6400 \text{ km}$ -

2.8 ELASTİKLİK QÜVVƏSİ



Eramızdan əvvəl III əsrdə qədim yunanlar müharibələrdə Arximed'in hazırladığı *mühasirə* və *müdafie* "texnikasından" uğurla istifadə edirdilər.



- Qədim yunan hərbi texnikası və XIX əsr "canlı mərmii" topunun iş prinsipində ümumi cəhət nədir?
- Bu silahlarda "mərmilərin" daha uzağa atılmasına nəyin hesabına nail oluna bilər?

Arximed texnikasının iş prinsipinə əsaslanaraq XIX əsrin 80-ci illərində Parisin "Frankoni" sirkində ilk dəfə "canlı mərmii" ilə atəş açan top nümayiş etdirilməyə başlandı.

Attraksiyonda heç bir barıt və qazdan istifadə olunmurdu, tüstü və səs isə yalnız süni yaradılan effektədən başqa bir şey deyildi.



Araşdırma 1

Qüvvənin yayın uzanmasına nisbəti ilə nəyi təyin etdiniz?

Təchizat: dinamometr, yüklər dəsti, xətkəş, tutqac və muftası olan ştativ.

İşin gedişi:

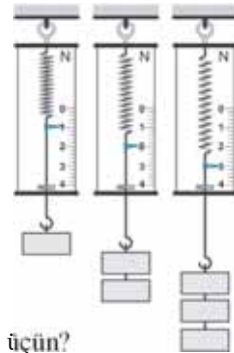
1. Dinamometri ştativin tutqacına bərkidib onun əqrəbinin sıfır bölgüsünün üzərində durmasına nail olun.
2. Yayın qarmağından m kütləli yük asın. Dinamometrin göstəricisinə əsasən F_1 qüvvəsinə və xətkəşlə yayın x_1 uzanmasını təyin edin (a). Nəticələri 2.4 cədvəlinin uyğun xanalarında qeyd edin.
3. Dinamometrdeki yükə ardıcıl olaraq ikinci, üçüncü və dördüncü eyni kütləli yük asmaqla təcrübəni təkrarlayın: F_2, F_3, F_4 qüvvələrini və onlara uyğun olaraq yayın x_2, x_3, x_4 uzanmalarını təyin edib cədvələ yazın.
4. Təyin etdiyiniz uyğun qiymətlərə əsasən $\frac{F_1}{x_1}, \frac{F_2}{x_2}, \frac{F_3}{x_3}$ və $\frac{F_4}{x_4}$ münasibətlərini hesablayın.

Cədvəl 2.4

| № | Yükə təsir edən qüvvə: F (N) | Yayın uzanması: x (m) | $\frac{F}{x}$ |
|---|-----------------------------------|----------------------------|---------------|
| 1 | $F_1 =$ | $x_1 =$ | |
| 2 | $F_2 =$ | $x_2 =$ | |
| 3 | $F_3 =$ | $x_3 =$ | |
| 4 | $F_4 =$ | $x_4 =$ | |

Nəticənin müzakirəsi:

- Siz $\frac{F}{x}$ nisbəti ilə hansı fiziki kəmiyyəti təyin etdiniz?
- Dinamometrdeki yükləri artırıdığca bu nisbət necə dəyişdi? Nə üçün? (a)



Elektromaqnit təbiətli qüvvələr. Məlumdur ki, elektrik yükü ilə elektriclənən cisimlər bir-birinə ya cazibə, yaxud da itələmə xarakterli elektrik qüvvəsi ilə təsir edir. Cisimdəki elektrik yükləri bir-birinə nəzərən hərəkət etdikdə isə onlar arasında elektrik qüvvəsindən əlavə, maqnit qüvvəsi də yaranır. Bir-biri ilə sıx rəbitədə olan bu qüvvələri ayırmaq qeyri-mümkündür, çünki onların təsiri eyni zamanda baş verir. Ona görə də deyilir ki, elektriclənmiş cisimlər arasındakı qarşılıqlı təsir *elektromaqnit təbiətli qüvvələrin* təsiri nəticəsində baş verir. Cisimlərin mexaniki hərəkət sürətlərinin dəyişdirilməsinə səbəb olan qüvvələrdən ikisi – elastiklik və sürtünmə qüvvələri də elektromaqnit təbiətli qüvvələrdir.

Elastiklik qüvvəsi elektromaqnit təbiətli qüvvədir. Bilirsiniz ki, istənilən bərk cisim xarici qüvvənin təsiri altında *deformasiyaya* məruz qalır (bax: Fizika-7, s.45).

- *Deformasiya* – xarici qüvvənin təsiri altında cismin öz forma və ölçülərini dəyişməsidir. Deformasiya nəticəsində cismin atom və molekullarının bir-birinə nəzərən yerdəyişməsi baş verir: atomlar arasındakı məsafə ya artır, yaxud da azalır. Belə yerdəyişmə nəticəsində cismin atomlarının müsbət yüklü nüvələri ilə mənfi yüklü elektronları arasındakı elektrostatik qarşılıqlı təsirləri də artır-azaldır. Nəticədə, cismin deformasiya olunan hissəsini əvvəlki vəziyyətinə qaytarmağa “çalışan” elektromaqnit təbiətli qüvvə – *elastiklik qüvvəsi* yaranır.

- *Elastiklik qüvvəsi* – bərk cismin deformasiyası zamanı yaranan və cismin əvvəlki vəziyyətini bərpa etmək istiqamətində yönələn qüvvədir.

Cismə xarici qüvvənin təsiri kəsildikdən sonra o, elastiklik qüvvəsinin təsiri altında öz əvvəlki forma və ölçülərini alarsa, belə deformasiya *elastik deformasiya*, əksinə, almırsa, *plastik deformasiya* adlanır.

Deformasiya – *gərilmə-sıxılma, sürüşmə, burulma* və *əyilmə* növlərinə görə fərqləndirilir. Cismin *gərilmə-sıxılma* deformasiyasında onun hissələri arasındakı məsafə dəyişir, *sürüşmə deformasiyasında* isə bu hissələr bir-birinə nəzərən sürüşür. *Əyilmə deformasiyası* bərk cismin hissələrinin gərilmə və sıxılma deformasiyalarının, *burulma burulma deformasiyası* isə cismin müxtəlif uclarını əks istiqamətdə fırlatmaq üçün tətbiq olunmuş sürüşmə deformasiyasının nəticəsidir (b).

(b)



*gərilmə
deformasiyası*

*sürüşmə
deformasiyası*

*əyilmə
deformasiyası*

*burulma
deformasiyası*

Huk qanunu. Bərk cismin gərilmə-sıxılma deformasiyası *mütləq uzanma* və *nisbi uzanma* adlanan kəmiyyətlərlə xarakterizə olunur.

$$\Delta l = l - l_0, \quad (2.23)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l-l_0}{l_0}. \quad (2.24)$$

Burada l_0 – bərk cismin başlanğıc, l isə son uzunluğudur, Δl – mütləq uzanmadır və onun BS-də vahidi metrdir. $\Delta l \ll l_0$ olduqda deformasiya elastik xarakterə malikdir. ε – nisbi uzanmadır və o, vahidsiz kəmiyyətdir.

Deformasiyaya məruz qalan cismin halı *mexaniki gərginlik* adlanan fiziki kəmiyyətlə xarakterizə olunur.

• *Mexaniki gərginlik – deformasiya zamanı yaranan elastiklik qüvvəsinin modulunun (F_e) cismin en kəsiyinin sahəsinə (S) nisbətində bərabər olan fiziki kəmiyyətdir:*

$$\sigma = \frac{F_e}{S}. \quad (2.25)$$

Burada σ – mexaniki gərginlikdir. Onun BS-də vahidi paskaldır:

$$[\sigma] = 1 \frac{N}{m^2} = 1Pa.$$

• *Huk qanununa görə, mexaniki gərginlik kiçik deformasiyalarda nisbi uzanma ilə mütənasibdir:*

$$\sigma = E \cdot |\varepsilon|. \quad (2.26)$$

E – mütənasiblik əmsalı olub *Yunq modulu* adlanır.

• *Yunq modulu – nazik çubuğu dartıb iki dəfə uzatmaq üçün lazım olan gərginliyə bərabər fiziki kəmiyyətdir.* O, cismin hazırlandığı materialdan asılıdır və onun da BS-də vahidi paskaldır: $[E] = \frac{[\sigma]}{[\varepsilon]} = 1Pa$.

(2.24) və (2.25) ifadələri Huk qanununda – (2.26)-da nəzərə alınarsa:

$$\frac{F_e}{S} = E \frac{|\Delta l|}{l_0} \rightarrow F_e = \frac{ES}{l_0} |\Delta l|. \quad (2.27)$$

Burada

$$\frac{ES}{l_0} = k \quad (2.28)$$

olub çubuğun *elastiklik əmsalı* və ya *sərtliyi* adlanır.

Sərtlik – elastiklik qüvvəsi ilə mütləq uzanma arasında mütənasiblik əmsalı olub nümunənin hazırlandığı materialdan və onun həndəsi ölçüsündən asılıdır.

(2.28)-i (2.27)-də nəzərə alsaq, Huk qanununu belə də yazmaq olar:

$$F_e = k|\Delta l|. \quad (2.29)$$

Adətən, Huk qanunu

$$F_e = -kx \quad (2.30)$$

şəklində də ifadə olunur. Burada $x = \Delta l$ mütləq uzanmanı ifadə edir, mənfi işarəsi isə elastiklik qüvvəsinin zərrəciklərin yerdəyişməsinin əksinə yönəldiyini bildirir.

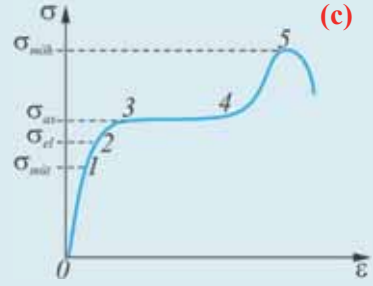
Onun BS-də vahidi:

$$[k] = \frac{[F_e]}{[\Delta l]} = 1 \frac{N}{m}.$$

Gərilmə diaqramı

• *Gərilmə diaqramı* – mexaniki gərginliyin nümunənin nisbi uzanmasından asılılıq qrafikidir. Diaqramın (c):

- a) **0–1 hissəsi** – kiçik deformasiyalarda mexaniki gərginliyin nisbi uzanma ilə mütənasib olduğu – Huk qanununun ödənildiyi hissədir.
- *Huk qanununun ödənildiyi maksimum mexaniki gərginlik mütənasiblik həddi* (σ_{mit}) adlanır.



1-nöqtəsindən sonra Huk qanunu pozulur, deformasiya qeyri-xətti olur;

- b) **1–2 hissəsi** – xarici təsirlər kəsildikdən sonra nümunənin öz əvvəlki ölçülərini almasına – elastik deformasiyanın davam etdiyi hala uyğundur.

• *Elastik deformasiya yaradan maksimal gərginlik elastiklik həddi* (σ_{el}) adlanır. *Mexaniki gərginliyin elastiklik həddindən böyük qiymətlərində deformasiya plastik olur;*

- c) **2 nöqtəsindən sonrakı hissəsi** – plastik deformasiyaya uyğun mexaniki gərginlikdir;

d) **3–4 hissəsi** – nümunənin “axdığı” hissədir. Mexaniki gərginlik sabit axma həddinə (σ_{ax}) malikdir və nisbi uzanma artır;

- e) **4–5 hissəsi** – mexaniki gərginliyin sürətlə artdığı, nümunənin dağıldığı hala uyğundur.

• *Nümunənin dağılmasına səbəb olan maksimum mexaniki gərginlik möhkəmlik həddi* ($\sigma_{möh}$) adlanır.

2 Təbiiqetmə.

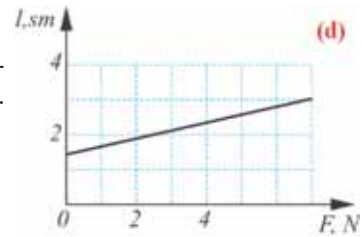
Araşdırma

Huk qanununun yoxlanılması

Məsələ. Şəkildə elastik yayın uzunluğunun ona tətbiq olunan qüvvədən asılılıq qrafiki verilmişdir (d). Yayın sərtliyini təyin edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Huk qanunu necə ifadə olunur?
- Yayın sərtliyini hansı düsturla təyin etmək olar?
- Sərtlik nədən asılıdır?



Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Yəqin ki, səhərlər məktəbə gedəndə gecə əsən güclü küləyin yaratdığı bəzi fəsadlara diqqət yetirmisiniz: uca, qollu-budaqlı şamağacı şaquli qamətini olduğu kimi saxlamış, lakin həmin ərazidə bitən nisbətən alçaqboylu çinar ağacı isə gövdəsinin ortasından sınımışdır.

- Bu hadisənin elastiklik qüvvəsi ilə bir əlaqəsi varmı? Cavabınızı əsaslandırın.

Özünü qiymətləndirin:

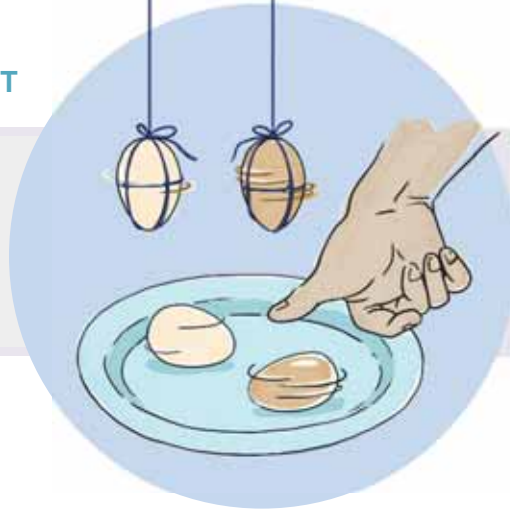
1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Niyə elastiklik qüvvəsi elektromaqnit təbiətli qüvvədir?
3. Mexaniki gərginlik və Yunq modulu arasında ümumi və fərqli xüsusiyyət nədir?
4. Sərtliyi 200 N/m olan yayın elastiklik qüvvəsinin modulunun mütləq uzanmadan asılılıq qrafikini qurun.

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “*deformasiya*”, “*elastiklik qüvvəsi*”, “*mexaniki gərginlik*”, “*Huk qanunu*”, “*Yunq modulu*”, “*sərtlik*”.

2.9 SÜRTÜNMƏ QÜVVƏSİ. SÜRTÜNMƏ QÜVVƏSİNİN TƏSİRİ ALTINDA HƏRƏKƏT

İlk baxışdan sadə görünən belə bir eksperiment aparın. İki ədəd eyni ölçülü yumurta götürün: biri soyutma bişirilmiş, digəri çiy. Onlara eyni zamanda boşqabda fırlanma hərəkəti verin (eksperimenti yumurtaları ipdən asmaqda da aparmaq olar).



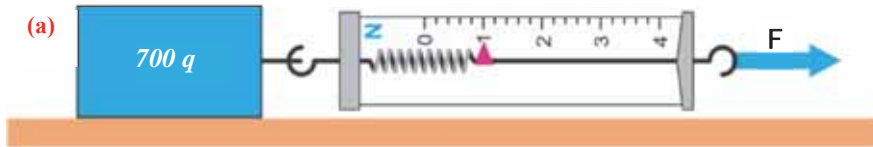
- Hansı yumurta fırlanma hərəkətini daha tez dayandırar: çiy, yoxsa bişmiş? Nə üçün?

1

Araşdırma

Sürtünmə qüvvəsi haqqında öyrəndikləriniz yadımdadırmı?

Məsələ 1. Sürtünmə qüvvəsi haqqında biliklərinizə istinad edərək təsvirdəki məlumatlara əsasən (a) taxta tirciyin taxta lövhə üzərində sürüşmə sürtünmə əmsalını təyin edib onu cədvəl qiyməti ilə müqayisə edin (bax: Fizika-7: s.50 və ikinci forzas, cədvəl 2; Nəzərə alın. $g = 10 \frac{m}{san^2}$).



Nəticənin müzakirəsi:

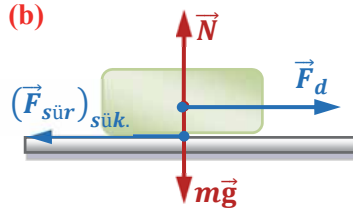
- Sürüşmə sürtünmə əmsalı nədən asılıdır?
- Sürtünmə qüvvəsinin modulu nəyə bərabərdir?
- Sürtünmə qüvvəsi olmasa idi, nə baş verərdi?

Sürtünmə qüvvəsi. Sürtünmə qüvvəsi bir-birinə toxunan cisimlər arasında yaranır və toxunan səthlər boyunca onların nisbi hərəkətinin əksinə yönəlir. Sürtünmə qüvvəsinin yaranmasına səbəb toxunan səthlərin kələ-kötür olması və bu səthlərin molekulları arasında “ilişmə qüvvələrinin” (cazibə xarakterli qüvvələrin) yaranmasıdır. Molekullar arasında belə qüvvələrin yaranması sürtünmə qüvvəsinin elektromaqnit təbiətli olduğunu müəyyənləşdirir.

Sürtünmə qüvvəsinin üç növü var: *sürüşmə, diyirlənmə* və *sükunət sürtünmə qüvvələri*.

- *Sürüşmə sürtünmə qüvvəsi* – bir cismin səthində digər cisim sürüşdükdə yaranan sürtünmə qüvvəsidir.
- *Diyirlənmə sürtünmə qüvvəsi* – bir cismin səthində digər cisim diyirləndikdə yaranan sürtünmə qüvvəsidir.

- *Sükunət sürtünmə qüvvəsi – bir-birinə nəzərən sükunətdə olan cisimlər arasında yaranan sürtünmə qüvvəsidir. Sükunət sürtünmə qüvvəsi ədədi qiymətcə sükunətdə olan cismə toxunan səthlərə paralel yönələn dartı qüvvəsinə bərabər olub onun əksinə yönəlir (b).*



Dartı qüvvəsinin müəyyən qiymətində cisim hərəkətə gələrək ikinci cismin səthində sürüşməyə başlayır – sürüşmə sürtünmə qüvvəsi yaranır.

Sürüşmə sürtünmə qüvvəsi ədədi qiymətcə səthin reaksiya qüvvəsi ilə (təzyiq qüvvəsi ilə) düz mütənəsib olub sükunət sürtünmə qüvvəsinin maksimal qiymətinə bərabərdir:

$$(F_{\text{sür.}})_{\text{sürüşmə}} = (F_{\text{sür.}})_{\text{sükunət}}^{\text{max}} = \mu N. \quad (2.31)$$

Burada μ – mütənəsiblik əmsalı olub *sürüşmə sürtünmə əmsalı* adlanır: *o, toxunan cisimlərin hazırlandığı materialdan (cismin aqreqat halından) və toxunan səthlərin hamarlığından asılıdır.* μ – nün vahidi yoxdur.

Toxunan səthlərin xassəsindən asılı olaraq sürtünmə qüvvəsi *quru sürtünmə qüvvəsi* və *müqavimət qüvvəsi* adlandırılır.

- *Quru sürtünmə qüvvəsi – bərk cisimlərin toxunan səthləri arasında yaranan sürtünmədir.*
- *Müqavimət qüvvəsi – bərk cismin mayədə və qazda hərəkəti zamanı meydana çıxan və hərəkətin əksinə yönələn qüvvədir.*

Sürtünmə qüvvəsinin təsiri altında hərəkət. Sürtünmə qüvvəsinin təsiri altında m kütləli cismin müxtəlif hərəkətini araşdıraraq:

1. *Cisim üfüqi səthdə bərabərsürətli düzxətli hərəkət edir.* Ona təsir edən bütün qüvvələr sxemdə göstərilir (c). Bərabərsürətli hərəkətdə $a = 0$ olduğundan Nyutonun II qanununa əsasən cismin hərəkət tənliyi vektoru şəkildə belə yazılar:

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

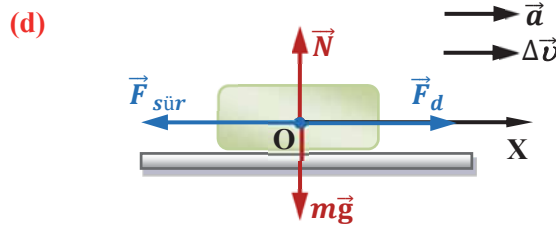
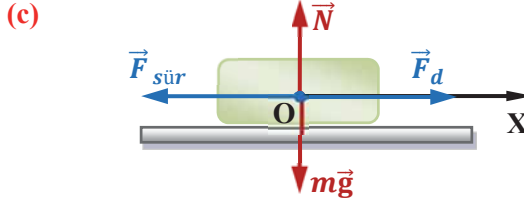
Koordinat oxunu dartı qüvvəsi istiqamətində seçib qüvvələri onun üzərinə proyeksiyalasaq, tənlik asanlıqla həll edilər (bax: c):

$$0 = F_d - F_{\text{sür}} + 0 + 0.$$

Burada nəzərə alınmışdır ki, reaksiya qüvvəsi ilə ağırlıq qüvvələrinin OX oxu üzərində proyeksiyaları sıfıra bərabərdir – bu vektorlar oxa perpendikulyardır.

Beləliklə, üfüqi səthdə bərabərsürətli düzxətli hərəkət edən cismə təsir edən qüvvələrin modulları cüt-cüt bir-birinə bərabərdir və qarşılıqlı təsirlərini kompensasiya edir:

$$N = mg; F_d = F_{sür} = \mu N = \mu mg. \quad (2.32)$$



2. Cism düzxətli bərabəryeyinləşən hərəkət edir (d). Bu halda cismnin hərəkət tənliyi ümumi şəkildə belə olar:

$$m\vec{a} = \vec{F}_d + \vec{F}_{sür} + \vec{N} + m\vec{g}. \quad (2.33)$$

Qüvvələri koordinat oxu üzərinə proyeksiyalayıb skalyar şəkildə yazsaq, alarıq:

$$ma = F_d - F_{sür} = F_d - \mu mg. \quad (2.34)$$

Sonuncu ifadədən tənliyə daxil olan ixtiyari kəmiyyət asanlıqla təyin edilir.

3. Hərəkətdə olan cismə yalnız sürtünmə qüvvəsi təsir edir. Sürtünmə qüvvəsi həmişə hərəkətin əksinə yönəldiyindən onun təsiri ilə cismnin aldığı təcil sürətin əksinə yönəlir. Ona görə də hərəkətdə olan cismə yalnız sürtünmə qüvvəsi təsir edərsə, o, tormozlanır. Bu halda cismnin hərəkət tənliyi belə yazılır:

$$m\vec{a} = \vec{F}_{sür} + \vec{N} + m\vec{g}$$

$$a = F_{sür}. \quad (2.35)$$

Cismnin təcili isə $a = \frac{F_{sür}}{m} = \frac{\mu mg}{m} = \mu g. \quad (2.36)$

Buradan üfüqi yolda hərəkət edən cismnin tormozlanma yolu və müddəti təyin edilir:

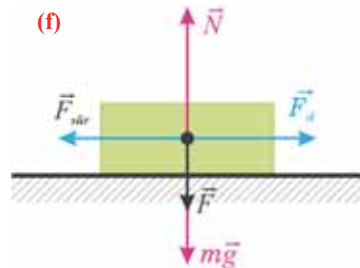
$$l_{tor} = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2\mu g} \quad (2.37)$$

$$t_{tor} = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\mu g}. \quad (2.38)$$

Tətbiqetmə**Cismin hərəkət tənliyini yazıb bilərsinizmi?**

Məsələ 2. Aşağıdakı hallara uyğun hərəkət tənliklərini yazın:

- düzxətli bərabərsürətli hərəkət edən m kütləli cismə ağırlıq qüvvəsi istiqamətində \vec{F} qüvvəsi təsir edir (f);
- düzxətli bərabərsürətli hərəkət edən m kütləli cismə ağırlıq qüvvəsinin əksi istiqamətində \vec{F} qüvvəsi təsir edir;
- m kütləli cisim bərabəryavaşayan düzxətli hərəkət edir.

**Nəticənin müzakirəsi:**

- Düzxətli bərabərsürətli hərəkət edən m kütləli cismə ağırlıq qüvvəsi istiqamətində \vec{F} qüvvəsi təsir etdikdə uyğun olaraq reaksiya və dartı qüvvələrinin modulu nəyə bərabərdir?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Yaşayış məntəqəsində 72 km/saat sürətlə hərəkət edən avtomobilin qarşısına qəfildən 5 m irəlində sahibsiz bir it çıxdı. Sürücü dərhal avtomobili tormozladı. Tormozlanan avtomobil iti vuracaqmı? Burada *avtomobil sini – quru asfalt* üçün sürüşmə sürtünmə əmsalını və sərbəstdüşmə təcilini uyğun olaraq $\mu = 0,5$, $g = 10 \text{ m/san}^2$ qəbul etməli.

Özünüzü qiymətləndirin:

- Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
- Kütlələri uyğun olaraq 10 t və 1 t olan iki avtomobil yaş asfalt örtüklü yolda eyni sürətlə hərəkət edir. Avtomobillər eyni anda tormozlanarsa, hansının tormoz yolu daha uzun olar?
- Sürtünmə olmasa idi, şəhərdə nə baş verərdi?
- Sürüşmə sürtünmə əmsali nədən asılıdır?
- Sapdan asılan cisim asqıyla birlikdə ağırlıq qüvvəsinin əksinə bərabəryavaşayan hərəkət edərsə, ona təsir edən havanın müqavimət qüvvəsi nəyə bərabər olar?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “*sürtünmə qüvvəsi*”, “*sükunət sürtünmə qüvvəsi*”, “*sürüşmə sürtünmə qüvvəsi*”, “*diyirlənmə sürtünmə qüvvəsi*”, “*tormoz yolu...*”, “*müqavimət qüvvəsi*”.

2.10 CİSMİN TARAZLIQ ŞƏRTLƏRİ

Yəqin ki, rus şairi İ.Krilovun “Qu quşu, durna balığı və xərçəng” adlı məşhur təmsilini oxumusunuz. Orada personajlar yüngül bir arabani aparmaq qərarına gəlirlər: “... qu quşu boyunduruğu səmaya, balıq gölə, xərçəng isə geriyyə doğru dartır. ...Lakin araba indi də yerində durur”.



- Personajların arabani nə üçün yerindən tərpədə bilmədiklərini fizika “dilində” necə izah edərdiniz?

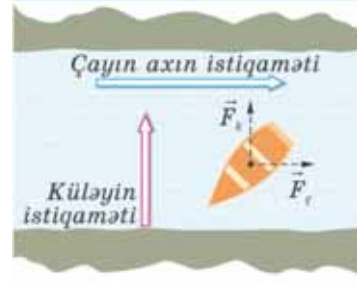
Araşdırma 1

Cismın tarazlıqda qalması nə deməkdir? (a)

Məsələ 1: Çayın axımına və əsən cənub küləyinin təsirinə məruz qalan qayıq suda tarazlıqda saxlamaq olarmı (a)? Cavabınızı sxemlə əsaslandırın.

Nəticənin müzakirəsi:

- Cismın tarazlıqda qalması nə deməkdir?



Nyutonun I qanununa görə, cismın tarazlıqda olması – onun inersial hesablamə sistemində sükunətdə və ya düzxətli bərabərsürətli hərəkətdə olması deməkdir. Cism halından asılı olaraq müəyyən şərtlər ödənildikdə tarazlıqda qalır; onlarla tanış olaq.

İrəliləmə hərəkəti edə bilən cismın tarazlığı. Cismın irəliləmə hərəkətinə onun bir nöqtəsinin – kütlə mərkəzinin hərəkəti kimi baxıla bilər. Belə halda sadəlik üçün cismın bütün kütləsinin onun kütlə mərkəzinə toplandıqı və cismə təsir edən əvəzləyici qüvvənin həmin nöqtəyə tətbiq olunduğu qəbul oluna bilər. Nyutonun II qanunundan görüldüyü kimi, həmin nöqtənin təcili o zaman sifira bərabər olur ki, ona tətbiq olunan əvəzləyici qüvvə (təsir edən bütün qüvvələrin həndəsi cəmi) sifira bərabər olsun. Bu, *irəliləmə hərəkətində olan cismın tarazlıq şərtidir*.

- *İrəliləmə hərəkətində olan cismın tarazlıqda olması üçün ona tətbiq edilən əvəzləyici qüvvə (cismə təsir edən bütün qüvvələrin həndəsi cəmi) sifira bərabər olmalıdır:*

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

Qüvvələrin həndəsi cəmi sifira bərabərdirsə, bu qüvvələrin istənilən koordinat oxu üzərində proyeksiyalarının cəmi də sifira bərabər olar:

$$F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = 0$$

$$F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = 0$$

$$F_{1z} + F_{2z} + \dots + F_{nz} = 0.$$

Tərpənməz fırlanma oxu olan cismın tarazlığı. Praktikada çox vaxt elə hallar olur ki, tərpənməz fırlanma oxu olan cismə qiymətcə eyni, istiqamətcə əks olan iki paralel qüvvə təsir etdikdə o, həmin ox ətrafında fırlanmaqda davam edir. Məsələn, blok,

dolamaçarx və s. belə paralel qüvvələrin hesabına fırlanır. Deməli, tərpnəmz fırlanma oxu olan cismin tarazlıqda olması üçün əvəzləyici qüvvənin sıfıra bərabər olması kifayət deyil. Bu məqsədlə tarazlığın ikinci şərti – *momentlər qaydası* ödənilməlidir.

- *Tərpnəmz fırlanma oxu olan cismin tarazlıqda olması üçün ona təsir edən qüvvələrin fırlanma oxuna nəzərən momentlərinin cəbri cəmi sıfıra bərabər olmalıdır:*

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0$$

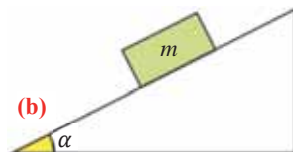
2
Araşdırma

Tətbiqetmə

Mail müstəvidəki cisim üçün tarazlığın hansı şərti ödənilir?

Məsələ 2. Mail müstəvidəki cisim üçün təyin edin (b):

- tarazlıq şərtini ifadə edən düsturu;
- sürtünmə qüvvəsinin hansı qüvvə ilə tarazlaşdığını;
- reaksiya qüvvəsinin hansı qüvvə ilə tarazlaşdığını.



Nəticənin müzakirəsi:

- Mail müstəvidəki cismin tarazlıqda qalması üçün tarazlığın hansı şərti ödənilməlidir?
- Cisim mail müstəvidə tarazlıqdadırsa, ona neçə qüvvə təsir edir, bu qüvvələri sxemdə göstərə bilərsinizmi?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Yəqin ki, nə vaxtsa dostlarınızla bu maraqlı fiziki eksperimenti icra etmişiniz: ling üzərinə qoyulmuş çay daşını qu tükü tarazlaşdırır (c).



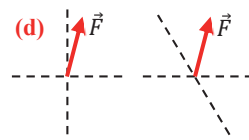
- Bu hadisədə tarazlığın hansı şərti ödənilir?

Cavabınızı sxemdə əsaslandırma bilərsinizmi?

- Demək olarmı ki, qu tükü ilə daşın kütləsi eynidir? Nə üçün?

Özünüzi qiymətləndirin:

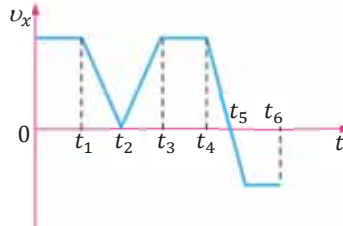
- Dərstdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
- Maddi nöqtə modulları 60 N və 80 N olan iki qüvvənin təsiri altında hərəkətdədir. Qüvvələr aralarındakı bucaq 90°-dir. Təyin edin:
 - maddi nöqtənin təcilinə istiqamətini (sxemdə təsvir edin);
 - maddi nöqtəni tarazlıqda saxlamaq üçün ona tətbiq olunan qüvvənin modulunu və istiqamətini (sxemdə təsvir edin).
- Şəkildə təsvir edilən \vec{F} əvəzləyici qüvvəsinin qırıq xətlər boyunca yönələn toplananlarını təyin edin (d).



NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan müddəalara aid qısa esse yazın: “*İrəliləmə hərəkətində olan cismin tarazlıq şərti*”, “*Tərpnəmz fırlanma oxu olan cismin tarazlıq şərti*”.

- 2.1. Cismə modulları $F_1 = 8N$ və $F_2 = 6N$ olan iki qüvvə tətbiq olunmuşdur. Əvəzləyici qüvvənin maksimum və minimum qiymətlərini təyin edin.
- 2.2. Əvvəlki məsələdə cismə təsir edən F_1 və F_2 qüvvələri arasındakı bucaq 60° ; 90° təşkil edərsə, əvəzləyici qüvvənin modulu uyğun olaraq neçə nyuton olar?
- 2.3. Cismın sürət proyeksiyası-zaman qrafikinə əsasən hansı zaman intervalında əvəzləyici qüvvənin sıfıra bərabər olduğunu təyin edin.



- 2.4. Formula-1 yarışlarında çox vaxt bolidin təkərlərinə protektorsuz enli şinlər geydirirlər.
- Niyə bolidin təkərlərinə protektorsuz enli şinlər geydirirlər?
 - Əgər sizin avtomobiliniz üçün protektorlu normal və protektorsuz enli şinli təkər seçmək imkanınız olarsa, hansı təkərə üstünlük verərdiniz? Niyə?

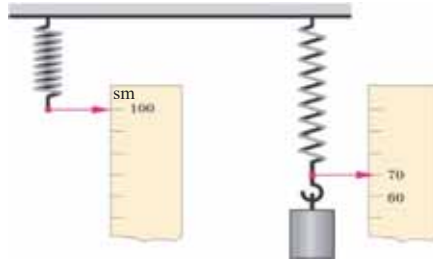


- 2.5. Sürüşkən yolda təkərləri bloklamaq lazımdır mı? Təcrübəli sürücülər tövsiyə edirlər ki, sürüşkən yolda avtomobili təhlükəsiz əyləc etmək üçün muftanı ayırmadan, yəni təkərləri mühərrikdən ayırmadan tormozlamaq lazımdır.
- Niyə avtomobili sürüşkən yolda mühərriklə tormozlamaq daha təhlükəsizdir?
- 2.6. Qaldırıcı kran kütləsi 20 ton olan yükü $0,8 \text{ m/san}^2$ təcillə qaldırır. Burazın gərilmə qüvvəsini təyin edin ($g = 10 \text{ m/san}^2$; burazın çəkisini nəzərə almayın).
- 2.7. Kütləsi 1,2 ton olan avtomobil 5 san müddətində sürətini 60 m/san qədər artırdı. Avtomobilə təsir edən əvəzləyici qüvvənin modulu nəyə bərabərdir?
- 2.8. Əvəzləyici F qüvvəsi m kütləli cismi t müddətində s məsafəsinə yerini dəyişdirir. Həmin qüvvə $2m$ kütləli cismi $3t$ müddətində hansı məsafəyə hərəkət etdirir (hər iki halda cismın başlanğıc sürəti sıfırdır)?
- 2.9. Liftin döşəməsinə 100 kq kütləli cisim qoyulmuşdur. Yük döşəməyə 1300 N qüvvə ilə təsir edərsə, liftin hansı təcillə və hansı istiqamətə hərəkət etdiyini təyin edin ($g = 10 \text{ m/san}^2$).
- 2.10. Düzxətli bərabərtəcilli hərəkət edən 1 ton kütləli avtomobil 9 san müddətində sürətini 20 m/san -dən 38 m/san -dək dəyişdi. Təyin edin: a) avtomobilin təcilini; b) avtomobilə hərəkəti istiqamətində təsir edən qüvvənin modulunu; c) avtomobilə təsir edən qüvvə impulsunu; d) sürət dəyişməsi baş verən müddətdə avtomobilin yerdəyişməsini.
- 2.11. İki maddi nöqtə arasındakı məsafə 3 dəfə kiçildilsə, onlar arasındakı cazibə qüvvəsi necə dəyişər?

- 2.12. Yer səthindən $h = 3R_{Yer}$ məsafəsindəki nöqtədə qravitasiya sahəsinin intensivliyi nəyə bərabərdir (Yer səthində $g = 9,81 \text{ m/san}^2$ -dir) ?
- 2.13. Məftildən 10 kq kütləli yük asıldıqda onun uzunluğu 0,5 mm artdı. Məftilin sərtliyini təyin edin ($g = 10 \text{ m/san}^2$).
- 2.14. Yay 0,15 m gərdikdə 0,006 kN elastiklik qüvvəsi yarandı. Yay 1 nə qədər gərmək lazımdır ki, 16 N elastiklik qüvvəsi yaransın?
- 2.15. Bir metrlik xətkəşin yaxınlığında asılan yaydan 2 kq kütləli yük asıldıqda onun uzanması şəkildə təsvir edildiyi qədər oldu.

Təyin edin:

- a) yükə ikinci eyni yük əlavə olunarsa, yaya bərkidilən əqrəbin xətkəşin hansı bölgüsünün üzərində dayandığını;
- b) yayın sərtliyini ($g = 10 \text{ m/san}^2$).



- 2.16. Kütləsi 18 kq olan taxta tiri üfüqi taxta döşəmənin üzərində hansı qüvvəylə itələmək lazımdır ki, o, sabit sürətlə sürülsün (taxta-taxta üçün $\mu = 0,5$; $g = 10 \text{ m/san}^2$)?
- 2.17. Kütləsi 2 t olan avtomobil şosedə 110 km/saat sürətlə hərəkət edərkən sürücü 100 m irəlində yolu qoyun sürüsünün keçdiyini görür və dərhal avtomobili tormozlayır. Tormozlanan avtomobil dayanana qədər sürünü vuracaqmı (rezin şin – quru asfalt üçün $\mu = 0,7$ və $g = 10 \text{ m/san}^2$ qəbul edin)?
- 2.18. Yupiterin səthi üçün birinci kosmik sürət nə qədərdir? ($G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kq}^2}$; bax: cədvəl 2.3)
- 2.19. Cisim sabit 50 N qüvvənin təsiri altında elə düzxətli hərəkət edir ki, onun koordinatının zamandan asılılığı $x = 4 + 3t - t^2$ qanunu ilə dəyişir. Təyin edin: a) cismin hərəkət təcilini; b) cismin kütləsini.
- 2.20. Çəkisi 1600 N olan tir iki burazdan asılmışdır. Tirin kütlə mərkəzindən asılma nöqtələrinə qədər məsafə 3 m və 1 m-dirsə, burazların gərilmə qüvvələri nə qədərdir (burazların çəkisi nəzərə alınmır)?

SAXLANMA QANUNLARI

Səkkizayaqlı ilbiz okean sularının dərinliklərində yaşayan nəhəng onurğasızlardandır. O, hərəkət etmək üçün periodik olaraq suyu özünə çəkir və sonra isə onu xüsusi qıfabənzər dəlikdən böyük sürətlə ifraz edir.



Cənub ölkələrində "fışqıran xiyar" adlı qəribə bitki mövcuddur. Bitkinin xiyarabənzər yetişmiş barına əl vurmaq kifayətdir ki, o, dərhal saplağından qopur. Eyni anda onun qopmuş dəliyindən kənara çox böyük sürətlə toxumla zəngin maye fışqırır. Nəticədə "xiyar" özü əks tərəfə böyük sürətlə alaraq 10-12 m məsafəyə qədər uçar.



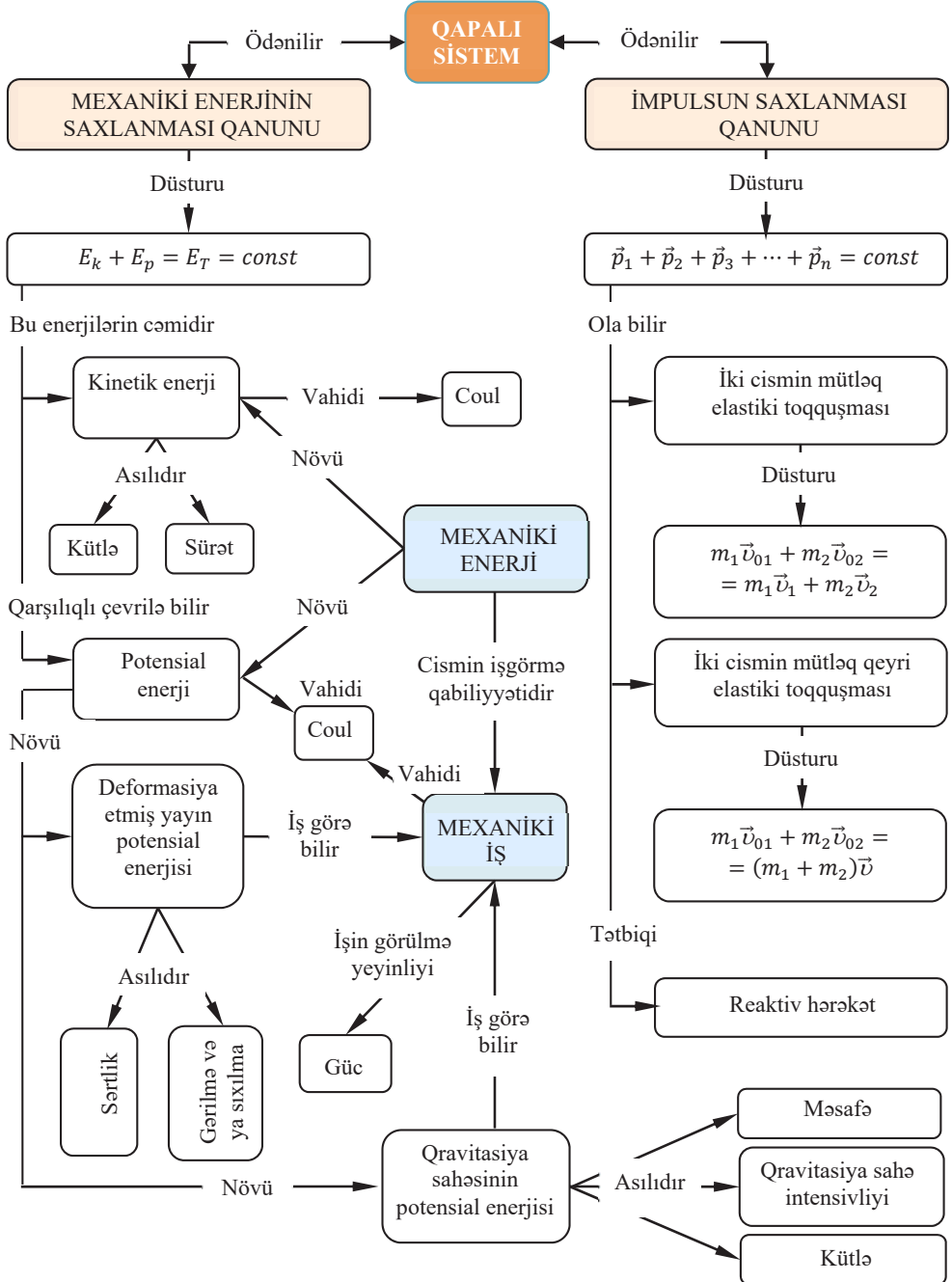
- Təbiət və texnikadakı bu hadisələr hansı fiziki qanunun təzahürüdür?

Yüzlərcə ton kütləyə malik kosmik gəmi soplosundan çıxan yanacaq tullantısının hesabına əks istiqamətdə 8 km/san sürətlə alaraq Yerətrafi orbitə çıxır.



Müasir bolidin ("Formula-1" idman maşını) və yer şumlayan traktorun mühərriklərinin gücü eyni olub 700 a.q.-dir.

- Fizika dilində desək, bu texnikaların mühərrikləri arasında fərq nədədir?



3.1 QAPALI SİSTEM. İMPULSUN SAXLANMASI QANUNU



Baron Münhausen iddia edirdi ki, guya o, bataqlıqda batdığı zaman saçından tutub onu var qüvvəsi ilə yuxarı dartmaqla özünü atı ilə birlikdə bataqlıqdan çıxarmışdır.

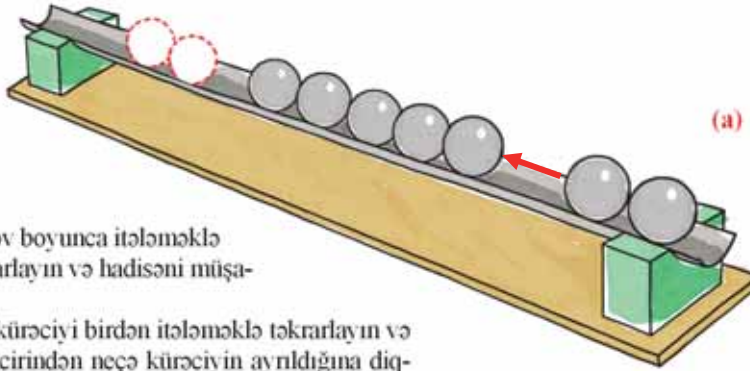
- Sizcə, Münhausen doğru söyləyirmi, bu, mümkündürmü? Niyə?

1 Kürəciklərin qaribə toqquşması

Təchizat: Qaliley novu, eyni ölçülü polad kürəciklər (8–10 ədəd), taxta dayaq (və ya muftası və tutqacı olan ştativ).

İşin gedişi:

1. Novu üfqi dayağa bərkidən və üzərində kürəcikləri bir-birinə toxunmaqla zəncir şəklində ardıcıl düzün (a). Kürəciyin birini nov boyunca itələyib onun kürəciklər zəncirinə zərbəsindən sonra baş verən hadisəni izləyin.



2. İki kürəciyi nov boyunca itələməklə təcrübəni təkrarlayın və hadisəni müşahidə edin.
3. Təcrübəni üç kürəciyi birdən itələməklə təkrarlayın və kürəciklər zəncirindən neçə kürəciyin ayrıldığına diqqət yetirin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Kürəciklər zəncirinə bir kürəcikle zərbə vurduqda nə müşahidə etdiniz?
- Təcrübəni iki və üç kürəciyin zərbələri ilə təkrarladıqda kürəciklər zəncirindən uyğun olaraq neçə kürəcik ayrıldı?
- Baş verən hadisələrin səbəbi haqqında fərziyyəniz nədir?

Qapalı sistem nədir? Təbiətin ümumi elmi mənzərəsində ətraf mühitdən şərti təcrid edilmiş və ümumi əlamətlərinə görə əlaqələndirilən cisimlər toplusundan ibarət sistemə *qapalı sistem* kimi baxılır.

- *Qapalı sistem* – verilən şəraitdə bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdə olub başqa cisimlərlə qarşılıqlı təsirdə olmayan cisimlərdən ibarət sistemdir. Saxlanma qanunları qapalı sistemlərdə ödənilir.

İmpulsun saxlanması qanunu. Saxlanma xassəsinə malik fiziki kəmiyyətlərdən biri impulsdur. Bu xassə ondan ibarətdir ki, yalnız bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdə olan cisimlərin impulslarının cəmi dəyişmir, cisimlərin tam impulsu sabit qalır.

- *Sistemi təşkil edən bütün cisimlərin impulslarının həndəsi cəmi həmin sistemin tam impulsu adlanır.*

Cisimlərin qarşılıqlı təsirləri nəticəsində onların impulsları dəyişir. Nümunə üçün iki cismin qarşılıqlı təsirini araşdıraq.

Birinci cismin qarşılıqlı təsirdən əvvəlki impulsunu \vec{p}_{01} , qarşılıqlı təsirdən sonrakı impulsunu \vec{p}_1 , ikinci cismə aid olan uyğun impulsları isə \vec{p}_{02} və \vec{p}_2 ilə işarə edək. Bu cisimlərin qarşılıqlı təsir qüvvələrini isə uyğun olaraq \vec{F}_1 və \vec{F}_2 ilə işarə etsək, Nyutonun III qanununa əsasən təsir əks təsire bərabər olar: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$. Bərabərliyin hər iki tərəfi cisimlərin qarşılıqlı təsir müddətinə (Δt) vurularsa, qapalı sistem üçün bərabərlik pozulmaz:

$$\vec{F}_1 \cdot \Delta t = -\vec{F}_2 \cdot \Delta t \quad (3.1)$$

Burada $\vec{F}_1 \cdot \Delta t$ birinci cismin, $\vec{F}_2 \cdot \Delta t$ isə ikinci cismin impulsunun dəyişməsi olduğundan (bax: 2.3 mövzusu) alınır:

$$\Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2$$

və ya

$$\vec{p}_1 - \vec{p}_{01} = -(\vec{p}_2 - \vec{p}_{02}). \quad (3.2)$$

- *İki cismin qarşılıqlı təsiri nəticəsində onların impulslarının dəyişməsi qiymətə bərabər, istiqamətə bir-birinin əksinədir.*

Buradan alınır ki, öz aralarında qarşılıqlı təsirdə olan iki cismin impulslarının vektoru (həndəsi) cəmi sabitdir:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \text{const}. \quad (3.3)$$

Sonuncu ifadəni n sayda cisimdən təşkil olunan qapalı sistem üçün də ümumiləşdirdikdə qapalı sistemi təşkil edən cisimlər üçün *impulsun saxlanması qanunu* alınır:

- *Qapalı sistem təşkil edən cisimlərin impulsunun vektorial cəmi sabit qalır:*

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots + \vec{p}_n = \text{const} \quad (3.4)$$

İki cismin toqquşması. İki cismin toqquşması onların deformasiya etməsi və yaranan elastiklik qüvvələrinin təsiri altında impulslarının dəyişməsi ilə nəticələnir. İdeallaşdırılmış şəraitdə iki növ toqquşma fərqləndirilir: *mütləq elastiki toqquşma* və *plastiki toqquşma*.

Mütləq elastiki toqquşma. *Mütləq mərkəzi elastiki toqquşmada cisimlərin elastiki deformasiyası baş verir – toqquşma qurtarıldıqdan sonra deformasiya yox olur.* Bilyard və ya polad kürələrin mərkəzi toqquşması mütləq elastiki deformasiyaya misal göstərilə bilər. Belə toqquşmada mexaniki enerji sistemin daxili enerjisinə çevrilmir – sistemin tam mexaniki enerjisi dəyişmir: kürələrin kinetik enerjisi tamamilə və ya qismən elastiki deformasiyanın potensial enerjisinə çevrilir və bu enerji isə, öz növbəsində, yenidən kürələrin kinetik enerjisinə çevrilir. Mütləq elastiki toqquşma üçün impulsun saxlanması qanununun (3.3) ifadəsi ödənilir: *iki cismin mütləq elastiki toqquşmadan əvvəlki impulslarının həndəsi cəmi onların toqquşmadan sonrakı impulslarının həndəsi cəminə bərabərdir:*

$$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 \quad (3.5)$$

Burada m_1, m_2 – qapalı sistem təşkil edən kürəciklərin kütləsi; \vec{v}_{01} və \vec{v}_{02} – bu kürəciklərin toqquşmadan əvvəlki sürətləri, \vec{v}_1 və \vec{v}_2 – onların toqquşmadan sonrakı sürətləridir.

Plastiki toqquşma. *Plastiki mərkəzi toqquşmada yaranan deformasiya tamamilə saxlanılır.* Bu zaman tam mexaniki enerji saxlanmır, onun bir hissəsi sistemin daxili enerjisinə çevrilir. İki cismin plastiki toqquşmasından sonra hər iki cisim bir-birinə “yapışaraq” ya eyni sürətlə hərəkət edir, yaxud da sükunətdə qalır. Beləliklə, qapalı sistem təşkil edən iki cismin plastiki toqquşmasını impulsun saxlanması qanununa əsasən belə yazmaq olar:

$$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = (m_1 + m_2) \vec{v}. \quad (3.6)$$

Burada \vec{v} – qapalı sistem təşkil edən iki cismin plastiki toqquşmasından sonra birlikdə aldıkları sürətdir. (3.6) ifadəsindən sistemin sürəti təyin edilir:

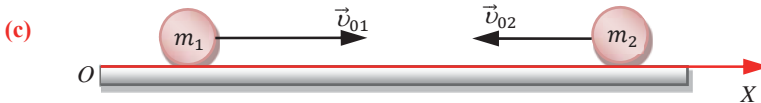
$$\vec{v} = \frac{m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02}}{m_1 + m_2}. \quad (3.7)$$

2 Təbiiqetmə

Araşdırma İki kürəciyin plastiki toqquşmasının tədqiqi

Məsələ. İsbat edin ki, üfüqi müstəvidə uyğun olaraq \vec{v}_{01} və \vec{v}_{02} ($v_{01} > v_{02}$) başlanğıc sürətlə qarşı-qarşıya hərəkət edən m_1 və m_2 ($m_1 > m_2$) kütləli iki cisim mərkəzi plastiki toqquşmaya məruz qaldıqdan sonra sistemin hərəkət sürətinin modulu aşağıdakı ifadəyə bərabərdir (c):

$$v = \frac{m_1 v_{01} - m_2 v_{02}}{m_1 + m_2}.$$



Nəticənin müzakirəsi:

- Lazımı düsturu almaq üçün hansı ardıcıl addımlardan istifadə etdiniz?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Bilyard kürəciyi sükunətdə olan ikinci kürəcikle mərkəzi mütləq elastiki toqquşmaya məruz qalır. İmpulsun saxlanması qanununa əsasən birinci və ikinci kürəciyin zərbədən sonrakı sürətləri necə dəyişər?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Qapalı sistem nədir, nə üçün alimlər elmi araşdırmalarda bu sistemdən istifadə edirlər?
3. Hansı halda qapalı sistemə impulsun saxlanması qanununu tətbiq etmək olar?
4. Qapalı sistem təşkil edən iki cismin mütləq və plastiki toqquşmalarında onlar arasında hansı enerji çevrilmələri baş verir?
5. Kütləsi 50 kq olan şagird 8 m/san sürətlə qaçaraq 2 m/san sürəti ilə hərəkət edən 30 kq kütləli arabaya çadır və onun üzərinə tullanır. Araba hansı sürətlə hərəkət edər?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “qapalı sistem”, “sistemin tam impulsu”, “impulsun saxlanması qanunu”, “mütləq elastiki toqquşma”, “qeyri- mütləq elastiki toqquşma”.

• LAYİHƏ • Reaktiv hərəkətin tədqiqi

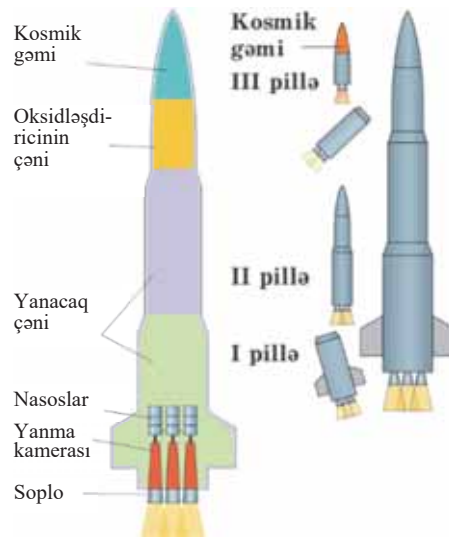
Nəzəri məlumat. İmpulsun saxlanması qanununun maraqlı praktik tətbiqi *reaktiv hərəkətdir*. 6 və 8-ci sinif fizika fənnindən reaktiv hərəkətin nə olduğunu bilərsiniz:

• *Reaktiv hərəkət – cisimdən bir hissəsi ayrılaraq hərəkət etdiyi zaman cismin özünün əks istiqamətdə hərəkət almasıdır.* Məsələn, raketlərin hərəkəti reaktiv hərəkət prinsipinə əsaslanır.

Raketin iş prinsipi. Raket örtük və yanacaqdan ibarət qapalı sistemdir. Örtük boru formasında olub bir tərəfi qapalı, digər tərəfi açıqdır. Örtüyün açıq tərəfinə yanacaq qazının çıxması üçün soplolar geydirilmişdir. Raket işə salındıqda yanacaq yanaraq yüksək təzyiqli qaza çevrilir. Qazın təzyiqi yüksək olduğundan raketin soplosundan böyük sürətlə atmosfərə atılır, nəticədə raket əks tərəfə itələnir (§.1).

İsbat edin ki, raketin örtüyünün sürəti impulsun saxlanması qanununa görə aşağıdakı düsturla təyin olunur (hesab edin ki, qazın hamısı raketə eyni zamanda tərək edir):

$$\vec{v}_{\text{ör}} = -\frac{m_{\text{qaz}}}{m_{\text{ör}}} \vec{v}_{\text{qaz}}$$



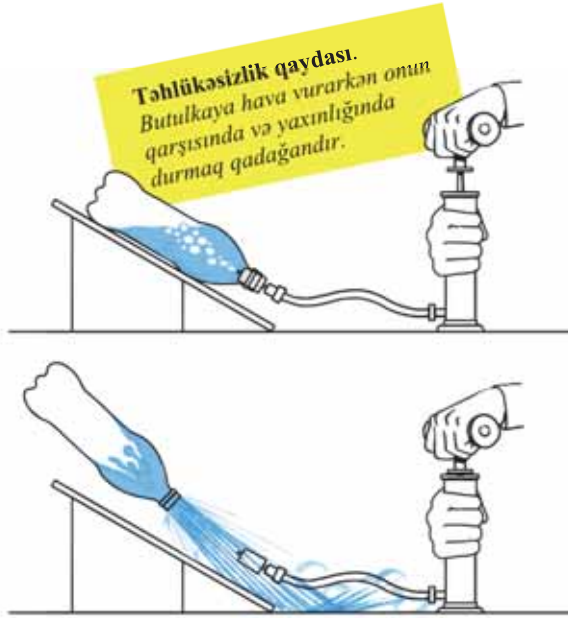
§.1. Kosmik gəmi daşıyıcısı. Raket və onun pillələrinin sxemi

“Su mühərrikli raketin” startı

Təchizat: plastik butulka (1 l-lik), su (0,5 l), mantar tıxac, futbol topuna hava vuran iynəli və şlanqlı nasos, dayaq.

İşin gedişi.

1. Butulkaya 1/3 hissəsi qədər su tökün, ağızını tıxacla qapayın, butulkanı oturacağı yuxarı olmaqla dayaq üzərində elə yerləşdirin ki, o, üfüqlə 40–50° bucaq təşkil etsin.
2. Tıxacı nasosun iynəsi ilə dəşib butulkaya sürətlə hava vurun. Bir neçə dəqiqədən sonra butulkada “maraqlı” hadisələr baş verir və “raket” böyük sürətlə “səmaya” qalxır (§.2).



§.2. “Raket” böyük sürətlə “səmaya” qalxır

- “Raketin” sürət almasına səbəb nədir? Bu sürət hansı düsturla hesablanı bilər?

3.2 MEXANİKİ İŞ VƏ GÜC

Şagirdlərdən ibarət iki komanda kəndirdartmada yarışır. Sağdakı komanda çox çalışdıqdan sonra qalib gəlir.

- Qalib gələn komanda haqqında hansı müddəanı söyləmək doğru olar: “sağdakı komanda daha qüvvətlidir”, yoxsa “sağdakı komanda daha güclüdür”? Nə üçün?



Mexaniki iş. Mexaniki iş cismə təsir edən əvəzləyici qüvvənin qiymətindən, istiqamətindən və qüvvənin tətbiq nöqtəsinin yerdəyişməsindən asılıdır.

• *Mexaniki iş – cismə təsir edən qüvvənin modulu, yerdəyişmənin modulu və bu qüvvə ilə yerdəyişmə vektorları arasında qalan bucağın kosinusunu hasilinə bərabərdir:*

$$A = F \cdot s \cdot \cos \alpha. \quad (3.8)$$

İş skalyar fiziki kəmiyyətdir, lakin digər skalyar fiziki kəmiyyətlərdən (məsələn, yol, kütlə, sahə və s.) fərqli olaraq o həm sıfır, həm müsbət, həm də mənfi işarəli ola bilər. İşin işarəsi cismə tətbiq olunan qüvvənin təsir istiqamətilə onun yerdəyişməsinin əmələ gətirdiyi bucaqdan asılıdır (**a**):

a) əgər cismə təsir edən qüvvə ilə yerdəyişmə vektorları iti bucaq əmələ gətirərsə: $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$, bu halda $\cos \alpha > 0$ olur və qüvvənin gördüyü iş müsbətdir: $A > 0$;

b) əgər cismə təsir edən qüvvə ilə yerdəyişmə vektorları kor bucaq əmələ gətirərsə: $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$, bu halda $\cos \alpha < 0$ olur və qüvvənin gördüyü iş mənfidir: $A < 0$;

c) əgər cismə təsir edən qüvvə yerdəyişməyə perpendikulyardırsa: $\alpha = 90^\circ$, bu halda $\cos \alpha = 0$ olur və həmin qüvvə iş görmür: $A = 0$.

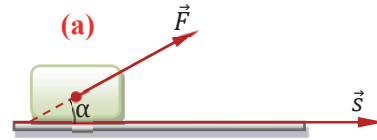
1

Eyni iş görürlərmi?

Məsələ 1. Bakıdan Gəncəyə qədər olan 298 km hava yolunu qət etməyə təyyarə 45 dəq, helikopter isə 90 dəq vaxt sərf edir. Bu nəqliyyat vasitələrinin eyni iş gördüyünü söyləmək olarmı? Onların gördükləri işin yeyinliyini necə müəyyən etmək olar?

Nəticənin müzakirəsi:

- Görülən iş nədən asılıdır?
- Müxtəlif maşınların gördüyü eyni bir işin yeyinliyini hansı fiziki kəmiyyətlə müəyyən etmək olar?



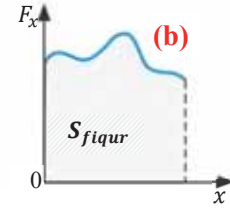
İşin BS-də vahidi couldur (C):

- *Coul (1C) – hərəkət istiqamətində təsir edən 1N qüvvənin 1m yerdəyişmədə gördüyü işdir:*

$$[A] = 1N \cdot m = 1 \frac{kq \cdot m^2}{san^2} = 1C.$$

Xüsusi hal.

Cisim x oxu üzrə hərəkət edirsə, \vec{F} qüvvəsinin gördüyü iş ədədi qiymətcə həmin qüvvənin x oxu üzrə proyeksiyasının (F_x) x -dan asılılıq qrafiki ilə absis oxu arasında qalan fiqurun sahəsinə bərabərdir (b): $A = S_{fiqur}$.



Konservativ qüvvənin işi iki mühüm xassəyə malikdir:

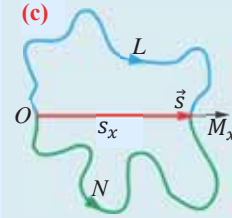
1. *İstənilən qapalı trayektoriya üzrə əvəzləyici qüvvənin işi sıfıra bərabərdir.* Çünki, qapalı trayektoriya cızan cismin yerdəyişməsinin modulu sıfıra bərabərdir:

$$s = 0 \rightarrow A = Fscos\alpha = 0.$$

2. *Verilmiş iki nöqtə arasında cismin hərəkəti zamanı əvəzləyici qüvvənin gördüyü iş bu nöqtələri birləşdirən trayektoriyanın formasından asılı deyildir.*

Məsələn, O və M nöqtələrini birləşdirən OLM və ONM trayektoriyaları üzrə hərəkət edən cismin yerdəyişməsi eyni olduğundan həmin trayektoriyalar üzrə əvəzləyici qüvvənin işi də eynidir (c):

$$A_{OLM} = A_{ONM} = F_x \cdot s_x.$$



Güc. Görülən işin yeyinliyi *güc* adlanan fiziki kəmiyyətlə xarakterizə olunur.

- *Güc – görülən işin, bu işi görməyə sərf edilən zamana nisbətində deyilir:*

$$N = \frac{A}{t}. \quad (3.9)$$

Gücün BS-də vahidi *vatt*dır (Vt):

$$[N] = 1 \frac{C}{san} = 1 \frac{kq \cdot m^2}{san^3} = 1Vt.$$

- *Vatt (1Vt) – 1 saniyədə 1C iş görə mexanizmin gücünə deyilir.* Güc vahidi olaraq, ilk dəfə 1783-cü ildə ingilis fiziki və ixtiraçısı Ceyms Vatt (1736–1819) *at qüvvəsi* (a.q.) adlanan vahid təklif etmişdir. Bu vahiddən bəzən indi də istifadə olunur:

$$1 \text{ a.q.} = 736 \text{ Vt.}$$

Güc sabit olduqda t müddətində görülən iş: $A = Nt$. (3.10)

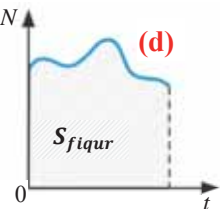
Bu düstur əsasında iş vahidi olaraq kilovatt-saatdan da istifadə olunur: N

$$1 \text{ kVt} \cdot \text{saat} = 3\,600\,000 \text{ C.}$$

Güc zamana görə dəyişərsə, iş ədədi qiymətcə güc-zaman qrafikinə t oxu ilə əmələ gətirdiyi fiqurun sahəsinə bərabər olur (d): $A = S_{fiqur}$.

Güc cismin hərəkət sürəti ilə də əlaqələndirilə bilər, məsələn, düzxətli bərabərsürətli hərəkət edən avtomobilin sürəti sürtünmə qüvvəsinin sabit qiymətində onun mühərrikinin gücündən düz mütənasib asılıdır:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v. \quad (3.11)$$



Bu ifadədən alınır ki, avtomobilin mühərrikinin gücü sabit olduqda avtomobilin sürətinin kiçik qiymətində dartı qüvvəsi artır (avtomobilin I sürət ötürücüsündə olduğu hal), dartı qüvvəsinin kiçik qiymətində isə sürət artır (avtomobilin IV və V sürət ötürücüsündə olduğu hal):

$$F = \frac{N}{v}; v = \frac{N}{F}.$$

2

Tətbiqetmə

Atletin əzələləri nə qədər iş gördü?

Araşdırma

Məsələ 2. Atlet 250 kq kütləli ştanqı 5 san müddətinə yerdən 2 m hündürlüyə qaldırdı.

Təyin edin:

a) atletin əzələlərinin gördüyü işi ($g = 10 \frac{m}{san^2}$);

b) atletin bu işi görməyə sərf etdiyi gücün neçə at qüvvəsinə bərabər olduğunu.

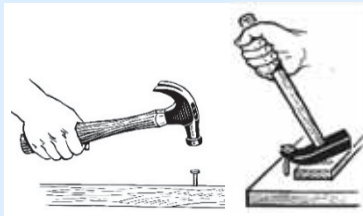
Nəticənin müzakirəsi:

- Atletin əzələlərinin gördüyü işi hansı düsturla təyin etdiniz və o neçə coul oldu?
- Atlet bu işi hansı yeyinliklə gördü?
- Atletin gücü neçə a.q. qədərdir?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Mismarın sirri. Elçin mismarı taxtaya vurduqdan sonra, işarələdiyi yerdən vurmadığını görüb onu taxtadan çıxardı.

- Elçin mismarı taxtaya vurduqda və onu taxtadan çıxardıqda eyni iş gördümü?
- Mismarı hansı alətlə çıxarmaq daha asandır: dəstəyi qısa mismarçıxaranla, yoxsa dəstəyi uzun? Niyə?



Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaralıq qaldı?
2. Ağırlyq qüvvəsi hansı halda müsbət iş görür: top şaquli yuxarı atıldıqda, yoxsa müəyyən hündürlükdən düşdükdə? Cavabınızı əsaslandırın.
3. Su səthində üzən topu əlimizlə tutub suya batırdıq, əlimizi çəkdikdə isə o yenidən suyun səthinə qalxdı. Bu halların hansında topa təsir edən Arximed qüvvəsi müsbət, hansı halda isə mənfii iş gördü? Nə üçün?
4. Verilən gücdə eyni zamanda həm qüvvədə, həm də sürətdə qazanc əldə etmək olarmı? Nə üçün?

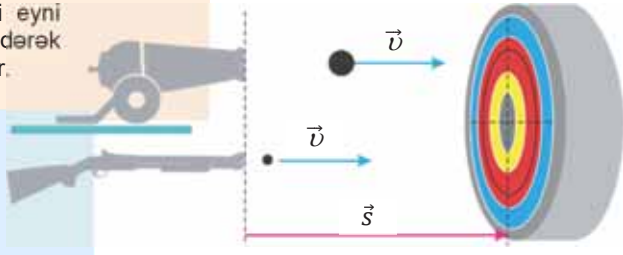
NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “mexaniki iş”, “coul”, “güc”, “vatt”.

3.3 SISTEMİN İŞGÖRMƏ QABİLİYYƏTİ – ENERJİDİR. KINETİK ENERJİ

Tüfəng gülləsi və top mərmisi eyni üfqi sürətlə, eyni yerdəyişmə edərək eyni hədəfə dəyib orada qaldılar.

- Güllə və mərminin gördükləri mexaniki işin də eyni olduğunu söyləmək olarmı? Nə üçün?



Enerji – sistemin işgörmə qabiliyyətidir. Öyrəndiniz ki, qapalı sistemdə saxlanma xassəsinə malik fiziki kəmiyyətlərdən biri – sistemin impulsudur. Qapalı sistemdə saxlanma xassəsinə malik mühüm, bəlkə də ən mühüm digər fiziki kəmiyyət *enerjidir*. Gündəlik həyatımızda, hətta beynəlxalq iqtisadi münasibətlərə aid danışıqlarda da ən çox işlənən və müzakirə olunan anlayış “*enerji*”dir. Enerjinin müxtəlif növləri, onun bir növdən digərinə çevrilməsinə dair kifayət qədər məlumatınız vardır. Ən maraqlısı isə odur ki, fizika alimləri sistemin enerjisinin hər bir növü üçün ayrıca düstur müəyyənləşdirə bilmişlər. Bu düsturların köməyi ilə aparılan hesablamalar isə hər dəfə qapalı sistemin bütün növ enerjilərinin cəminin dəyişmədiyini – enerjinin saxlandığını təsdiq edir.

Bilirsiniz ki, *enerji – cismin işgörmə qabiliyyətidir* (bax: *Fizika-7*). Digər tərəfdən, *enerji – cisimlərin hərəkətinin və onlar arasındakı qarşılıqlı təsirin ümumi ölçüsüdür: cismin hərəkəti ilə xarakterizə olunan enerji kinetik enerji, cisimlərin və ya cismin hissələrinin qarşılıqlı təsiri ilə xarakterizə olunan enerji isə potensial enerjidir.*

Cismi irəliləmə hərəkəti etdirən əvəzləyici qüvvənin gördüyü iş və kinetik enerji. Cisim əvəzləyici qüvvənin təsiri ilə iş görürsə, onun sürətinin modulu v_1 -dən v_2 -yə dəyişir – cisim təcil alır. Sadəlik üçün fərz edək ki, cisim üfüqə paralel olan sabit əvəzləyici F qüvvəsinin təsiri ilə müsbət iş görür. Bu halda $a = \frac{F}{m}$ təcili ilə bərabəryeyinləşən hərəkət edərək iş görür:

$$A = F \cdot s = ma \cdot \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} \text{ və ya } A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}. \quad (3.12)$$

Sonuncu düsturda kütlə ilə sürət kvadratının hasilinin yarısına $\left(\frac{mv^2}{2}\right)$ bərabər olan fiziki kəmiyyət *kinetik enerjini* ifadə edir.

- *Kinetik enerji – cismin hərəkəti nəticəsində malik olduğu enerjidir:*

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (3.13)$$

1
Araşdırma

İşgörmə hansı fiziki kəmiyyətin dəyişməsi hesabına baş verdi?

Məsələ 1. Avtobus üfqi yolda mühərriki söndürülmüş halda bir müddət hərəkət edib dayandı.

Nəticənin müzakirəsi:

- Avtobus hansı qüvvələrə qarşı iş gördü?
- Avtobusun iş görməsi hansı fiziki kəmiyyətin dəyişməsi hesabına baş verdi?

Kinetik enerji sürətin modulundan (istiqamətindən yox) və cismin kütləsindən asılıdır. (3.13) düsturunu (3.12)-da nəzərə alsaq, *kinetik enerji haqqında teoremi aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.*

• Əvəzləyici qüvvənin cisim üzərində gördüyü iş cismin kinetik enerjisinin dəyişməsinə bərabərdir:

$$A = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k. \quad (3.14)$$

Burada E_{k1} – cismin kinetik enerjisinin başlanğıc, E_{k2} – isə son qiymətidir. Kinetik enerji skalyar fiziki kəmiyyətdir və o, işdən fərqli olaraq yalnız müsbət qiymətlər alır və ya sifira bərabər olur (başqa növ enerjiyə çevrilir).

Kinetik enerji haqqında teoremdən görünür ki, kinetik enerjinin də vahidi işin vahidi ilə eyni olub, BS-də couldur (1C): $[E_k] = 1C$.

2 Təbiiqetmə

Məsələ 2. Kütləsi m olan raket v sürəti ilə uçur. Yanacağıının yanması nəticəsində kütləsini iki dəfə itirən raketin sürəti iki dəfə artdı, bu zaman raketin kinetik enerjisi necə dəyişdi?

Məsələ 3. 108 km/saat sürətlə hərəkət edən 1000 t kütləli qatarı dayandırmaq üçün nə qədər iş görülməlidir?

Nəticələrin müzakirəsi:

- Raketin kinetik enerjisinin dəyişməsi nəyə bərabərdir? Bu dəyişməni necə təyin etdiniz?
- Qatarı dayandırmaq üçün tələb olunan iş hansı düstura əsasən təyin etdiniz? Niyə?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

İki şagird qış tətilində Bakıdan İstanbula təyyarə ilə səyahətə çıxmışdır. Təyyarə Yerdən 8000 m yüksəklikdə uçur. Bu zaman şagirdlərdən biri digərinə deyir: Təyyarə uçur, biz isə sükunətdəyik – deməli, təyyarənin kinetik enerjisi var, bizim isə kinetik enerjimiz sıfırdır. İkinci şagird dərhal etiraz edir: Xeyr, sən düz demirsən, biz də kinetik enerjiyə malikik.

- Hansı şagird doğru söyləyir: uçan təyyarədə sükunətdə olan sənişin kinetik enerjiyə malikdirmi? Cavabınızı əsaslandırın.

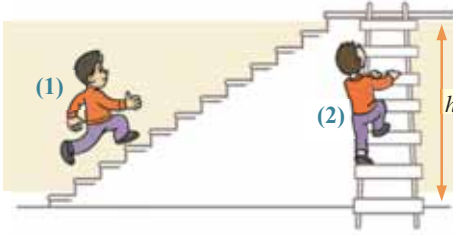
Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaralıq qaldı?
2. Kinetik enerji haqqında teoremdən hansı fiziki məna çıxır?
3. Kinetik enerji nədən asılıdır?
4. Cismin kinetik enerjisi hansı halda sıfıra bərabərdir, hansı halda artır, hansı halda azalır, hansı halda isə dəyişmir?
5. Kinetik enerji hesablama sisteminin seçilməsindən asılıdır mı? Cavabınızı əsaslandırın.

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddələrin tərif və izahlarını iş vərəqinə yazın: “enerji”, “kinetik enerji”, “kinetik enerji haqqında teorem”, “kinetik enerjinin dəyişməsi arta, azala və sıfıra bərabər ola bilir...”, “vatt”.

3.4 POTENSIAL ENERJİ



- Hansı üsulla h hündürlüyünə qalxdıqda oğlana təsir edən ağırlıq qüvvəsi az iş görər: pilləkənlə (1), yoxsa nərdivanla (2)? Niyə?

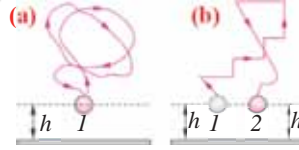
Araşdırma 1

Ağırlıq qüvvəsinin işi nəyə bərabərdir?

Məsələ 1. Cisim üfqi səthdən h hündürlüyündə yerləşən 1 nöqtəsindən hərəkətə başlayır. O, mürəkkəb trayektoriya cızdıqdan sonra yenidən 1 nöqtəsinə qayıdır (a). İkinci eyni cisim isə hərəkətini 1 nöqtəsindən başlayıb 2 nöqtəsində bitirir (b). Bu cisimlərə təsir edən ağırlıq qüvvələrinin işi necə dəyişər?

Nəticənin müzakirəsi:

- Ağırlıq qüvvəsinin işi nədən asılıdır?
- Ağırlıq qüvvəsinin işi sıfıra bərabər ola bilərmi? Nə üçün?



Ağırlıq qüvvəsinin işi və potensial enerji. Fərz edək ki, qapalı sistem Yer və onun səthindən müəyyən h_1 hündürlüyünə qaldırılan cisimdən ibarətdir. Əgər cisim həmin hündürlükdən sərbəst buraxılırsa, o, ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında Yer səthinə doğru hərəkətə başlayır. Cismin səthdən müəyyən h_2 hündürlüyünə qədər icra etdiyi \vec{s} yerdəyişməsində ağırlıq qüvvəsi müsbət iş görər (qüvvə ilə yerdəyişmənin istiqaməti eyni olduğundan: $\alpha = 0$) (c):

$$A = F_a \cdot s = mg(h_1 - h_2). \quad (3.18)$$

Burada $s = h_1 - h_2$ olub h_1 hündürlüyündən h_2 hündürlüyünə sərbəst düşən cismin yerdəyişməsinin moduludur.

Əgər cisim h_1 hündürlüyündən şaquli yuxarı atılırsa, onun h_2 hündürlüyünə çatdığı an yerdəyişməsinin modulu $s = h_2 - h_1$ olar (d). Bu halda ağırlıq qüvvəsi ilə yerdəyişmə vektorları arasındakı bucaq $\alpha = 180^\circ$ və $\cos \alpha = \cos 180^\circ = -1$ olduğundan, ağırlıq qüvvəsi mənfi iş görür:

$$A = -F_a \cdot s = -mg(h_2 - h_1) = mg(h_1 - h_2). \quad (3.19)$$

(3.18) və (3.19) ifadələrinin müqayisəsindən görünür ki, yuxarı atılan və ya müəyyən hündürlükdən düşən cisim üzərində ağırlıq qüvvəsinin gördüyü iş eyni düsturla ifadə olunur.

- Ağırlıq qüvvəsinin işi cismin hərəkət trayektoriyasının formasından asılı deyil, o, cismin kütlə mərkəzinin başlanğıc və son hündürlüklərinin fərqiindən asılıdır.
- Gördüyü iş cismin hərəkət trayektoriyasından asılı olmayan qüvvələr **konservativ qüvvələr** adlanır. Deməli, ağırlıq qüvvəsi də konservativ qüvvədir.

$$(3.18) \text{ düsturunu belə də yazmaq olar: } A = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2 \text{ və ya} \\ A = -(mgh_2 - mgh_1). \quad (3.20)$$

Bu o deməkdir ki, ağırlıq qüvvəsinin gördüyü iş əks işarə ilə mgh kəmiyyətinin dəyişməsinə bərabərdir. Bu kəmiyyət Yer səthindən h hündürlükdə yerləşən cisimlə Yer in qarşılıqlı təsirinin *potensial enerjisidir*.

• *Potensial enerji – qarşılıqlı təsirdə olan cisimlərin (və ya zərrəciklərin) malik olduqları enerjidir:*

$$E_p = mgh. \quad (3.21)$$

(3.21) ifadəsini (3.20) də nəzərə aldıqda *potensial enerji haqqında teoremin* ifadəsi alınır:

• *Ağırlıq qüvvəsinin gördüyü iş əks işarə ilə cismin potensial enerjisinin dəyişməsinə bərabərdir:*

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}) = -\Delta E_p. \quad (3.22)$$

Potensial enerji haqqında teoremdən görünür ki, potensial enerjinin də vahidi işin vahidi ilə eyni olub BS-də couldur (1C): $[E_p] = 1C$.

Elastiklik qüvvəsinin işi və potensial enerji. Konservativ qüvvələrdən biri də elastiklik qüvvəsidir. Ona görə də elastiklik qüvvəsinin gördüyü iş də cismin əks işarə ilə potensial enerjisinin dəyişməsinə bərabər olmalıdır. Bunu araşdıraq: yayın bir ucunu dayağa, digər ucunu isə hamar çubuq üzrə hərəkət edə bilən kürəciyə bağlayaq. Kürəciyi sağa sürüsdürməklə yayı x_1 qədər gərək. Bu zaman elastiklik qüvvəsinin modulu $F_1 = kx_1$ olur.

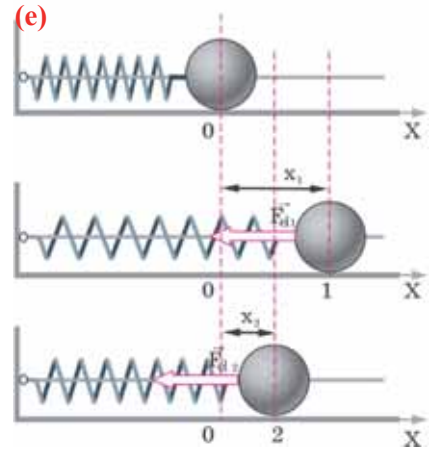
Sərbəst buraxılan kürəcik bu qüvvənin təsiri altında sola, məsələn, 1 vəziyyətindən 2 vəziyyətinə gəlir (e). Həmin vəziyyətdə yayın deformasiyası x_2 olduğundan kürəciyin yer-dəyişməsinin modulu yayın gərilmələrinin fərqinə bərabər olur: $s = x_1 - x_2$. Elastiklik qüvvəsi yerdəyişmə istiqamətində olduğundan onun gördüyü iş müsbət olur, lakin nəzərə alınmalıdır ki, elastiklik qüvvəsinin modulu sabit deyildir: o, kx_1 qiymətindən kx_2 -yə dəyişir. Ona görə də belə halda elastiklik qüvvəsinin modulunun orta qiyməti götürülür.

• *Elastiklik qüvvəsinin modulunun orta qiyməti onun başlanğıc kx_1 və son kx_2 qiymətlərinin orta ədədi qiymətinə bərabərdir:*

$$F_{el.orta} = \frac{kx_1 + kx_2}{2}.$$

Beləliklə, elastiki deformasiya etmiş yayın elastiklik qüvvəsinin gördüyü iş:

$$A = F_{el.orta} \cdot s = F_{el.orta} \cdot (x_1 - x_2) = \frac{kx_1 + kx_2}{2} \cdot (x_1 - x_2) \\ \text{və ya } A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}.$$



Düsturu belə də yazmaq olar:

$$A = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right). \quad (3.23)$$

Göründüyü kimi, elastiklik qüvvəsinin gördüyü iş yayın başlanğıc və son deformatsiyalarından asılıdır. Deməli, həqiqətən, elastiklik qüvvəsi də konservativ qüvvədir.

(3.20) və (3.23) düsturlarının müqayisəsindən görünür ki, $\frac{kx^2}{2}$ ifadəsinə bərabər olan fiziki kəmiyyət də potensial enerjinin – *elastiki deformasiya olunmuş yayın potensial enerjisinin ifadəsidir*:

• *Elastiki deformasiya olunmuş cismin potensial enerjisi – onun sərtliyi və gərilməsinin (və ya sıxılmasının) kvadratı hasilinin yarısına bərabərdir:*

$$E_p = \frac{kx^2}{2}. \quad (3.24)$$

2 Yaradıcı tətbiqetmə

Məsələ 2. Kütləsi $m = 2500\text{ kq}$ olan helikopter Yer səthindən $h_1 = 50\text{ m}$ hündürlükdədir. Hansı hündürlükdə onun potensial enerjisi $\Delta E_p = 750\text{ kC}$ artar?

Məsələ 3. Sərtliyi $300\frac{\text{N}}{\text{m}}$ olan yay xarici qüvvənin təsiri (f) altında 2 sm sıxıldı. Yay 2 sm sıxmaq üçün xarici qüvvə nə qədər iş görməlidir?

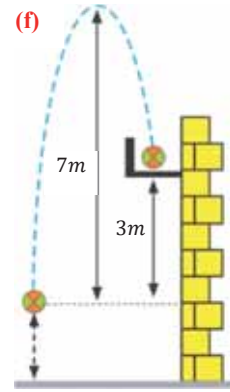
İpucu. Xarici qüvvənin yayı x_1 vəziyyətindən x_2 vəziyyətinə sıxması üçün gördüyü iş: $A = \frac{k}{2}(x_2^2 - x_1^2)$.

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin. Şagird 100 q kütləli topu, onu atdığı nöqtədən 3 m hündürlükdəki eyvana atmaq istədi. Lakin o, qüvvəsini düzgün tənzimləyə bilmədi: top 7 m hündürlüyə qalxdıqdan sonra eyvana düşdü (f).

• Bütün trayektoriya boyunca ağırlıq qüvvəsinin gördüyü iş nəyə bərabər olar ($g=10\text{ m/san}^2$)?

Özünüzü qiymətləndirin:

1. Dərstdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Ağırlıq qüvvəsinin gördüyü iş nəyə bərabərdir?
3. Nə üçün ağırlıq qüvvəsi konservativ qüvvədir?
4. Hansı halda deyilir ki, cisim potensial enerjiyə malikdir?
5. Potensial enerjinin sıfırını səviyyəsi nə deməkdir?
6. Elastiki deformasiya olunmuş cismin potensial enerjisi nədən asılıdır?



NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların tərif və izahatlarını iş vərəqinə yazın: “ağırlıq qüvvəsinin işi”, “potensial enerji”, “potensial enerji haqqında teorem”, “potensial enerji mənfii qiymət alır...”, “potensial enerji müsbət qiymət alır...” “konservativ qüvvə”, “elastiki deformasiya olunmuş cismin potensial enerjisi”.

3.5 TAM MEXANİKİ ENERJİ. ENERJİNİN SAXLANMASI QANUNU

Azərbaycanın ilk süni kosmik peyki "Azerspace/Africasat-1a" Yer ətrafında müəyyən sürətlə dövr etməklə, demək olar ki, bütün qitələrin radio stansiyaları ilə məlumat mübadiləsi yaradır.

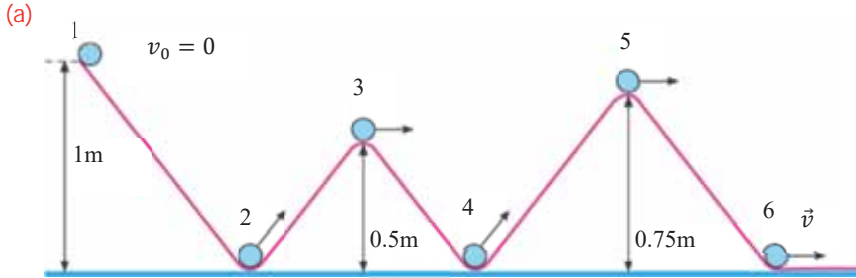
- Bu stansiya hansı mexaniki enerjiyə malikdir: kinetik, yoxsa potensial? Nə üçün?



1 Araşdırma Tam mexaniki enerji necə dəyişir?

Məsələ 1. 1 nöqtəsindən sərbəst buraxılan m kütləli kürəcik şəkildə təsvir olunan trayektoriya üzrə sürtünməsiz hərəkət edir (a). Trayektoriyanın hansı nöqtəsində kürəciyin tam mexaniki enerjisi: a) ən böyükdür? b) ən kiçikdir?

İpucu. Enerjinin saxlanması qanununa aid biliklərinizdən istifadə edə bilərsiniz (bax: Fizika-7, s.71–72).



Nəticənin müzakirəsi:

- Trayektoriyanın 1 nöqtəsində kürəciyin tam mexaniki enerjisi nəyə bərabərdir?
- Trayektoriyanın 2, 4 və 6 nöqtələrində kürəciyin tam mexaniki enerjisi nəyə bərabərdir?
- Trayektoriyanın 3 və 5 nöqtələrində kürəciyin tam mexaniki enerjisi nəyə bərabərdir?
- Kürəciyin tam mexaniki enerjisi haqqında hansı nəticəyə gəlmək olar?

Tam mexaniki enerji. Cisimlər sistemi eyni zamanda həm kinetik, həm də potensial enerjiyə malik ola bilər. Məsələn, müəyyən sürətlə uçan təyyarə kinetik enerji ilə yanaşı, eyni zamanda Yerlə qarşılıqlı təsirdə olduğuna görə həm də potensial enerjiyə malikdir.

- Cisimlər sisteminin kinetik və potensial enerjilərinin cəmi **tam mexaniki enerji** adlanır:

$$E_T = E_k + E_p.$$

Tam mexaniki enerjinin saxlanması qanunu. Bilirsiniz ki, konservativ qüvvələr olan ağırlıq və elastiklik qüvvələrinin işi əks işarə ilə sistemin potensial enerjisinin dəyişməsinə bərabərdir. Digər tərəfdən bu iş həm də sistemin kinetik enerjisinin dəyişməsinə bərabərdir:

$$\begin{cases} A = -(E_{p2} - E_{p1}) \\ A = E_{k2} - E_{k1}. \end{cases}$$

Beləliklə, alınır ki, $E_{k2} - E_{k1} = E_{p1} - E_{p2}$.

Uyğun kəmiyyətləri qruplaşdıraraq, tam mexaniki enerjinin saxlanması qanununun ifadəsi belə yazılır:

$$E_{k2} + E_{p2} = E_{k1} + E_{p1}, \quad E_T = \text{const}. \quad (3.25)$$

• *Qapalı sistem təşkil edən cisimlər bir-birinə konservativ qüvvələrlə təsir etdikdə sistemin tam mexaniki enerjisi sabit qalır.*

Enerjinin saxlanması qanunu zamanın bircinsliliyinin nəticəsidir.

• *Zamanın bircinsliliyi – zamanın köçürülməsinə nəzərən simmetriyasıdır: qapalı sistemin fiziki xassələri zamanın başlanğıc anının seçilməsindən asılı deyildir, zamanın bütün anları ekvivalentdir.*

Tam mexaniki enerjinin saxlanması qanununa görə, sistemin potensial enerjisinin müəyyən qədər artması sistemin kinetik enerjisinin həmin qədər azalması ilə nəticələnir və ya əksinə. Potensial enerjinin kinetik enerjiyə, kinetik enerjinin potensial enerjiyə çevrilməsi və bu zaman tam mexaniki enerjinin saxlanması təbiətin ən mühüm qanunlarından biridir.

Tam enerjinin saxlanması qanunu. Məlumdur ki, Yer-cisim sistemində müəyyən hündürlükdən düşən cismin trayektoriyasının ixtiyari nöqtəsində tam mexaniki enerjisi eynidir.

– *Cisim Yer səthinə düşüb dayandıqda nə baş verir?*

– *Bu halda söyləmək olarmı ki, “cismin həm kinetik, həm də potensial enerjisi sıfıra bərabər olur, mexaniki enerji yox olur və enerjinin saxlanması qanunu pozulur”?*

Qapalı sistem təşkil edən cisimlərin mexaniki enerjisi yox olmur! O, başqa növ enerjiyə – sistemin daxili enerjisinə çevrilir. Məsələn, Yer səthinə zərblə dəyən cismin yerlə qarşılıqlı təsirindən sistem qızır və onun daxili enerjisi artır.

Digər qapalı sistemdə də enerji çevrilmələri baş verə bilər, məsələn, avtomobil-şosse sistemində hərəkətdə olan avtomobil tormozlandıqda onun kinetik enerjisi sürtünmə nəticəsində təkərlərin qızaraq daxili enerjisinə çevrilməsi ilə nəticələnir.

Beləliklə, *tam enerjinin saxlanması qanunu* dedikdə qapalı sistemin bir-birinə çevrilə bilən bütün növ enerjisinin (mexaniki, daxili, elektromaqnit və s.) cəminin saxlanması nəzərdə tutulur:

• *Enerji itmir və heçdən yaranmır, o bir növdən başqa növə çevrilir.*

Tətbiqetmə

Məsələ 2. Cisim 10 m/san başlanğıc sürəti ilə şaquli yuxarı atıldı. Bu cismin $3,2 \text{ m}$ hündürlükdə sürəti nə qədər olar (havanın müqaviməti nəzərə alınmır; $g = 10 \text{ m/san}^2$)?

Nəticənin müzakirəsi:

- Şaquli yuxarı atılan cisim h hündürlüyündə hansı enerjiyə malikdir?
- Bu cisim üçün mexaniki enerjinin saxlanması qanunu hansı düsturla ifadə olunur?
- Cismin $3,2 \text{ m}$ hündürlükdəki sürətini necə müəyyənləşdirdiniz?

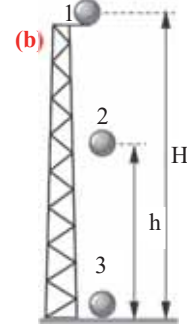
Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Şəkilə müəyyən hündürlükdən sərbəst buraxılan cismin hərəkət trayektoriyasının üç müxtəlif nöqtəsindəki halı təsvir edilmişdir (b).

- Cismin bu nöqtələrinin hər birində tam enerjisi nəyə bərabərdir (havanın sürtünməsi nəzərə alınmır)?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərstdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Hansı şərt daxilində tam mexaniki enerji saxlanılır?
3. Hansı şərt daxilində tam enerji saxlanılır?
4. Sürtünmə nəticəsində cismin tam mexaniki enerjisinin bir hissəsi hansı növ enerjilərə çevrilə bilər?
5. Verilən hadisələrdə hansı enerji çevrilmələri baş verir:
 - a) şalələdə su kütləsinin düşməsi;
 - b) kürəciyin mail qoyulmuş "Qaliley novunda" diyirlənməsi.
6. Cisim $6,4 \text{ m/san}$ sürətlə şaquli yuxarı atıldı. Hansı hündürlükdə cismin kinetik və potensial enerjiləri bərabər olacaqdır?

**NƏ ÖYRƏNDİNİZ?**

Qeyd olunan anlayış və müddəaların tərif və izahatlarını iş vərəqinə yazın: "tam mexaniki enerji", "tam mexaniki enerjinin saxlanması qanunu", "zamanın bircinsliliyi", "tam enerjinin saxlanması qanunu".

3.6

AZƏRBAYCANDA ALTERNATİV ENERJİ MƏNBƏLƏRİNDƏN İSTİFADƏ (TƏQDİMAT DƏRS)

Respublikamızda alternativ enerji mənbələrindən istifadəyə dair elektron təqdimat hazırlayın. Təqdimat hazırlayarkən aşağıdakı elektron resurslarından istifadə edə bilərsiniz:

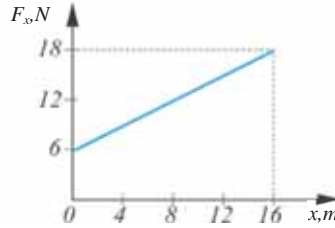
Elektron resurslar:

1. https://az.wikipedia.org/wiki/Kateqoriya:Azərbaycan_su_elektrik_stansiyaları.
2. https://az.wikipedia.org/wiki/Mingəçevir_SES.
3. www.azerbaijans.com › Baş səhifə › İQTİSADİYYAT.
4. www.president.az/articles/8577.
5. www.president.az/articles/3184.
6. www.minenergy.gov.az/?e=526.
7. <http://www.azerbaijan-news.az/index.php?Lng=aze&year=2009&Pid=183>.
8. www.osce.org/az/baku/40023?download=true.
9. lib.aliyevheritage.org/az/3316976.html.
10. eco.gov.az/.../405-azerbaycan-respublikasinda-alternativ-ve-berpa-olunan-enerji-men...
11. www.carecprogram.org/uploads/docs/AZE-Renewable-Energy-Strategy-az.pdf.
12. www.qlobalenerji.az/page.php?sh=dHVrZW5tel9lbnJq.
13. https://az.wikipedia.org/wiki/Külək_enerjisi.
14. www.qlobalenerji.az/page.php?sh=YXpfa2xrX2Vu.
15. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/.../TYqdimat_Strategiya.pdf.
16. referat.ilkaddimlar.com/d_word_refe_hidro_5030.docx.
17. azertag.az/.../Azerbaycanda_kulek_ve_gunes_enerjisinden_istifade_uchun
18. www.xalqazeti.com/az/news/economy/40986.
19. apa.az/.../azerbaycanda-gunes-ve-kulek-enerjisinden-genis-istifade-olunmasi-meqsedil...
20. www.anl.az/down/meqale/azerbaycan/2010/aprel/114197.htm.
21. regionplus.az/az/articles/view/5036.
22. news.atv.az/news/tech/14925-alternativ-energetika-kulek-enerjisinin-gucu.
23. deyerler.org/100916-alternativ-enerji-mjnbljri-kgljik-enerjisi-ii-yazd.html
24. e-book.az>book/1834...azerbaycanda...enerjisinden...ve...
25. az.wikipedia.org›Günəş enerjisi.
26. ebooks.az>book_YqyCx9U1.html.
27. news.lent.az>news/134868.
28. yeniazerbaycan.com>SonXeber_e13759_az.html.
29. physics.gov.az>PowerEng/2004/v1article/art01.pdf.
30. qlobalenerji.az>page.php...
31. minenergy.gov.az>db/462.pdf..
32. news.day.az>Azərbaycanca>797906.html.
33. az.wikipedia.org›Nüvə energetikası.

Təqdimatın hazırlanmasının nümunəvi planı

| | |
|-------------------|--|
| I slayd: | <ul style="list-style-type: none">• Təqdimatın adı• Hazırladı |
| II slayd: | <ul style="list-style-type: none">• Azərbaycanca alternativ təbii enerji mənbələrindən istifadənin vəziyyəti |
| III slayd: | <ul style="list-style-type: none">• Azərbaycanca axar suyun enerjisindən istifadənin tarixi• Azərbaycanca axar suyun enerjisindən istifadənin müasir vəziyyəti |
| IV slayd: | <ul style="list-style-type: none">• Külək enerjisindən istifadənin tarixi• Azərbaycanca külək enerjisindən istifadənin müasir vəziyyəti |
| V slayd: | <ul style="list-style-type: none">• Azərbaycanca axar suyun və küləyin enerjisindən istifadənin perspektivləri |
| VI slayd | <ul style="list-style-type: none">• Azərbaycanca Günəş enerjisindən istifadənin hazırkı vəziyyəti• Azərbaycanca Günəş enerjisindən istifadənin perspektivləri |
| VII slayd | <ul style="list-style-type: none">• Azərbaycanca atom enerjisindən istifadənin perspektivləri• Azərbaycanca geotermal su mənbələrinin enerjisindən istifadənin perspektivləri |

- 3.1. Buz üstündə konkidə duran 50 kq kütləli oğlan kütləsi 1 kq olan qar topasını üfüqə 5 m/san sürətlə atdı. Bu zaman oğlan hansı sürət alar?
- 3.2. Kütləsi 150 t olan lokomotiv sükunətdə duran 1250 t kütləli qatara 7 m/san sürətlə yaxınlaşır. Qatar lokomotivə birləşəndən sonra hansı sürət alar?
- 3.3. 500 m/san sürətlə uçan mərmii partlayaraq kütlələri 5 kq və 15 kq olan iki qəlpəyə ayrıldı. Böyük qəlpə 800 m/san sürət alaraq uçuş istiqamətində hərəkətini davam etdirdi. Kiçik qəlpənin sürətini təyin edin.
- 3.4. 2 m/san sürətlə qaçan 60 kq kütləli oğlan 1 m/san sürətlə hərəkət edən 40 kq kütləli arabaya çataaraq onun üzərinə tullandı. Araba oğlanla birlikdə hansı sürətlə hərəkətini davam etdirər?
- 3.5. OX oxu boyunca hərəkət edən cismə təsir edən qüvvənin proyeksiyasının x -dan asılılıq qrafiki verilmişdir. Bu qüvvənin 12 m yolda gördüyü işi təyin edin.



- 3.6. Oğlan üfüqi yolda duran arabaya yerdəyişmə ilə 60° bucaq təşkil edən sabit qüvvə tətbiq etməklə onun yerini 40 m dəyişdi. Qüvvənin gördüyü iş 2 kC olarsa, oğlan arabaya nə qədər qüvvə tətbiq etmişdir?
- 3.7. Oğlan 100 q kütləli topu şaquli yuxarı atdı və sərbəst düşən topu atdığı nöqtədə də tutdu. Yuxarı hərəkət edən topun 5m yüksəkliyə qalxdığını nəzərə almaqla, topa təsir edən ağırlıq qüvvəsinin gördüyü işi hesablayın ($g = 10 \text{ m/san}^2$): a) topun yuxarı hərəkət etdiyi hal üçün; b) topun aşağı hərəkət etdiyi hal üçün; c) topun hərəkətdə olduğu bütün yol üçün.
- 3.8. Gücü 0,9 kVt olan elektrik mühərriki ilə 30 kq kütləli yükü 4 m/san sürətlə qaldırmaq olarmı ($g = 10 \text{ m/san}^2$)?

3.9. Əyləc sistemi

I sual. Yüngül minik avtomobili ilə müqayisədə ağır yük avtomobilində daha güclü əyləc sistemi quraşdırılır. Eyni sürətlə hərəkət edən yük və minik avtomobilində fərqli gücə malik əyləc sisteminin quraşdırılması hansı fiziki qanunauyğunluqdan irəli gəlir?

II sual. Böyük kütləli yük avtomobillərində və avtobuslarda adətən pnevmatik əyləc sistemləri quraşdırılır. Pnevmatik əyləc sistemlərinin iş prinsipində hansı növ enerjiden istifadə olunur?

- 3.10. Bəzən elə hallar olur ki, avtomobil yoxuşun əvvəlində qabaqcadan sürətlənməyibse, o yoxuşu çıxmaqda çətinlik çəkir. Niyə bəzən avtomobillər yoxuşu çıxmaq üçün əvvəlcədən sürətlənməlidir?
- 3.11. Tüfəngdən 600 m/san sürətlə atılan 5 q kütləli güllə taxta hədəfi dəlib keçir. Hədəfdən çıxan anda güllənin sürəti 200 m/san oldu. Hədəfin müqavimət qüvvələrinin gördüyü işi təyin edin.
- 3.12. Sərtliyi 100 N/m olan dinamometrin yayı 2 sm deformasiya edir. Deformasiya etmiş yayın potensial enerjisini təyin edin.

- 3.13.** Cismə təsir edən ağırlıq qüvvəsi mənfi iş görürsə, onun kinetik və potensial enerjisi necə dəyişər?
- 3.14.** Cismə təsir edən ağırlıq qüvvəsi müsbət iş görürsə, onun kinetik və potensial enerjisi necə dəyişər?
- 3.15.** Daşı 4 m dərinlikli quyudan bərabər sürətlə səthə qaldırdıqda 150 C iş görüldü. Daşın kütləsini təyin edin ($g = 10 \text{ m/san}^2$, havanın müqaviməti nəzərə alınmır).
- 3.16.** 75 m hündürlükdən 10 m/san sürətlə şaquli aşağı atılan cismin yerə dəymə anında kinetik enerjisi 1600 C olmuşdur. Cismin kütləsini və yerə dəymə anındakı sürətini təyin edin ($g = 10 \text{ m/san}^2$, havanın müqaviməti nəzərə alınmır).
- 3.17.** Kütləsi 250 q olan cisim 15 m/san sürətlə şaquli yuxarı atıldı. Cismin qalxdığı maksimum hündürlüyü və bu hündürlükdəki potensial enerjisini təyin edin ($g = 10 \text{ m/san}^2$ havanın müqaviməti nəzərə alınmır).
- 3.18.** Tapançanın 10 sm sıxılmış yayı açıldıqda 3 q kütləli gülləyə hansı sürət verir? Yayın sərtliyi 100 N/m-dir.
- 3.19.** Polad kürəcik 20 m/san sürətlə şaquli yuxarı atıldı. Kürəciyin kinetik və potensial enerjisinin bərabər olduğu hündürlüyü təyin edin ($g=10\text{m/san}^2$; havanın müqavimətini nəzərə almayın).

MEXANİKİ RƏQSLƏR VƏ DALĞALAR



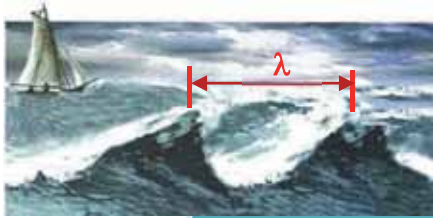
Kəfkirli divar saati geri qalanda, yaxud “qabağa qaçanda” onu kəfkirin uzunluğunu dəyişməklə tənzimləyirlər.

- Kəfkirli saat “qabağa qaçanda” onun kəfkirinin uzunluğu necə dəyişdirilməlidir? Bu hadisə hansı fiziki qanunauyğunluqla izah olunur?

1905-ci ildə Sankt-Peterburq (Rusiya) şəhərində Fontanka çayı üzərində salınmış 55 m-lik “Misir” zəncirli körpüsündən süvari alayı keçdiyi zaman körpü dağılmışdır.

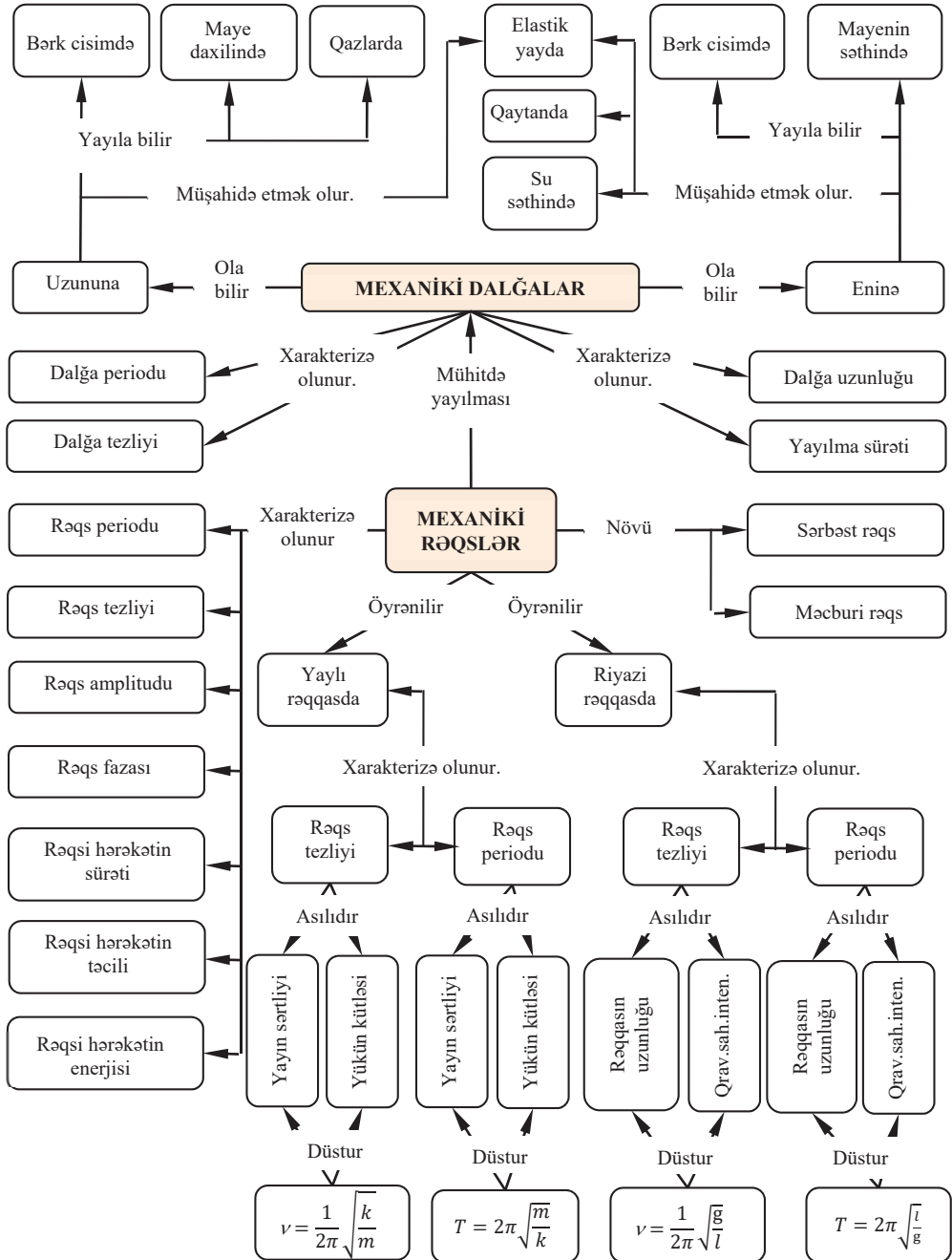


- Süvari alayının nizami keçidi zamanı körpünün dağılması hansı fiziki hadisə nəticəsində baş vermişdir?



Okeanda fırtına nəticəsində dalğa uzunluğu 520 m, rəqs periodu 14 san olan nəhəng dalğalar yaranır.

- Bu dalğalar okeanın səthi boyunca hansı sürətlə yayılır?
- Sahilə çatan belə dalğalar insanlara təhlükə yarada bilərmi?



4.1 RƏQSI HƏRƏKƏT. SƏRBƏST RƏQSLƏR

Tədbirli meşəbəyilər bal arılarının ağacın gövdəsində qurduqları pətəkləri ayıdan qorumaq üçün möhkəm qaytandan ağır kötük asırlar. Kötük pətəkdən bir qədər aşağıda, ayının yolunun üstündə yerləşdirilir. Ağaca dırmanan ayı kötüyü kənara itələmək məcburiyyətində qalır.

- Sonra nə baş verir?
- Kötüyün belə hərəkəti bir sözlə necə adlandırıla bilər? Bu hərəkət sərbəstdir, yoxsa məcburi?

Məsələ 1. Verilən sıralamadakı söz birləşmələrini diqqətlə nəzərdən keçirib onların məzmunu ilə bağlı oxşar və fərqli xüsusiyyətlərini müəyyən edin: “Su səthində üzgəcin hərəkəti”, “Ayın Yer ətrafında hərəkəti”, “yelləncəyin hərəkəti”, “ağacı kəsən mişarın hərəkəti”, “yükün yaylı dinamometrə hərəkəti”, “mühərrikdə porşenin silindrdə hərəkəti”, “fırlanğıcın masa səthində hərəkəti”.

Nəticənin müzakirəsi:

- Söz birləşmələrində hansı sistemlərin hərəkətləri təsvir olunur?
- Bu hərəkət sistemlərində ümumi və fərqli cəhət nədir?

Mexaniki rəqsi hərəkət. Təbiətdə ən geniş yayılan hərəkətlərdən biri *mexaniki rəqsi hərəkətidir*.

• *Mexaniki rəqsi hərəkət – cismin və ya cisimlər sisteminin tarazlıq vəziyyəti ətrafında əks istiqamətlərdə tamamilə və ya qismən təkrarlanan hərəkətidir.* Başqa sözlə desək: *Mexaniki rəqsi hərəkət – cismin və ya cisimlər sisteminin tarazlıq vəziyyəti ətrafında gah bu, gah da digər istiqamətdə yerdəyişməsidir.*

Rəqsi hərəkət periodik və qeyri-periodik ola bilər:

• *Periodik rəqsi hərəkət – cismin və ya cisimlər sisteminin bərabər zaman fasilələrindən sonra təkrarlanan rəqsdir.*

• *Qeyri-periodik rəqsi hərəkət – cismin və ya cisimlər sisteminin ixtiyari zaman fasilələrindən sonra təkrarlanan rəqsdir. Belə rəqslərin müəyyən periodu olmur.*

Rəqsi hərəkət, əsasən, iki növdə olur: *məcburi rəqslər* və *sərbəst rəqslər*.

• *Məcburi rəqs – periodik dəyişən xarici qüvvələrin təsiri nəticəsində baş verən rəqslərdir.*

• *Sərbəst rəqslər – tarazlıq halından çıxarılmış sistemdə daxili qüvvələrin təsiri nəticəsində baş verən rəqslərdir.*

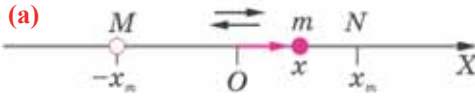
Sərbəst rəqslər. Rəqsi hərəkətləri öyrənərkən aparılan ölçmə və hesablamaların sadəliyi üçün qapalı sistemdən istifadə etmək əlverişlidir. Qapalı sistemdə cisimlər daxili qüvvələrin qarşılıqlı təsiri nəticəsində rəqsi hərəkət edir.

Yaya bərkidilən yükün əmələ gətirdiyi *yay-yük sistemi* və ya sapdan asılan cismin əmələ gətirdiyi *sap-cisim sisteminə*ki rəqslər sərbəst rəqslərə aid edilə bilər. Yay-yük sisteminə daxili qüvvə yayın elastiklik qüvvəsi, sap-cisim sisteminə isə cismə təsir edən ağırlıq qüvvəsi və sapın gərilmə qüvvəsidir.

Rəqsi hərəkətin kinematik xarakteristikaları. Onların bəziləri ilə tanış olaq.

- *Yerdəyişmə* – rəqs edən cismin müəyyən zaman anında tarazlıq vəziyyətindən hansı tərəfə və nə qədər uzaqlaşdığını göstərən fiziki kəmiyyətdir.

Məsələn, fərz edək ki, m kütləli cisim X oxu boyunca O tarazlıq nöqtəsi ətrafında gah



sağa, gah da sola təkrarlanan periodik hərəkət edir. Cismin verilən t anındakı x koordinatı həmin cismin tarazlıq vəziyyətindən yerdəyişməsini göstərir (**a**).

- *Amplitud* – rəqs edən cismin tarazlıq vəziyyətindən maksimum yerdəyişməsinin moduludur. Amplitud x_m və ya A ilə işarə olunur, BS-də vahidi *metr*dir.

Əgər cisim O tarazlıq nöqtəsindən sağa hərəkət edib x_m amplitudu qədər yerini dəyişib (N nöqtəsi), orada ani dayandıqdan sonra geri dönərək O nöqtəsindən sola keçib $-x_m$ qədər yerdəyişmə edib (M nöqtəsində), orada da ani dayandıqdan sonra geri dönüb yenidən O nöqtəsinə gələrsə, buna *bir tam rəqs* deyilir (bax: **a**). Sonrakı zamanlarda rəqs təkrar olunur. Beləliklə, *cisim bir tam rəqs müddətində 4 amplituda bərabər yol gedir*:

$$l_0 = 4x_m.$$

Əgər cisim t müddətində N sayda tam rəqs edərsə, gedilən yol:

$$l = 4x_m N = 4x_m t \nu = 4x_m \cdot \frac{t}{T}. \quad (4.1)$$

Burada ν (nü) – rəqs tezliyi, T – rəqs periodudur.

- *Rəqs tezliyi* – ədədi qiymətcə bir saniyədəki tam rəqslərin sayına bərabər olan fiziki kəmiyyətdir:

$$\nu = \frac{N}{t}. \quad (4.2)$$

Rəqs tezliyinin BS-də vahidi alman fiziki Henri Hersin şərəfinə *hers* (Hz) adlandırılmışdır:

- $1Hz = 1$ saniyədə 1 rəqs edən rəqsin tezliyidir: $[\nu] = 1 Hz = 1 san^{-1}$.

- *Rəqs periodu* – bir tam rəqsə sərf olunan zamandır:

$$T = \frac{t}{N}. \quad (4.3)$$

Onun BS-də vahidi saniyədir ($1san$): $[T] = 1 san$.

Rəqsin tezliyi ilə periodu qarşılıqlı tərs kəmiyyətlərdir:

$$T = \frac{1}{\nu} \quad \text{və ya} \quad \nu = \frac{1}{T}. \quad (4.4)$$

- *Dövri tezlik* – rəqs tezliyindən 2π dəfə böyük kəmiyyət olub, fiziki mənaca rəqqasın $\approx 6,28$ saniyədə ($2\pi \approx 6,28$) neçə rəqs etdiyini göstərir:

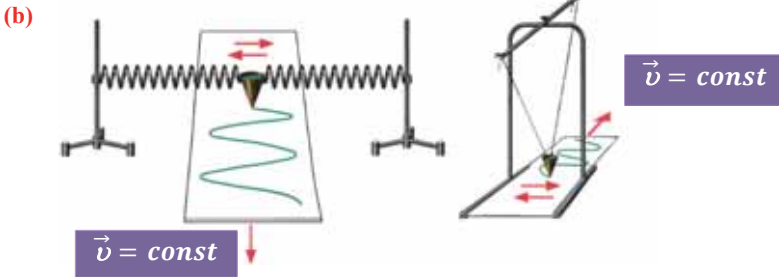
$$\omega = 2\pi \nu. \quad (4.5)$$

Burada ω (*omeqa*) – dövri tezlikdir. Dövri tezliyin BS-də vahidi: $[\omega] = 1 \frac{rad}{san}$.

Harmonik rəqs və onun qrafiki. Ən sadə rəqsi hərəkət *harmonik rəqsdir*.

• *Harmonik rəqs* – sərbəst rəqs edən sistemin vəziyyətini xarakterizə edən fiziki kəmiyyətlərin zamandan asılı olaraq sinus və ya kosinus qanunu ilə dəyişdiyi rəqslərdir.

Sərbəst harmonik rəqsi hərəkət edən cismin zaman keçdikcə vəziyyəti dəyişir. Rəqs sistemində kiçik zaman fasiləsində sürtünmə qüvvəsinin təsirini nəzərə almamaq mümkün olduğu üçün rəqsi hərəkətin *sinusoid* və ya *kosinusoid* adlanan əyrisi alınacaqdır. Sinusoid (və ya kosinusoid) əyrisini həm yaylı rəqqas, həm də ipli rəqqasda içərisi qum doldurulan nazik deşikli qıfla aparılan təcrübədə asanlıqla müşahidə etmək mümkündür (b).



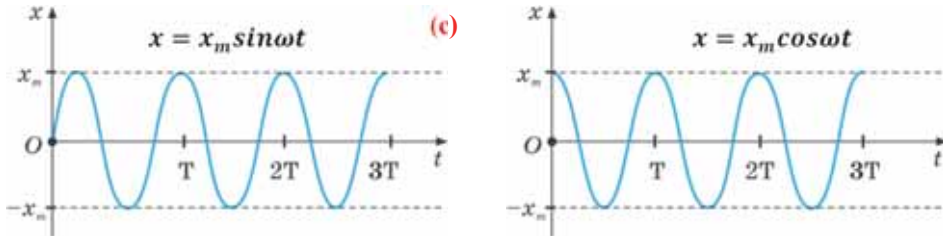
Bu əyri rəqqasın x yerdəyişməsinin t zamanına görə sinus və ya kosinus qanunu ilə dəyişmə qrafikinə uyğundur (c):

$$x = x_m \sin \omega t \quad (4.6)$$

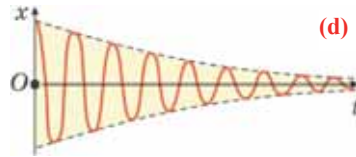
və ya

$$x = x_m \cos \omega t \quad (4.7)$$

Qrafikdən görünür ki, zamanın rəqs perioduna bərabər müddətində ($t = T$) rəqqas bir tam rəqs edir (bax: c).



• **Diqqət!** Qapalı sistemə xarici qüvvələr təsir etmədiyindən sərbəst rəqs edən sistemdə, demək olar ki, tam mexaniki enerji saxlanılır. Bu o deməkdir ki, ideallaşdırılmış şəraitdə qapalı sistemdə sərbəst rəqslər amplitudu dəyişməyən rəqslər olub sönməyən rəqslərdir. Lakin realıqda sərbəst rəqslər sönəndir – sürtünmə qüvvələrinin təsiri altında sistemin tam mexaniki enerjisi zaman keçdikcə azalır, rəqsin amplitudu kiçilir və rəqs sönür (d).



• **Sönən rəqslər** – qapalı rəqs sistemində sürtünmə qüvvələrinin təsiri nəticəsində sistemin tam mexaniki enerjisinin tədricən azalması və amplitudun kiçilməsi ilə müşayiət olunan rəqslərə deyilir.

Tətbiqetmə**Rəqsin xarakteristikalarını təyin edin**

Məsələ 2. Maddi nöqtə düz xətt üzrə 2 Hz tezliyi ilə rəqs edərək 2 saniyədə 4 sm yol gedir. Bu rəqsin amplitudu nəyə bərabərdir?

Nəticənin müzakirəsi:

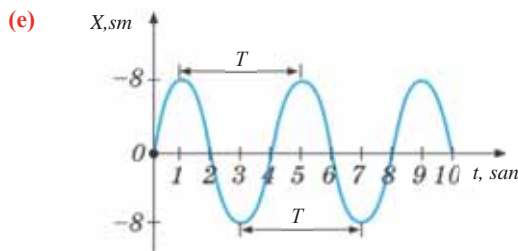
- Rəqsin amplitudu və yerdəyişməsi arasında ümumi və fərqli xüsusiyyət nədir?
- Sistemin müəyyən tezliklə düz xətt üzrə rəqsi zamanı t müddətində getdiyi yol nəyə bərabərdir?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin

Məsələ 3. Ağcaqanad 1 san-da 600 qanad çalır, eşşəkərisinin qanadlarının rəqs periodu 5m/san-dir. Hansı həşərat 1 dəq müddətində daha çox və nə qədər çox qanad çalar?

**Özünü qiymətləndirin:**

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Hansı proses mexaniki rəqsi hərəkət adlanır?
3. Sərbəst rəqs nədir? O sönəndir, yoxsa sönməyən? Cavabınızı əsaslandırın.
4. Rəqs tezliyi və rəqs amplitudu, uyğun olaraq nəyi ifadə edir?
5. Harmonik rəqs edən sistemin yerdəyişmə-zaman qrafiki verilmişdir (e). Sistemin rəqs periodunu, tezliyini və amplitudunu təyin edin.

**NƏ ÖYRƏNDİNİZ?**

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “mexaniki rəqsi hərəkət”, “periodik rəqsi hərəkət”, “sərbəst rəqslər”, “rəqsi hərəkətdə yerdəyişmə”, “amplitud”, “rəqs tezliyi”, “rəqs periodu”, “dövri tezlik”, “sönən rəqs”, “harmonik rəqs”.

4.2 YAYLI RƏQQASDA HARMONİK RƏQSLƏR

1985-ci ildə Mexiko şəhərində böyük faciəyə səbəb olan zəlzələ baş verdi: 5526 nəfər həlak oldu, 40 000 insan şikəst qaldı, 31000 nəfər isə evini itirdi. Alimlərin sonralar apardığı araşdırmalardan məlum oldu ki, zəlzələ zamanı baş verən dağıntıların başlıca səbəbi binaların sərbəst rəqs tezlikləri ilə torpağın məcburi rəqs tezliyinin üst-üstə düşməsidir. Ona görə də seysmik aktiv sahələrdə yeni binalar tikərkən elə etmək lazımdır ki, bu tezliklər üst-üstə düşməsin. Belə olan halda zəlzələnin dağıdıcı təsirini xeyli zəiflətmək mümkündür. Bu məqsədlə rəqs tezliyi və periodun nədən asılı olduğunu bilmək vacibdir.



- Rəqs sisteminin rəqs periodu və tezliyi nədən asılı ola bilər?

1 Araşdırma Yaylı rəqqasın rəqslərinin tədqiqi

Təchizat: elastik yay, yüklər dəsti, saniyəölçən, mufta və tutqacı olan ştativ.

İşin gedişi.

1. Yayın bir ucunu ştativin tutqacına bərkidin, digər ucundan isə 102 q-lıq yük asıb kiçik x_{m1} amplitudunda rəqsi hərəkətə gətirin.
2. Saniyəölçəni işə salıb $N = 5$ tam rəqsə sərf olunan t_1 zamanını ölçün.
3. Yaylı rəqqasın rəqs periodunu $T_1 = t_1/N$ düsturundan təyin edin.
4. Yaylı rəqqasın rəqs amplitudunu nisbətən azaldın (x_{m2}) və təcrübəni təkrarlamaqla rəqs periodunu (T_2) hesablayın. Rəqs periodları üçün alınan T_1 və T_2 qiymətlərini müqayisə edin.
5. Yaydan 102 q-lıq yük asıb ixtiyari x_m amplitudunda rəqsi hərəkətə gətirin və rəqqasın 5 tam rəqsə sərf etdiyi zamanı ölçün.
6. Yaydakı yükü 2 dəfə artırın və təcrübəni eyni şərtlərlə təkrarlayıb uyğun ölçmələri aparın.
7. Ölçmə və hesablamalardan alınan ifadələri 4.1 cədvəlinə yazın

Cədvəl 4.1

| No | m , kq | N | t , san | T , san |
|----|----------|---|-----------|-----------|
| 1 | 0,102 | 5 | | |
| 2 | 0,204 | | | |



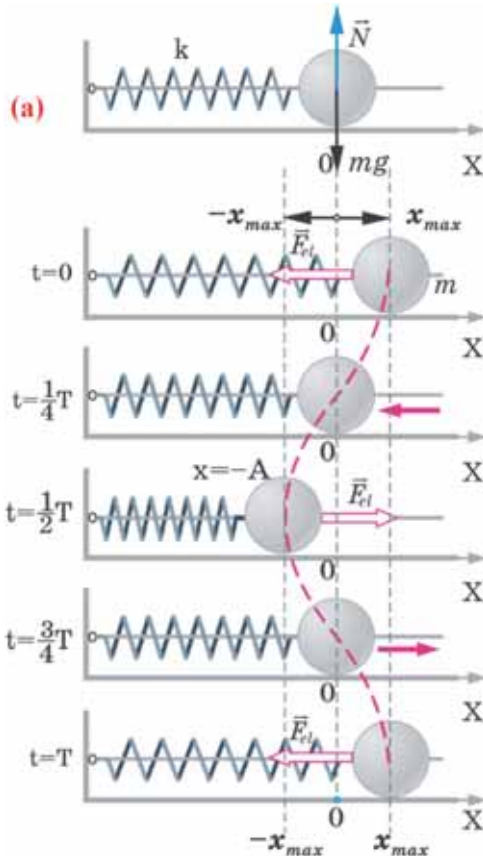
Nəticənin müzakirəsi:

- Yaylı rəqqasın rəqs periodu (və ya tezliyi) rəqs amplitudundan necə asılıdır?
- Yaylı rəqqasın rəqs periodu (və ya tezliyi) yaydan asılan yükün kütləsindən necə asılıdır?
- Təcrübədən hansı nəticəyə gəlmək olar?

Harmonik rəqs edən ən sadə rəqs sistemlərindən biri *yaylı rəqqasdır*.

- *Yaylı rəqqas* – yay və ona bağlanmış cisimdən ibarət rəqs sistemidir. Yaylı rəqqasda yaranan rəqslər harmonik rəqslərin fiziki mahiyyətinə tam uyğundur:
- *Harmonik rəqs dedikdə, yerdəyişmə ilə düz mütənəsbib olub, yerdəyişmənin əksinə yönələn qüvvənin təsiriylə yaranan rəqs başa düşülür.*

Yaylı rəqs sisteminin rəqslərinin araşdırılmasının böyük praktik əhəmiyyəti vardır; məsələn, gövdəsi ressorə və yaya bərkidilən avtomobillərin titrəməsinin hesablanması, binaların və ağır dəzgahların titrəyişlərinin özüllərə təsirinin nəzərə alınması, lor xəstəliklərinin diaqnozunda qulaq pərdəsinin elastikliyinə müəyyən-ləşdirilməsi və s. hadisələrin tədqiqində mühüm rol oynayır. Bu səbəbdən yaylı rəq- qasın fizikasını müəyyənləşdirmək aktual problemdir.



Rəqs sisteminə təsir edən qüvvələri azaltmaq məqsədilə üfüqi bərkidilmiş yay-kürəcik rəqs sistemindən istifadə edilməsi məqsədəuyğundur (a). Bu sistemdə üfüqi mil boyunca rəqs edən kürəciyin istənilən vəziyyətində ona təsir edən ağırlıq qüvvəsi və milin reaksiya qüvvəsi bir-birinin təsirini tarazlaşdırır.

Kürəciyi tarazlıq vəziyyətindən çıxarıb, buraxdıqda yaya təsir edən elastiklik qüvvəsi kürəciyə təcil verərək onu 0 tarazlıq nöqtəsi ətrafında sağa-sola rəqsi hərəkət etdirəcəkdir.

Nyutonun II qanununa əsasən yaylı rəqqasın hərəkət tənliyini proyeksiyada belə yazmaq olar:

$$ma_x = -kx, \quad (4.8)$$

və ya

$$a_x = -\frac{k}{m}x. \quad (4.9)$$

(4.9) düsturu *yaylı rəqqasın sərbəst harmonik rəqslərinin tənliyidir*.

Burada m – yaya bağlanmış kürəciyin kütləsi, a_x – onun təcilinin

X oxu üzrə proyeksiyası, k – yayın sərtliyi, x – yayın uzanmasıdır. Tənlikdəki $\frac{k}{m}$ nisbəti verilən rəqs sistemi üçün sabit müsbət kəmiyyətlərdir, çünki sərtlik və kütlə mənfi ola bilməz. Yaylı rəqqasın (4.9) rəqs tənliyini periodik hərəkətin digər növü ilə – çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkətdə mərkəzəqaçma təcilinin məlum ifadəsi ilə

müqayisə etdikdə (bax: *Fizika-10*, mövzu 1.8), $\frac{k}{m}$ nisbətinin dövrü tezliyin kvadratına (ω^2) bərabər olduğu alınır:

$$\begin{cases} a_x = -\frac{k}{m}x \\ a_n = \omega^2 R \end{cases} \rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} \quad (4.10)$$

və ya

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (4.11)$$

Beləliklə, yaylı rəqqasın hərəkət tənliyini belə də yazmaq olar:

$$a_x = -\omega^2 x. \quad (4.12)$$

(4.12) tənliyi o deməkdir ki, yaylı rəqqasın rəqsləri dövrü tezliyi ω olan sərbəst harmonik rəqslərdir. Riyaziyyatdan məlumdur ki, bu tənliyin həlli aşağıdakı funksiyalardır:

$$x = x_m \cos(\omega t + \varphi_0) \text{ [və ya } x = x_m \sin(\omega t + \varphi_0)].$$

Triqonometrik funksiya harmonik olduğuna görə, yaylı rəqqasın da rəqsləri harmonik rəqslərdir.

Burada $\omega t + \varphi_0 = \varphi$ kəmiyyəti rəqsin fazası, φ_0 isə başlanğıc fazasıdır. Fazanın BS-də vahidi *radian*dır (1 rad). Fazanı bucaq dərəcəsi ilə də ölçmək olur: $\pi \text{ (rad)} = 180^\circ$.

Başlanğıc fazanın qiyməti zamanın başlanğıc anının seçilməsindən asılıdır. Belə ki, zamanın başlanğıcını elə seçmək olar ki, $\varphi_0 = 0$ olsun. Bu halda yaylı rəqqasın harmonik rəqsinin düsturu belə yazılır:

$$x = x_m \cos \omega t \text{ və ya } x = A \cos \omega t. \quad (4.13)$$

(4.11) və (4.5) ifadələrinin müqayisəsindən yaylı rəqqasın rəqs tezliyi və periodunun asılı olduğu kəmiyyətlər məlum olur:

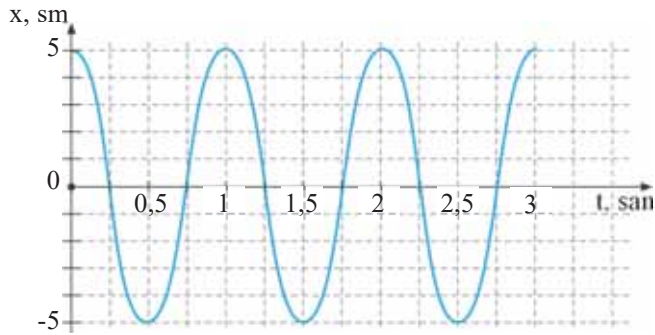
$$\begin{cases} \omega = 2\pi \nu \\ \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \end{cases} \rightarrow \nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}. \quad (4.14)$$

$$T = \frac{1}{\nu} \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (4.15)$$

• *Yaylı rəqqasın rəqs periodu və tezliyi yayın sərtliyindən və ondan asılan yükün kütləsindən asılıdır.*

Tətbiqetmə**Yaylı rəqqasın xarakteristikalarının təyini**

Məsələ. Yaylı rəqqas sərtliyi k olan elastik yaydan asılan 100 q kütləli yükdən ibarətdir. Rəqqasın harmonik rəqslərinin tədqiqinə dair aparılan təcrübə prosesində kompüterdə sağdakı qrafik alındı. Bu qrafikə görə, rəqqasın rəqs periodunu, tezliyini, amplitudunu və yayın sərtliyini təyin edin.

**Nəticənin müzakirəsi:**

- Yaylı rəqqasın uyğun xarakteristikaları üçün hansı qiymətləri aldınız? Onları necə təyin etdiniz?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Avtomobil, vaqon və təyyarələrin təkərlərini gövdələri ilə əlaqələndirən elastik resorlarda hansı fiziki parametrlər nəzərə alınmalıdır?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Yaylı rəqqasın rəqs periodu nədən asılıdır? Asılılıq qrafikini təsvir edin.
3. Yaylı rəqqasın rəqs tezliyi nədən asılıdır? Asılılığı qrafik təsvir edin.

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan müddələrin qısa izahını yazın: “yaylı rəqqas”, “yaylı rəqqasın rəqs periodu”, “yaylı rəqqasın rəqs tezliyi”.

4.3 RİYAZİ RƏQQASDA HARMONİK RƏQLƏR

Günümüze belə bir tarixi məlumat gəlib çatmışdır: bir dəfə 1583-cü ildə italyalı alim Q.Qaliley Piza məbəbində olarkən uzun burazdan asılan çilçirəğin rəqsi hərəkəti onun diqqətini çəkir. O, çilçirəğin rəqsini nəbzinin vurması ilə müqayisə etdikdə məlum olur ki, rəqqasın amplitudunun azalmasına baxmayaraq, onun bir rəqsə sərf etdiyi zaman (rəqs periodu) dəyişmir. Qaliley sonralar apardığı çoxsaylı araşdırmalarda ipli rəqqasın uzunluğunu, ondan asılan yükün kütləsini, rəqqasın yerləşdiyi yüksəkliyi (dəniz səviyyəsi ilə müqayisədə) dəyişməklə rəqqasın rəqs periodu və tezliyinin nədən asılı olduğunu təyin etdi.



- Fərziyyənizi söyləyin: Qaliley ipli rəqqasın rəqs periodu və tezliyinin nədən asılılığını müəyyənləşdirdi?

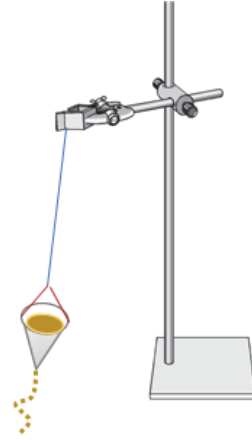
Araşdırma 1

Kütlənin dəyişməsi ipli rəqqasın rəqs perioduna təsir edirmi?

Təchizat: uzun sapdan asılmış dar dəlikli qıf, quru qum (1 stəkan), saniyəölçən, küvet, mufta və tutqacı olan ştativ.

İşin gedişi:

1. Bir ucundan qıf asılmış sapı ştativə bağlayıb ipli rəqqas hazırlayın (**a**).
2. Qıfı qumla doldurun və rəqqası müəyyən amplitudda rəqsi hərəkətə gətirin.
3. Saniyəölçəni işə salıb $N = 5$ tam rəqsə sərf olunan t_1 zamanını ölçüb iş vərəğimə çəkdiyiniz 4.2 cədvəlinə qeyd edin.
4. Rəqqas hərəkət etdikcə qıfdan fasiləsiz olaraq qumun axması baş verir. Belə şəraitdə ipli rəqqasın hər $N = 5$ tam rəqsə sərf olunan t_2, t_3 zamanlarını ölçüb cədvəle qeyd edin.
5. Rəqs periodunun $T = t/N$ düsturuna əsasən ipli rəqqasın T_1, T_2, T_3 rəqs periodunu hesablayın.
6. Rəqqasın rəqs amplitudunu dəyişməklə təcrübəni təkrarlayın, alınan nəticələri 4.3 cədvəlində qeyd edin və rəqqasın rəqs periodunu təyin edin.



Cədvəl 4.2.

| Nö | x_m , (sm) | N, (tam rəqs) | t , (san) | T , (san) |
|----|--------------|---------------|-------------|-------------|
| 1 | 2 | 5 | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

Cədvəl 4.3.

| Nö | x_m , (sm) | N, (tam rəqs) | t , (san) | T , (san) |
|----|--------------|---------------|-------------|-------------|
| 1 | 3 | 5 | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

Nəticənin müzakirəsi:

- İpli rəqqasın rəqs amplitudu dəyişdikcə onun periodu necə dəyişdi?
- Rəqs prosesində qıfdakı qumun azalması ilə rəqqasın rəqs periodu necə dəyişdi?

Harmonik rəqslər ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında da əmələ gəlir. Bunu *riyazi rəqqasda* da müşahidə etmək olur.

• *Riyazi rəqqas* – *uzanmayan və çəkisi nəzərə alınmayacaq qədər kiçik olan sapdan asılan maddi nöqtədən ibarət ideallaşdırılmış rəqs sistemidir.*

Riyazi rəqqası tədqiq etmək üçün nazik uzun sap-kürəcik sistemindən istifadə edilə bilər (b). Rəqqasın tarazlıq vəziyyətində kürəciyə təsir edən ağırlıq qüvvəsi (mg) sapın gərilmə qüvvəsi ilə (T) tarazlaşır.

Lakin rəqqası kiçik α bucağı qədər yana meyil etdirib tarazlıqdan çıxarsaq, ağırlıq qüvvəsi vektorunun iki toplananı yaranır – sap boyunca yönələn F_{\parallel}

və sapın uzantısına perpendikulyar olan \vec{F}_{\perp} toplananı. Bu zaman F_{\parallel} və T qüvvələri bir-birinin təsirini kompensasiya etdiyindən F_{\perp} qüvvəsi kürəciyi tarazlıq vəziyyətinə qaytarmağa “çalışan” əvəzləyici qüvvə olacaq (bax: a). Bunu nəzərə alsaq, Nyutonun II qanununa əsasən m kütləli kürəciyin rəqsi hərəkət tənliyini proyeksiyada belə yazmaq olar:

$$ma_x = -F_{\perp}.$$

Nəzərə alsaq ki:

$$\begin{cases} F_{\perp} = mgsin\alpha, \\ sin\alpha = \frac{x}{l} \quad (\alpha - \text{meyil bucağının kiçik qiymətində}). \end{cases}$$

Riyazi rəqqasın rəqs tənliyi üçün alarıq:

$$a_x = -\frac{g}{l}x. \quad (4.16)$$

Burada l – riyazi rəqqasın (sapın) uzunluğu, g – sərbəstdüşmə təcili, x – rəqsin yerdəyişməsidir.

Tənlikdəki $\frac{g}{l}$ nisbəti verilən rəqs sistemi üçün sabit müsbət kəmiyyətlərdir, çünki sərbəstdüşmə təcili və uzunluq mənfəi ola bilməz. (4.16) və (4.10) tənliklərini müqayisə etsək, asanlıqla görmək olar ki, $\frac{g}{l}$ nisbəti də dövrü tezliyin kvadratına (ω^2) bərabərdir:

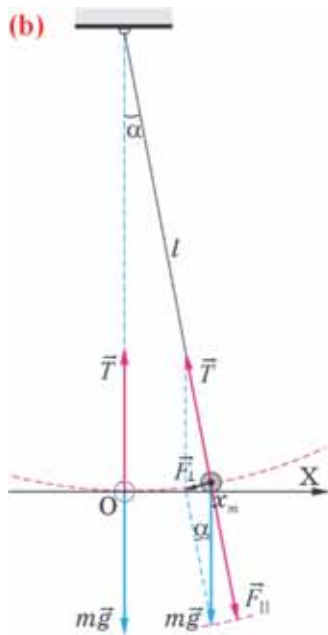
$$\omega^2 = \frac{g}{l} \quad (4.17)$$

və ya

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}. \quad (4.18)$$

Beləliklə, riyazi rəqqasın hərəkət tənliyini belə də yazmaq olar:

$$a_x = -\omega^2x. \quad (4.19)$$



Buradan riyazi rəqqasın rəqs periodu və tezliyinin asılı olduğu kəmiyyətlər müəyyən edilir:

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad (4.20)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (4.21)$$

• Riyazi rəqqasın rəqs periodu və tezliyi rəqqasın uzunluğundan və onun yerləşdiyi nöqtədə qravitasiya sahə intensivliyindən (sərbəstdüşmə təcilindən) asılıdır.

2 Tətbiqetmə

Rəqs periodu nə qədər idi?

Məsələ. Uzunluğu 225 sm olan riyazi rəqqasın rəqs periodu və tezliyini təyin edin. Bu rəqqas 20 rəqsə nə qədər vaxt sərf edər (havanın müqaviməti nəzərə alınmır; $g = 9 \frac{m}{san^2}$; $\pi = 3$)?

Nəticənin müzakirəsi:

- Riyazi rəqqasın rəqs periodu neçə saniyədir, onu necə təyin etdiniz?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Kəfkipli divar saati geri qalanda, yaxud “qabağa qaçanda” onu kəfkinin uzunluğunu dəyişməklə tənzimləyirlər.

- Kəfkipli saat “qabağa qaçanda” onun kəfkinin uzunluğunu necə dəyişmək lazımdır? Nə üçün?

Özünüzi qiymətləndirin:

1. Dərstdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Riyazi rəqqasın rəqs periodu nədən asılıdır? Asılılığı qrafiki təsvir edin.
3. Riyazi rəqqasın rəqs tezliyi nədən asılıdır? Asılılığı qrafiki təsvir edin.
4. Riyazi rəqqasın dövrü tezliyi nədən asılıdır? Asılılığı qrafiki təsvir edin.



NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan müddələrin qısa izahını yazın: “riyazi rəqqas”, “riyazi rəqqasın rəqs periodu”, “riyazi rəqqasın rəqs tezliyi”.

PRAKTİK İŞ

RİYAZİ RƏQQAS VASİTƏSİLƏ SƏRBƏSTDÜŞMƏ TƏCİLİNİN TƏYİNİ

Məqsəd: Riyazi rəqqasın rəqs periodunun $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ düsturuna əsasən sərbəstdüşmə təcilini təyin edə bilmək bacarığına yiyələnmək.

Təchizat: uzun sapdan (≈ 160 sm) asılmış kiçik kürəcik, ölçü lenti (və ya ölçü ruleti), saniyəölçən, mufta və tutqacı olan ştativ.

İşin gedişi:

- Ştativi masanın kənarında yerləşdirib rəqqası ondan elə asın ki, kürəcik döşəmədən 1–2 sm hündürlükdə olsun.
- Rəqqasın ştativə bağlandığı nöqtədən ucundakı kürəciyin mərkəzinə qədərki məsafəni – rəqqasın uzunluğunu ölçün. Bu məsafə ≈ 160 sm olacaq.
- Rəqqası tarazlıq vəziyyətindən 5 sm məsafəyə qədər meyil etdirib buraxın və saniyəölçəni işə salın, $N=10$ tam rəqsə sərf olunan zamanı ölçün. Nəticələri 4.3 cədvəlində qeyd edin.
- Təcrübəni eyni şərtlərlə daha iki dəfə təkrarlayın, zamanın orta qiymətini təyin edin. Bu qiymətə əsasən rəqs periodunun orta qiymətini hesablayın.

$$t_{or} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3};$$

$$T_{or} = \frac{t_{or}}{N}.$$

- Uyğun ifadələri yerinə yazmaqla sərbəstdüşmə təcilinin orta qiymətini hesablayın ($\pi = 3,14$):

$$g_{or} = \frac{4\pi^2 l}{T_{or}^2}.$$

Cədvəl 4.4

| № | l, sm | N | t, san | t_{or}, san | T_{or}, san | $g_{or}, m/san^2$ |
|---|---------|----|----------|---------------|---------------|-------------------|
| 1 | 160 | 10 | | | | |
| 2 | 160 | 10 | | | | |
| 3 | 160 | 10 | | | | |

- Bütün nəticələri cədvəldə qeyd edib nisbi xətanı hesablayın ($g = 9,81 \frac{m}{san^2}$):

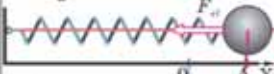
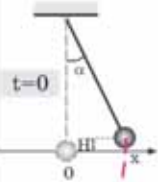



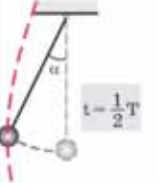
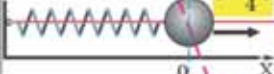
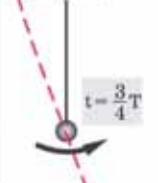
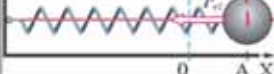
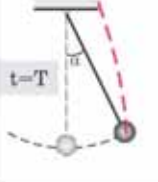
$$\varepsilon = \frac{|g_{or} - g|}{g} \cdot 100\%.$$



4.4 HARMONİK RƏQLƏRDƏ ENERJİ ÇEVRİLMƏLƏRİ (TƏQDİMAT DƏRS)

Harmonik rəqslərdə enerji çevrilmələrinə aid elektron təqdimat hazırlayın. Təqdimat hazırlamazdan əvvəl 4.4 cədvəlini diqqətlə araşdırın və “Nəzəri material” yarımbaşlığında verilən məlumatlarla tanış olun.

Cədvəl 4.5

| Yaylı rəqqasda enerji çevrilməsi | Riyazi rəqqasda enerji çevrilməsi | Sistemdə proseslərin gedişi |
|---|--|--|
| $x=A; v_x=0; E_{k_{\min}}=0$ $E_{p_{\max}}=\frac{kA^2}{2}$ $E=\frac{kA^2}{2}$  |  $x=A$ $v_x=0$ $h=H$ $E_{k_{\min}}=0$ $E_{p_{\max}}=mgH$ $E=mgH$ | $t=0$ anında rəqqas tarazlıq vəziyyətindən $x=A$ məsafəsi qədər çıxarılmış və sükunətdədir ($v_x=0$). Sistemə əlavə potensial enerji verilmişdir. Tam enerji potensial enerjiyə bərabərdir. |
| $x=0; v_x=v_m;$ $E_{k_{\max}}=\frac{mv_m^2}{2}; E_{p_{\min}}=0;$ $E=\frac{mv_m^2}{2}$  |  $x=0$ $v_x=v_m$ $h=0$ $E_{k_{\max}}=\frac{mv_m^2}{2}$ $E_{p_{\min}}=0$ $E=\frac{mv_m^2}{2}$ | Sistem sol tərəfə – tarazlıq vəziyyətinə doğru hərəkətə gəlir. Zamanın $t = \frac{1}{4}T$ anında sistem tarazlıq nöqtəsindən keçdiyindən, yerdəyişmə sıfır, sürət isə maksimum olur. Sistemin potensial enerjisi sıfır, kinetik enerjisi maksimum olur. Tam enerji maksimal kinetik enerjiyə bərabərdir. |
| $x=-A; v_x=0; E_{k_{\min}}=0$ $E_{p_{\max}}=\frac{kA^2}{2}$ $E=\frac{kA^2}{2}$  |  $x=-A$ $v_x=0$ $h=H$ $E_{k_{\min}}=0$ $E_{p_{\max}}=mgH$ $E=mgH$ | $t = \frac{1}{2}T$ anında sistem tarazlıq vəziyyətinə nəzərən sol kənar vəziyyətdə olur ($x = -A$), sürəti sıfır bərabərdir ($v_x = 0$). Potensial enerji maksimal qiymət alır, kinetik enerji sıfıra qədər azalır. Tam enerji maksimal potensial enerjiyə bərabərdir. |
| $x=0; v_x=v_m;$ $E_{k_{\max}}=\frac{mv_m^2}{2}; E_{p_{\min}}=0;$ $E=\frac{mv_m^2}{2}$  |  $x=0$ $v_x=v_m$ $h=0$ $E_{k_{\max}}=\frac{mv_m^2}{2}$ $E_{p_{\min}}=0$ $E=\frac{mv_m^2}{2}$ | Sistem sağ tərəfə – tarazlıq vəziyyətinə doğru hərəkətə gəlir. Zamanın $t = \frac{3}{4}T$ anında sistem tarazlıq nöqtəsindədir yerdəyişmə sıfır, sürət maksimumdur. Sistemin potensial enerjisi sıfır, kinetik enerjisi maksimumdur. Tam enerji maksimal kinetik enerjiyə bərabərdir. |
| $x=A; v_x=0; E_{k_{\min}}=0$ $E_{p_{\max}}=\frac{kA^2}{2}$ $E=\frac{kA^2}{2}$  |  $x=A$ $v_x=0$ $h=H$ $E_{k_{\min}}=0$ $E_{p_{\max}}=mgH$ $E=mgH$ | $t=T$ tam perioda bərabər zaman anında sistem rəqsə başladığı ilkin vəziyyətə alır ($x=A, v_x=0$). Tam enerji maksimal potensial enerjiyə bərabərdir. Kinetik enerji sıfır, potensial enerji maksimum olur. |

Nəzəri material. Qapalı sistemdə sərbəst harmonik rəqslərin potensial və kinetik enerjiləri periodik olaraq biri digərinə çevrilir. Cədvəl 4.4-də yaylı və riyazi rəqqaslarda enerji

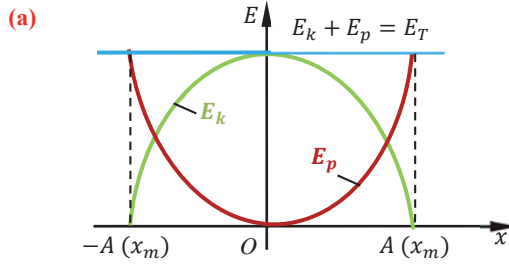
çevrilmələrinin müqayisəsi verilmişdir. Cədvəldən görünür ki, rəqs sisteminin potensial enerjisi qayıtma nöqtələrində ($x = A$) maksimum qiymət alır:

$$E_{p \max} = \frac{kA^2}{2}. \quad (4.22)$$

Rəqqas tarazlıq nöqtəsində olduğu anda isə potensial enerji minimumdur: $E_{p \min} = 0$. Sistemin kinetik enerjisi isə, əksinə, qayıtma nöqtəsində minimum ($E_{k \min} = 0$), tarazlıq nöqtəsində keçdiyi an isə maksimum olur:

$$E_{k \max} = \frac{m v_{\max}^2}{2}. \quad (4.23)$$

Şəkilə harmonik rəqsi hərəkətin potensial və kinetik enerjilərinin yerdəyişmədən asılılıq grafikləri verilmişdir (a).



Zamanın istənilən t anında qapalı rəqs sisteminin tam mexaniki enerjisi sabit qalır (sür-tünmə nəzərə alınmadıqda):

a) yaylı rəqqas üçün: $E_T = E_k + E_p = \frac{m v^2}{2} + \frac{k x^2}{2}$;

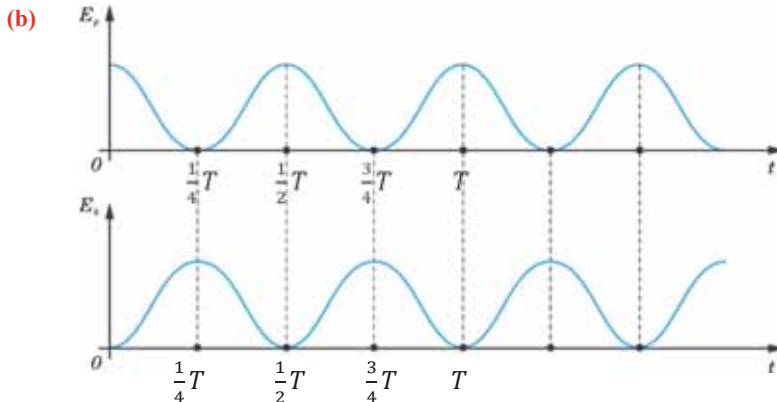
b) riyazi rəqqas üçün: $E_T = E_k + E_p = \frac{m v^2}{2} + mgh$.

Rəqsi hərəkətin potensial və kinetik enerjilərinin düsturlarında yerdəyişmə və sürətin harmonik qanunla dəyişdiyi nəzərə alınarsa, harmonik rəqsdə bu enerjilərin də harmonik qanunla dəyişdiyi məlum olar:

$$E_p = \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \cos^2(\omega t + \varphi_0), \quad (4.24)$$

$$E_k = \frac{m v^2}{2} = \frac{m \omega^2 A^2}{2} \sin^2(\omega t + \varphi_0) = \frac{kA^2}{2} \sin^2(\omega t + \varphi_0). \quad (4.25)$$

Tənliklərdə $\varphi_0 = 0$ qəbul edilərsə, rəqsin uyğun enerjilərinin harmonik qanunla dəyişmə grafikini asanlıqla təsvir etmək olar (b):



Sistemin tam enerjisi isə yuxarıda deyilən kimi, harmonik qanunla dəyişmir:

$$E_T = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \cos^2(\omega t + \varphi_0) + \frac{kA^2}{2} \sin^2(\omega t + \varphi_0) = \frac{kA^2}{2}. \quad (4.26)$$

- Harmonik rəqslərin tam enerjisi rəqslərin amplitudunun kvadratından düz mütənasib asılıdır.

Sistemdə sürtünmə qüvvəsi mövcuddursa, onun tam mexaniki enerjisi saxlanılmır, cismin mexaniki enerjisinin dəyişməsi sürtünmə qüvvəsinin gördüyü işə bərabər olur.

Nəticədə, tam mexaniki enerji zaman keçdikcə azalır və rəqs sönür:

$$\Delta E_T = A_{\text{sür.}}$$

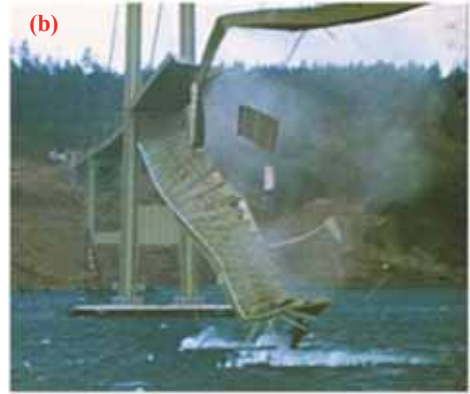
Təqdimatın hazırlanmasının nümunəvi planı

| | |
|-----------------------|--|
| I slayd | <ul style="list-style-type: none"> • Təqdimatın adı • Hazırlayan |
| II–IV slaydlar | <ul style="list-style-type: none"> • Yaylı rəqqasda enerji çevrilməsi |
| V–VII slaydlar | <ul style="list-style-type: none"> • Riyazi rəqqasda enerji çevrilməsi |
| VIII slayd | <ul style="list-style-type: none"> • Harmonik rəqslərdə potensial enerjinin harmonik qanunla dəyişməsinin düsturla və qrafiki təsviri |
| IX slayd | <ul style="list-style-type: none"> • Harmonik rəqslərdə kinetik enerjinin harmonik qanunla dəyişməsinin düsturla və qrafiki təsviri |
| X slayd | <ul style="list-style-type: none"> • Harmonik rəqs edən qapalı sistemdə tam mexaniki enerjinin saxlanması |

4.5 MƏCBURİ RƏQLƏR. REZONANS

Tarixdə baş verən iki qeyri-adi hadisə haqqında, yəqin ki, eşitmişiniz:

- 1905-ci ildə Sankt-Peterburq şəhərindəki Fontanka çayı (Rusiya) üzərində salınmış 55 m-lik “Misir” zəncirli körpüsündən süvari alayı keçərkən körpü dağılmışdır (a).
- 1940-cı ildə isə Takoma-Herrouz boğazı (ABŞ) üzərində salınan 1810 m uzunluqlu “Tako-ma” asma körpüsü küləkli bir gündə dağılmışdır (b).



- Bu hadisələrin baş verməsində oxşar cəhət nədir və onların rəqsi hərəkətlə müəyyən əlaqəsi ola bilərmi?

Araşdırma

Hansı rəqqas daha böyük amplitudla rəqs edər?

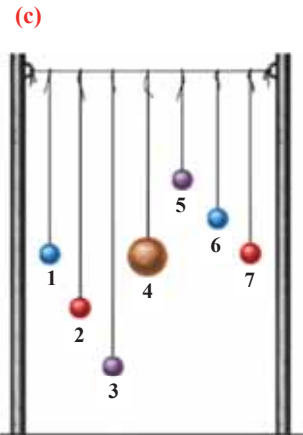
Təchizat: muftası olan ştativ (2 əd) və ya bir altlığa bərkidilən iki dayaq, qalın ip, müxtəlif uzunluqlu ipli rəqqaslar (rəqqasın birindəki kürəciyin kütləsi digərlərindən böyükdür).

İşin gedişi:

1. Qalın ipi tarım çəkib dayaqalara bağlayın, rəqqasları isə şəkildə təsvir edildiyi qaydada ipdən asın (c).
2. Kənaradakı rəqqası (1-ci və ya 7-ci rəqqas) sərbəst rəqsi hərəkətə gətirin. Bu zaman hansı rəqqasın böyük kütləli 4 rəqqasının amplituduna bərabər amplitudda və eyni tezlikdə rəqs etdiyini müəyyən edə bilərsiniz.

Nəticənin müzakirəsi:

- Hansı rəqqas sərbəst, hansı isə məcburi rəqs icra edir? Nə üçün?
- Hansı rəqqas 4 rəqqası ilə eyni tezlikdə rəqs edir? Nə üçün?
- Hansı rəqqas daha böyük amplitudla rəqs edər? Nə üçün?



Rəqs sisteminə periodik dəyişən, məsələn, $F = F_m \cos \omega t$ harmonik qanunu ilə dəyişən xarici qüvvə – məcburedici qüvvə təsir etdikdə bu sistemdə məcburi rəqlər yaranır.

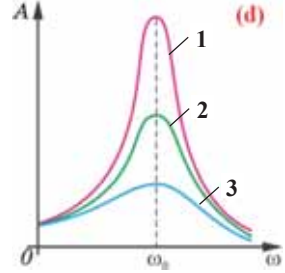
- Məcburi rəqlərin tezliyi həmişə məcburedici qüvvənin dəyişmə tezliyinə bərabər olur – xarici qüvvə hansı tezliklə dəyişirsə, sistem də həmin tezliklə rəqs edir.

Rezonans hadisəsi. Məcburi rəqslərin amplitudu məcburedici qüvvənin tezliyindən asılıdır – məcburedici qüvvənin dəyişmə tezliyinin qiyməti sistemin məxsusi rəqs tezliyinin qiymətinə yaxınlaşdıqca məcburi rəqslərin amplitudu artır (d). Nəticədə sistemdə rezonans hadisəsi baş verir.

• Rezonans hadisəsi – məcburedici qüvvənin dəyişmə tezliyinin qiyməti sistemin sərbəst rəqs tezliyinin qiymətinə bərabər olarsa ($\omega = \omega_0$), məcburi rəqslərin amplitudunun kəskin artması hadisəsidir.

Rezonans əyrisinin maksimumunun kəskinliyi sürtünmə qüvvəsindən asılıdır. Belə ki, 1 əyrisi kiçik sürtünmə qüvvəsinə (maksimum kəskindir), 2 və 3 əyrisi isə böyük sürtünmə qüvvəsinə uyğundur (bax: d).

Məcburi rəqslərdə rezonans rəqs sistemlərində fəlakətlərə səbəb olabilən böyük dağıdıcı qüvvə yaradır. Məsələn, körpüdən ahəngdar addımlayan piyada və ya süvari alayının yaratdığı məcburedici təsir qüvvəsinin tezliyi körpünün sərbəst rəqs tezliyi ilə üst-üstə düşdükdə körpünün məcburi rəqs amplitudu kəskin artır və o dağıla bilər. Bu səbəbdən əsgər alayları körpüdən keçdikdə azad yerləşə addımlamaq komandası alırlar.

2
Araşdırma

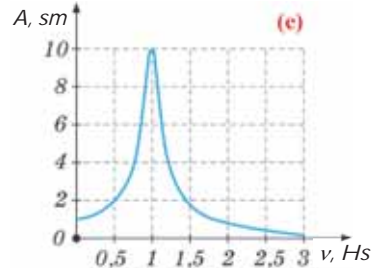
Təbiiqetmə

Rezonans əyrisini araşdırın

Məsələ. Verilən rezonans əyrisinə əsasən sistemin sərbəst rəqslərinin periodunu təyin edin (e).

Nəticənin müzakirəsi:

- Sistemin sərbəst rəqslərinin tezliyi neçə Hz-dir?
- Sistemin sərbəst rəqslərinin periodunu necə təyin etdiniz?
- Sistemin məcburi rəqslərinin rezonans amplitudu nəyə bərabərdir?



Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Bilirsiniz ki, avtomobil mühərrikindəki silindrdə porşenin hərəkəti rəqsi hərəkətdir.

- Porşenin silindrdə rəqsi hərəkəti hansı növ rəqsdir: sərbəst, yoxsa məcburi? Nə üçün?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Sankt-Peterburqdakı “Misir” körpüsünün dağılmasına nə səbəb olmuşdur?
3. ABŞ-dakı “Takoma” körpüsü hansı səbəbdən dağılmışdır?
4. Məcburi rəqslərin amplitudu nədən asılıdır?
5. Hansı şəraitdə məcburi rəqslərdə rezonans baş verir?
6. Rezonans əyrisinin kəskinliyini nə müəyyənləşdirir?

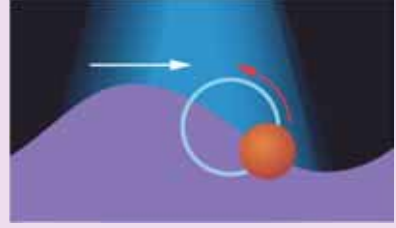
NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan müddələrin qısa izahını yazın: “məcburi rəqs”, “məcburi rəqslərin amplitudu”, “rezonans”.

4.6

RƏQSLƏRİN ELASTİK MÜHİTDƏ YAYILMASI:
MEXANİKİ DALĞA

Mayelərin səthindəki dalğalar nə uzununa dalğadır, nə də eninə. Məsələn, suyun səthinə tennis topu atsanız, onun dalğaların üzərində yırğalanaraq dairəvi trayektoriya üzrə hərəkət etdiyini görə bilərsiniz
(https://studopedia.ru/14_4768_prodolnie-i-poperechnie-volni.html).



- Maye səthində hansı növ dalğa yaranır?
- Maye səthində yaranan dalğa hansı hissəciklərin, hansı növ rəqsi hərəkətinin nəticəsidir?

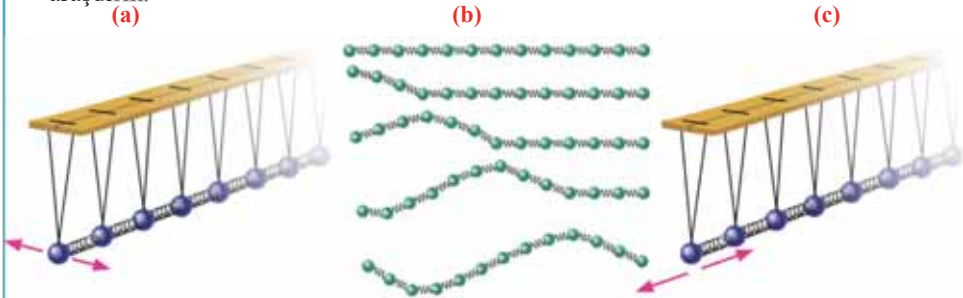
1 Araşdırma

Əlaqəli rəqqaslar sistemində nə baş verir?

Təchizat: əlaqəli rəqqaslar sistemindən ibarət model, mobil telefon.

İşin gedişi:

1. Modeli masa üzərində yerləşdirin. Sol kənar kürəciyi üfüqi müstəvi üzrə tarazlıq vəziyyətindən meyil etdirib rəqsi hərəkətə gətirin (a).
2. Əlaqəli rəqqasların üfüqi müstəvidə rəqslərinin yaratdığı mənzərənin fotosəklini çəkin (b).
3. Sistemin rəqsi hərəkətini dayandırın və sol kənar kürəciyi kürəciklər zənciri boyunca rəqsə gətirin (c). Lakin bu dəfə əlaqəli sistemin yaratdığı mənzərənin fotosəklini yandan çəkin.
4. Fotosəkilləri printerdə çap edib iş vərəqinə yapışdırın və əlaqəli kürəciklər sisteminin rəqsi hərəkətlərinin yaratdığı mənzərələr arasındakı oxşar və fərqli xüsusiyyətlərini araşdırın.

**Nəticənin müzakirəsi:**

- Əlaqəli rəqqaslar sistemində bir rəqqasın (kənar rəqqasın) iki müxtəlif rəqsi hərəkətinin yaratdığı mənzərələrdə oxşar və fərqli nə müşahidə etdiniz?
- Bu mənzərələri nəyə bənzətmək olar?

Dalğa. Biz mexaniki rəqsləri ayrı-ayrı qapalı rəqs sistemlərində – yaylı rəqqas və riyazi rəqqasda öyrəndik. Lakin təbiətdə ən çox rast gəldiyimiz rəqslər *əlaqəli rəqs sis-*

temlərinin rəqsidir. Əlaqəli rəqs sistemlərində rəqs bir sistemdən digərinə ötürülür. Məsələn, durğun suya daş atdıqda onun düşdüyü nöqtədən konsentrik su halqalarının yayıldığı görünür. Bizə elə gəlir ki, ətrafa qabarıqlar və çöküklər formasında yayılan sudur. Lakin daşın düşdüyü nöqtə yaxınlığına üzgəc və ya tennis topu qoyularsa, onun yayılan su halqaları ilə deyil, yerindəcə yalnız yuxarı-aşağı rəqsi hərəkət etdiyi müşahidə olunur. Beləliklə, su zərrəciklərinin müəyyən nöqtədə yaranan rəqsi hərəkəti sudaki qonşu zərrəciklərə verilməklə rəqsi hərəkətə yeni-yeni zərrəciklər cəlb olunur. Nəticədə, hər tərəfə yayılan əlaqəli zərrəciklər sisteminin rəqsi hərəkəti yaranır. *Dalğa* adlanan belə yayılmada su axını baş vermir, onun forması daşır.

• *Dalğa – rəqslərin zaman keçdikcə fəzada yayılma prosesidir.*

Bu zaman mühitdə aşağıdakı hadisələr baş verir: a) *dalğanın yayıldığı mühitin zərrəciklərinin rəqsi hərəkəti – mühitin zərrəcikləri yalnız öz tarazlıq vəziyyətləri ətrafında rəqsi hərəkət edir və dalğada maddə daşınması baş vermir;* b) *mühitin zərrəciklərinin qonşu zərrəciklərlə qarşılıqlı təsiri – zərrəciklər arasındakı qarşılıqlı təsirlər enerji daşınması ilə nəticələnir.* Bu səbəbdən dalğaya belə tərif də verilir:

• *Dalğa – mühitdə maddə daşınması deyil, enerji daşınması prosesidir.*

Mexaniki dalğa. Təbiətdə ən çox rast gəlinən dalğalardan biri *mexaniki dalğadır.*

• *Mexaniki dalğa – mexaniki rəqslərin mühitdə yayılma prosesidir. O, vakuumda yayılmır. Mexaniki dalğalar elastik mühitdə (bərk cisim, maye və qazlarda) yayılır.*

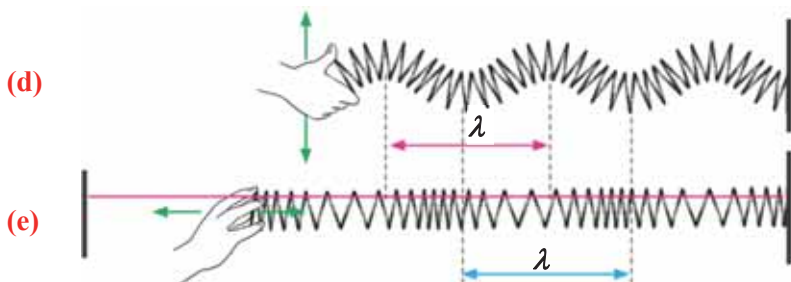
Elastik mühitdə yayılan mexaniki dalğalar *elastik dalğalardır.*

• *Elastik dalğalar – elastik mühitlərdə mexaniki dalğaların yayılma prosesidir.*

Bu proses dalğanı yaradan mənbəyin rəqs tezliyinə uyğun tezliklə baş verir.

Dalğalar iki növdə olur: *eninə və uzununa dalğalar.*

• *Eninə dalğa – mühitin zərrəciklərinin rəqsi hərəkət istiqamətinə perpendikulyar yayılan dalğadır. Eninə dalğalar yalnız bərk cisimlərdə və mayələrin səthində yayıla bilər. Eninə dalğalar mühitdə bir-birini əvəz edən qabarıqlar və çöküklər formasında yayılır (d).*



• *Uzununa dalğa – mühitin zərrəciklərinin rəqsi hərəkət istiqaməti boyunca yayılan dalğadır. Uzununa dalğalar bütün mühitlərdə (bərk cisim, maye və qazlarda) yayıla bilər. Uzununa dalğalar mühitdə bir-birini əvəz edən sıxlaşmalar və seyrəkləşmələr*

formasında yayılır. Məsələn, uzun yaydan plastmas ip keçirib ipin hər iki ucunu, yayın isə bir ucunu tərpnəmzə dayağa üfüqi bərkidib yayın sərbəst ucunu sağa-sola periodik itələsək, halqaların sıxlaşma və seyrəkləşməsinin növbələşməsini müşahidə etmək olar (e).

Dalğanın xarakteristikası. Mühitin hər hansı nöqtəsində baş verən rəqs onun başqa nöqtələrinə ani yox, müəyyən sonlu sürətlə yayılır ki, o da *dalğa sürətini* müəyyənləşdirir.

- *Dalğa sürəti – rəqslərin mühitdə yayılma sürətidir.*

Bircins mühitdə dalğa bərabərsürətli yayıldığından:

$$v = \frac{l}{t}. \quad (4.27)$$

Burada l – dalğanın t müddətində yayıldığı məsafədir: $l = v \cdot t$.

Dalğanın digər xarakteristikaları *dalğa tezliyi, periodu və dalğa uzunluğudur.*

- *Dalğa tezliyi (periodu) – dalğa yaradan mənbəyin rəqs tezliyidir (periodudur).*
- *Dalğa uzunluğu – bir rəqs perioduna bərabər müddətdə ($t = T$) dalğanın yayıldığı məsafədir ($l = \lambda$).*

Bu tərif (4.27) də nəzərə alsaq, dalğanın yayılma sürəti üçün alarıq:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (4.28)$$

və ya

$$v = v \cdot \lambda. \quad (4.29)$$

Burada λ (*lambda*) – dalğa uzunluğudur, onun BS-də vahidi metrdir.

Dalğa uzunluğunu son iki düsturdan müəyyənləşdirmək olar:

$$\lambda = v \cdot T; \quad \lambda = \frac{v}{\nu}. \quad (4.30)$$

Dalğa sürəti onun tezliyindən və periodundan asılı deyildir. Dalğa sürəti mühitin xassəsindən və aqreqat halından asılıdır. Dalğa uzunluğu isə bircins mühitdə ($v = \text{const}$) rəqs periodundan düz, tezliyindən tərs mütənasib asılıdır.

Bir mühitdən digərinə keçdikdə dalğanın tezliyi və periodu dəyişmir, lakin müxtəlif mühitlərdə dalğa sürəti fərqli olduğundan onun dalğa uzunluğu da dəyişir.

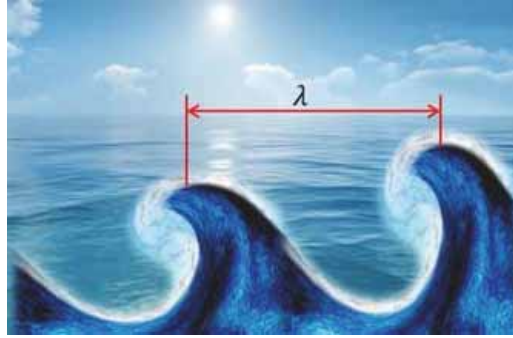
- *Dalğa uzunluğu – eyni fazada rəqs edən iki ən yaxın nöqtə arasındakı məsafədir.* Dalğa uzunluğu eninə dalğalarda iki qonşu təpə (və ya çökük) nöqtəsi arasındakı məsafədir (bax: **d**), uzununa dalğada isə iki qonşu sıxlaşma (və ya seyrəkləşmə) nöqtəsi arasındakı məsafəyə bərabərdir (bax: **e**).

Tətbiqetmə**Okean dalğası təhlükəlidir mi?**

Məsələ. Okean sularının dalğa uzunluğu 480 m, rəqs periodu isə 12 san-dir.

Nəticənin müzakirəsi:

- Bu okean dalğasının yayılma sürəti nə qədərdir?
- Dalğanın həmin sürətlə sahilə çırpılması nə dərəcədə təhlükəlidir?

**Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:**

Aparılan araşdırmalardan müəyyən olunmuşdur ki, Fransanın qərb sahillərini yuyan Atlantik okeanının bir dalğasının çırpılması nəticəsində yaranan enerji 75 mln kilovatt gücə ekvivalent zərbə yaradır.

- Okean dalğasının daşdığı bu enerjiden faydalanmaq olarmı? Əgər olarsa, hansı üsulla?

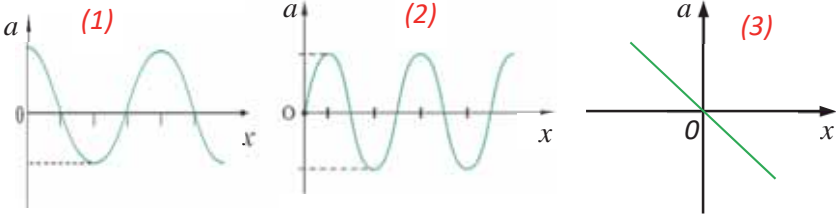
Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Rəqsi hərəkətin harmonikliyi dalğanın harmonikliyindən nə ilə fərqlənir?
3. Mexaniki dalğalar nə üçün mühitdə yayılır, vakuumda isə yayılmır?
4. Eninə və uzununa dalğaların ümumi və fərqli xüsusiyyəti nədir?
5. Nə üçün mexaniki dalğaların ayrı-ayrı hissəciklərinin rəqsi hərəkətində fazalar fərqi yaranır?
6. Qayıq 4 m/san sürətlə yayılan dalğa üzərində ləngər vurur. Dalğanın rəqs periodu 3,2 san-dir. Qayıq hansı uzunluqlu dalğada ləngər vurur?

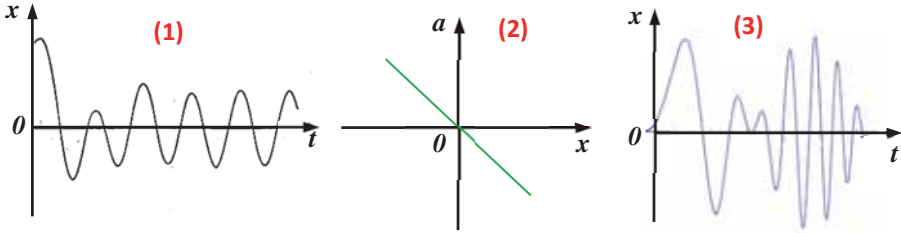
NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “dalğa”, “mexaniki dalğa”, “elastik mühit”, “elastik dalğa”, “eninə dalğa”, “uzununa dalğa”, “dalğa sürəti”, “dalğa tezliyi”, “dalğa periodu”, “dalğa uzunluğu”.

- 4.1. Rəqqas 10 san müddətində 80A qədər yol gedir. Rəqqasın rəqs periodunu təyin edin (A – rəqsin amplitududur).
- 4.2. Bal arısının qanadları 240 Hs tezliklə rəqs edir. Arının uçuş sürəti 4m/san olarsa, o 500 m aralıda bitən çiçəyə çatmaq üçün neçə qanad çalar?
- 4.3. Rəqs sistemi 1 dəq -də 90 rəqs edir. Bu sistemin rəqs periodu, tezliyi və dövrü tezliyi nə qədərdir ($\pi = 3$)?
- 4.4. Hansı qrafik yaylı rəqqasın rəqs təcilinin yerdəyişmədən asılılığına uyğundur?

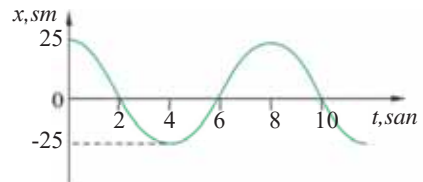


- 4.5. Yaylı rəqqas 0,2 m amplitudunda 2 Hs tezliklə harmonik rəqs edir. Rəqqasın harmonik rəqsinin tənliyini yazın.
- 4.6. Yaylı rəqqas 0,2 m amplitudunda 2 Hs tezliklə sinus qanunu ilə harmonik rəqs edir. Harmonik rəqsin tənliyini yazın ($\pi = 3$; $\varphi_0 = 0$).
- 4.7. Hansı qrafik riyazi rəqqasda harmonik rəqs hərəkatə uyğundur?

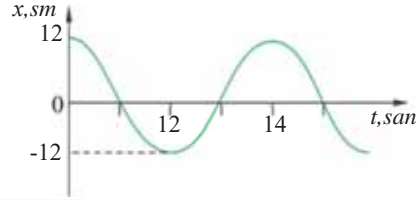


- 4.8. Yaya bərkidilən 250 q kütləli yük üfqi müstəvidə sürtünməsiz rəqs edir. Yayın sərtliyi 16 N/m olarsa, rəqs periodunu təyin edin ($\pi = 3$).
- 4.9. Rəqs periodu 1 san olan riyazi rəqqasın uzunluğunu təyin edin ($g = 9,8 m/san^2$).
- 4.10. Riyazi rəqqas 5 sm amplitudu ilə 1 dəq-də 150 harmonik rəqs edir. Başlanğıc faza 45° olarsa, rəqqasın koordinatı hansı qanunla dəyişər ($\pi = 3$).
- 4.11. Rəqs sisteminin koordinatı $x = 4,5 \cos 4\pi t$ (m) qanunu ilə dəyişir. Rəqsin amplitudu və tezliyini təyin edin.
- 4.12. Periodu 4 san olan rəqsin 1,5 san anında fazası nəyə bərabər olar ($\varphi_0 = 0$)?

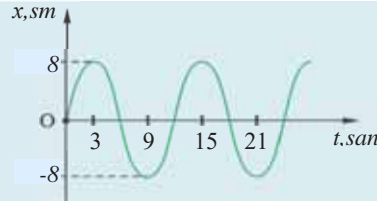
- 4.13. Şəkildə harmonik rəqs edən nöqtənin yerdəyişmə-zaman qrafiki verilmişdir. Rəqs amplitudunu və periodunu təyin edin.



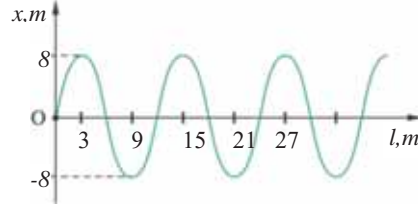
- 4.14. Şəkildə harmonik rəqs edən nöqtənin yerdəyişmə-zaman qrafiki verilmişdir. Nöqtənin bir tam rəqs müddətində getdiyi yolu təyin edin.



- 4.15. Şəkildə harmonik rəqs edən nöqtənin yerdəyişmə-zaman qrafiki verilmişdir. Nöqtənin 9 san-müddətində getdiyi yolu təyin edin.



- 4.16. Dalğa qrafikinə əsasən onun dalğa uzunluğunu, periodunu və tezliyini təyin edin. Dalğanın yayılma sürəti 240 m/san -dir.



- 4.17. Səs dalğasının havada yayılma sürəti 340 m/s , suda isə 1450 m/s -dir. Səs havadan suya keçdikdə onun dalğa uzunluğu nə qədər fərqlənəcək? (**İpucu.** Dalğa bir mühitdən digərinə keçdikdə onun rəqs tezliyi dəyişmir, deməli, rəqs periodu da sabit qalır: $v_h = v_{su}$; $T_h = T_{su}$).
- 4.18. Dəniz dalğası 30 san-də 15 dəfə sahilə çırpılır. Dalğanın yayılma sürəti 4 m/san -dir. Dalğa uzunluğunu təyin edin.
- 4.19. Rəqs sistemi $x = 7 \cos 4\pi t$ (m) qanunu ilə rəqs edir. Sistemdə rezonans baş verməsi üçün ona hansı tezlikli məcbureddici qüvvə təsir etməlidir?

V

RELYATİVİSTİK MEXANİKA

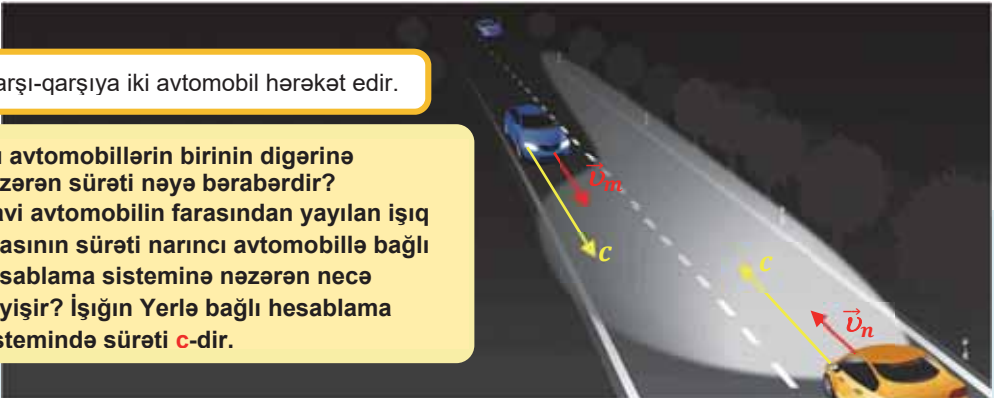
2050-ci ildir. Bakıda iki əkiz qardaş yaşayır: Fərid və Azər. Onların 22 yaşları var. Günlərin birində Fərid qardaşı Azərlə vidalaşib uzunmüddətli beynəlxalq kosmik səyahətə çıxır. Onun raketini $v = 0,99c$ sürətilə kosmosda səyahət edərək kosmik gəmidəki saata görə 8 ildən sonra Yərə qayıdır. Kosmik səyahətdən qayıdan Fərid əkiz qardaşı ilə görüşdükdə məlum oldu ki, onlardan birinin 30 yaşı, digərinin isə artıq 79 yaşı var.

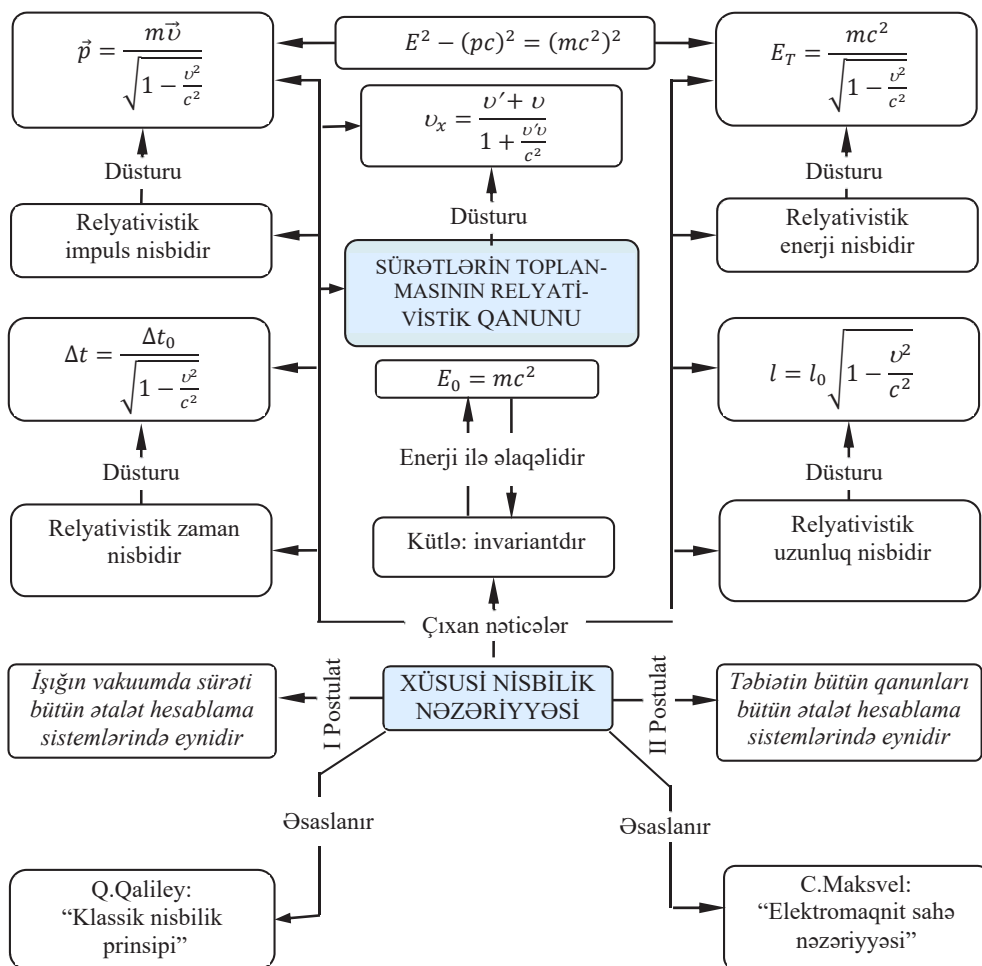
| Bakı, 2050-ci il | Bakı, ..?..- ci il |
|--|---|
|  <p>Fərid Azər</p> |  <p>Fərid Azər</p> |

- Əkiz qardaşlardan kim qocalmışdır: Fərid, yoxsa Azər? Niyə?
- Bunu hansı qanunauyğunluqla təyin etmək olar?

Qarşı-qarşıya iki avtomobil hərəkət edir.

- Bu avtomobillərin birinin digərinə nəzərən sürəti nəyə bərabərdir?
- Mavi avtomobilin farasından yayılan işıq şüasının sürəti narıncı avtomobilə bağlı hesablama sistemində nəzərən necə dəyişir? Işığın Yerlə bağlı hesablama sistemində sürəti c -dir.





5.1 NİSBİLİK NƏZƏRİYYƏSİNİN ƏSASLARI

Təqvimdə 2035-ci il 29 dekabrdir. İki gündən sonra Beynəlxalq astronavtlar komandasının planetlərarası kosmik uçuşu baş tutacaq. Komandanın kapitanı 44 yaşlı azərbaycanlı astronavtdır.

O, onuncu sinifdə oxuyan 16 yaşlı qızı Nəzrinlə vidalaşaraq söyləyir: “Qızım, biz kosmosda işıq sürətinin 0,95 mislinə bərabər sürətlə hərəkət edib araşdırmalar aparacaq və Yərə 20 ildən sonra qayıdacağıq. Sağlıq olsa görüşərik, o vaxt sən 80, mənim isə 64 yaşım olacaq”.

Nəzrin təəccüblə etiraz etdi: “Ata, sən fantastik hadisələrdən danışırısan, 20 ildən sonra mənim 36 yaşım olmalıdır”.

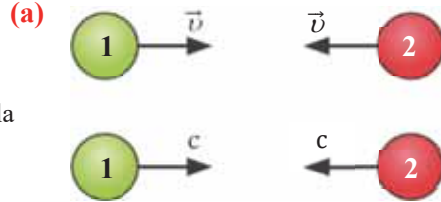
• Nəzrin doğru söyləyirmi? Nə üçün?

1 Sürət nisbidir?

Məsələ-1. İki zərrəcik $v = 10 \text{ m/san}$ sürətlə qarşı-qarşıya gəlir. 1 zərrəciyinin 2 zərrəciyinə nəzərən sürəti nəyə bərabərdir (a)? Bu zərrəciklər işığın vakuumdakı sürətinə bərabər sürətlə ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/san}$) qarşı-qarşıya gələrlərsə, 1 zərrəciyinin 2 zərrəciyinə nəzərən sürəti nəyə bərabər olar?

Nəticənin müzakirəsi:

- Zərrəciklərin bir-birinə nəzərən sürətləri nəyə bərabər oldu?
- Zərrəciyin sürəti işıq sürətindən böyük ola bilirmi?



Qalileyin nisbilik prinsipi. Q.Qaliley cisimlərin hərəkətinin öyrənilməsinə dair tədqiqatlarını ümumiləşdirərək 1636-cı ildə özünün *nisbilik prinsipini* formalaşdırdı:

- *Mexanika qanunları bütün ətalət hesablaşma sistemlərində eynidir.*

Bu prinsip mexaniki hərəkət tənliklərinin quruluşuna müəyyən sərhəd qoydu: *mexaniki hərəkəti ifadə edən tənliklər bütün ətalət hesablaşma sistemlərində eyni şəkildədir.*

Klassik adlandırılan bu təsəvvürlərə görə, mexaniki hərəkəti xarakterizə edən *fəza və zaman mütləq* hesab olundu – cismin xətti ölçüləri onun sükunətdə və ya hərəkətdə olmasından asılı deyildir, *ışıq sürəti isə sonsuz böyük* qəbul olundu. Nyuton mexanikası bütövlükdə bu prinsip üzərində qurulmuşdur. Beləliklə, klassik mexanikada koordinat, zaman, uzunluq və sürətlərin müxtəlif ətalət hesablaşma sistemlərinə nəzərən əlaqələri yığcam formada “Qaliley çevrilmələri” adlanan və ondan çıxan nəticələrlə təsvir edildi (bax: cədvəl 5.1). Lakin işıq sürətinə yaxın sürətlərdə baş verən hadisələri, məsələn, elektromaqnit, qravitasiya, atomdaxili prosesləri klassik təsəvvürlər izah edə bilmədi.

Eynşteynin xüsusi nisbilik nəzəriyyəsi. XVII əsrin sonlarında işığın sürətinin təyininə dair Olaf Ryomerin astronomik üsulla və XIX əsrin ortalarında Lui Fizonun laboratoriya üsulu ilə aparılan praktik araşdırmaları (bax: *Fizika-9*, s.116 – 117), XIX əsrin sonlarında isə C.Maksvellin elektromaqnit sahəsinə dair apardığı nəzəri

araşdırmaları işıq sonlu sürətə malik olduğunu əsaslandırdı. XX əsrin əvvəllərində klassik nisbilik prinsipi və ondan çıxan nəticələr yenidən araşdırılmağa başlandı, işıq sürətinə yaxın sürətlə hərəkət edən ətalət sistemlərində fəza, zaman və digər fiziki kəmiyyətlər arasında H.Lorens çevrilmələri adlı əlaqə düsturları müəyyən edildi. A.Eynşteyn bu sahədə aparılan bütün araşdırmaları ümumiləşdirərək 1905-ci ildə yeni nəzəriyyə – “Xüsusi nisbilik nəzəriyyəsi”ni (XNN) formalaşdırmaqla *relyativistik mexanikanın* nəzəri əsasını qoydu.

• *Relyativistik mexanika – işıq sürəti ilə müqayisə olunan sistemlərdə mexanika qanunlarını öyrənən fizika bölməsidir.* Eynşteyn riyazi hesablamalarla sübut etdi ki, klassik mexanikanın mütləq qəbul etdiyi fundamental anlayışlar nisbidir (kütlədən başqa) və bu nisbilik hərəkət edən sistemdən, tərpənməz sistemə keçdikdə Lorensin müəyyən-ləşdirdiyi $1/\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$ universal vurğuya uyğun çevrilməyə məruz qalır (bax: cədvəl 5.1).

XNN-nin əsası iki postulatdan ibarətdir:

- *I postulat: təbiətin bütün qanunları bütün ətalət hesablamada sistemlərində eynidir və heç bir fiziki təcrübə ilə ətalət sistemlərini bir-birindən fərqləndirmək olmaz.*
- *II postulat: işıqın vakuumda yayılma sürəti bütün ətalət hesablamada sistemlərində eynidir və o, işıq mənbəyinin və işıq qəbuledicisinin sürətindən asılı deyildir. Işıq sürəti təbiətdə mövcud olan maksimal sürətdir.*

Cədvəl 5.1

| <p>Burada:</p> <p>a) ştrixsiz kəmiyyətlər verilən hadisənin tərpənməz K hesablamada sistemində baş verməsini xarakterizə edir;</p> <p>b) ştrixli kəmiyyətlər isə həmin hadisənin K sisteminə nəzərən \vec{u} sürəti ilə hərəkət edən K' hesablamada sistemində baş verməsini xarakterizə edir;</p> <p>c) c – işıq sürətidir, o, klassik təsəvvürlərə görə sonsuz, relyativistik mexanikada sonlu qiymətə malikdir.</p> | | | |
|---|----------------|---|--|
| Qaliley çevrilməsi | | Lorens çevrilməsi | |
| Düz çevrilmə | Əks çevrilmə | Düz çevrilmə | Əks çevrilmə |
| $x' = x - u t$ | $x = x' + u t$ | $x' = \frac{x - u t}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$ | $x = \frac{x' + u t'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$ |
| $y' = y$ | $y = y'$ | $y' = y$ | $y' = y$ |
| $z' = z$ | $z = z'$ | $z' = z$ | $z' = z$ |
| $t' = t$ | $t = t'$ | $t' = \frac{t - \frac{u x}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$ | $t = \frac{t' + \frac{u x'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$ |

Cədvəl 5.1 (davamı)

| Qaliley çevrilmələrindən çıxan nəticələr | Eynşteynin postulatlarına görə Lorens çevrilmələrindən çıxan nəticələr |
|--|---|
| <p>Zaman fasiləsi mütləqdir: $\Delta t' = \Delta t$</p> | <p>Zaman fasiləsi nisbidir: <i>sükunətdəki hesablama sisteminə nəzərən hərəkət edən hesablama sistemində zaman fasiləsi ləngiyir:</i></p> $\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$ <p><i>Burada Δt – tərpənməz sistemlə bağlı zaman fasiləsi, Δt_0 – hərəkətdə olan sistemlə bağlı məxsusi zaman fasiləsidir.</i></p> |
| <p>Fəza ölçüsü mütləqdir: $\Delta l' = \Delta l$</p> | <p>Fəza ölçüsü nisbidir: <i>sükunətdəki hesablama sisteminə nəzərən hərəkətdə olan hesablama sistemində cismin hərəkət istiqamətindəki ölçüsü qısalır:</i></p> $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$ <p><i>Burada l – tərpənməz sistemlə bağlı hərəkət istiqamətindəki uzunluq, l_0 – hərəkətdə olan sistemlə bağlı məxsusi uzunluqdur.</i></p> |
| <p>Kütlə invariantdır: <i>bütün hesablama sistemlərində ödənilir:</i> $m' = m$</p> | <p>Kütlə invariantdır: <i>bütün hesablama sistemlərində ödənilir:</i> $m' = m$.</p> |
| <p>Qalileyin sürətlərin toplanması qaydası: $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u}$.</p> <p>Qarşılıqlı təsir sonlu c sürəti ilə deyil, ani olaraq sonsuz böyük sürətlə ötürülür.</p> <p>Bir hesablama sistemindən digərinə keçdikdə sürət sonsuz böyük qiymət ala bilər: $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u}$, $v' = \infty$, $v = \infty + u = \infty$.</p> | <p>Sürətlərin relyativistik toplama qaydası: <i>İşığın vakuumdakı sürəti bütün ətalət hesablama sistemlərində bütün istiqamətlərdə eynidir:</i></p> $v = \frac{v' + u}{1 + \frac{v'u}{c^2}} = c,$ <p>burada: $v' = c$ – dir.</p> |

Tətbiqetmə**Kosmik gəmi Yerə neçə ildən sonra qayıdacaq?**

Məsələ 2. 2036-cı ildən başlayaraq $0,95c$ sürəti ilə planetlərarası səyahət etdikdən sonra kosmik gəmi Yerə qayıtdı. Səyahət kosmik gəmidəki saata görə 20 il davam etmişdir. Kosmik səyahət Yerdəki saatlara görə neçə il davam etmişdir?

| Verilir | Həlli |
|--|--|
| $u = 0,95c,$ $\Delta t_0 = 20 \text{ il}$ $\Delta t = ?$ | $\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$ |

Nəticənin müzakirəsi:

- XNN -ə əsasən kosmik səyahət Yerə nəzərən neçə il davam etmişdir?
- Klassik nisbilik nəzəriyyəsinə görə kosmik səyahət Yerə nəzərən neçə il davam etmişdir?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Yol polisi işıqforun qırmızı işığında keçən avtomobilin sürücüsünə cərimə yazmaq istəyir. Buna etiraz edən sürücü: “*Yol hərəkəti qaydaları*”nda göstərilir ki, işıqfor ərazisinə sürətlə daxil olduqda avtomobili ani saxlamaq olmaz. Mən də elə sürətlə keçmişəm ki, işıqforda hansı işığın – qırmızı, yoxsa yaşıl işıq olduğunu ayırd edə bilməzdim”.

- Sürücü haqlıdırımı, avtomobil hansı sürətlə getməlidir ki, o, işıqfordakı işığın rəngini ayırd edə bilməsin?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Eynşteynin xüsusi nisbilik nəzəriyyəsi Qalileyin nisbilik prinsipindən nə ilə fərqlənir?
3. XNN-nin əsasını hansı postulatlar təşkil edir?
4. XNN-nin postulatlarından çıxan nəticələr nədir?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların tərif və izahlarını iş vərəqinə yazın: “klassik təsəvvürlərdə fəza, zaman və hərəkət ...”, “Qalileyin nisbilik prinsipi”, “XNN birinci postulatu...”, “XNN ikinci postulatu...”, “relyativistik mexanika”.

5.2 ENERJİ İLƏ KÜTLƏ ARASINDA QARŞILIQLI ƏLAQƏ QANUNU

Kütləsi 30 kq olan daş 2 m hündürlüyə qaldırıldı.

• Bu zaman daşın kütləsi və enerjisi necə dəyişdi?

Eynşteynin nisbilik nəzəriyyəsinə görə 30 kq kütləli daşda çox nəhəng miqdarda – $27 \cdot 10^{17} C$ enerji lokallaşmışdır (toplanmışdır).

• Bu necə mümkün ola bilər?

1 Təkrar biliyin anasıdır!

Məsələ 1. Zərrəciklər sisteminin kütləsi 1 a.k.v. ($\Delta m = 1 a.k.v. = 1,6605 \cdot 10^{-27} kq$) qədər dəyişdikdə bu sistemin enerjisi 931,5 MeV dəyişir. Sistemin kütləsi 4 a.k.v. dəyişərsə, enerjisi necə dəyişər?

Nəticənin müzakirəsi:

- Zərrəciklər sisteminin enerjisinin dəyişməsi bu sistemin kütləsinin dəyişməsinə əsasən necə təyin edilir (bax: *Fizika-9*, s.191-192)? Kütlə ilə enerji arasında hansı əlaqə vardır?

Kütlə ilə enerji arasında qarşılıqlı əlaqə. Klassik mexanika materiyarı iki növə ayırır: maddə və fiziki sahəyə. Maddənin başlıca xassəsi onun kütləyə, fiziki sahənin başlıca xassəsi isə onun enerjiyə malik olmasıdır.

Nisbilik nəzəriyyəsinə görə isə kütlə ilə enerji arasında qarşılıqlı əlaqə mövcuddur – maddənin kütləsi varsa, o, enerjiyə də malikdir. 1905-ci ildə A.Eynşteyn *kütlə ilə enerji arasında qarşılıqlı əlaqə qanununu* formalaşdırdı:

- Mövcud olan ixtiyari cisim *sükunət enerjisinə* malikdir, həmin enerji bu cismin kütləsi ilə işığın vakuumdakı sürətinin kvadratı hasilinə bərabərdir:

$$E_0 = mc^2. \quad (5.1)$$

- *Sükunət enerjisi* (E_0) – seçilmiş hesablama sisteminə nəzərən sükunətdə olan cismin enerjisidir. (5.1) ifadəsindən görünür ki, makroskopik kütlə enerjisinin mühüm xarakteristikasıdır. Məsələn, (5.1) münasibətinə əsasən asanlıqla hesablamaq olar ki, cismin 1 q kütləsinə $9 \cdot 10^{13} C$ sükunət enerjisi ekvivalentdir:

$$E_0 = 10^{-3} kq \cdot (3 \cdot 10^8)^2 m^2 / san^2 = 9 \cdot 10^{13} C.$$

Belə enerji atom bombasının partlayışı prosesində ayrılır (bax: *Fizika 9*, s.191) və o, 30 000 t suyu buxara çevirməyə kifayət edir.

Sistemin elektromaqnit şüalanması, məsələn, işıq şüalandırma prosesi, bu sistemin daxili enerjisinin şüalanma enerjisinə çevrilmə prosesidir. Həmin prosesdə daxili enerjiyə ekvivalent olaraq sistemin kütləsi də azalır:

$$\Delta m = \frac{E_0}{c^2} = \frac{E_{\text{şüalanma}}}{c^2}.$$

Kütlənin dəyişməsi enerjinin dəyişməsinə ekvivalentdir:

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}. \quad (5.2)$$

Günəş və digər ulduzların fasiləsiz şüalanması – onların fasiləsiz enerji və kütlə itkisinə məruz qalmaları deməkdir. Aparılan hesablamalardan müəyyən edilmişdir ki, Günəş şüalanmaqla hər saniyədə kütləsini 4 000 000 t azaldır.

Relyativistik mexanikada tam enerji. Nisbilik nəzəriyyəsinə görə, sistemin tam enerjisi onun sükunət enerjisi ilə kinetik enerjisinin cəminə bərabərdir:

$$E = E_0 + E_k = mc^2 + E_k. \quad (5.3)$$

Eynşteyn müəyyən etmişdir ki, $v \leq c$ sürəti ilə hərəkət edən və digər zərrəciklərlə qarşılıqlı təsirdə olmayan zərrəciyin tam enerjisi bir ətalət hesablama sistemindən digərinə keçdikdə relyativistik çevrilməyə məruz qalır:

$$E = m \frac{c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (5.4)$$

Əgər cisim sükunətdə olarsa: $v = 0$, (5.4) ifadəsindən alınır ki, cisim $E_0 = mc^2$ sükunət enerjisinə malikdir.

Relyativistik mexanikada kinetik enerji. Cismnin kinetik enerjisi onun tam və sükunət enerjilərinin fərqinə bərabərdir:

$$E_k = E - E_0 = E - mc^2. \quad (5.5)$$

Burada tam enerjinin əvəzinə (5.4) ifadəsini yazsaq, alarıq:

$$E_k = mc^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right). \quad (5.6)$$

Relyativistik mexanikada impuls. Nisbilik nəzəriyyəsinə görə, sistemin impulsu bir ətalət hesablama sistemindən digərinə keçdikdə relyativistik çevrilməyə məruz qalır:

$$\vec{p} = m \frac{\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (5.7)$$

Tam enerji ilə impuls arasında əlaqə. Relyativistik mexanikada cismin tam enerjisi ilə impulsu arasında aşağıdakı əlaqə mövcuddur:

$$E^2 = m^2 c^4 + p^2 c^2 \quad (5.8)$$

və ya

$$E^2 - p^2 c^2 = m^2 c^4. \quad (5.9)$$

Bu münasibət bütün ətalət hesablama sistemlərində ödənilir. Bir ətalət hesablama sistemindən digərinə keçəndə tam enerji və impuls dəyişir, lakin $E^2 - p^2 c^2$ fərqi dəyişmir. Əgər kütlə sıfıra bərabər olarsa ($m = 0$), (5.9) -dan alınır:

$$E^2 = p^2 c^2 \quad \rightarrow \quad E = pc. \quad (5.10)$$

(5.4) və (5.7) düsturlarından zərrəciyin tam enerjisi ilə onun impulsu arasında belə bir mütənasib olduğu alınır:

$$\frac{E}{c^2} = \frac{p}{v}. \quad (5.11)$$

(5.10) düsturunu burada nəzərə aldıqda məlum olur ki, $m = 0$ olduqda zərrəcik (məsələn, foton) işıq sürəti ilə hərəkət edir: $v = c$.

2 Tətbiqetmə

“Hansı enerji daha böyükdür?”

Məsələ 2. Kütləsi 300 q olan *Fizika* dərsliyində “toplanan” sükunət enerjisini təyin edin və onu Mingəçevir SES-in bir ildə istehsal etdiyi $14 \cdot 10^8 kVt \cdot saat$ enerji ilə müqayisə edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Hansı enerji daha böyükdür: *Fizika* dərsliyinin sükunətdəki enerjisi, yoxsa Mingəçevir SES-in bir ildə istehsal etdiyi enerji?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

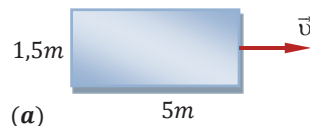
- Kütlə ilə enerji arasındakı $E_0 = mc^2$ əlaqəsi elm və istehsalatın hansı sahələrində mühüm rol oynayır?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Klassik təsəvvürlərə görə “kütlə” anlayışı nəyi xarakterizə edir?
3. Relyativistik mexanikaya görə “kütlə” anlayışı hansı mənə daşıyır?
4. Sükunət enerjisi nədir?
5. Nə üçün Günəşin şüalanması onun kütləsinin külli miqdarda itkisi ilə müşayiət olunur? Bunu Eynşteynin hansı düsturuna əsasən isbat etmək olar?
6. Relyativistik enerji klassik mexanikadakı tam enerjidən nə ilə fərqlənir?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddələrin tərif və izahlarını iş vərəqinə yazın: “nisbilik nəzəriyyəsinə kütlə anlayışı ...”, “sükunət enerjisi”, “kütlənin enerji ilə ekvivalentliyi...”, “relyativistik tam enerji...”, “relyativistik kinetik enerji...”, “relyativistik impuls...”.

- 5.1. Yerdə keçən 50 il Yerə nəzərən $v = 0,81 \cdot c$ sürətlə hərəkət edən kosmik gəmidə hansı zamana bərabərdir?
- 5.2. Kosmik gəmi Yerə nəzərən hansı sürətlə hərəkət etməlidir ki, oradakı saatlar Yerdəki saatlara nisbətən 2,5 dəfə ləng işləsin?
- 5.3. Beynəlxalq Astronavtlar İttifaqı *Fizika fənn olimpiadasının* qalibi olan 16 yaşlı Nəzrinə Astronavtlar komandasına daxil edir. Komanda $0,98 \cdot c$ sürəti ilə hərəkət edən kosmik gəmidə oradakı saata görə 5 il planetlərarası səyahət etdikdən sonra Yerə qayıdır. Nəzrin qayıdanda 21 yaşlı var idi. Bəs onun Yerdə qoyub getdiyi həmyaşıd sinif yoldaşları neçə yaşındadır?
- 5.4. Yerlə bağlı hesablamaya sistemə görə $0,9 \cdot c$ sürəti ilə hərəkət edən 3 m uzunluqlu xətkəşin Yerə nəzərən uzunluğu nəyə bərabərdir?
- 5.5. Tərpənməz müşahidəçiyə nəzərən $0,8 \cdot c$ sürəti ilə hərəkət edən düzbucaqlının ölçüləri necə dəyişəcək (a)? 
- 5.6. Elektronun sükunət enerjisi $8,1 \cdot 10^{-16} \text{C}$ -dur. Onun (a) kütləsi nəyə bərabərdir?
- 5.7. Kütləsi $1,7 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ olan proton $0,8 \cdot c$ sürətlə hərəkət edir. Onun relyativistik kinetik enerjisi nəyə bərabərdir?
- 5.8. Kütləsi $1,7 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ olan proton $0,8 \cdot c$ sürətlə hərəkət edir. Onun tam enerjisi nəyə bərabərdir?
- 5.9. Qütb ulduzu ətraf fəzaya saniyədə $5,4 \cdot 10^{28} \text{C}$ enerji şüalandırır. Buna görə ulduzun kütləsi saniyədə nə qədər azalır?
- 5.10. Yerə nəzərən sürəti $0,4 \cdot c$ olan elektron c sürətli fotonla qarşı hərəkət edir. Fotonun elektrona nisbətən sürəti nəyə bərabərdir?

MOLEKULAR- KINETİK NƏZƏRİYYƏ

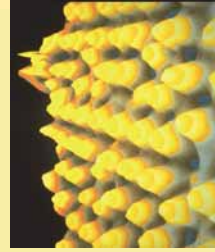
1981-ci ildə alman fiziki Herd Binniq və isveçrə alimi Henrix Rorer Tunel mikroskopunda atomun ilk görüntüsünü skan edə bildiylər. Alimlər bu işlərinə görə 1986-cı ildə fizika üzrə Nobel mükafatına layiq görülmüşlər.



Elektron mikroskop



Tunel mikroskopu



Silisiumun səthində atomların görüntüsü

- Maddənin quruluşu haqqında təsəvvürlərin formalaşmasında nəzəri üsulla təyin edilmiş hansı xarakteristikalar mühüm rol oynamışdır?

Meyvə və tərəvəzləri qurutmaq üçün çox vaxt vakuum qurutma aparatlarından istifadə olunur.

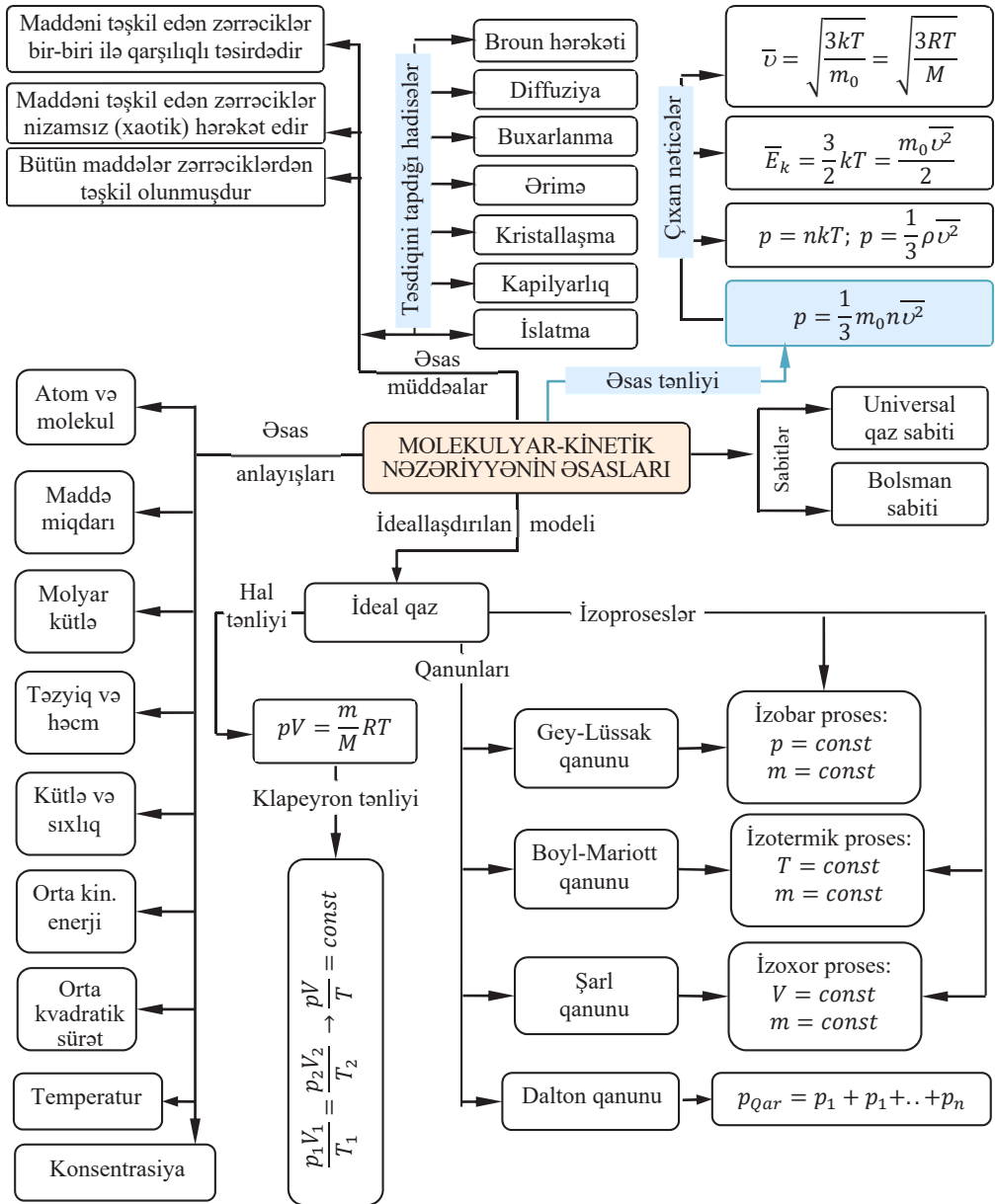


- Burdon manometrinin iş prinsipi hansı fiziki qanunauyğunluğa əsaslanır?



Müasir texnologiyalarda qazın təzyiqini ölçmək üçün Burdon manometrindən geniş istifadə edilir.

- Vakuum aparatları niyə meyvə və tərəvəzləri daha sürətli qurudur?



6.1 MOLEKULAR-KINETİK NƏZƏRIYYƏ VƏ ONUN ƏSAS MÜDDƏLƏRİ

Yəqin ki, evinizdə, sinif otağında bəzən pəncərədən düşən Günəş şüasında toz dənəciklərinin havada asılmış mənzərəsini müşahidə etmişiniz.

- Nə üçün toz dənəcikləri Yerə düşməyərək uzun müddət havada asılmış vəziyyətdə qalır?

Məlumdur ki, nəfəs aldığımız hava müxtəlif sıxlıqlı qazlardan – azotdan (N_2), oksigenə (O_2), karbon qazından (CO_2) və digər qarışıqlardan ibarətdir. Bu qazlar sıxlıqlarına və onlara təsir edən ağırlıq qüvvəsinə görə bir-birinin üzərində ardıcıl təbəqələrlə yerləşməli idi: ən ağır – karbon qazı Yer səthinə yaxın, onun üzərində – O_2 , daha yuxarıda isə: N_2 . Lakin bu baş vermir – bizi qaz qarışığı əhatə edir.

- Yer atmosferində müxtəlif qazların möcüzəli şəkildə qarışmasının səbəbi nədir?



1 Cisimlər nə üçün bir-birinə “ilişdi”?

I təcrübə

Təchizat: qarmaqla təchiz edilmiş qurğusun silindrlər (2 əd.), yüklər dəsti, mufta və çubuğu olan ştativ.

İşin gedişi.

1. İki qurğusun silindrin yenicə yonqarlanan səthlərini bir-birinə sıxmaqla yapışmalarına nail olun. Silindrləri ştativdən asın.
2. Silindrin aşağı qarmağından onlar qopana qədər yüklər asın. Onlar bir neçə kiloqrama qədər ağırlığa davam gətirir (a).

Nəticənin müzakirəsi:

- Araşdırmadan hansı nəticəyə gəlmək olar?

II təcrübə

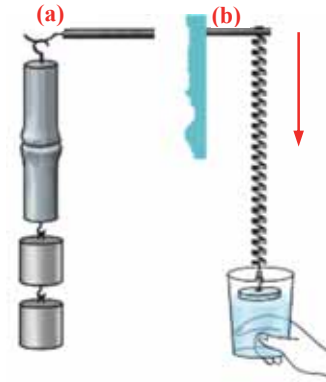
Təchizat: səthinə qarmaq bərkidilmiş şüşə lövhə, yay, içərisində su olan stəkan, mufta və çubuğu olan ştativ.

İşin gedişi.

1. Bir ucuna şüşə lövhə bərkidilən yayı ştativdən asın.
2. İçərisində su olan stəkani lövhəyə elə yaxınlaşdırın ki, lövhənin alt səthi suya toxunsun. Stəkani aşağı dartmaqla lövhəni sudan qopartmağa çalışın (b).

Nəticənin müzakirəsi:

- Təcrübədə maraqlı nə müşahidə olundu?
- Lövhənin suyun səthinə yapışmasının səbəbini necə izah etmək olar?



Molekulyar-kinetik nəzəriyyə (MKN). Biz və bizi əhatə edən aləm *makroskopik cisimlər* sistemidir.

- *Makroskopik cisim* – böyük miqdar atom və molekulardan təşkil olunan cisimdir.

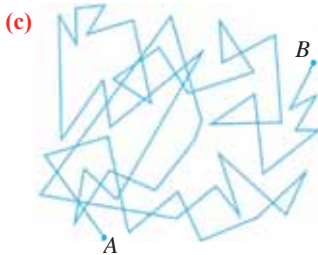
Qum dənəsi, qabda su, balonda qaz, dəmir çubuq, Ay, Günəş və s. – makroskopik cismə misal ola bilər. Mexanikada makroskopik cismə müəyyən kütlə, fəza ölçüsü, enerji xassələrinə malik (çox vaxt isə o, maddi nöqtə kimi qəbul edilir) obyekt kimi baxılır, bu cisimlərin fəzada vəziyyətləri və onların digər cisimlərlə qarşılıqlı təsirləri öyrənilir. Lakin mexanika makroskopik cisimlərin daxili quruluşunu, onları təşkil edən atom və molekullar arasındakı qarşılıqlı təsirləri, bunun nəticəsində maddələrin bir sıra xassələrini (istidən genişlənməsi, qızması, soyuması, buxarlanması, kondensasiyası, əriməsi, bərkiməsi, diffuziyası, konveksiyası və s.) izah edə bilmədi. Fizikada, sistemin halını onun daxili quruluşunu nəzərə almaqla öyrənən *molekulyar fizika* bölməsi yarandı.

- *Molekulyar fizika* – makroskopik cisimlərin daxili quruluşunu, onun xassəsini və materiyanın istilik hərəkətinin əsas qanunauyğunluqlarını öyrənən fizika bölməsidir.
- Makroskopik cisimlərin atom və molekullardan təşkil edildiyini, bu zərrəciklərin daim xaotik hərəkətdə və qarşılıqlı təsirdə olma təsəvvürləri əsasında maddələrin xassələrini və onlarda gedən istilik proseslərini izah edən nəzəriyyə **molekulyar-kinetik nəzəriyyə** (MKN) adlanır.

Molekulyar-kinetik nəzəriyyənin əsas müddələri. MKN-nin əsasını 3 müddə təşkil edir:

I müddə: bütün maddələr zərrəciklərdən – atom və molekullardan təşkil olunmuşdur. Atom və molekulların varlığını ilk dəfə ingilis kimyaçı alimi Con Dalton (1766–1844) aşkar etmişdir. O, bir sıra kimyəvi elementin atom çəkisini hesablamaqla maddələrin atom quruluş nəzəriyyəsini vermişdir. Sonralar obyektin ölçüsünü milyon dəfəyə qədər böyütməyə imkan verən elektron mikroskopu ixtira edildi və onun vasitəsilə kifayət qədər böyük molekulları görmək, onların fotosəkillərini çəkmək mümkün oldu.

II müddə: maddəni təşkil edən zərrəciklər fasiləsiz və nizamsız (xaotik) hərəkətdədir. Bu müddənin doğruluğu 1827-ci ildə ingilis botaniki Robert Broun (1773–



1858) çiçək tozcuqlarının suda hərəkətini müşahidə etməsi ilə aşkarlandı. O, müəyyən etdi ki, tozcuqların belə hərəkəti xaotikdir və onlar mürəkkəb trayektoriya üzrə yerlərini dəyişir (c). Hissəciklərin “*Broun hərəkəti*” adlandırılan belə nizamsız hərəkəti MKN əsasında nəzəri olaraq 1905-ci ildə Albert Eynşteyn tərəfindən əsaslandırıldı. Nəzəriyyə təcrübi olaraq 1909–1911-ci illərdə fransız fiziki Jan Batist Perren (1870–1942) tərəfindən təsdiqləndi. O, müəyyənləşdirdi ki, boyaq hissəciklərinin

suda xaotik hərəkət etməsinə səbəb su molekullarının istilik hərəkətinin nəticəsidir. Perren müəyyənləşdirdi ki, zərrəciklərin broun hərəkətinin intensivliyi onun kimyəvi təbiətindən deyil, temperaturundan asılıdır: temperatur yüksəldikcə broun hərəkətinin intensivliyi də artır.

Beləliklə:

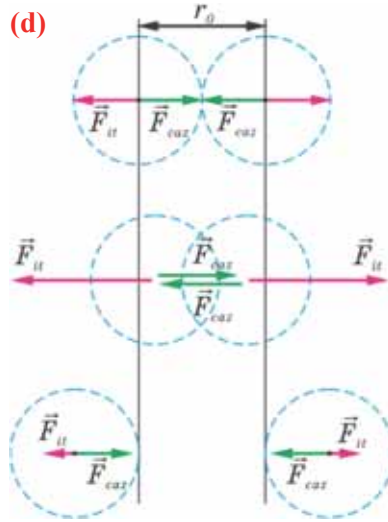
- *Broun hərəkəti* – mayelərdə (və ya qazlarda) asılı halda olan “yad” hissəciklərin nizamsız hərəkətidir.

MKN-nin ikinci müddəasını təsdiq edən amillərdən biri də *diffuziya* hadisəsidir.

• *Diffuziya* – bir maddənin atom və ya molekullarının öz-özünə digər maddənin atom və ya molekullarına qarışması prosesidir. Bu hadisəni kəmiyyət baxımından 1855-ci ildə alman fiziki və fizioloqu Adolf Fik (1829–1901) isbat edərək “Diffuziyanın Fik qanununu” müəyyənləşdirmişdir.

III müddə: maddə zərrəcikləri bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdədir – onlar arasında cazibə və itələmə xarakterli qüvvələr mövcuddur.

Bu müddəni cisimlərin deformasiyası zamanı elastiklik qüvvələrinin yaranması təsdiqlədi. Həmin qüvvələr yaxına təsir xarakterlidir, elektromaqnit təbiətlidir və zərrəciklər arasındakı məsafədən kəskin asılıdır. Məsələn, müəyyən edilmişdir ki, molekullar arasındakı cazibə xarakterli qüvvələr onlar arasındakı məsafənin $\frac{1}{r^7}$ nisbəti, itələmə xarakterli qüvvələr isə onlar arasındakı məsafənin $\frac{1}{r^9}$ nisbəti ilə mütənasibdir. Bu qüvvələrin əvəzləyicisi molekulun diametrindən 2–3 dəfə böyük olan məsafədə [$r \geq (4 \div 6)r_0$] və molekulların diametrinə bərabər olan məsafədə ($r = 2r_0$), demək olar, sıfıra bərabərdir (**d**).



Atom və molekulların xarakteristikası. Atom və molekulların xarakteristikaları sizə məlumdur (bax: *Kimya* – 8); onlar xətti ölçüsü, nisbi kütləsi, vahid həcmdəki sayı, maddə miqdarı və s. (bax: cədvəl 6.1).

Cədvəl 6.1

| Zərrəciyin xarakteristikası | İfadə olunur |
|-----------------------------|--|
| Atom kütlə vahidi (a.k.v) | Atom kütlə vahidi (a.k.v.) – $^{12}_6\text{C}$ izotopunun kütləsinin 1/12 hissəsinə deyilir: $1 \text{ a. k. v.} = \frac{1}{12} m_{0,C} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kq}$ $m_{0,C}$ – karbon atomunun kütləsidir. |

| | |
|--------------------------------|--|
| Maddənin nisbi molekul kütləsi | <p>Maddənin nisbi molekul (və ya atom) kütləsi – həmin maddənin molekulu- nun m_0 kütləsinin karbon atomu kütləsinin $1/12$-nə olan nisbətində deyilir:</p> $M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0,C}}$ <p>M_r – nisbi molekul kütləsi, m_0 – maddə molekulu- nun kütləsidir. Nisbi molekul kütləsinin vahidi yoxdur.</p> |
| Maddə miqdarı | <p>Cisimdəki maddə miqdarı (ν) – ondakı molekulların və ya atomların nisbi sayının avoqadro ədədinə olan nisbətində deyilir: $\nu = \frac{N}{N_A}$.</p> <p>N – verilən maddədəki molekulların sayıdır. Maddə miqdarının BS-də vahidi moldur (1mol): $[\nu] = 1 \text{ mol}$. Mol (1 mol) – kütləsi 0,012 kq olan karbon atomlarının sayı qədər molekul- lardan və ya atomlardan təşkil olunmuş maddə miqdarıdır.</p> |
| Avoqadro ədədi | <p>Avoqadro ədədi (sabiti) – istənilən maddənin bir molunda olan molekulların (və ya atomların) sayıdır: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.</p> |
| Molyar kütlə | <p>Molyar kütlə – maddənin bir molunun kütləsinə deyilir: $M = m_0 \cdot N_A$. Molyar kütlənin BS-də vahidi molda kiloqramdır ($1 \frac{\text{kq}}{\text{mol}}$): $[M] = 1 \frac{\text{kq}}{\text{mol}}$.</p> <p>$\left\{ \begin{array}{l} \text{Maddənin bir molekulu-} \\ \text{nun kütləsi: } m_0 = \frac{M}{N_A} \rightarrow N_A = \frac{M}{m_0} \\ \text{İstənilən maddənin } m \text{ kütləsi: } m = m_0 \cdot N \rightarrow N = \frac{m}{m_0} \end{array} \right.$</p> <p>Buradan alınır ki, maddə miqdarı maddənin kütləsinin onun molyar kütlə- sinə nisbətində bərabərdir:</p> $\nu = \frac{m}{M}$ |
| Maddədəki molekulların sayı | <p>Kütləsi m, molyar kütləsi M olan istənilən maddədəki molekulların sayı:</p> $N = \nu \cdot N_A = \frac{m}{M} \cdot N_A$ |

2 Təbiiqetmə

Araşdırma

Quba-Qonaqkənd yolunun Təhgəlti hissəsində, Vəlvələ çayının sahilində yüksələn qayalıqlar silsiləsinin vahiməli görünüşü səyahətçiləri həqiqətən vəlvələyə salır. Günəşin, yağışın, rütubətin təsiri nəticəsində nəhəng dağ süxurlarında dərin çatlar yaranmış, bir çox hissədə isə iri daşlar parçalanaraq bir-birinin üzərinə yığılmış qayalıqlar silsiləsi əmələ gətirmişdir. Müşahidəçiyə elə gəlir ki, kiçik bir tərpənişdən bu qayalar dərhal dağılacaq. Odur ki, hamı yolun bu dar hissəsini sürətlə və səssizcə keçib getməyə çalışır.



Nəticənin müzakirəsi.

- Temperatur dəyişməsi ilə dağ süxurları niyə çatlayır və sınır?
- Süxurların molekulları arasındakı məsafə temperaturdan asılı olaraq necə dəyişir?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin.

Qədim kitablarda şəkilli səhifələrin əvvəlinə nazik şəffaf kağız vərəq yapışdırılır. Vaxt ötdükcə şəkilli səhifəyə toxunan bu vərəqlərin səthində uyğun təsvirlərin izləri yaranmağa başlayır.



• Bu hadisənin baş verməsinə səbəb nədir?

Özünüzü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Molekulyar-kinetik nəzəriyyənin mahiyyəti nədir?
3. Kütləsi 12 q olan metanda (CH_4) neçə hidrogen atomu var

$$(N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}; M = 0,016 \text{ kq/mol})$$

| Verilir | Həlli |
|---|---|
| $m = 12 \text{ q} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ kq}$ $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}; M = 0,016 \text{ kq/mol}$ $N_H = ?$ | I addım: $N_{(CH_4)} = \frac{m}{M} \cdot N_A$ II addım: $N_H = 4 \cdot N_{(CH_4)}$ |

4. Avogadro sabitinin fiziki mənası nədir?
5. Molekulun “xarakteristikalar xəritəsi”ni qurun.

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddələrin təriflərini iş vərəqinə yazın: “Makroskopik cisim”, “Molekulyar fizika”, “Molekulyar-kinetik nəzəriyyə”, “MKN-nin I müddəası”, “MKN-nin II müddəası”, “MKN-nin III müddəası”, “Atom kütlə vahidi”, “Nisbi molekul kütləsi”, “Maddə miqdarı”, “Molyar kütlə”.

Bilirsiniz ki, Bakı-Tbilisi-Ərzurum kəməri ilə Bakıdan Ərzuruma qaz nəql olunur. Kəmərin Bakı hissəsində qazın təzyiqli borunun eyni kəsiyə malik Ərzurum hissəsinə nəzərən 1,05 dəfə kiçikdir. Qaz kəmərinə şaxələnmə və qaz itkisi yoxdur və o, stasionar rejimdə işləyir.



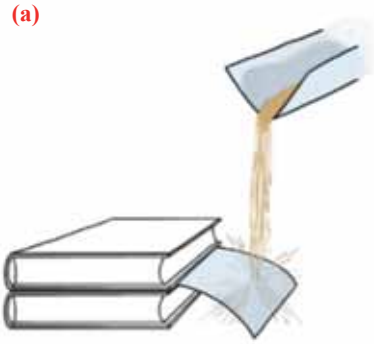
- Nəzərə alınsa ki, Ərzurumda havanın temperaturu 18°C , Bakıda isə 38°C -dir, kəmərin hansı hissəsində qaz axınının sürəti daha çoxdur: Ərzurum hissəsində, yoxsa Bakı hissəsində?
- Bunu hansı qanunauyğunluqla müəyyən etmək olar?

Araşdırma

1 Qaz molekullarının təzyiqinin modelləşdirilməsi

Təchizat: quru dəniz qumu (0,5 kq), karton kağız vərəq (2 əd.), dərslik (2 əd.), mobil telefon.

İşin gedişi: 1. Karton vərəqini iki dərslik arasında şaxələndəki kimi üfüqi yerləşdirin. 2. Qum dənələrini bərabər sürətlə üfüqi vərəqin üzərinə səpin və müşahidə etdiyiniz hadisənin mobil telefonla fotosəklini çəkin (a). 3. Qum dənələrini qaz molekulları, karton vərəqi isə qazın yerləşdiyi qabın divarı olduğunu təsəvvür edin və qazın təzyiqinin fiziki mahiyyəti üzərində düşüünün. 4. Qum dənələrinin düşmə hündürlüyünü, beləliklə, onların sürətini artırmaqla təcrübəni təkrarlayın. Baş verən hadisəni izləyin.



Nəticənin müzakirəsi:

- Araşdırmadan qazın təzyiqinin fiziki mahiyyəti haqqında hansı nəticəyə gəldiniz: qazın təzyiqli nədən ibarətdir?
- “Qaz molekulları”nın sürəti artdıqda onun təzyiqli necə dəyişdi?

İdeal qaz. İxtiyari fiziki nəzəriyyənin qurulmasının ilk addımı – real obyektin ideallaşdırılan fikri modelinin qurulmasından ibarətdir. Belə model həmişə gerçəkliyin sadələşdirilmiş şəkli olur, onun vasitəsilə real obyektin xassələrinin qanunauyğunluqları keyfiyyət və kəmiyyət baxımından müəyyən sərhədlər çərçivəsində öyrənilir.

Molekulyar-kinetik nəzəriyyədə qazların xassələrini öyrənmək üçün tətbiq olunan fikri model “ideal qaz”dır.

- *İdeal qaz – aşağıdakı şərtləri ödəyən qazdır:*

– Molekullarının xətti ölçüləri onlar arasındakı məsafədən çox-çox kiçikdir və nəzərə alınmur. Ona görə də ideal qaz molekulları, demək olar, bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdə olmur – ideal qaz molekullarının qarşılıqlı təsirinin potensial enerjisi sıfıra bərabərdir:

$$E_p = 0.$$

Odur ki ideal qaz istənilən qədər sıxıla bilir;

– *Molekulları arasındakı qarşılıqlı cazibə xarakterli qüvvələr nəzərə alınmayacaq dərəcədə zəifdir;*

– *Molekulları arasında itələmə xarakterli qüvvələrdir, onlar yalnız bir-biri ilə toqquşduqda meydana çıxır; molekulların toqquşmaları mütləq elastiki qəbul edilir;*

– *Molekulları ixtiyari sürət ala bilər, hər bir molekulun hərəkəti klassik mexanika qanunlarına tabedir.*

İdeal qazın xassələri *mikroskopik* və *makroskopik* parametrlər və onlar arasındakı əlaqələrlə xarakterizə olunur.

• *Qazın əsas mikroskopik parametrləri – qaz molekulları və onların hərəkətini xarakterizə edən parametrlərdir. Bu parametrlərə molekulun kütləsi, onun sürəti, impulsu və irəliləmə hərəkətinin kinetik enerjisi aiddir.*

• *Qazın əsas makroskopik parametrləri – qazın bütövlükdə xassələrini müəyyən edən təzyiq, həcm və temperaturdur.*

Molekulyar-kinetik nəzəriyyənin əsas məsələsi qazın makroskopik və mikroskopik parametrləri arasında əlaqə yaratmaqdır.

İdeal qazın molekulyar-kinetik nəzəriyyəsinin əsas tənliyi. Bilirsiniz ki, qapalı qabda yerləşən qazın molekullarının qabın divarına fasiləsiz olaraq vurduqları çoxsaylı nizamsız zərbələr nəticəsində qazın təzyiqi yaranır. Bu təzyiq vahid səthə təsir edən əvəzləyici qüvvənin modulunun orta qiymətinə bərabərdir:

$$p = \frac{F}{S}.$$

Alman fiziki Rudolf Klauzius (1822–1888) ideal qaz modelindən istifadə etməklə 1857-ci ildə qazın təzyiqini – *ideal qazın molekulyar-kinetik nəzəriyyəsinin əsas tənliyini* müəyyənləşdirir.

• *İdeal qazın molekulyar-kinetik nəzəriyyəsinin əsas tənliyi – qazı xarakterizə edən makroskopik parametr olan təzyiqi onun molekullarını xarakterizə edən mikroskopik parametrlərlə əlaqələndirən tənlikdir:*

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2}. \quad (6.1)$$

Molekulun xaotik hərəkətində hər üç istiqamətin “eyni ehtimallı”dır. Burada m_0 – bir molekulun kütləsi, n – molekulların konsentrasiyası, v^2 – molekulların sürətinin kvadratının orta qiymətidir.

• *Molekulların konsentrasiyası – vahid həcmdə olan molekulların sayıdır:*

$$n = \frac{N}{V}. \quad (6.2)$$

Konsentrasiyanın BS-də vahidi: $[n] = \frac{1}{m^3} = m^{-3}$.

• *Molekulların orta kvadratik sürəti ($v_{or.kv}$) – molekulların sürətinin kvadratının orta qiymətinin kvadrat köküdür:*

$$v_{or.kv} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}}.$$

Molekulların sürətinin kvadratının orta qiyməti onların irəliləmə hərəkətinin orta kinetik enerjisi ilə əlaqədar olduğundan ideal qazın təzyiqinin də molekulların orta kinetik enerjisindən asılı olduğu alınır:

$$\overline{E}_k = \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}, \quad (6.3)$$

$$p = \frac{2}{3} n \overline{E}_k. \quad (6.4)$$

• *İdeal qazın təzyiqi molekulların konsentrasiyası ilə onların irəliləmə hərəkətlərinin orta kinetik enerjisindən düz mütənasib asılıdır.*

Qazın sıxlığının $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_0 N}{V} = m_0 n$ olduğu (6.1)-də nəzərə alınarsa, ideal qazın təzyiqinin onun sıxlığından asılılıq düsturu alınır:

$$p = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2}. \quad (6.5)$$

Tətbiqetmə

Qaz atomlarının orta kinetik enerjisini təyin edin

Məsələ. Günəşin görünən atmosferi – fotosferi, demək olar, hidrogen qazından ibarətdir. Fotosferdəki hidrogen qazı atomlarının konsentrasiyası təqribən $n = 1,6 \cdot 10^{21} m^{-3}$, təzyiqi isə $p = 1,25 \cdot 10^2 Pa$ -dır. Fotosferdəki hidrogen qazını ideal qaz qəbul etsək, onun atomlarının irəliləmə hərəkətinin orta kinetik enerjisi nəyə bərabər olar?

Nəticənin müzakirəsi:

- İdeal qaz molekullarının (atomlarının) irəliləmə hərəkətinin orta kinetik enerjisi ilə onların təzyiqi arasında hansı əlaqə vardır?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Fərz edək ki, bizi əhatə edən hava eyni molekullardan ibarətdir. Bu molekullar normal şəraitdə hansı orta kvadratik sürətlə bizə zərbələr endirir? Normal şəraitdə havanın təzyiqi $10^5 Pa$, sıxlığı $1,29 \text{ kq}/m^3$ -dir.

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Qaz təzyiqinin mövcudluğunu MKN necə izah edir?
3. Qaz hansı şərtlər daxilində ideal qaz adlandırıla bilər?
4. Qazın mikroskopik və makroskopik parametrləri nəyi xarakterizə edir?
5. Nə üçün ideal qazın təzyiq düsturu MKN-in əsas tənliyi adlanır?
6. “İdeal qaz” anlayışının xəritəsini qurun.

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “*ideal qaz*”, “*Qazın mikroskopik parametrləri*”, “*Qazın makroskopik parametrləri*”, “*İdeal qazın MKN-nin əsas tənliyi*”, “*Molekulların konsentrasiyası*”, “*Molekulların orta kvadratik sürəti*”, “*İdeal qazın təzyiqi*”.

6.3 İSTİLİK TARAZLIĞI – TEMPERATUR

Bəzi quşların, məsələn uzunqanad, qaranquş və s.-nin bədən temperaturunda ciddi dəyişmələr baş verdiyi aşkar olunmuşdur. Məsələn, soyuq, tutqun rütubətli havada bu quşların bədən temperaturu, demək olar, ətraf mühitin temperaturuna bərabər olur. Nəticədə, onların orqanizmindəki bütün sistemlərin funksiyaları kəskin zəifləyir və quşlar uyuşurlar. Lakin onları ələ götürdükdən az sonra canlanır və uçub uzaqlaşır. Quşların belə uzunmüddətli uyuşmalarına səbəb yəqin ki, ətraf temperaturun qeyri əlverişli olması və kifayət qədər qidalanmamalarından irəli gəlir.



• Niyə temperaturun aşağı düşməsi ilə bəzi quşların orqanizmlərinin funksiyaları kəskin zəifləyir?

1 Araşdırma Su termometrini hazırlanması

Təchizat: şüşə ampula (flakon), nazik şəffaf borucuq (diyircəkli qələmin boş borucuğu ola bilər), rənglənmiş su (4-5 ml), plastilin, yapışqanlı lent, ağ kağız vərəq, karton lövhə (6 × 6 sm), ip, biz, spirt termometri, stəkan, elektrik su qızdırıcısı, su (0,5 l), qələm.

İşin gedişi:

1. Ampulaya yarıya qədər rənglənmiş su tökün və tıxacla qapayın.
2. Tıxacda dəlik açıb borucuğun bir ucunu oradan keçirməklə. Tıxacda borucuq arasında qala bilən boşluğu plastilinlə qapayın.
3. Borucuğu U şəklində əyib ağzı açıq hissəsini lentlə vərəqə yapışdırın: o, termometrin “şkalası” olacaq. Vərəqi iplə karton lövhəyə bərkidin. Su termometri hazırdır (a).
4. Termometri dərəcələyin. Bunun üçün suyu bir qədər, məsələn, 50°C qızdırıb stəkana tökün. Spirt və su termometrini suya batırıb bir neçə dəqiqə gözləyin. Su termometrində borucuqdakı suyun səviyyəsini ştrixlə qeyd edin və spirt termometrinin göstəricisinə uyğun rəqəmi, məsələn, 45°C-i ştrixin qarşısında yazın.
5. Stəkandakı su soyuduqca termometrin şkalasının dərəcələnməsini davam etdirin.



Nəticənin müzakirəsi:

- Termometrin uzun müddət eyni temperaturu göstərməsinə səbəb nədir?
- Su termometri ilə hansı temperatur intervalları ölçmək mümkündür? Nə üçün?
- MKN baxımından izah edin: nə üçün maddəni qızdırdıqda onun temperaturu artır, soyutduqda isə, əksinə, azalır?

İstilik tarazlığı. Məlumdur ki, müxtəlif temperaturlu iki cismi bir-birinə toxundurduqda onlar arasında istilik mübadiləsi baş verir: istilik temperaturu yüksək olan cisimdən aşağı temperaturlu cismə verilir. Bu proses hər iki cismin temperaturu bərabərləşənə qədər davam edir. Belə vəziyyət cismin temperaturunun ölçülməsində nəzərə alınır; termometr cismə toxundurulur, lakin onun göstəricisi

dərhal deyil, müəyyən zaman fasiləsindən sonra qeyd olunur. Bu müddətdə cisimlə termometr arasında *istilik tarazlığı* və ya *termodinamik tarazlıq* yaranır. Termodinamik tarazlıqda sistemin makroskopik parametrləri sabit qalır – maddənin aqreقات hallarının dəyişməsi baş vermir.

• *İstilik tarazlığı* və ya *termodinamik tarazlıq* – sistemin makroskopik parametrlərinin uzun müddət dəyişməz qaldığı halıdır.

Sistemin istilik tarazlığı *temperaturla* xarakterizə olunur.

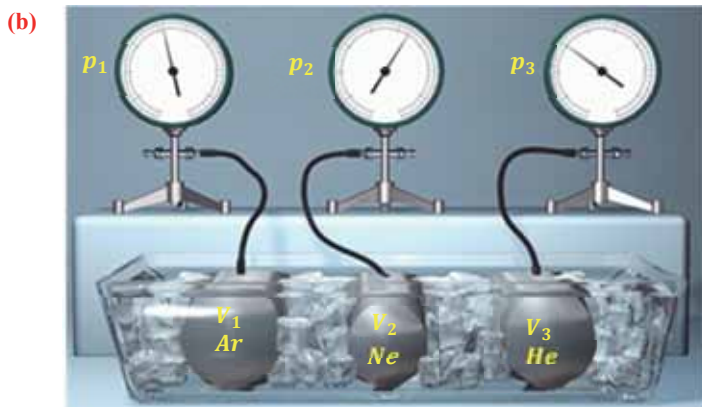
• *Temperatur* – makroskopik sistemin istilik tarazlığını xarakterizə edən kəmiyyətdir: istilik tarazlığında sistemin bütün hissələrinin temperaturu eynidir.

Temperaturun keyfiyyət və kəmiyyətə müəyyənləşdirilməsi elə fiziki kəmiyyətə əsaslanmalıdır ki, o, birincisi, cismin halını xarakterizə etsin, ikincisi, istilik tarazlığında olan bütün cisimlər üçün eyni olsun. Belə kəmiyyət maddə molekullarının irəli-ləmə hərəkətinin orta kinetik enerjisidir. Həmin enerjiyi xaosik hərəkətdə olan bir-atomlu ideal qaz molekulları üçün asanlıqla təyin etmək olur.

Bu məqsədlə belə bir maraqlı eksperiment qoyulmuşdur: manometrlə (təzyiq ölçən cihaz) təchiz edilən müxtəlif həcmli üç balona müxtəlif qaz, məsələn, arqon, neon və helium qazı doldurulur. Balonlar əvvəlcə əriməkdə olan buzda ($t_0 = 0^\circ\text{C}$), sonra isə qaynayan suda ($t = 100^\circ\text{C}$) saxlanılır (b). Aparılan ölçmələrdən məlum olur ki, istilik tarazlığının hər iki halında (həm 0°C , həm də 100°C temperaturunda) təzyiq və zərrəciklərin konsentrasiyasının müxtəlif olmasına baxmayaraq, $\frac{pV}{N}$ -ə nisbəti bütün balonlarda, demək olar ki, sabit qalır:

$$t = 0^\circ\text{C} - d\theta \rightarrow \frac{p_1 V_1}{N_1} = \frac{p_2 V_2}{N_2} = \frac{p_3 V_3}{N_3} = 3,76 \cdot 10^{-21} \text{N} \cdot \text{m} = 3,76 \cdot 10^{-21} \text{C},$$

$$t = 100^\circ\text{C} - d\theta \rightarrow \frac{p_1 V_1}{N_1} = \frac{p_2 V_2}{N_2} = \frac{p_3 V_3}{N_3} = 5,14 \cdot 10^{-21} \text{N} \cdot \text{m} = 5,14 \cdot 10^{-21} \text{C}.$$



Burada $\frac{V}{N} = \frac{1}{n}$ olduğu nəzərə alınarsa, istilik tarazlığında qazın təzyiqinin onun molekullarının konsentrasiyasına nisbətinin enerji vahidi coulla ölçülən sabit kəmiyyətə bərabər olduğu alınır:

$$\frac{p}{n} = \theta. \quad (6.6)$$

Burada θ (*teta*) – sabit kəmiyyət olub ideal qaza yaxın olan seyrəldilmiş bütün qazlar üçün yalnız temperaturdan asılıdır:

$$\theta = kT. \quad (6.7)$$

Burada T – mütləq temperatur, k – mütənasiblik əmsalı olub *Bolsman sabiti* adlanır – Avstriya fiziki Lüdviq Bolsmanın şərəfinə (1844–1906). Təcrübi olaraq müəyyən edilmişdir ki, Bolsman sabiti:

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{C}{K}. \quad (6.8)$$

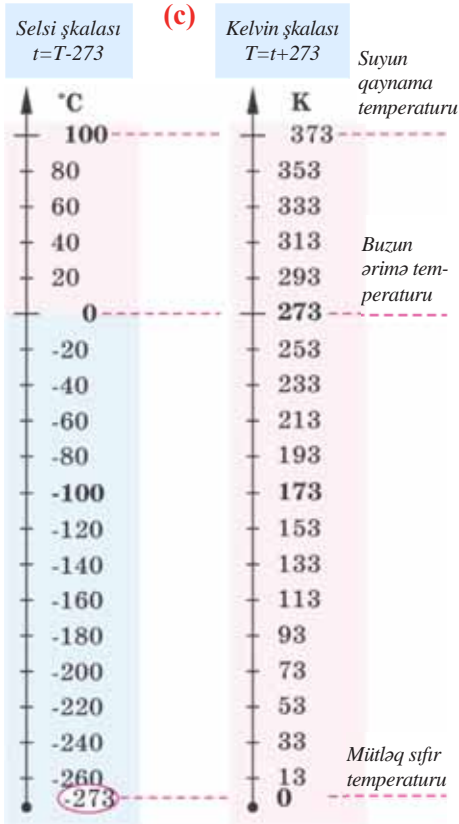
Bolsman sabiti enerji vahidi ilə ölçülən θ temperaturunu Kelvinlə ölçülən T mütləq temperaturu ilə əlaqələndirir.

(6.6) və (6.7) ifadələrindən ideal qazın təzyiqi üçün alınır:

$$p = nkT. \quad (6.9)$$

Temperaturu ölçmək üçün Kelvin şkalasından istifadə olunursa, onun qiyməti (6.9) ifadəsindən təyin edilə bilər:

$$T = \frac{p}{nk}. \quad (6.10)$$



(6.10) düsturu maddənin (qazın) növündən asılı olmayan yeni temperatur şkalasının yaradılmasına imkan verdi. *Mütləq temperatur şkalası* adlandırılan belə temperatur şkalasını 1848-ci ildə ingilis fiziki Uilyam Tomson (1824–1907) təklif etdi. O, fizika elmi sahəsindəki xidmətlərinə görə 1892-ci ildə *lord Kelvin* titulu ilə təltif edilmişdir. Buna görə də onun təklif etdiyi temperatur şkalası *Kelvin şkalası* adlanır. Kelvin şkalasında sıfır nöqtəsi – *mütləq sıfır temperaturu* nəzəri mümkün olabilən ən aşağı temperaturdur. Bu şkalaya görə buzun ərimə temperaturu

$$T_0 = 273,15K\text{-dir.}$$

Temperaturların Selsi şkalası ilə Kelvin şkalaları arasında münasibət:

$$T = t + 273,15.$$

Hesablamalarda bu əlaqə sadə şəkildə belə yazılır:

$$T = t + 273. \quad (6.11)$$

Mütləq temperaturun BS-də vahidi əsas vahid olub Kelvindir (1K): $[T] = 1K$.

Temperaturun Kelvin şkalasında 1K dəyişməsi onun Selsi şkalasında da 1°C dəyişməsinə uyğundur.

Ona görə də, həm Kelvin, həm də Selsi şkalalarında temperaturalar fərqi eynidir:

$$\Delta T = \Delta t \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Temperatur – molekulların orta kinetik enerjisinin ölçüsüdür. Həqiqətən, (6.4) və (6.9) ifadələrinin müqayisəsindən alınır ki, ideal qazın (və ya seyrəldilmiş qaz) makroskopik parametri olan mütləq temperatur onun mikroskopik parametri olan molekulların orta kinetik enerjisi ilə əlaqədardır:

• *Qaz molekulunun irəliləmə xaosik hərəkətinin orta kinetik enerjisi mütləq temperaturdan düz mütənasib asılıdır:*

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT. \quad (6.12)$$

(6.12) düsturundan temperaturun fiziki mənası aydın olur:

Temperatur – cismin molekullarının xaosik irəliləmə hərəkətinin orta kinetik enerjisinin ölçüsüdür.

(6.12) ifadəsi mayelər və bərk cisimlər üçün də ödənilir. Düsturdan görünür ki, mütləq sıfır temperaturunda molekulların irəliləmə hərəkətlərinin orta kinetik enerjisi, beləliklə, orta kvadratik sürətləri sıfıra bərabərdir.

Molekulların orta kvadratik sürəti. (6.1), (6.3) və (6.5) düsturlarından molekulların orta kvadratik sürətlərini MKN baxımından hesablamaq olar:

$$v_{or.kv} = \sqrt{\frac{2\bar{E}_k}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}. \quad (6.13)$$

Araşdırma

Tətbiqetmə

Temperatur nə qədər artar?

Məsələ. İdeal qazın temperaturu 373K-dır. Onu qızdırdıqda molekulların orta kinetik enerjisi 3 dəfə artarsa, qazın temperaturu nə qədər artar?

Nəticənin müzakirəsi:

- İdeal qazın temperaturu ilə onun molekullarının orta kinetik enerjisi arasında hansı münasibət var?
- Orta kinetik enerjisi 3 dəfə artan qazın temperaturu necə dəyişdi?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

- Qarışqanın temperaturunu adi termometrlə necə ölçmək olar?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Temperatur nəyi xarakterizə edir?
3. İstilik tarazlığı nədir? İstilik tarazlığında olan cisimlərin temperaturları haqqında nə demək olar?
4. Mütləq sıfır temperaturunun fiziki mənası nədir?
5. Kelvin şkalasında hansı temperatur -73°C -yə uyğundur?
6. “Temperatur” anlayışının xəritəsini qurun.

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddələrin təriflərini iş vərəqinə yazın: “İstilik tarazlığı”, “Temperatur”, “Mütləq temperatur”, “Temperaturun Kelvin və Selsi şkalaları arasında əlaqə”, “Temperaturun fiziki mahiyyəti”.

6.4 İDEAL QAZIN HAL TƏNLİYİ

Siz ideal qazı MKN nöqteyi-nəzərindən araşdırdınız, onun makroskopik və mikroskopik parametrləri arasındakı əlaqələri müəyyən etdiniz.

- İdeal qazın MKN-nin əsas tənliyi hansı makroskopik parametrləri mikroskopik parametrlərlə əlaqələndirir? Tənlik necə yazılır?
- İdeal qazın halını xarakterizə edən üç makroskopik parametr – təzyiq, həcm və temperatur arasında əlaqə yaratmaq mümkündürmü? Bunu necə etmək olar?

1

Araşdırma

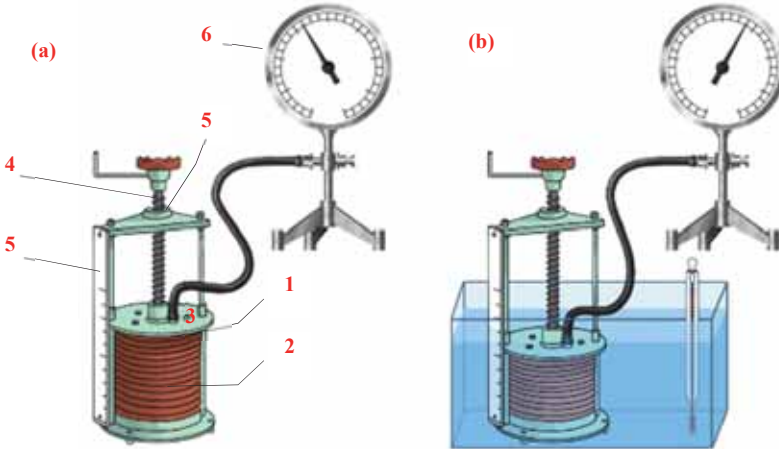
Verilən kütləli qazın makroskopik parametrləri arasında hansı qanunauyğunluq var?

Təchizat: silfon, manometr, akvarium, termometr, su qızdırıcısı, su (2l).

Silfonun quruluşu. Cihaz metal qapağı (1) olan qırçınlı (həcmi dəyişdirilə bilən) hermetik silindrik qabdan (2) ibarətdir. Qapağa qısa metal boru (3) lehimlənmişdir – ora manometrin şlanqı birləşdirilir. Vintin (4) köməyi ilə silindrik qabın həcmi dəyişdirilir – həcm dəyişdikdə onun daxilindəki havanın həcmi və təzyiqi də dəyişir. Havanın həcmi cihaza kənarından bərkidilən şkalaya (5) əsasən şerti vahidlərlə, təzyiqi isə manometrlə (6) ölçülür (a).

İşin gedişi:

1. Silfonu manometrə birləşdirib otaq temperaturunda (T_1) havanın V_1 həcmi və p_1 təzyiqini qeyd edin. Alınan qiymətlərə əsasən $\frac{p_1 V_1}{T_1}$ nisbətini hesablayın.
2. Silfonun həcmi dəyişdirin, onu isti suda yerləşdirib havanın yeni hal parametrlərini – T_2, V_2, p_2 qeyd edin (b). Alınan qiymətlərə əsasən $\frac{p_2 V_2}{T_2}$ nisbətini hesablayın.



Nəticənin müzakirəsi:

- Verilən kütləli qazın (havanın) müxtəlif hallarına uyğun makroskopik parametrlərinin nisbətində hansı qanunauyğunluğu müəyyən etdiniz?
- Araşdırmadan hansı nəticəyə gəlmək olar?

Klapeyron tənliyi. İdeal qazın halını xarakterizə edən üç makroskopik parametri (təzyiq, həcm və temperaturu) arasındakı əlaqəni *ideal qazın hal tənliyi* müəyyən edir.

• *İdeal qazın hal tənliyi* – qazın halını təsvir edən, onun başlanğıc və son halının parametrləri arasında əlaqəni müəyyən edən tənlikdir.

Əgər ideal qaz bir haldan digər hala keçdikdə onun molekullarının sayı sabit qalır – kütləsi və molyar kütləsi dəyişməz, (6.2) və (6.9) düsturlarından alınır ki:

$$\begin{cases} p_1 V_1 = NkT_1 \\ p_2 V_2 = NkT_2. \end{cases} \quad (6.14)$$

Burada p_1, V_1, T_1 – ideal qazın başlanğıc halının, p_2, V_2, T_2 isə son halının parametrləridir. (6.14) ifadələri üzərində sadə riyazi çevrilmələr etməklə verilmiş kütləli

($m = const$) ideal qaz üçün alırıq:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad \text{və ya} \quad \frac{pV}{T} = const. \quad (6.15)$$

(6.15) tənliyini ilk dəfə 1834-cü ildə fransız fiziki Benua Klapeyron (1799-1864) aldıqna görə o, ideal qazın halını xarakterizə edən *Klapeyron tənliyi* adlanır.

• *Verilmiş kütləli ideal qazın təzyiqinin həcmə hasilinin mütləq temperatura nisbəti sabit kəmiyyətdir.*

Mendeleyev-Klapeyron tənliyi. Maddə zərrəciklərinin sayını maddənin ümumi kütləsi, molyar kütləsi və Avoqadro ədədi ilə əlaqələndirən

$$N = \frac{m}{M} N_A$$

düsturunu (6.14)-də nəzərə alsaq, onu:

$$pV = kN_A \frac{m}{M} T \quad (6.16)$$

şəklində yazmaq olar. Burada Bolsman və Avoqadro sabitlərinin hasilinə bərabər sabit kəmiyyət *universal qaz sabiti* adlanır, R hərfi ilə işarə edilir və ədədi qiyməti:

$$R = kN_A = 8,31 \frac{C}{mol \cdot K}. \quad (6.17)$$

(6.17) ifadəsi (6.16)-da nəzərə alındıqda ideal qazın halını xarakterizə edən *Mendeleyev-Klapeyron tənliyi* adlanan düstur alınır:

$$pV = \frac{m}{M} RT = \nu RT \quad \text{və ya} \quad \frac{pV}{T} = \nu R. \quad (6.18)$$

Sonuncu ifadələrdən görünür ki, universal qaz sabiti bir mol ideal qazın təzyiqinin həcmə hasilinin mütləq temperatura nisbətində bərabərdir.

Mendeleyev- Klapeyron tənliyini bu şəkildə də yazmaq olar:

$$p = \frac{\rho}{M} RT. \quad (6.19)$$

Burada $\rho = \frac{m}{V}$ – qazın sıxlığıdır.

Tətbiqetmə**İdeal qazın hal tənliyini tətbiq etməyi bacarırımı?**

Məsələ. Hidrogen qazı doldurulmuş ağzıbağlı meteoroloji şar temperaturu 0°C olan hündürlüyə qalxdı. Bu zaman şarın daxilində təzyiq $1,5 \cdot 10^5$ Pa olarsa, hidrogenin sıxlığını təyin edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Verilən şərtlərə əsasən meteoroloji balondakı qazın sıxlığını necə təyin etmək olar?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

- İdeal qazın hal tənliyini nə üçün bilmək lazımdır?

Aşağıdakı cavablardan hansını (və ya hansıları) seçərdiniz?

1. Hal tənliyi imkan verir ki, qazın halını xarakterizə edən məlum iki parametərə görə üçüncü parametərə, məsələn, temperatur, təyin edilsin. Bu məsələni, termometrə tətbiq olunur.
2. Hal tənliyi müəyyən xarici şəraitdə sistemdə müxtəlif proseslərin gedişatını müəyyən etməyə imkan verir. Məsələn, sabit temperaturda qazın həcmi artıranda onun təzyiqi necə dəyişəcəkdir, və s.
3. Hal tənliyini bilmək imkan verir ki, bizi əhatə edən sistemin halının dəyişmə qanunauyğunluğunu müəyyən edə bilək.

Özünü qiymətləndirin:

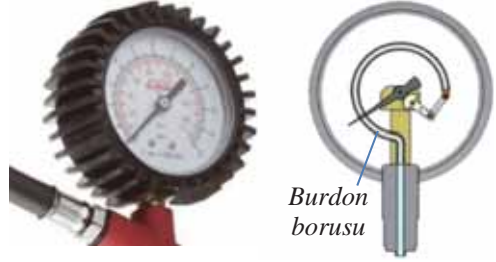
1. Dərstdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. İdeal qazın hal tənliyi nəyi müəyyən edir?
3. Hansı hadisələrin araşdırılmasında hal tənliyindən istifadə olunur?
4. Qazın hansı parametrləri arasındakı asılılıq Mendeleyev-Klapeyron tənliyi adlanır?
5. Verilmiş kütləli qaz bir haldan digərinə keçdikdə onun təzyiqi azaldı, temperaturu isə artdı. Qazın həcmi necə dəyişdi?
6. Universal qaz sabitinin fiziki mənası nədir?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddələrin izahını və uyğun tənliklərini iş vərəqinə yazın: “*ideal qazın hal tənliyi*”, “*Klapeyron tənliyi*”, “*Mendeleyev-Klapeyron tənliyi*”.

6.5 QAZ QANUNLARI

Məişət və texnikada qazın təzyiqini ölçmək məqsədi ilə Burdon borusu ilə təchiz olunmuş yaylı manometrden geniş istifadə olunur. Şəkilə bu manometr və onun sxemi təsvir edilmişdir.



Burdon borusu

- Burdon manometrinin iş prinsipi hansı fiziki qanunauyğunluğa əsaslanır?

Araşdırma

Verilən kütləli qazın temperaturu sabit qaldıqda onun digər makroskopik parametrləri arasında hansı qanunauyğunluq var?

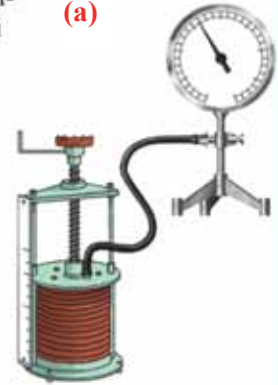
Təchizat: manometrlə təchiz edilmiş silfon (a).

İşin gedişi:

1. Otaq temperaturunda silfondakı havanın başlanğıc parametrlərini cədvəl 6.3-də qeyd edin:
 $p_1 = 10^5 Pa = 1$ şərti təzyiq vahidi; $V_1 = 8$ şərti həcm vahidi.
2. Vinti fırlatmaqla silfondakı havanın həcmi tədricən azaldın. Hər dəfə həcmi yeni qiymətini və ona uyğun təzyiqi qeyd edin.
3. Ölçmələrin nəticələrini cədvəle köçürün, həcm və təzyiqin uyğun qiymətlərinə əsasən p_1V_1 ; p_2V_2 ; ... hasillərini hesablayın və p-V qrafikini qurun.

Nəticənin müzakirəsi:

- Verilən kütləli qazın (havanın) sabit temperaturda (otaq temperaturunda) təzyiqi onun həcminə görə necə dəyişdi?
- Təcrübənin ayrı-ayrı mərhələlərində havanın uyğun təzyiqi ilə həcmi p_1V_1 ; p_2V_2 ; ... hasilləri arasında hansı qanunauyğunluğu müəyyən etdiniz?
- Araşdırmadan hansı nəticəyə gəlmək olar?



Cədvəl 6.3

| | | | | | | | |
|---------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| V, şərt. vah. | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| p, şərt. vah. | 1 | 1,1 | ... | ... | ... | ... | ... |

İdeal qazın hal tənliyinin köməyi ilə qazın kütləsi və əsas makroskopik parametrlərindən (p, V və T) birinin sabit qaldığı prosesləri araşdırmaq olar.

• *Qazın halını xarakterizə edən əsas makroskopik parametrlərindən birinin sabit qiymətində qalan iki parametri arasında kəmiyyət asılılığını müəyyən edən qanunlar qaz qanunları adlanır.*

• *Verilmiş kütləli qazın ($m = \text{const}$) makroskopik parametrlərindən birinin sabit qiymətində qazda baş verən proseslərə izoproseslər (yun.: izos – bərabər) deyilir.*

Boyl-Mariott qanunu. Bu qanunu 1662-ci ildə ingilis fiziki Robert Boyl (1627–1691) və 1667-ci ildə fransız fiziki Edm Mariott (1620-1684) müəyyən etmişdir.

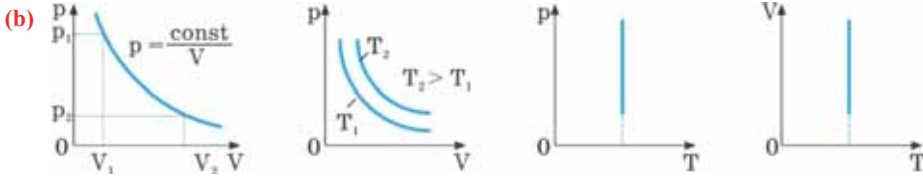
• *Sabit temperaturda verilmiş kütləli ideal qazın təzyiqinin həcminə hasili sabitdir ($T = \text{const}$, $m = \text{const}$):*

$$pV = \frac{m}{M}RT = \text{const.} \quad (6.20)$$

Sabit temperaturda verilmiş kütləli ideal qazın başlanğıc halındakı p_1 təzyiqi ilə V_1 həcmnin hasilı bu parametrlərin qazın ixtiyari halındakı p_2 və V_2 qiymətləri hasilinə bərabərdir:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}. \quad (6.21)$$

• *Sabit temperaturda ($T = \text{const}$) ideal qazın halının dəyişmə prosesi izotermik proses adlanır. İzotermik prosesdə verilmiş kütləli ideal qazın təzyiqi onun həcmi ilə tərs mütənasibdir (b).*



Gey-Lüssak qanunu. Bu qanunu 1802-ci ildə fransız fiziki Gey-Lüssak Jozef Lui (1778-1850) təcrübə olaraq müəyyən etmişdir.

• *Sabit təzyiqdə verilmiş kütləli ideal qazın həcmnin onun mütləq temperaturuna nisbəti sabitdir ($p = \text{const}, m = \text{const}$):*

$$\frac{V}{T} = \frac{mR}{M} \cdot \frac{1}{p} = \text{const}. \quad (6.22)$$

Qazın başlanğıc halındakı V_1 həcmnin T_1 temperaturuna olan nisbəti bu parametrlərin qazın ixtiyari halındakı V_2 və T_2 qiymətləri nisbətində bərabərdir:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}. \quad (6.23)$$

Gey-Lüssak qanunu belə də ifadə olunur:

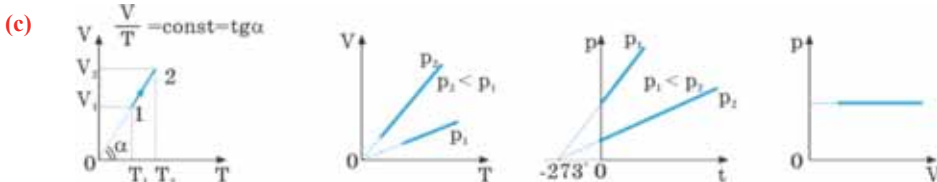
• *Sabit təzyiqdə verilmiş kütləli ideal qazın həcmnin nisbi dəyişməsi temperaturun dəyişməsi ilə düz mütənasibdir ($p = \text{const}, m = \text{const}$):*

$$\frac{V - V_0}{V_0} = \alpha t \rightarrow V = V_0(1 + \alpha t) \quad (6.24)$$

Burada V_0 – verilən ideal qazın sabit təzyiqdə 0°C temperaturundakı həcmi, V – son haldakı həcmi, α – həcmi genişlənmə əmsəlidir. Təcrübələr göstərir ki, başlanğıc temperaturu 0°C olan verilmiş kütləli bütün seyrəldilmiş qazları 1K (1°C) qızdırdıqda onlar öz həcmələrini başlanğıc haldakı həcmələrinin $\frac{1}{273}$ hissəsi qədər dəyişir:

$$\alpha = \frac{V_{100} - V_0}{100^\circ\text{C} \cdot V_0} \approx \frac{1}{273} \frac{1}{^\circ\text{C}} = \frac{1}{273\text{K}}. \quad (6.25)$$

• *Sabit təzyiqdə ($p = \text{const}$) verilmiş ideal qazın halının dəyişmə prosesi izobarik proses adlanır (c). İzobarik prosesdə verilmiş kütləli ideal qazın həcmi onun temperaturundan düz mütənasib asılıdır.*



Şarl qanunu. Bu qanunu 1787-ci ildə fransız fiziki Şarl Jak Aleksandr Sezar (1746-1823) təcrübi olaraq müəyyənləşdirmişdir:

• *Sabit həcmdə verilmiş kütləli ideal qazın təzyiqinin onun mütləq temperaturuna nisbəti sabitdir* ($V = \text{const}, m = \text{const}$):

$$\frac{p}{T} = \frac{mR}{M} \cdot \frac{1}{V} = \text{const}. \quad (6.26)$$

Qazın başlanğıc halındakı p_1 təzyiqinin T_1 temperaturuna olan nisbəti bu parametrlərin qazın ixtiyari halındakı p_2 və T_2 qiymətləri nisbətində bərabərdir:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}. \quad (6.27)$$

Şarl qanunu belə də ifadə olunur:

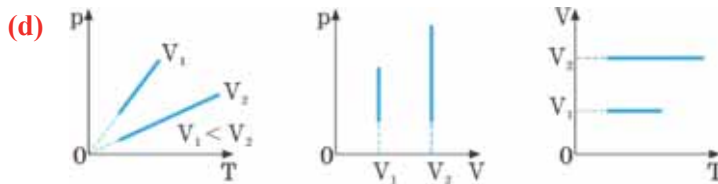
• *Sabit həcmdə verilmiş kütləli ideal qazın təzyiqinin nisbi dəyişməsi temperaturun dəyişməsi ilə düz mütənəsibdir* ($p = \text{const}, m = \text{const}$):

$$\frac{p - p_0}{p_0} = \beta t \rightarrow p = p_0(1 + \beta t) \quad (6.28)$$

Burada p_0 – verilən ideal qazın sabit həcmdə başlanğıc haldakı (t_0 – temperaturunda) təzyiqi, p – son haldakı (t – temperaturunda) təzyiqi, β – təzyiqin dəyişmə əmsəlidir. Hesablamalardan müəyyən edilmişdir ki, başlanğıc temperaturu 0°C olan bütün seyrəldilmiş qazları 1K (1°C) qızdırdıqda onlar öz təzyiqlərini başlanğıc haldakı təzyiqlərinin $\frac{1}{273}$ hissəsi qədər dəyişir:

$$\beta = \frac{p_{100} - p_0}{100^\circ\text{C} \cdot p_0} \approx \frac{1}{273} \frac{1}{^\circ\text{C}} = \frac{1}{273\text{K}}. \quad (6.29)$$

• *Sabit həcmdə* ($V = \text{const}$) *ideal qazın halının dəyişmə prosesi izoxorik proses adlanır* (d). *İzoxorik prosədə verilmiş kütləli ideal qazın təzyiqi onun temperaturundan düz mütənəsib asılıdır.*



Dalton qanunu. Bu qanunu 1801-ci ildə ingilis tədqiqatçısı Con Dalton (1766–1844) müəyyən etmişdir:

• *Kimyəvi qarşılıqlı təsirdə olmayan ideal qaz qarışığının təzyiqi qarışıqı təşkil edən qazların parsial təzyiqlərinin cəminə bərabərdir:*

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n. \quad (6.30)$$

• *Parsial təzyiq – qaz qarışığında ayrıca götürülmüş qazın təzyiqidir.*

Avoqadro qanunu. Bu qanun 1811-ci ildə italyan fiziki Amedeo Avoqadro (1776-1856) tərəfindən fərziyyə kimi müəyyən edilmişdir. Fərziyyə sonralar çoxsaylı təcrübələrlə təsdiqlənmişdir.

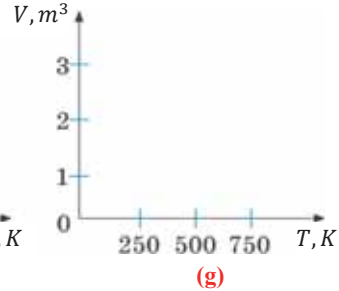
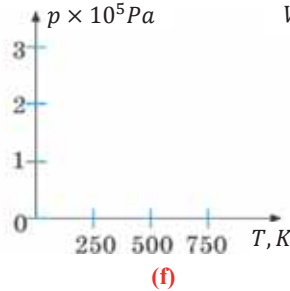
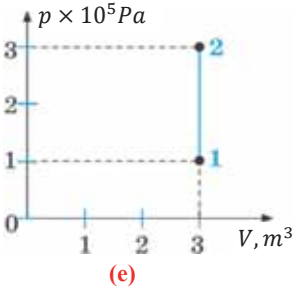
• *Eyni temperatur və təzyiqdə həcmələri bərabər olan qazların molekullarının sayı eynidir, məsələn, istənilən qazın 1 molundakı molekulların sayı $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ qədərdir.*

Bir mol qaz sabit təzyiq və temperaturda 22,4 l (l/mol) həcmə malikdir. Bu həcm ideal qazın molyar həcmi adlanır.

Araşdırma 2

Tətbiqetmə. Hansı izoprosesdir?

Məsələ. İdeal qaz üzərində şəkildə təsvir edilən proses getmişdir (e). Bu prosesin qrafikini $p - T$ (f) və $V - T$ (g) asılılıqlarında qurun. Qazın başlanğıc halında temperaturu 250K-dir.



Nəticənin müzakirəsi:

- Məsələdə ideal qazın hansı izoprosesinin qrafiki verilmişdir?
- Bu prosesin qrafiki $p - T$ (f) və $V - T$ (g) asılılıqlarında nədir?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Həyatımızın vacib amili olan nəfəsalma fiziki prosesdir. Belə ki, nəfəs aldıqda qabırğalararası əzələlər və diafraqma döş qəfəsinin həcmi periodik olaraq dəyişir. Döş qəfəsi genişləndikdə ciyərlərdəki havanın təzyiqi atmosfer təzyiqindən aşağı düşür və nəticədə nəfəsalma prosesi baş verir. Başqa sözlə desək, ətraf mühitdəki havanın təzyiqi ciyərlərdəki havanın təzyiqinə bərabər olana qədər xaricdən ciyərlərə öz-özünə hava axması davam edir. Nəfəsvərmədə isə əks proses baş verir: ciyərlərin həcmi azalması nəticəsində onlardakı havanın təzyiqi atmosfer təzyiqindən böyük olur. Təzyiqlərin dəyişməsinin tərs prosesi baş verir və hava atmosferə ötürülür.

- Nəfəsalma və nəfəsvərmə prosesi hansı izoprosesdə baş verir?

Özünüzi qiymətləndirin:

1. Dərstdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Qaz qanunu nəyi müəyyənləşdirir?
3. İzoproses nədir?
4. Boyle-Mariott qanununun mahiyyəti nədən ibarətdir?
5. Gey-Lüssak qanunu nəyi müəyyənləşdirdi?
6. Həcmi genişlənmə əmsalının fiziki mahiyyəti nədir?
7. Şarl qanunu qazın hansı parametrləri arasında əlaqə yaradır?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “qaz qanunu”, “izoproses”, “Boyle Mariott qanunu”, “Gey-Lüssak qanunu”, “Şarl qanunu”, “Dalton qanunu”, “Avogadro qanunu”, “izotermik proses”, “izoxorik proses”, “izobarik proses”.

6.6 BUXARLARIN XASSƏLƏRİ: DOYAN VƏ DOYMAZAN BUXAR

Qida sənayesində meyvə və tərəvəzləri qurutmaq üçün vakuüm qurutma kameralarından istifadə olunur.



- Niyə tərəvəz və meyvələr vakuümdə daha tez quruyur?

1 Araşdırma Damcının ölçüsü niyə kiçilir?

Təchizat: əşya şüşəsi (2 əd.), spirt, su, bitki yağı, pipetka, spirt lampası (və ya şam), yelpik.

İşin gedişi:

1. Əşya şüşəsinin üzərinə verilən hər mayedən (spirt, su və bitki yağı) eyni miqdarda damcıladsın. Damcılardan ölçülərinin necə dəyişməsi üzərində müşahidə aparın və nəticə çıxarın.
2. İki əşya şüşəsinin hər birinin üzərinə pipetka ilə eyni miqdarda su damcıladsın. Şüşələrdən birini altdan qızdırın, damcılar üzərində müşahidə aparın və nəticə çıxarın.
3. İki əşya şüşəsinin hər birinin üzərinə eyni miqdarda spirt damcıladsın. Şüşələrdən birini kənara qoyun, digərini isə yelpikləyin. Damcılar üzərində müşahidə aparın.

Nəticənin müzakirəsi:

- Birinci təcrübədə üç müxtəlif damcı üzərində apardığımız müşahidələrdən hansı nəticəyə gəldiniz: hansı damcının ölçüsü daha sürətlə kiçildi? Nə üçün?

Buxarlanma. Mayedə (və ya bərk cisimlərdə) ixtiyari temperaturda müəyyən miqdar molekullar (atomlar) mövcuddur ki, onların kinetik enerjisi qonşu molekullarla qarşılıqlı təsir potensial enerjisindən böyükdür. Belə molekullar mayenin səthinə yaxın hissədədirsə, onlar səthi asanlıqla tərk edərək mayenin üzərində buxar əmələ gətirir. *Buxarəmələgəlmə* iki üsulla baş verir: *buxarlanma* və *qaynama*.

- *Buxarəmələgəlmə* – maddənin maye halından qaz halına keçmə prosesidir.
- *Buxarlanma* – mayenin səthində baş verən buxarəmələgəlmə hadisəsidir.
- *Qaynama* – mayenin bütüün həcmində baş verən buxarlanma prosesidir (bax: *Fizika-8*, s. 75–76).

Buxarlanmada maye səthini böyük kinetik enerjiyə malik zərrəciklər tərk edir. Nəticədə mayedə qalan zərrəciklərin orta kinetik enerjisinin azalması baş verir. Ona görə də buxarlanma prosesi mayenin soyuması ilə müşayiət olunur (əgər mayeyə kənardan istilik verilmirsə).

Buxarlanmanın sürəti asılıdır: *mayenin növündən, mayenin temperaturundan, mayenin sərbəst səthinin sahəsindən, maye səthini əhatə edən hava cərəyanının sürətindən, mayenin səthinə göstərilən təzyiqdən (təzyiq artdıqda buxarlanmanın sürəti azalır), havanın rütubətliyindən və temperaturundan.*

- *Xüsusi buxarlanma istiliyi* – ədədi qiymətcə sabit temperaturda kütləsi 1kg olan mayeni tamamilə buxara çevirmək üçün lazım olan istilik miqdarına bərabərdir.

$$L = \frac{Q}{m}. \quad (6.31)$$

Burada L – xüsusi buxarlanma istiliyi, Q – buxarlanma istiliyidir. Xüsusi buxarlanma istiliyinin BS-də vahidi:

$$[L] = 1 \frac{C}{kq} = 1 \frac{m^2}{san^2}.$$

Xüsusi buxarlanma istiliyinin qiyməti mayenin növdən və temperaturundan asılıdır; temperatur artdıqca xüsusi buxarlanma istiliyinin qiyməti azalır. Xüsusi buxarlanma istiliyinin minimal qiyməti mayenin qaynama temperaturuna uyğundur.

- *Buxarlanma istiliyi* – sabit temperaturda m kütləli mayeni buxara çevirmək üçün lazım olan istilik miqdarıdır:

$$Q = Lm. \quad (6.32)$$

Təbii proseslərdən biri də buxarlanmanın əks prosesidir. *Kondensasiya* adlanan prosesdə buxar mayeyə çevrilir:

- *Kondesasiya* – buxarın mayeyə çevrilmə prosesidir. *Kondensasiya* edən buxar ətraf mühitə $Q = Lm$ qədər istilik verir. *Kondensasiya* nəticəsində maye buxarlanmaya sərf etdiyi qədər istilik alır.

Doyan və doymayan buxar. Sıxlığının və təzyiqinin temperaturdan asılılıq xarakterinə görə buxar *doyan* və *doymayan* ola bilər.

- *Doyan buxar* – öz mayesi ilə dinamik tarazlıqda olan buxardır. Maye ilə onun buxarı arasında dinamik tarazlıq o zaman yaranır ki, mayenin sərbəst səthini tərk edən molekulların sayı mayeyə qayıdan molekulların sayına bərabər olsun. *Doyan buxar* qapalı qabda olan mayenin sərbəst səthinin üzərində də yarana bilər.

Qabın ağzı açıq olduqda isə maye səthini tərk edən molekulların bir hissəsi mayeyə qayıtmır, dinamik tarazlıq pozulur və buxar *doymayan* hala keçir.

- *Doymayan buxar* – öz mayesi ilə dinamik tarazlıqda olmayan buxardır.

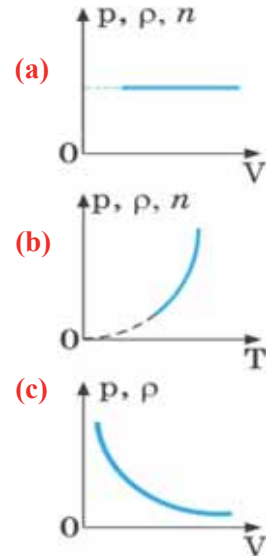
Doyan buxarın xassələri:

– sabit temperaturda doyan buxarın təzyiqi, sıxlığı və konsentrasiyası həcmdən asılı deyil – doyan buxar *Boyl-Mariott* qanununa tabe deyil (a);

– doyan buxarın təzyiqi, sıxlığı və konsentrasiyası temperatur yüksəldikcə kəskin artır – doyan buxar *Şarl* qanununa tabe deyil. Bu ondan irəli gəlir ki, doyan buxarın təzyiqi yalnız temperaturun yüksəlməsi ilə deyil, eyni zamanda buxarın molekullarının konsentrasiyasının (sıxlığının) artması hesabına artır ($p = nkT$ ifadəsinə əsasən) (b).

Doymayan buxarın xassələri:

a) sabit temperaturda verilən kütləli doymayan buxarın təzyiqi və sıxlığı onun həcmindən tərs mütənasib asılıdır – doymayan buxar üçün *Boyl-Mariott* qanunu ödənilir (c);



b) sabit həcmdə verilən kütləli doymayan buxarın təzyiqi temperaturdan düz mütənasib asılıdır – doymayan buxar üçün Şarl qanunu ödənilir (d).

Doyan və doymayan buxarların biri digərinə çevrilə bilər.

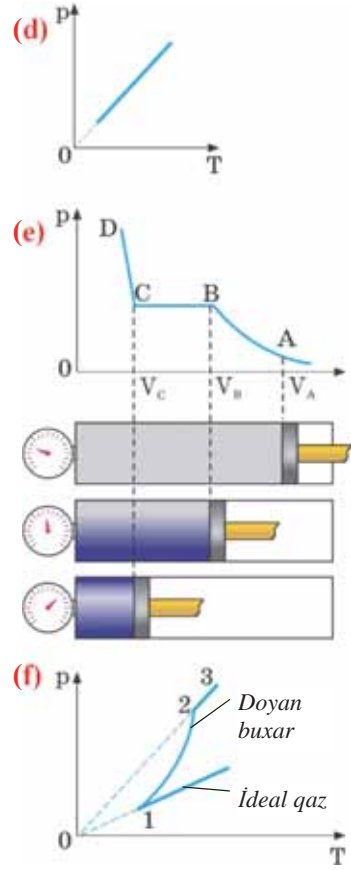
• Doyan buxar izotermik genişləndikdə o, doymayan buxara çevrilir.

• Doymayan buxar izotermik sıxıldıqda o, doyan buxara çevrilir.

Bu belə baş verir: fərz edək ki, manometrə qoşulan porşenli silindrdə T temperaturu doymayan buxar var və o, V_A həcmi tutur (e). Porşeni izotermik sıxıldıqda buxarın həcmi kiçildikdə onun təzyiqi (sıxlığı və molekullarının konsentrasiyası) artır (qrafikin AB hissəsi).

Həcm V_B qiymətində buxar kondensasiya etməyə başlayır, silindrdə maye damcılar yaranır və buxar doyan hala gəlir. Buxarın təzyiqi, sıxlığı və molekullarının konsentrasiyası verilən temperatur üçün maksimal qiymət alır. Həmin hissədə buxarın təzyiqi sabit qalır (qrafikin BC hissəsi), çünki həcm kiçilməsi nəticəsində buxarın bir hissəsi kondensasiya edərək mayeyə çevrilir. Bu proses doyan buxarın tamamilə mayeyə çevrilməsinə qədər davam edir (C nöqtəsi). Həcm sonrakı sıxılması mayeyə aiddir və onu sıxmaq çox çətin olduğundan təzyiqi kəskin artır (qrafikin CD hissəsi).

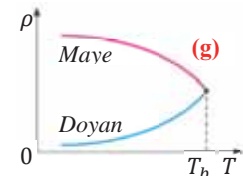
• Doyan buxar izoxor qızdırıldıqda doymayan buxara çevrilir. Sabit həcmdə buxarın təzyiqinin temperaturdan asılılıq qrafikində 1–2 hissəsi buxarın doyan halına uyğundur (f). Qrafikin 2–3 hissəsi doymayan buxara və 2 nöqtəsi mayenin tamamilə qurtardığı nöqtəyə aiddir.



Qeyd. İzotermik sıxılmada doyan buxarın mayeyə çevrilməsi yalnız böhran temperaturundan aşağı temperaturlarda mümkündür.

• Böhran temperaturu – maye ilə onun doyan buxarı arasındakı fiziki fərqin yox olduğu temperaturdur. Böhran temperaturunda doyan buxarın sıxlığı mayenin sıxlığına bərabər olur (g).

Böhran temperaturundan yuxarı temperaturlarda maddə yalnız bir aqrekat halında – qaz (buxar) halında olur və o nə qədər yüksək təzyiq altında sıxılrsa da mayeyə çevrilir. Böhran temperaturunun qiyməti yalnız buxarın növündən asılıdır. Məsələn, helium üçün $T_b = 4,3K$, azot üçün $T_b = 125,9K$ -dir.



Təbiiqetmə**Buxarın kütlələrini müqayisə edin.****Məsələ.** Sabit həcmdə su buxarının təzyiqinin temperaturdan asılılıq qrafikində 1, 2 və 3 nöqtələrində buxarın kütlələrini müqayisə edin (bax: f).**Nəticənin müzakirəsi:**

- Sabit həcmdə su buxarının təzyiqinin temperaturdan asılılıq qrafikinin 1-2 və 2-3 hissələrində buxarın kütləsi necə dəyişir? Nə üçün?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Niyə tərkibində efir yağları olan dərman bitkiləri (limonotu, kəklikotu, nanə, şüyüd) 30-35°C-dən çox olmayan temperaturda yavaş-yavaş qurudulur?



Limonotu



Kəklikotu



Nanə



Şüyüd

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Mayenin qaz halına və əksinə çevrilməsini hansı proses xarakterizə edir?
3. Yelpiyin "vəzifəsi" nədir?
4. Hansı buxar doyandır? Nə üçün?
5. Doyan buxar xassəcə doymayan buxardan nə ilə fərqlənir?
6. Doymayan buxarı doyan buxara hansı üsullarla çevirmək olar?
7. Doyan buxarı doymayan buxara hansı üsullarla çevirmək olar?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: "buxarəmələgəlmə", "buxarlanma", "doyan buxar", "doymayan buxar", "xüsusi buxarlanma istiliyi", "buxarlanma istiliyi", "kondensasiya", "böhran temperaturu".

6.7 HAVANIN RÜTUBƏTLİLİYİ. ŞEH NÖQTƏSİ

Bəzən hava quru, bəzən isə rütubətli olur.

- Havanın quru və rütubətli olması buxarın xassəsindən necə asılıdır?
- Verilən temperatur və təzyiqdə hansı hava daha ağırdır: 1 kubmetr quru hava, yoxsa rütubətli? Niyə?
- Hansı havada bədənimizin soyuması sürətli, hansı havada isə ləng baş verir: quru, yoxsa rütubətli?

1 Araşdırma Rütubətli havada təzyiq nə üçün düşür?

Məsələ 1. Quru havaya nisbətən rütubətli havanın tərkibində böyük miqdar su molekulları var. Lakin yağışdan əvvəl havanın rütubətlik dərəcəsi artdığı halda Barometr-aneroidin göstəricisi aşağı düşür – atmosfer təzyiqi azalır. Nə üçün?

Nəticənin müzakirəsi:

- Havanın təzyiqinin aşağı düşməsi onun sıxlığına necə təsir edir?
- Nə üçün havada rütubətlik artdıqda atmosfer təzyiqi aşağı düşür?



Rütubətli hava – tərkibində su buxarının miqdarı çox olan havadır. Belə havanın əsas kəmiyyət xarakteristikaları mütləq rütubət və nisbi rütubətdir.

• *Mütləq rütubət – verilən şəraitdə havada olan su buxarının sıxlığına bərabər olan fiziki kəmiyyətdir.*

Mütləq rütubəti (havadakı su buxarının sıxlığını) Mendeleyev-Klapeyron tənliyinə əsasən su buxarının parsial təzyiqi ilə ifadə etmək olar:

$$\rho_b = \frac{p_p M}{RT}. \quad (6.33)$$

Burada $M = 18 \frac{q}{\text{mal}}$ –suyun molyar kütləsi, T –havanın temperaturu, p_p – buxarın parsial təzyiqi, R –universal qaz sabiti, ρ_b – havada olan su buxarının sıxlığıdır – mütləq rütubətdir. Mütləq rütubət, adətən, q/m^3 ilə ölçülür.

Yalnız havadakı su buxarının sıxlığını və parsial təzyiqini bilməklə verilən şəraitdə buxarın hansı halda olduğunu, onun doyma halından nə dərəcədə fərqləndiyini təyin etmək mümkün deyildir. Bu səbəbdən havanın rütubəti üçün ikinci xarakteristika – *nisbi rütubət* daxil edilmişdir.

• *Nisbi rütubət – verilən temperaturda havanın mütləq rütubətinin həmin temperaturda doyan su buxarının sıxlığına nisbətində bərabər olan fiziki kəmiyyətdir.* Nisbi rütubət faizlərlə ifadə olunur:

$$\varphi = \frac{\rho_b}{\rho_0} \cdot 100\%. \quad (6.34)$$

Burada ρ_0 – havadakı doyan su buxarının sıxlığı, φ –havanın nisbi rütubətidir. Havadakı su buxarının sıxlığı (6.33) ifadəsinə əsasən buxarın parsial təzyiqi ilə əlaqədar olduğundan nisbi rütubəti təzyiqlə də ifadə etmək olar:

• *Nisbi rütubət – verilən temperaturda havadakı su buxarının parsial təzyiqinin həmin temperaturda doyan su buxarının təzyiqinə nisbətində bərabər olan fiziki kəmiyyətdir:*

$$\varphi = \frac{p_p}{p_0} \cdot 100\%. \quad (6.35)$$

Beləliklə, nisbi rütubət nəinki mütləq rütubətlə, həm də havanın temperaturu ilə təyin edilir. Havanın nisbi rütubəti psixrometr və hiqrometrlə ölçülür (bax: *Fizika- 8*, s.83-86).

Əgər verilən temperaturda havadakı su buxarının parsial təzyiqi həmin temperaturda doyan buxarın təzyiqinə bərabər olarsa, deyilir ki, hava su buxarı ilə doyubdur. Əgər verilən temperaturda havadakı su buxarının sıxlığı həmin temperaturda doyan su buxarının sıxlığından böyükdürsə, bu halda deyilir ki, havadakı su buxarı *ifrat doyan* halındadır. Belə hal qeyri tarazlıq halı olub buxarın kondensasiyası ilə nəticələnir.

Havadakı su buxarının izobar soyuması nəticəsində doyan buxara çevrildiyi temperatur şəh nöqtəsi adlanır.

Havanın temperaturu şəh nöqtəsindən aşağı düşdükdə su buxarının kondensasiyası baş verir. Məsələn, fərz edək ki, gündüz havanın temperaturu $t_1 = 32^\circ\text{C}$, havadakı su buxarının sıxlığı isə $\rho_b = 20,5 \text{ q/m}^3$ olmuşdur. Gecə havanın temperaturu $t_2 = 18^\circ\text{C}$, həmin temperaturda doyan su buxarının sıxlığı isə $\rho_0 = 10,2 \text{ q/m}^3$ oldu. Deməli, artıq buxar kondensasiya edir – şəh düşür.

Tətbiqetmə

Havadakı su buxarının parsial təzyiqi nə qədərdir?

Məsələ 2. Bakıda havanın 16°C temperaturunda nisbi rütubəti 80%-dir. Havadakı su buxarının parsial təzyiqini hesablayın (doyan su buxarının 16°C temperaturunda təzyiqi 0,8kPa -dır).

Nəticənin müzakirəsi:

- Verilən temperaturda havanın nisbi rütubəti ilə parsial təzyiqi arasında hansı əlaqə var?
- Məsələnin şərtinə əsasən havadakı su buxarının parsial təzyiqi nəyə bərabərdir?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

- Havanın rütubətliyi Yerdə həyat üçün nə kimi rol oynayır?
- Nisbi rütubət 50% olan hansı hava daha çox rütubətlidir: temperaturu 25°C olan isti hava, yoxsa temperaturu -25°C olan soyuq hava? Niyə?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. “Hava rütubətlidir!” nə deməkdir?
3. “Mütləq rütubət” və “nisbi rütubət” anlayışları fiziki mənaca bir-birindən nə ilə fərqlənir?
4. Şəh nöqtəsi nədir?
5. Temperatur yüksəldikcə sinif otağında rütubət necə dəyişir?
6. Temperatur artdıqca havanın mütləq və nisbi rütubəti necə dəyişir?
7. Psixrometr vasitəsilə havanın nisbi rütubəti necə təyin edilir (bax: *Fizika-8*, s.85-86)?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların tərif və düsturlarını iş vərəqinə yazın: “*rütubətli hava*”, “*mütləq rütubət*”, “*nisbi rütubət (sıxlığa görə)*”, “*nisbi rütubət (təzyiqə görə)*” “*ifrat doyan buxar*”, “*şəh nöqtəsi*”.

6.8 MAYELƏRİN SƏTHİ GƏRİLMƏSİ. KAPİLYAR HADİSƏLƏR

Yəqin ki, uşaqılıqda nəm qumdan dəfələrlə "qəsrlər" qurmuş, onların "açarlarını" düzəltmişsiniz.

- Nə üçün belə "tikinti" işlərini quru qumdan deyil, nəm qumdan hazırlamaq mümkündür?



Rəsm dərslərində fırçaları suda saxladıqda onların quruyan "tükləri"nin necə açıldığını dəfələrlə müşahidə etmişiniz.

- Nə üçün fırçanın yapışmış tükləri suda açılır, lakin onu sudan çıxardıqda həmin tüklər dərhal yenidən yapışır?
- Bu hadisələrin başvermə səbəbi üzərində heç düşünmüşünüzmü?



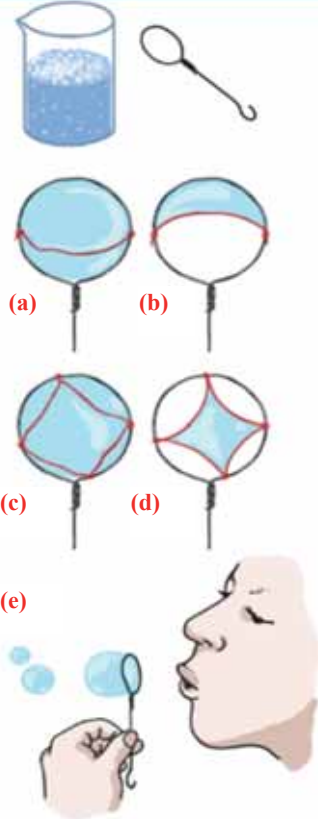
Araşdırma 1

Sabunlu su məhlulu ilə eksperiment

Təchizat: məftildən hazırlanmış tutqaclı halqa, qovrulmuş şəkər tozu (5–10 q), sabun yonqarı (5–10 q), su (0,5 l), sınaq qabları (3 ədəd 250 ml-lik), sap, su qızdırıcısı, iynə, kibrit.

İşin gedişi:

1. Sabunlu su məhlulu hazırlayın: bunun üçün qovrulmuş şəkər tozu 100 ml suda həll edilir. Sabun yonqarı başqa qabda 100 ml isti suda əridilir. Hər iki məhlul bir qabda qarışdırılır – sabunlu su məhlulu hazırdır!
2. Halqaya diametri boyunca çox da tarım olmayan sap bağlayın və onu sabunlu su məhluluna batırıb yavaşca çıxarın. Baş verən hadisəni müşahidə edin (a).
3. İynənin bir ucunu qızdırın və qızdırılan hissə ilə halqadakı sapın bir tərəfindəki sabun pərdəsini deşin. Baş verən hadisəni müşahidə edin (b).
4. Halqaya kvadrat formasında dörd sap parçası bağlayıb sabunlu su məhluluna batırıb yavaşca çıxarın. Baş verən hadisəni müşahidə edin (c).
5. Qızdırılan iynə ilə halqadakı kvadrat sapın kənar hissələrindəki sabun pərdələrini deşin və baş verən mənzərəni müşahidə edin (d).



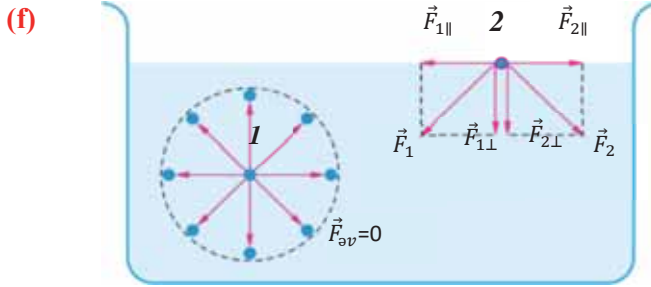
6. Boş halqanı sabunlu su məhluluna batırıb yavaşca çıxarın və halqadakı sabun pərdəsini ehməlcə üfürərək onu halqadan qoparmağa çalışın. Təcrübəni bir-neçə dəfə təkrarlayın və halqadan qopan sabun pərdəsinin havada hansı forma aldığı müşahidə edin (e).

Nəticənin müzakirəsi:

- Təcrübələr prosesində sabunlu su məhlulunun sapla təchiz olunmuş halqada əmələ gətirdiyi sabun pərdəsinin forma dəyişikliklərində qeyri-adi nə müşahidə etdiniz?
- Sabun pərdəsinin halqada əmələ gətirdiyi sahənin kiçilmə səbəbini MKN baxımından necə izah etmək olar?

Səthi gərilmə qüvvəsi. Mayeləri qazlardan fərqləndirən xüsusiyyətlərdən biri onların sərbəst səthə malik olmasıdır. Mayenin sərbəst səthindəki molekullarla onun daxilindəki molekulların hallarında da fərq vardır, belə ki:

a) maye daxilindəki molekullar hər tərəfdən qonşu molekullarla əhatə olunduğundan onlar arasındakı cazibə qarşılıqlı təsirləri bir-birini tarazlaşdırır (**f; 1 molekulu**);



b) maye səthindəki molekulların isə qarşılıqlı təsir sferasının bir hissəsi maye daxilindəki molekulları əhatə edirsə, digər hissəsi maye səthindəki qaz molekullarının (maye buxarı və ya hava molekullarının) “payına” düşür (bax: **f; 2 molekulu**). Lakin qaz molekullarının 2 molekulu cəzəbetmə qüvvəsi maye molekulları arasındakı cazibə xarakterli qüvvədən çox kiçik olduğundan nəzərə alınmır. Nəticədə 2 molekulu maye daxilindəki qonşu molekullar tərəfindən cazibə xarakterli əvəzləyici \vec{F}_1 və \vec{F}_2 qüvvəsinin hər biri iki toplanan qüvvəyə ayrılır: səthə paralel $\vec{F}_{1\parallel}$ və $\vec{F}_{2\parallel}$ və səthə perpendikulyar $\vec{F}_{1\perp}$ və $\vec{F}_{2\perp}$ qüvvələri. Səthə perpendikulyar olan toplanan qüvvələr maye daxilinə yönəlməklə səthdəki maye molekullarını daxilə doğru çəkir və mayenin açıq səthi altında mayedaxili təzyiq yaradır. Səthə paralel olan toplanan qüvvələrin təsiri ilə isə mayenin səthi boyunca yönələn, səthi hüdudlandıran xəttə perpendikulyar olan və səthi gərilməş vəziyyətdə saxlayan qüvvə – *səthi gərilmə qüvvəsi* $\vec{F}_{s,g}$ yaranır:

• *Səthi gərilmə qüvvəsi* – mayenin səthini hüdudlandıran xəttə perpendikulyar olub səth boyunca yönələn və mayenin səthinin sahəsini kiçiltməyə çalışan qüvvədir. Səthi

gərilmə qüvvəsi maye ilə bərk cismin toxunma sərhədinin uzunluğu ilə düz mütənasibdir:

$$F_{s.g} = \sigma \cdot l. \quad (6.36)$$

Burada $F_{s.g}$ – mayenin səthi gərilmə qüvvəsi, l – mayenin sərbəst səthinin bərk cismə toxunma sərhədinin uzunluğu, σ (siqma) – səthi gərilmə əmsalidir:

- Səthi gərilmə əmsalı – ədədi qiymətə maye ilə bərk cismin vahid toxunma sərhədinin uzunluğuna düşən səthi gərilmə qüvvəsinə bərabərdir:

$$\sigma = \frac{F_{s.g}}{l}. \quad (6.37)$$

Səthi gərilmə əmsalının qiyməti mayenin növündən və temperaturundan asılıdır – mayenin temperaturu artdıqda onun səthi gərilmə əmsalı azalır və böhran temperaturunda sıfıra bərabər olur. Səthi gərilmə əmsalının BS-də vahidi: $[\sigma] = 1 \frac{N}{m}$.

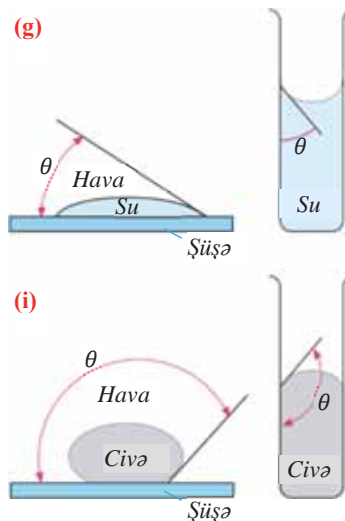
İsladan və islatmayan maye. Diqqətlə baxdıqda maye ilə bərk cismin sərhədində maye səthini əylmiş formada görmək olur ki, bu da *menisk* adlanır.

- *Menisk* – mayenin bərk cismin (və ya digər mayenin) səthinə toxunması nəticəsində onun sərbəst səthinin əyilməsidir. Menisklə bərk cismin səthi arasındakı bucaq **kənar bucaq** adlanır.

Mayenin *isladan* və ya *islatmayan* olmasından asılı olaraq kənar bucağın $[\theta$ (*teta*) – *nın*] qiyməti iti və ya kor olur.

- *İsladan maye* – kənar bucağı iti olan mayedir. İsladan maye ilə bərk cismin molekulları arasındakı cazibə xarakterli qüvvələr mayenin öz molekulları arasındakı cazibə qüvvələrindən böyük olur. Nəticədə qabdakı mayenin sərbəst səthi çökük olur, məsələn, şüşə qabdakı su isladan mayedir (**g**).

- *İslatmayan maye* – kənar bucağı korbucaq olan mayedir. İslatmayan maye ilə bərk cismin molekulları arasındakı cazibə xarakterli qüvvələr mayenin öz molekulları arasındakı cazibə qüvvələrindən kiçik olur. Nəticədə qabdakı mayenin sərbəst səthi qabarıq olur, məsələn, şüşə qabdakı civə islatmayan mayedir (**i**).

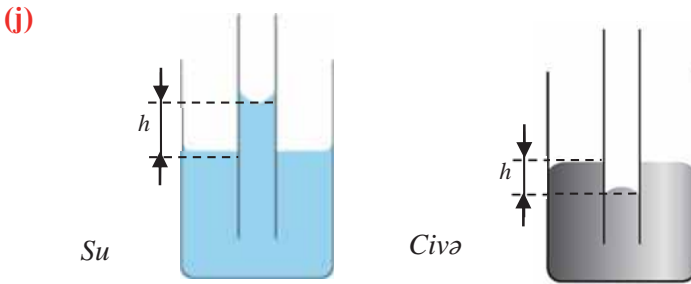


Kapilyar hadisələr. Gündəlik həyatımızda suyu asanlıqla özünə çəkən cisimlərlə rastlaşır, onlardan istifadə edirik. Dəsmal, kağız vərəq, qənd parçası, kərpic, bitkilər və s. belə cisimlərdəndir. Cisimlərdəki bu xüsusiyyət onlarda böyük miqdarda çox kiçik borucuqların – *kapilyarların* mövcud olmasıdır.

• *Kapilyar – diametri $10^{-3}m$ və daha kiçik tərtibdə olan kanaldır (borudur).*

Verilən mayeyə batırılan kapilyara daxil olan həmin mayenin səviyyəsi onun xassə-sindən (isladan və ya islatmayan) asılı olaraq ya boru boyunca qalxır, yaxud enir:

• **Kapilyarlıq** – mayenin isladan (və ya islatmayan) olması nəticəsində yaranan səthi əyriliyi ilə əlaqədar həmin maye sütununun kapilyar boru boyunca qalxması (və ya enməsi) hadisəsidir (j). Kapilyarda qalxan mayeni xarakterizə edən kəmiyyətlər arasındakı asılılıqlar cədvəl 6.4-də verilmişdir.

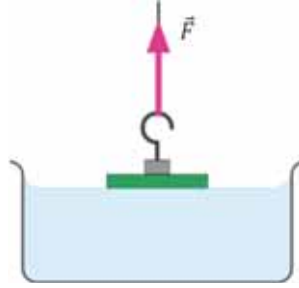


Cədvəl 6.4

| Kapilyarda qalxan mayenin xarakteristikası | Düsturu |
|--|--|
| Kapilyarda mayeni qaldıran qüvvə ədədi qiymətə ağırlıq qüvvəsinə bərabərdir. Bu səbəbdən onun çəkisi | $P = mg = F_{s.g} = \sigma l = 2\pi r\sigma = \pi d\sigma. \quad (6.38)$ Burada r – kapilyarın radiusu, d – kapilyarın diametridir. |
| Kapilyarda qalxan mayenin kütləsi | $m = \frac{F_{s.g}}{g} = \frac{2\pi r\sigma}{g} = \frac{\pi d\sigma}{g}. \quad (6.39)$ |
| Kapilyarda qalxan mayenin hündürlüyü | $h = \frac{2\sigma \cdot \cos\theta}{\rho gr} = \frac{4\sigma \cos\theta}{\rho gd}. \quad (6.40)$ Maye tam isladandırsa, $\theta = 0^\circ \rightarrow \cos\theta = \cos 0^\circ = 1$ olur: $h = \frac{2\sigma}{\rho gr} = \frac{4\sigma}{\rho gd}. \quad (6.41)$ Burada ρ – kapilyarda qalxan mayenin sıxlığıdır. <i>Kapilyarda mayenin qalxma hündürlüyü mayenin növündən asılı olub, kapilyarın daxili radiusu ilə tərs mütənasibdir.</i> |
| Kapilyarda qalxan mayenin təzyiqi | $p = \rho gh = \rho g \cdot \frac{2\sigma}{\rho gr} = \frac{2\sigma}{r} = \frac{4\sigma}{d}. \quad (6.42)$ |

Tətbiqetmə**Səthi gərilmə əmsalı nəyə bərabərdir?**

Məsələ. Diametri 5 sm olan halqanı mayenin səthindən qoparmaq üçün 0,016 N qüvvə tətbiq edildirsə, bu mayenin səthi gərilmə əmsalı nəyə bərabərdir?

**Nəticənin müzakirəsi:**

- Mayenin səthi gərilmə əmsalı hansı düsturla təyin olunur və o nədən asılıdır?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Metal məmulatların (gəmilərin gövdəsi, çən, boru və s.) istismar müddətinin artırılması üçün – mayelərin kimyəvi korroziyasından qorumaq məqsədilə onların səthi yağlı boyaq təbəqəsi ilə örtülür.

- “Yağlı boyaq təbəqəsi metalı mayelərin kimyəvi korroziyasından qoruyur” nə deməkdir? Bunun mayelərin səthinin xassəsi ilə nə əlaqəsi ola bilər?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. “Mayenin sərbəst səthi xüsusi xassəyə malikdir” nə deməkdir?
3. Mayenin səthi gərilməsi nə deməkdir? Onun fiziki mahiyyəti nədən ibarətdir?
4. Maye və bərk cisimlərin molekullararası qarşılıqlı təsirləri hansı hadisələr yaradır?
5. Mayenin isladan və ya islatmayan olduğunu necə müəyyən etmək olar?
6. Kapilyar hadisələrin fiziki mahiyyəti nədən ibarətdir?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini və düsturlarını iş vərəqinə yazın: “səthi gərilmə qüvvəsi”, “səthi gərilmə əmsalı”, “menisk”, “isladan maye”, “islatmayan maye”, “kapilyar”, “kapilyar hadisələr”.

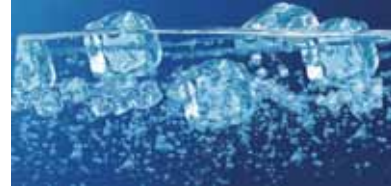
6.9 BƏRK CİSİMLƏR VƏ ONLARIN BƏZİ XASSƏLƏRİ

Məsəl var, deyərlər: “Şaxta cırıldayır”. Bu da ondan irəli gəlir ki, şaxtalı havada meşədəki irigövdəli ağaclar və kötöklər, habelə köhnə evlərin taxta divarları cırıldayır – sanki parçalanır. Yəqin ki, kənd yerlərində yaşayan şagirdlər belə hadisələri dəfələrlə müşahidə etmişlər.

- Niyə “şaxta cırıldayır” – meşədəki iri gövdəli ağaclar və kötöklər, evlərin taxta divarları çox şaxtalı havada “parçalanır”?

Bilirsiniz ki, buz suyun bərk halıdır.

- Niyə buz suda batmır?



1 Araşdırma Bərk cisimləri fərqləndirə bilərsinizmi?

Məsələ. Biz bərk cisim olan Yer kürəsinin səthində, bərk cisimlərdən tikilmiş evlərdə yaşayır, sinifdə bərk cisimlərdən hazırlanmış partalarda otururuq. Karandaş, şəkər tozu, qənd, sorma şəkər, duz, şüşə, qatran, bəzək daşları, kauçuk, qar dənəcikləri, plastmas məmulatlar da bərk cisimdir. Baxmayaraq ki bədənimizin 70% sudur, o da bərk cisimdir.

Nəticənin müzakirəsi:

- Bu cisimləri hansı xüsusiyyətinə görə fərqləndirmək olar?
- Bütün bərk cisimlər üçün ümumi xassə nədən ibarətdir?



Xarici təsirlər olmadan öz forma və həcmi saxlayan cisimlər bərk cisimlərdir. Məsələn, metal, plastmas, şüşə və ebonitdən hazırlanan cisimlər bərk cisimlərdir. Bərk cisimlər fiziki xassəsinə görə fərqlənən iki qrupa ayrılır: *kristal və amorf cisimlər*. *Kristal cisimlərə* bərk halda olan metallar, müxtəlif minerallar, məsələn, xörək duzu, kvars, dağ bülluru aiddir. *Amorf cisimlərə* isə opal, obsidian, ebonit, şüşə, plastmas, qatran, kanifol, kəhrəbə və s. aiddir. Kristal və amorf cisimlər arasında fərq nədir?

Kristal cisimlər. *Kristal cisimlərin zərrəcikləri (atom, molekul və ya ionlar) fəzada müəyyən nizamlı və qanunauyğun düzülüşə malik olub kristal qəfəs əmələ gətirirlər. Kristal cisimlərin müəyyən ərimə temperaturu vardır.*

- *Kristalda zərrəciklərin yerləşdiyi nöqtələr kristal qəfəsin düyün nöqtələri adlanır.*

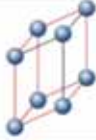

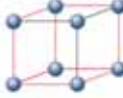

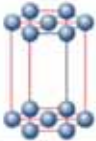

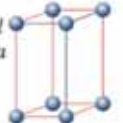



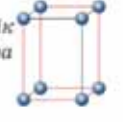




İdeal kristal cisim ixtiyari uzaqlıqda olan atom üçün kristal özəklərin fəzada periodik təkrarlanma çoxluğundan ibarətdir. Bu səbəbdən deyilir ki, kristal cisimlərdə onun zərrəciklərinin yerləşməsinin *uzaq düzülüşü* müşahidə olunur.

Kristal cisimlər *monokristal* (“*mono*” – vahid) və *polikristal* (“*poli*” – çoxlu) formasında olur.

- *Monokristallar* – vahid kristal mərkəzin böyüməsi nəticəsində yaranan kristallardır.

Zərrəciklərinin nizamlı düzülüşü nəticəsində monokristallar təbii müstəvi səthlərlə hüdudlanmış simmetrik həndəsi formaya malik olur (a).

Monokristalların əsas xüsusiyyəti onların *anizotrop* olmalarıdır:

| | | | | | | | |
|----------------------------------|--|----------------|--|-------------------------------|---|------------------------|---|
| (a) <i>Monoklinal simmetriya</i> |  | <i>Gips</i> |  | <i>Kub simmetriyası</i> |  | <i>Qurğuşun filizi</i> |  |
| <i>Hexaəqunal simmetriya</i> |  | <i>Zümrüd</i> |  | <i>Tetraəqonal simmetriya</i> |  | <i>İdokraz</i> |  |
| <i>Triqonal simmetriya</i> |  | <i>Kvars</i> |  | <i>Ortorombic simmetriya</i> |  | <i>Topaz</i> |  |
| <i>Triklinal simmetriya</i> |  | <i>Aksinit</i> |  | (b) |  | | |

- *Anizotropluq* – fiziki xassələrin (*mexaniki, istilik, elektrik, optik və s. xassələrin*) istiqamətdən asılı olmasıdır. Məsələn, monokristalların istidən genişlənməsi müxtəlif istiqamətdə müxtəlifdir.

Təbiətdə rast gəlinən və sənayedə alınan bərk cisimlərin əksəriyyəti nizamsız düzülüşə malik kiçik monokristal hissəciklərdən ibarətdir. Belə bərk cisimlər *polikristal* adlanır:

- *Polikristallar* – müxtəlif istiqamətlərə yönələn çoxlu sayda kristal mərkəzlərin böyüməsi və birləşməsi nəticəsində yaranan kristallardır.

Bütün metallar, demək olar, polikristaldır. Məsələn, təzə sınımış çuquna diqqətlə baxdıqda onun müxtəlif istiqamətlərə yönələn və düzgün formaya malik olmayan çoxlu sayda kristal dənələrindən ibarət olduğu görünür (b). Polikristalların hər bir kristal dənəciyi ayrılıqda anizotropdur, lakin bu dənəciklər nizamsız düzöldüyündən polikristallar bütövlükdə *izotropdur*:

- *İzotropluq* – fiziki xassələrin istiqamətdən asılı olmamasıdır. Məsələn, polikristalların istidən genişlənməsi, demək olar, bütün istiqamətlərdə eynidir.

Amorf cisimlər. Amorf cisimlər zərrəciklərinin uzaq düzülüşünün olmadığı ilə xarakterizə edilir. Bu düzülüş yalnız qonşu zərrəciklərdə gözlənildiyindən deyilir ki, amorf cisimlər – zərrəcikləri *yaxın düzülüş* xassəsinə malik bərk cisimlərdir. Qatılığı yüksək olan mayelər (özlü maye) amorf bərk cismə aid edilə bilər.

• *Amorf cisimlər – zərrəciklərinin fəzadakı düzülüşündə nizamsızlıq olan və fiziki xassələri daxilində götürülən istiqamətdən asılı olmayan, yəni izotrop olan bərk cisimdir. Amorf cisimlərin müəyyən ərimə temperaturu yoxdur – onları qızdırdıqda tədricən yumşalır və mayeyə çevrilir.*

Maddələr amorf halından kristal hala və əksinə çevrilə bilər. Məsələn, şəkər kristalını əvvəlcə əridib sonra soyutduqda o, amorf sorma şəkərə (“şüşə” konfetə) çevrilir. Zaman keçdikcə isə sorma şəkərin səthində yenidən şəkər kristalları yaranmağa başlayır.

Ərimə və bərkimə, sublimasiya və desublimasiya.

• *Maddənin bərk haldan maye halına keçmə prosesi **ərimə**, maye halından bərk halına keçmə prosesi isə **bərkimə** adlanır.*

• *Kristal cisimlərin bərkimə prosesi kristallaşma adlanır.*

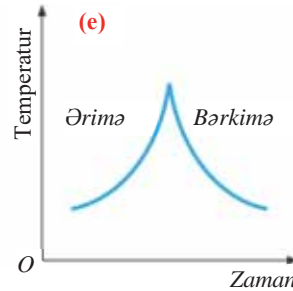
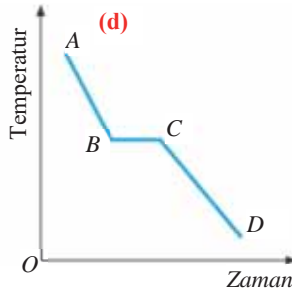
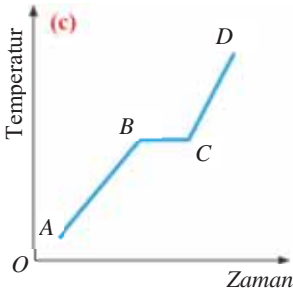
Kristal cisimlərin əriməsi müəyyən *ərimə temperaturunda* baş verir, məsələn, volframın ərimə temperaturu 3410°C, buzun 0°C, civənin –39°C-dir.

• *Verilən kristal cismin əridiyi temperatura **ərimə temperaturu** və ya **ərimə nöqtəsi** deyilir.*

Təcrübə göstərir ki, cismi əritmək üçün onu ərimə temperaturuna qədər qızdırmaq kifayət etmir, cismə verilən istilik miqdarını davam etdirmək lazımdır. Lakin istiliyin verilməsinə baxmayaraq, kristal cisim əridikdə onun temperaturu artmır. O, tam əridikdən sonra verilən istilik mayenin temperaturunun artmasına səbəb olur (c). Kristal cismin ərimə qrafikinin AB hissəsi bərk cismin ərimə temperaturuna qədər qızmasına uyğundur; qrafikin BC hissəsi ərimə prosesinə uyğundur, bu zaman maddə eyni zamanda həm bərk, həm də maye hallarındadır; qrafikin CD hissəsi isə mayenin qızmasına uyğundur (bax: c). Enerjinin saxlanması qanununa müvafiq olaraq verilən mayenin ərimə temperaturuna bərabər temperaturda onun bərkimə prosesi baş verir (d).

Amorf cisimlərin müəyyən ərimə və bərkimə temperaturları olmadığından, onların ərimə və bərkimə proseslərinin temperatur-zaman qrafikləri də kristal cisimlərin uyğun qrafiklərindən fərqlənir (e).

• *Cismin ərimə temperaturunda bərk haldan maye halına keçməsi üçün lazım olan istilik miqdarına **ərimə istiliyi** deyilir.*



Ərimə temperaturuna qədər qızdırılan eyni kütləli, lakin müxtəlif maddələrdən hazırlanan kristal cisimlərin istiliyi qəbuletmə qabiliyyətlərini xarakterizə etmək üçün *xüsusi ərimə istiliyi* adlanan fiziki kəmiyyətdən istifadə olunur:

- *Xüsusi ərimə istiliyi* – *ədədi qiymətə kütləsi 1 kq olan kristal maddəni ərimə temperaturunda mayeyə çevirmək üçün sərf edilən istilik miqdarıdır.*

$$\lambda = \frac{Q}{m}. \quad (6.43)$$

λ – verilən maddənin xüsusi ərimə istiliyidir. Onun BS-də vahidi $[\lambda] = 1 \frac{C}{kq}$ – dir.

Enerjinin saxlanması qanununa müvafiq olaraq, ərimə zamanı cismin aldığı istilik miqdarı, bərkimə prosesində ondan ayrılan istilik miqdarına bərabərdir.

Bəzən elə hallar olur ki, bərk cisimlər maye halına keçmədən birbaşa qaz halına və ya əksinə, qaz halından birbaşa bərk cismə çevrilmə prosesi baş verə bilər:

- *Bərk cismin maye halına keçmədən qaz halına keçmə prosesi sublimasiya (bərk cismin buxarlanması), əksinə, maddənin qaz halından maye halına keçmədən bərk cismə çevrilmə prosesi isə desublimasiya adlanır.*

2 Tətbiqetmə. Sublimasiya və desublimasiya

Təchizat: içərisində yod kristalları olan hermetik kolba, spirt lampası.

İşin gedişi:

1. Kolbanı spirt lampasında qızdırın və baş verən hadisəni müşahidə edin (f).
2. Lampanı söndürün, kolbanı soyudun və onun daxilində nə baş verdiyini izləyin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Kolbanı qızdırdıqda və sonra soyutduqda nə müşahidə etdiniz?
- Siz hansı hadisəni müşahidə etdiniz?

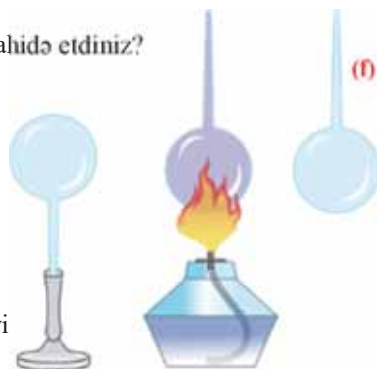
Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Qışda ağac budaqlarında qırovların zaman keçdikcə azalması, donmuş paltarın quruması hadisələrini, yəqin ki, müşahidə etmişiniz.

- Bu hadisələrdə hansı fiziki proseslər baş verir?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Kristal və amorf cisimləri Venn diaqramında müqayisə edin.
3. Zərrəciklərin uzaq və yaxın düzülüşü nə deməkdir?
4. Mono və polikristallar bir-birindən hansı xüsusiyyətinə görə fərqlənir?
5. Ərimə və bərkimə proseslərində ümumi olan nədir?
6. Xüsusi ərimə istiliyi nəyə deyilir?
7. Sublimasiya və desublimasiya hadisələrinə misallar göstərin.

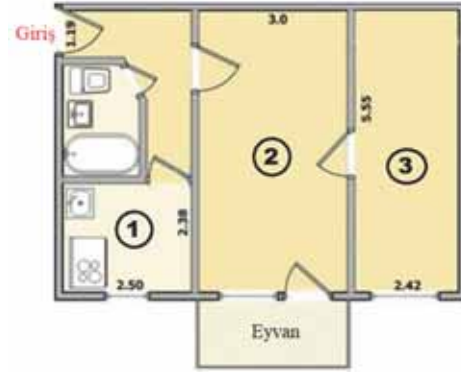


NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların tərif və düsturlarını iş vərəqinə yazın: “*kristal cisim*”, “*amorf cisim*”, “*monokristal*”, “*polikristal*” “*izotropluq*”, “*anizotropluq*”, “*ərimə*”, “*bərkimə*”, “*ərimə temperaturu*”, “*xüsusi ərimə istiliyi*”, “*sublimasiya*”, “*desublimasiya*”.

- 6.1. Hava şarı 4 q hidrogen qazı ilə doldurulmuşdur. Şardakı hidrogen molekullarının sayını təyin edin.
- 6.2. Kütləsi 220 q olan “quru buzda” (CO_2) nə qədər maddə miqdarı vardır?
- 6.3. Hidrogen və oksigenin molyar kütlələri, uyğun olaraq $M_{H_2} = 2 \cdot 10^{-3} \frac{kq}{mol}$ və $M_{O_2} = 3,2 \cdot 10^{-2} \frac{kq}{mol}$ – dur. Hidrogen və oksigen molekulunun kütləsini təyin edin.

- 6.4. Şəkildə tavanının hündürlüyü 3 m olan mənzilin texniki planı təsvir edilmişdir. Otaqlardakı havanın verilən xarakteristikaları eyni olub belədir: temperaturu $22^\circ C$, təzyiqi $100 kPa$, molyar kütləsi $29 \cdot 10^{-3} \frac{kq}{mol}$.



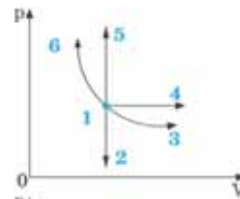
I sual. Mətbəxdə (1), qonaq otağında (2) və yataq otağında (3) uyğun olaraq havanın kütləsi nə qədərdir?

II sual. Hansı otaqda hava molekullarının konsentrasiyası daha böyükdür?

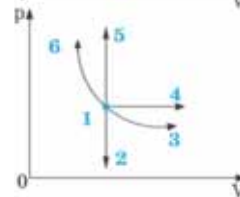
III sual. Hansı otaqda daha rahat nəfəs almaq olar?

- 6.5. Qaza sistem kimi baxılır. O, birinci halda istilik keçirməyən qapalı qabda, ikinci halda isə – qapalı metal qabdadır. Bu sistemlər qapalı və izolə edilmiş hesab oluna bilərmə?
- 6.6. Müxtəlif metaldan hazırlanan iki eyniölçülü çay qaşığı soyuducuda istilik tarazlığında. Qaşıqları soyuducudan çıxarıldıqda onların otaqda dərhal istilik tarazlığına gəldiyini iddia etmək olarmı? Otaqda bu cisimlər arasında istilik tarazlığı yarana bilərmə?
- 6.7. Su-buz sisteminə baxılır: temperaturu $15^\circ C$ olan suya buz parçası atılır. Buzun əriməsi zamanı suya batırılan termometr $10^\circ C$ göstərir. “Sistemin temperaturu $10^\circ C$ -dir” müddəasını təsdiq etmək olarmı?
- 6.8. Yer səthindən 100 km dərinlikdə maddənin temperaturu 1200 K-dır. Bu temperatur Selsi şkalasına görə nəyə bərabərdir?
- 6.9. Su buxarının böhran temperaturu 647 K-dır. Hansı temperaturda su yalnız qaz halında olur?
- 6.10. Oksigen 150 K və 190 K temperaturlarında hansı aqrəqat hallarında olur? Oksigenin böhran temperaturu 154 K-dır.

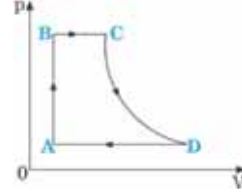
- 6.11. Diaqramın hansı hissələri verilmiş kütləli ideal qazın izotermik sıxılmasına və izotermik genişlənməsinə uyğundur?



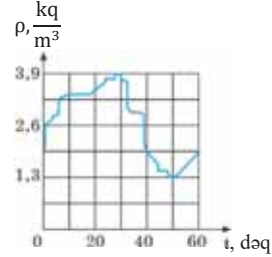
- 6.12. Diaqramın hansı hissələri verilmiş kütləli ideal qazın izoxorik soyumasına və izoxorik qızmasına uyğundur?



6.13. Diaqramın hansı hissəsi verilmiş kütləli ideal qazın temperaturunun azalması halına uyğundur (CD izotermdir)?



6.14. Sabit temperaturda ideal qazın sıxlığı zaman keçdikcə şəkildə göstərdiyi kimi dəyişir. Qrafikə görə qazın maksimum sıxlıqdakı təzyiqinin, minimum sıxlıqdakı təzyiqindən neçə dəfə böyük olduğunu təyin edin.



6.15. Sabit təzyiqdə qazın mütləq temperaturu 6 dəfə artdıqda onun həcmi $18 \cdot 10^{-3} m^3$ olmuşdur. Qazın əvvəlki həcmi hesablayın.

6.16. Verilmiş kütləli ideal qazın təzyiqi 2,8 dəfə artmış, həcmi isə 4 dəfə azalmışdır. Qazın mütləq temperaturu necə dəyişmişdir?

6.17. Temperaturu $17^\circ C$, təzyiqi $4 \cdot 10^5 Pa$ olan havanın sıxlığını təyin edin

$$(M_{hava} = 29 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{mol}, R = 8 \frac{C}{mol \cdot K}).$$

6.18. Temperaturu $27^\circ C$ olan havada su buxarının konsentrasiyası $2 \cdot 10^{23} m^{-3}$ -dür. Su buxarının bu temperaturda təzyiqi nə qədərdir ($k = 1,4 \cdot 10^{-23} \frac{C}{K}$)?

6.19. Temperaturu $15^\circ C$ olan havada su buxarının sıxlığı $9,1 \frac{g}{m^3}$, havanın nisbi rütubəti isə 70%-dir. Həmin temperaturda doyan su buxarının sıxlığı nə qədərdir?

6.20. Sabit temperaturda 200q spirt buxarı kondensasiya edərkən nə qədər istilik miqdarı ayrılır ($L = 9 \cdot 10^5 \frac{C}{kg}$)?

6.21. Civə hansı radiuslu kapilyar boruda 30 sm düşər

$$(\sigma = 510 \frac{mN}{m}, \rho = 13,6 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}, g = 10 \frac{m}{san^2})?$$

6.22. Radiusu 0,25 mm olan kapilyar boruda qalxan suyun həcmi təyin edin

$$(\sigma = 72 \frac{mN}{m}, \rho = 10^3 \frac{kg}{m^3}, g = 10 \frac{m}{san^2}, \pi = 3).$$

6.23. Su damcısı diametri 2 mm olan şaquli borudan düşür. Su damcısının kütləsini təyin edin ($\sigma_{su} = 73 \frac{mN}{m}$).

6.24. Pipetka ilə damcılanan 76 damcı mineral yağın kütləsi 910 mq oldu. Pipetkanın daxili divarının radiusu 1,2 mm-dir. Yağın səthi gərilmə əmsalını təyin edin.

6.25. Monokristalların anizotropiyası nə ilə müəyyən edilir?

6.26. Monokristalları hansı xarici əlamətlərinə görə fərqləndirmək olar?

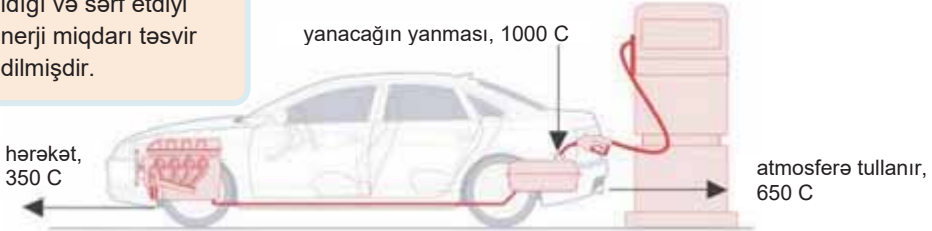
TERMODİNAMİKANIN ƏSASLARI

Avtomobillərin əksəriyyəti daxiliyanma mühərriki vasitəsilə hərəkətə gətirilir.



• Daxiliyanma mühərrikinin iş prinsipi hansı fiziki qanuna əsaslanır?

Şəkildə avtomobilin aldığı və sərf etdiyi enerji miqdarı təsvir edilmişdir.

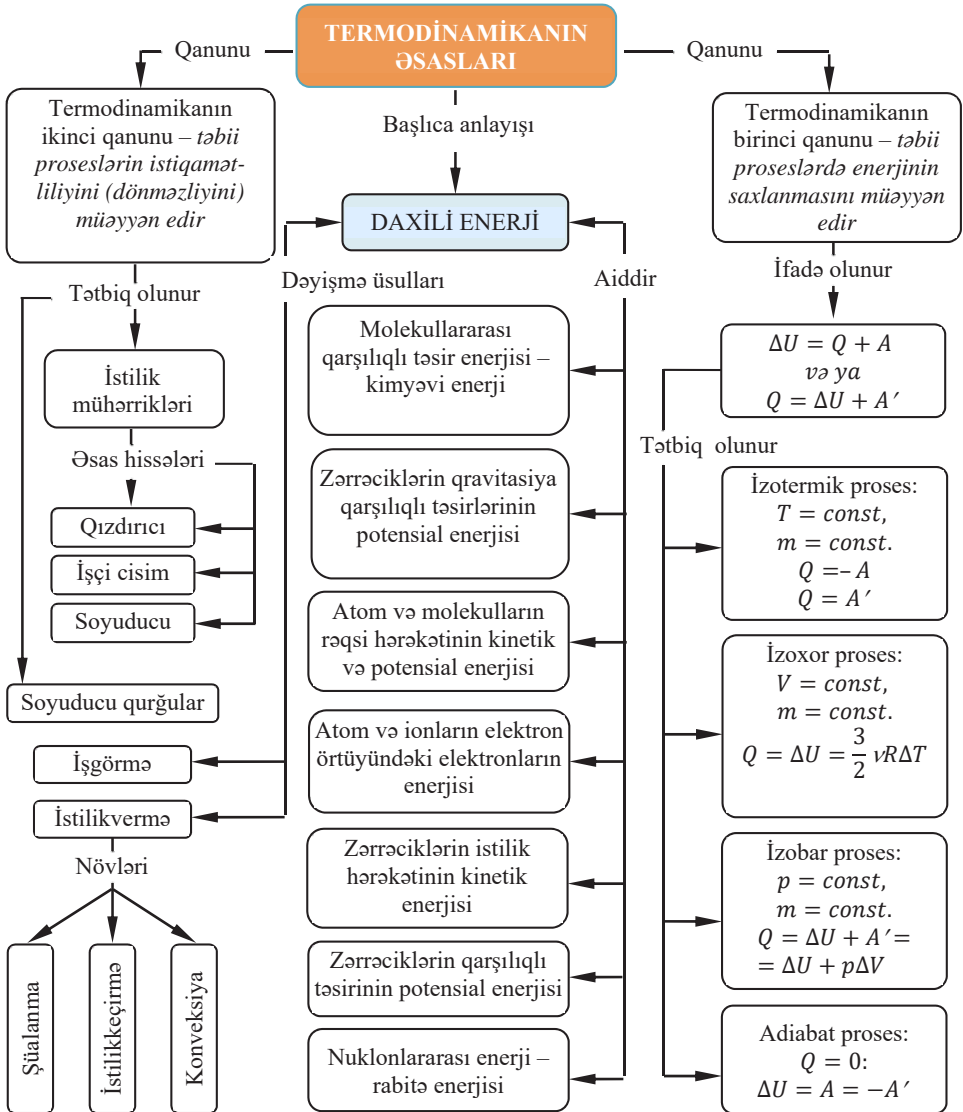


- Bu avtomobil nə qədər qənaətcildir?
- Onun effektivliyini necə yüksəltmək olar?
- Avtomobilin atmosfərə tullantısını necə azaltmaq olar?

Fransız ixtiraçısı D.Papen daim işləyə bilən sadə hidravlik maşının layihəsini verir. Onun fərziyyəsinə görə, qabın geniş hissəsindəki suyun çəkisi onun dar hissəsindəki suyun çəkisindən böyük olduğundan yaranan təzyiqlər fərqi suyu daim borunun dar ucuna doğru hərəkət etdirəcək.



- Lakin Papenin layihəsi ilə hazırlanan bu maşın işləmədi. Niyə?



7.1 TERMODİNAMİK SİSTEM. DAXİLİ ENERJİ

Yer kürəsində okeanlar istilik enerjisinin toplandığı ən nəhəng depodur. Belə ki, milyon illərdir okean sularının ucsuz-bucaqsız səthi Günəş şüalarının birbaşa təsirinə məruz qalır. Bundan əlavə, yüzlərcə illərdir okeanlar atmosfərə atılan istixana qazlarının əmələ gətirdiyi artıq istilik enerjisinin də $\frac{9}{10}$ hissəsindən çoxunu udur. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, son on ildə okeanın



hər $1m^2$ sahəsi $1Vt$ gücü ilə qızır. Nəticədə, okean sularının nisbətən dayaz və dərin sahələri arasında böyük temperatur fərqi yaranır – okean sularının daxili enerjisi müntəzəm dəyişməyə məruz qalır. Alimlər okean sularının temperatur fərqi əsasında işləyabilən istilik mühərrikini işə salaraq okeanın daxili enerjisini elektrik enerjisinə çevirən qurğular hazırlaya bildilər.

- Bu istilik mühərrikinin iş prinsipi okeanın daxili enerjisinin hansı üsulla dəyişməsinə əsaslanır?
- Okeanın daxili enerjisindən istifadə olunması hansı növ enerji mənbəyidir?

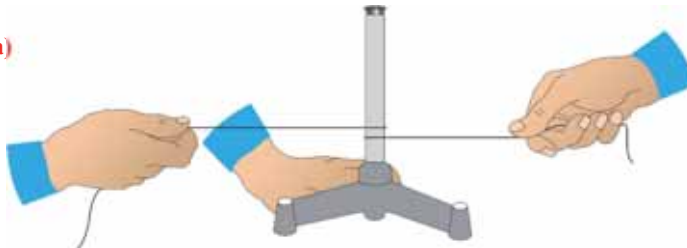
Sistemin daxili enerjisi nəyin hesabına dəyişdi?

Təchizat: bir tərəfi lehımlənmiş nazıkdıvarlı bürünc boru və tıxac, efir spirtı, qaytan, universal ştatıvın dayağı.

İşın gedişi:

1. Borunu dayağa bərkıdib içərisinə $3 - 4sm^3$ spirt töküń. 1–2 dəqiqə gözlədikdən sonra borunun ağızını tıxacıa kıp qapayın.
2. Qaytanı borunun ətrafına bir dəfə dolayın və onun uclarından tutaraq gah bir, gah da digər tərəfə dartmaqla borunun səthində sürüşdürün (a). Qaytanın sürüşdürülməsini sistemdə “qeyri-adi” hadisə baş verəne qədər davam etdirin.

(a)



Nəticənin müzakirəsi:

- Qaytanı borunun səthində fasiləsiz sürüşdürükdə sistemdə hansı “qeyri-adi” hadisə müşahidə etdiniz? Onun baş vermə səbəbini necə izah etmək olar?
- Bu hadisənin sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi ilə nə kimi əlaqəsi var?

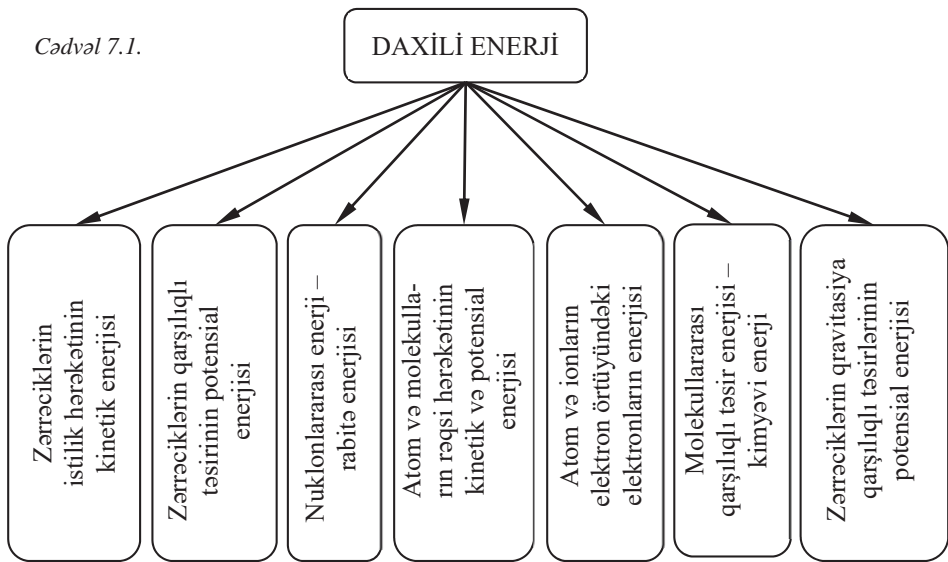
Termodinamik sistem. Fizikanın istilik hadisələrini makroskopik nöqteyi-nəzərdən öyrənən bölməsi *termodinamika* adlanır. Termodinamikanın əsasında böyük miqdar faktlara söykənən termodinamik qanunlar durur. Bu qanunlar – “necə?” – sualını izah edir, məsələn, cismə (bərk cisim, maye və ya qaza) istilik verdikdə (və ya soyutduqda) onun halı necə dəyişir, istilik öz-özünə hansı istiqamətdə və necə verilir, qaz genişləndikdə onun temperaturu necə dəyişir və s. Termodinamik tədqiqat obyektini *termodinamik sistem*dir.

- *İstənilən makroskopik cisim və ya cisimlər sistemi termodinamik sistem adlanır.* Termodinamik sistemin halı makroskopik və ya termodinamik parametrlərlə (kütlə, sıxlıq, həcm, təzyiq, temperatur) xarakterizə olunur.

Daxili enerji. Termodinamik sistemin verilmiş andakı halı və ya həmin ana uyğun sistemin makroskopik parametrləri ilə təyin olunan kəmiyyətlər onun *hal funksiyası* adlanır. Belə kəmiyyətlərdən ən başlıcası *daxili enerjidir*.

- *Daxili enerji – sistemi təşkil edən zərrəciklərin müxtəlif növ hərəkətləri və qarşılıqlı təsirləri ilə xarakterizə olunan enerjilərin cəmidir (bax: cədvəl 7.1).*

Cədvəl 7.1.



Termodinamik sistemin daxili enerjisi onun halını müəyyən edən temperatur və həcm funksiyasıdır: $U(T, V)$.

Biratomlu ideal qazın daxili enerjisi. *Molekulları bir atomdan ibarət olan qaz biratomlu qaz adlanır.* Biratomlu qazın daxili enerjisi zərrəciklərin irəliləmə hərəkətinin orta kinetik enerjisi ilə qarşılıqlı təsir potensial enerjiləri cəminə bərabərdir: $U = N \cdot \bar{E}_k + E_p$ (N – zərrəciklərin sayıdır). Lakin verilmiş kütləli ideal qazın daxili enerjisi yalnız onun zərrəciklərinin xaos hərəkətinin orta kinetik enerjisinin cəmindən ibarətdir: $U = N \cdot \bar{E}_k$.

Biratomlu ideal qazın bir zərrəciyinin orta kinetik enerjisi $\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$ olduğundan onun daxili enerjisinin yalnız temperaturdan asılı olduğu görünür:

$$U = \frac{3}{2}N \cdot kT = \frac{3}{2} \nu N_A \cdot kT = \frac{3}{2} \nu \cdot RT = \frac{3m}{2M} RT. \quad (7.1)$$

• *İdeal qazın daxili enerjisi onun kütləsindən, növündən (molyar kütlədən) və temperaturundan asılıdır. Sabit temperaturda qazın təzyiq və həcmi dəyişsə də, onun daxili enerjisi dəyişmir. Bu, Coul qanunudur.*

(7.1) düsturunu Mendeleyev-Klapeyron tənliyi ilə müqayisə etdikdə:

$$U = \frac{3}{2}pV. \quad (7.2)$$

Daxili enerjinin dəyişmə üsulları. Termodinamik sistemin daxili enerjisini dəyişmək üçün ya sistemin molekullarının istilik hərəkətinin orta kinetik enerjisini, ya onların qarşılıqlı təsir potensial enerjisini, yaxud da onların hər iki enerjilərini birlikdə dəyişmək lazımdır. Çoxsaylı təcrübələrdən müəyyən edilmişdir ki, bunu iki üsulla həyata keçirmək olur: *istilikvermə və işgörmə (bax: Fizika-8, s.23).*

• *Sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi iki üsulla – müəyyən Q istilik miqdarı verilməklə və sistem üzərində A işi görülməklə baş verir:*

$$\Delta U = Q + A. \quad (7.3)$$

Əgər sistemin daxili enerjisi yalnız istilik mübadiləsi nəticəsində dəyişirsə, bu halda onun daxili enerjisi sistemə verilən (və ya sistemin verdiyi) istilik miqdarına bərabər olur. Məsələn, cisim qızarkən və soyuyarkən onun daxili enerjisinin dəyişməsi belə təyin edilir:

$$\Delta U = Q = cm(T_2 - T_1) = cm\Delta T \quad (7.4)$$

Bərk cismin əriməsi və ya mayenin kristallaşması prosesində onun daxili enerjisinin dəyişməsi cismin molekullarının qarşılıqlı təsir potensial enerjiləri hesabına baş verir. Ona görə də daxili enerjinin dəyişməsi ədədi qiymətcə ərimə (kristallaşma) istiliyinə bərabər olur:

$$\Delta U = \pm \lambda m. \quad (7.5)$$

Burada λ – xüsusi ərimə istiliyidir.

Buxarlanma və kondensasiya prosesləri zamanı sərf edilən istilik miqdarı da cismin daxili enerjisinin dəyişməsinə bərabərdir:

$$\Delta U = \pm Lm. \quad (7.6)$$

Burada L – xüsusi buxarlanma istiliyidir.

Biratomlu ideal qazın daxili enerjisinin dəyişməsi onun temperaturunun dəyişməsi ilə müəyyən olunur:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3m}{2M} R\Delta T. \quad (7.7)$$

Burada U_1 və U_2 – uyğun olaraq biratomlu qazın başlanğıc və son hallarındakı daxili enerjisidir.

Diqqət! *Termodinamik sistemdə daxili enerjinin dəyişməsi prosesin formasından deyil, onun başlanğıc və son halından asılıdır.*

Termodinamikada iş. Əgər sistemin daxili enerjisi yalnız mexaniki işgörmə nəticəsində dəyişirsə, bu halda onun daxili enerjisi ya xarici qüvvələrin sistem üzərində gördüyü işə (A), yaxud da sistemin xarici qüvvələr üzərində gördüyü işə (A') bərabər olur:

$$\Delta U = A = -A' \quad (7.8)$$

• Termodinamikada iş – termodinamik sistemin daxili enerjisinin dəyişməsinin miqdar ölçüsüdür.

Qaz həcminin dəyişməsi zamanı görülən iş. Fərz edək ki, porşenlə təchiz edilən qalındıvarlı silindrik qabda qaz vardır. Qazı sıxdıqda porşen öz kinetik enerjisinin bir hissəsini qazın molekullarına verir, nəticədə qazın temperaturu yüksəlir və onun daxili enerjisi artır – xarici qüvvələr qaz üzərində iş görür. Qaz genişləndikdə isə, əksinə, molekullar öz enerjilərinin bir hissəsini porşenə verərək sürətlərini azaldır və qaz soyuyur – qaz xarici qüvvələr üzərində iş görür (b).

Beləliklə, verilən kütləli qazın sabit təzyiqdə genişlənməsi nəticəsində xarici qüvvələr üzərində gördüyü iş:

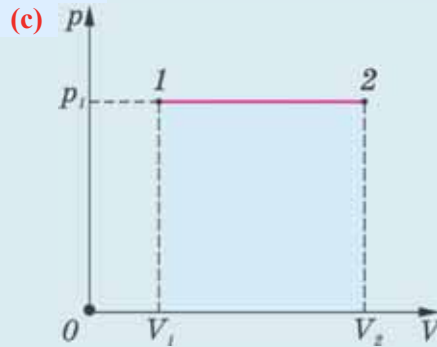
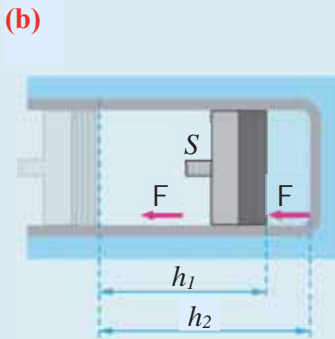
$$A' = F \cdot \Delta h = pS \cdot (h_2 - h_1) = p(S h_2 - S h_1)$$

və ya

$$A' = p(V_2 - V_1) = p\Delta V. \quad (7.9)$$

Xarici qüvvələrin qaz üzərində gördüyü iş isə:

$$A = -A' = -p(V_2 - V_1) = p(V_1 - V_2) = -p\Delta V. \quad (7.10)$$



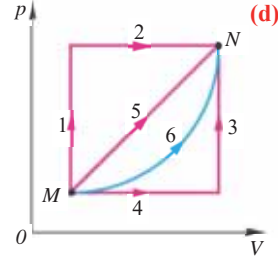
Burada $F = pS$ – qazın porşenə təsir etdiyi qüvvə, Δh – porşenin yerdəyişməsi, p – qazın təzyiqi, S – silindrin en kəsiyinin sahəsi, ΔV – qazın həcmindəyişməsidir. Görülən iş $p - V$ koordinat sistemində ədədi qiymətə qrafikin əmələ gətirdiyi fiqurun sahəsinin ədədi qiymətinə bərabərdir: qaz genişləndə (qazın həcmi artanda) $A' > 0$ və $A < 0$; qaz sıxılarda (onun həcmi kiçiləndə) isə $A' < 0$ və $A > 0$ olur (c).

Tətbiqetmə**Hansı prosesdə daxili enerji daha çox dəyişir?**

Məsələ. Termodinamik sistemdə $p - V$ diaqramında təsvir edilən proseslər getmişdir (d). M nöqtəsindən N nöqtəsinə gedən proseslərdə sistemin enerjilərinin dəyişmələrini və görülən işləri müqayisə edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Termodinamik sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi nədən asılıdır?
- Baxılan prosesin hansında sistemin daxili enerjisi daha çox dəyişmişdir? Nə üçün?
- Baxılan prosesin hansında sistemdə daha çox iş görülmüşdür? Nə üçün?

**Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:**

Sinif otağının eni 5 m, uzunluğu 10 m, hündürlüyü isə 4 m-dir. Otaqda normal atmosfer təzyiqində havanın temperaturu 20°C -dir.

- Əgər otaqdakı hava yalnız biratomlu ideal qazdan ibarətdirsə, onun daxili enerjisi nəyə bərabər olar?
- Bu enerjiyə bərabər enerji ilə 2 ton kütləli avtomobili hansı hündürlüyə qaldırmaq olar ($g=10\text{m/san}^2$)?

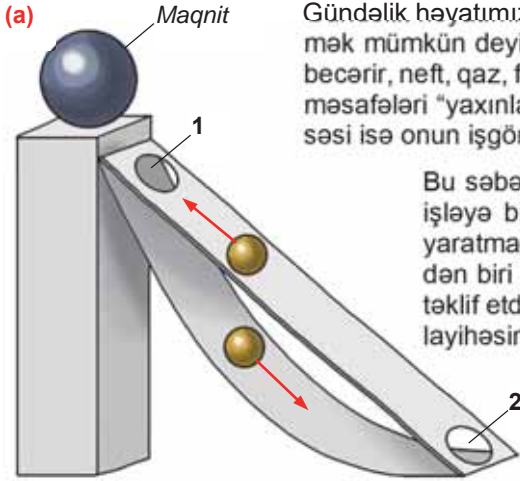
Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Cismin daxili enerjisini hansı makroparametrlər müəyyən edir?
3. Biratomlu ideal qazın daxili enerjisi hansı makroparametrdən asılıdır?
4. Termodinamik sistemdə yalnız istilik mübadiləsi baş verirsə, onun daxili enerjisinin dəyişməsi nəyə bərabər olur?
5. Nə üçün görülən mexaniki iş sistemin daxili enerjisini dəyişdirə bilər?
6. İşin görülməsi prosesində termodinamik sistemin hansı makroparametrləri dəyişir?
7. Nə üçün qazın gördüyü iş və xarici qüvvələrin qaz üzərində gördüyü iş işarəcə fərqlənir?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “*termodinamika*”, “*termodinamik sistem*”, “*daxili enerji*”, “*verilmiş kütləli ideal qazın daxili enerjisi*”, “*daxili enerjisinin dəyişmə üsulları*”, “*temodinamikada iş*”.

7.2 TERMODİNAMİKANIN BİRİNCİ QANUNU



Gündəlik həyatımızı müxtəlif məqsədli texnikasız təsəvvür etmək mümkün deyildir. Texnikanın köməyi ilə insanlar torpağı becərir, neft, qaz, filiz və digər faydalı qazıntılar əldə edir, uzaq məsafələri "yaxınlaşdırır" və s. Bütün texnikanın başlıca xassəsi isə onun işgörmə qabiliyyətinə malik olmasıdır.

Bu səbəbdən insanlar hələ çox qədimlərdən daim işləyə bilən "perpetuum mobile" – daimi mühərrik yaratmağa çalışmışlar. Bu istiqamətdə maraqlı işlərdən biri kimi XVII əsrdə ingilis keşişi Con Vilkensin təklif etdiyi maqnit sahəsinin təsiri ilə işləyən orijinal layihəsini göstərmək olar.

Layihənin ideyasına görə, daimi mühərrik belə işləməlidir: hündür dayaqda yerləşən kürevi maqnitə doğru iki mail nov bərkidilir – üstdəki nov düzxətli, aşağıdakı isə əyilmiş (a).

Düz novun üzərində yerləşdirilən metal kürəciyi maqnit cəzb etdiyindən o, yuxarı diyirlənməyə başlayır. Kürəcik yolunun üzərindəki 1 dəliyindən altdakı nova düşür, aşağı diyirlənərək 2 dəliyindən yenidən üstdəki nova çıxır. Yenə də maqnit onu yuxarı diyirləndirir – beləcə "mühərrik" daim işləyir.

- Bu "mühərrik" daim işləyəcəkmi? Nə üçün?
- Mühərrikin işləməsi üçün hansı fundamental qanun ödənilməlidir?

1

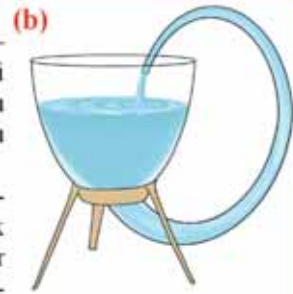
Araşdırma

Kənardan enerji alınmadan fasiləsiz iş görülmə bilirmi? Fikri eksperiment. Fransız ixtiraçısı Denni Papen (1647–1712) daim işləyə bilən sadə hidravlik maşının layihəsini verir. Layihəyə əsasən qabın alt hissəsi elə əyri boru formasında daraldılır ki, borunun kiçik diametrlili açıq ucu qabın geniş hissəsindən yuxarıda yerləşsin (b).

İxtiraçının fərziyyəsinə görə, qabın geniş hissəsindəki suyun çəkisi onun dar hissəsindəki suyun çəkisindən böyük olduğundan yaranan təzyiqlər fərqi suyu daim borunun dar ucuna doğru hərəkət etdirəcək. Lakin Papenin bu "perpetuum mobile"si işləmədi.

Nəticənin müzakirəsi:

- İxtiraçının səhvi nədədir? Bu mühərrikdə hansı qanun nəzərə alınmayıb?
- Mexaniki işin fasiləsiz görülməsini necə təmin etmək olar?



Termodinamikanın birinci qanunu. Təbiətin fundamental qanunlarından biri olan enerjinin saxlanması qanununa görə, qapalı sistemin tam enerjisi (mexaniki və daxili enerji) qapalı sistem daxilində baş verən bütün proseslərdə sabit qalır:

$$E + U = \text{const.}$$

İstilik proseslərində enerjinin saxlanması qanunu *termodinamikanın birinci qanunundan* ibarətdir:

- *Termodinamik sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi bu sistemə verilən istilik miqdarı ilə xarici qüvvələrin sistem üzərində gördüyü işin cəminə bərabərdir:*

$$\Delta U = Q + A. \quad (7.11)$$

Qapalı və izolə edilmiş sistem üzərində xarici qüvvələr iş görmür ($A = 0$) və o, ətrafdakı cisimlərlə istilik mübadiləsində olmur ($Q = 0$). Belə halda termodinamikanın birinci qanununa görə, qapalı və izolə edilmiş sistemin daxili enerjisi dəyişmir:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = 0 \quad \rightarrow \quad U_2 = U_1$$

Sistemin xarici qüvvələr üzərində gördüyü iş əks işarə ilə xarici qüvvələrin sistem üzərində gördüyü işə bərabər olduğundan ($A = -A'$) termodinamikanın birinci qanunu belə də ifadə edilə bilər:

- *Termodinamik sistemə verilən istilik miqdarı onun daxili enerjisinin dəyişməsinə və sistemin xarici qüvvələr üzərində gördüyü işə sərf olunur:*

$$Q = \Delta U + A'. \quad (7.12)$$

Enerjinin saxlanması qanunu kəşf ediləndən sonra məlum oldu ki, *birinci növ daimi mühərrik* yaratmaq mümkün deyildir:

- *Birinci növ daimi mühərrik (perpetuum mobile I) – bir dəfə işə salınan və kənar mənəbdən enerji almadan daim işləyən mühərrikdir.*

(7.11) ifadəsinə əsasən, sistemin iş görməsi üçün o ya kənardan istilik miqdarı almalıdır, yaxud da sistemin daxili enerjisi sərf olunmalıdır:

$$A' = Q - \Delta U, \quad (7.13)$$

əks halda, yəni $Q = 0$ və $\Delta U = 0$ olarsa, $A' = 0$ olur və “daimi mühərrik” işləmir.

2 Tətbiqetmə

Araşdırma Qazın daxili enerjisi nə qədər dəyişdi?

Məsələ: Təzyiqi $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ olan verilən kütləli biratomlu ideal qaz izobar genişlənərək həcmi $\Delta V = 0,5 \text{ m}^3$ artırdı. Qazın bu prosesdə daxili enerjisinin dəyişməsinə və aldığı istilik miqdarını müəyyən edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Biratomlu ideal qaz izobar genişləndikdə onun daxili enerjisinin dəyişməsi nəyə bərabərdir?
- Bu prosesdə ideal qazın aldığı istilik miqdarı necə təyin edilir?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Yayda leysan yağış yağdığını və dolu düşdüyünü yəqin ki, müşahidə etmişiniz. Bu necə baş verir?

Yer səthi yaxınlığında qızan hava atmosferin yuxarı qatlarına sürətlə qalxaraq genişlənir və nəticədə kəskin soyuyur. Onda su buxarı kiçik su damcıları və buz kristallarına kondensasiya edərək “ağır” buludlar yaradır – Yer səthinin bəzi bölgələrinə leysan yağışlar yağır, dolu düşür.

• **Belə atmosfer hadisəsi havanın (qazın) üzərində gedən hansı prosesin nəticəsində baş verir?**

Özünüzü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə sizə qaranlıq qaldı?
2. Termodinamikanın birinci qanunu hansı fundamental təbiət qanununun nəticəsidir?
3. Termodinamikanın birinci qanunundan hansı mühüm nəticə çıxarmaq olar?
4. Silindrin porşeni altında olan ideal qaza nə qədər istilik miqdarı vermək lazımdır ki, onun 200 C iş görməklə daxili enerjisi 100 C artsın?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Termodinamikanın birinci qanununa aid esse yazın.

7.3 TERMODİNAMİKANIN İKİNCİ QANUNU. İSTİLİK MÜHƏRRİKLƏRİNİN İŞ PRİNSİPİ

Şəkilə daxiliyanma mühərriki ilə işləyən avtomobilin aldığı və sərf etdiyi enerji miqdarı təsvir edilmişdir.



- Bu avtomobilin mühərrikinin qənaətcil olub, olmadığını necə müəyyənləşdirmək olar?
- Mühərrikdə istilik enerjisinin axımı (termodinamik proses) hansı istiqamətdə baş verir: istidən soyuğa, yoxsa əksinə?

1
Araşdırma

Müşahidə olunan hadisələrdən hansı nəticəyə gəlmək olar?

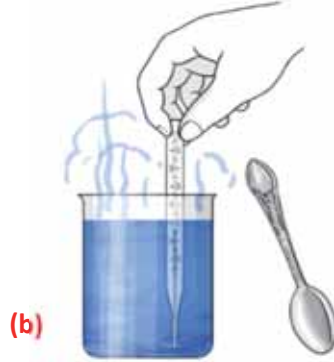
Təchizat: su qızdırıcısı, laboratoriya stəkani (2 əd.), boyaq kristalları, metal qaşiq, termometr.

İşin gedişi:

Təcrübə 1. Stəkani ilıq su ilə doldurun. Boyaq kristallarını suya atıb diffuziya hadisəsinin gedişini – suyun bütün həcmi boyu rəngləndiyini izləyin (a).



Təcrübə 2. İkinci stəkana isti su tökün və termometrlə suyun temperaturunu ölçün. Bir qədər sonra suya otaq temperaturunda olan metal qaşığı da daxil edin (b). Sistem arasında yaranan istilik tarazlığını təyin edin.



Nəticənin müzakirəsi:

- Maddələrin diffuziyası nəticəsində alınan qarışığın (rənglənmiş suyun) öz-özünə yəni-dən təmiz su və boyaq kristallarına ayrılma prosesi mümkündürmü? Nə üçün?
- İsti suya daxil edilən termometr və qaşığı arasında istilikvermə prosesi öz-özünə hansı cisimdən hansına doğru baş verdi? Bu proses öz-özünə tərsinə baş verə bilərmi?
- Termodinamikanın birinci qanununa görə istilikvermə prosesinin istiqamətini müəyyən-ləşdirmək olarmı? Cavabınızı əsaslandırın.

Termodinamikanın ikinci qanunu. Termodinamikanın birinci qanunu istilik prosesləri üçün enerjinin saxlanması qanunudur. Bu qanun birinci növ daimi mü-hərrik yaratmağın qeyri mümkünlüyünü təsdiqləyir. Lakin o, istilik proseslərinin hansı istiqamətdə getdiyini müəyyən etmir. Məsələn, temperaturları müxtəlif olan iki cismi bir-birinə toxunduraraq. Bir müddətdən sonra onlar arasında istilik tarazlığı yaranır. Termodinamikanın birinci qanunu ödəndi – isti cisim nə qədər istilik miqdarı verdisə, soyuq cisim də bir o qədər istilik miqdarı aldı. Əgər bu proses əksinə baş versəydi, yəni istilik soyuq cisimdən öz-özünə (xarici təsir olmadan) isti cismə verilsəydi, yenə də termodinamikanın birinci qanunu ödəniləcəkdə. Lakin əsrlərdən bəri aparılan heç bir eksperiment bu prosesin öz-özünə əksinə baş verdiyini müəyyən etmədi. Başqa sözlə desək, sonlu temperatur fərqi malik termodinamik sistemlərdə istilikvermə prosesi *dönməz* prosesdir. Bu müddəə alman alimi R.Y.Klauziusun (1822–1888) 1850-ci ildə formalaş-dırıldığı *termodinamikanın ikinci qanununun* əsasını təşkil edir:

- *İstilik enerjisi öz-özünə soyuq cisimdən isti cismə keçə bilməz.*

Bununla da termodinamikanın ikinci qanunu termodinamik proseslərin istiqamətinin qanunauyğunluğunu müəyyən etdi. O göstərdi ki, istiliyin soyuq cisimdən isti cismə verilmə prosesini öz-özünə deyil, iş görmə nəticəsində həyata keçirmək olar.

Sonrakı arařdırmalardan müəyyən olundu ki, nəinki istilik hadisələri, ümumiyyətlə, təbiətdə baş verən bütün hadisələr *dönməz proseslərdən* ibarətdir.

• *Dönməz proses – təbii hadisələrin öz-özünə əksinə baş verməsinin qeyri-mümkün olduğu prosesdir.*

İstilik mühərriklərinin iş prinsipi. Termodinamikanın ikinci qanunu *istilik maşınlarının* iş prinsipinin tədqiqi ilə əlaqədar olub onun elmi əsasını təşkil edir.

• *İstilik maşını – bir cisimdən istilik miqdarı alaraq dövrü proses icra edən (mexaniki iş görən) termodinamik sistemdir.*

İstilik maşınları iki növ olur: istilik mühərrikləri və soyuducu qurğular.

• *İstilik mühərriki – müxtəlif növ yanacaqın daxili enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən qurğudur.*

Bilirsiniz ki, bütün istilik mühərrikləri quruluş xüsusiyyətlərindən asılı olmayaraq üç əsas hissədən ibarətdir (bax: *Fizika-8*):

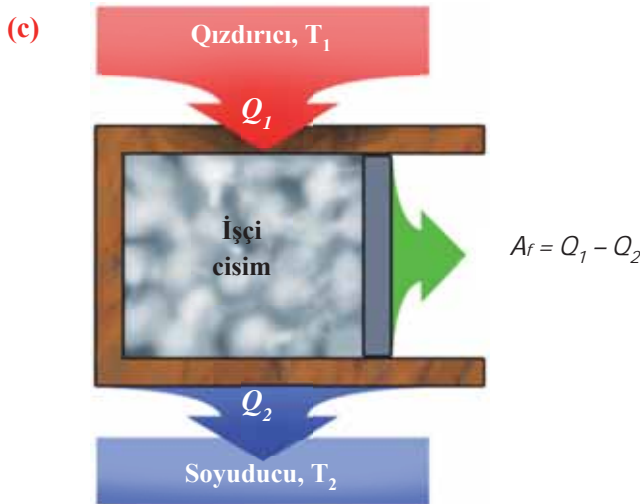
1. *Qızdırıcı – müxtəlif növ yanacağın yanması və ya nüvə reaksiyası nəticəsində ayrılan enerji hesabına yaranan yüksək T_1 temperaturunu sabit saxlayan hissə.*

2. *İşçi cisim – genişlənib, sıxılması nəticəsində mexaniki iş görə bilən qaz və ya buxar.*

3. *Soyuducu – temperaturu T_2 ($T_2 < T_1$) olan hissə: ətraf mühit (atmosfer), su.*

İstilik mühərrikinin prinsipl sxemi belədir: işçi cisim qızdırıcıdan Q_1 qədər istilik miqdarı alır, Q_2 qədər istilik miqdarını soyuducuya verir və nəticədə o, bir dövrdə A_f qədər faydalı iş görür (c):

$$A_f = Q_1 - Q_2. \quad (7.27)$$



İstilik mühərrikinin fasiləsiz işləməsi üçün mühərrikdə gedən proses dövrü olmalıdır. Bu məqsədlə mühərrik elə tənzimlənir ki, işçi cisim (qaz) əvvəlcə istidən genişlənərək silindrdəki porşeni itələyib onun üzərində iş görür, sonra isə sıxılaraq onu əvvəlki vəziyyətinə gətirir. Bundan sonra qaz yenidən genişlənir və beləliklə, proses dövrü təkrarlanır (mühərrikdə sürtünmə və ətrafla istilik mübadiləsi minimuma endirilir, bax: c).

Dövrü proses icra edən istilik mühərriki soyuducusuz işləyə bilməz. Həqiqətən, mühərrikdə faydalı işin görülməsinə qızdırıcıdan alınan Q_1 istilik miqdarının hamısı deyil, müəyyən hissəsi sərf olunur, qalan Q_2 istilik miqdarı soyuducuya verilir. Qızdırıcıdan alınan istilik miqdarının hansı hissəsinin faydalı işə sərf olunduğunu istilik mühərrikinin *faydalı iş əmsalı* ($FİƏ$) adlanan xarakteristikası müəyyən edir.

• *İstilik mühərrikinin faydalı iş əmsalı* (η) – onun gördüyü faydalı işin qızdırıcıdan aldığı istilik miqdarına nisbətində deyilir.

$$\eta = \frac{A_f}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}. \quad (7.28)$$

İstilik mühərrikləri soyuducusuz işləyə bilmədiyindən onların $FİƏ$ -si həmişə vahiddən – 100% -dən kiçikdir. Bu o deməkdir ki, termodinamikanın II qanunu *ikinci növ daimi mühərrikin* (*perpetuum mobile II*) yaradılmasının qeyri-mümkün olduğunu təsdiq edir:

• *İkinci növ daimi mühərrik* (*perpetuum mobile II*) – yalnız bir mənbədən alınan istilik hesabına daim işləyən mühərrikdir.

Beləliklə, termodinamikanın II qanununu belə də ifadə etmək olar:

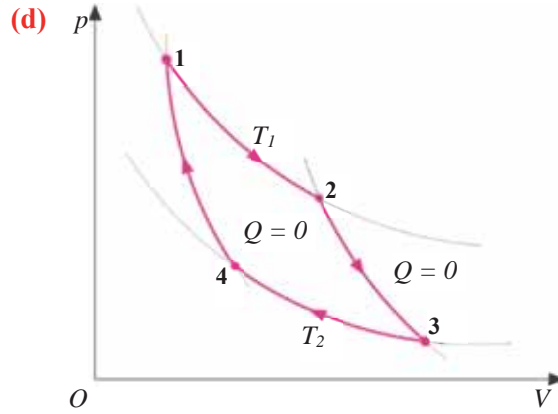
• *Yeganə nəticəsi yalnız bir mənbədən alınan istilik hesabına periodik işləyən maşın düzəltmək mümkün deyildir.*

Fransız mühəndisi Sadi Karno (1796–1832) 1824-cü ildə ideal istilik mühərrikinin iş prinsipinin (iş prinsipi ideal qaz qanunlarına tabe olan mühərrik) nəzəriyyəsinə müəyyənləşdirdi. Bu nəzəriyyəyə görə, ideal istilik mühərrikinin maksimal $FİƏ$ -si yalnız qızdırıcının və soyuducunun mütləq temperaturundan asılıdır:

$$\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \quad (7.29)$$

(7.29) ifadəsindən görünür ki, mühərrikin $FİƏ$ -sini artırmaq üçün qızdırıcının temperaturunun yüksəldilməsinə, soyuducunun temperaturunun isə azaldılmasına nail olmaq lazımdır.

İdeal istilik mühərrikinin həyata keçirdiyi dövrü proses iki izotermdən və iki adiabatdan ibarət olub *Karno dövrü* adlanır (**d**). İstilik mühərrikləri üçün bu dövrü *düz dövr* adlanır.



Tətbiqetmə

İstilik mühərrikinin gördüyü faydalı işi təyin edin

Məsələ. Qızdırıcıdan 800 kC istilik miqdarı alan istilik mühərrikinin gördüyü faydalı iş soyuducuya verilən istilik miqdarının 40%-ə bərabərdir. İstilik mühərrikinin gördüyü faydalı işi təyin edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- İstilik mühərrikinin gördüyü faydalı iş hansı düsturla təyin olunur?
- Apardığınız hesablamalardan istilik mühərrikinin faydalı işi nəyə bərabər oldu?

Gündəlik həyatınızla əlaqələndirin:

Bakıda qış və yay aylarında avtomobilin mühərrikinin FİƏ-sinin maksimum qiymətini müqayisə edin. Mühərrikin qızdırıcısının temperaturu 1000°C, atmosferin temperaturu qışda 3°C, yayda isə 37°C-dir.

- İstilik mühərrikinin FİƏ-sinin maksimal qiyməti nədən asılıdır?
- Hansı fəsilə istilik mühərrikinin FİƏ-sinin maksimal qiyməti daha böyükdür?

Özünü qiymətləndirin:

1. Dərsdə hansı anlayışları təkrarladınız? Bu zaman nəyi daha yaxşı başa düşdünüz, nə qaranlıq qaldı?
2. Təbiət hadisələrində dönməzliyin başlıca xüsusiyyəti nədir?
3. Termodinamikanın ikinci qanunu necə ifadə olunur?
4. İkinci növ daimi mühərrik nədir?
5. İstilik mühərrikinin FİƏ-si nəyə bərabərdir?
6. İdeal istilik mühərrikinin FİƏ-si nəyə bərabərdir?
7. Termodinamikanın ikinci qanunu canlı sistemlər üçün hansı mənə kəsb edir?

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “*termodinamikanın ikinci qanununun Klauzius tərif*”, “*termodinamikanın ikinci qanununun Tomson tərif*”, “*dönməz proses*”, “*istilik mühərriki*”, “*istilik mühərrikinin əsas hissələri*”, “*istilik mühərrikinin FİƏ-si*”, “*ikinci növ daimi mühərrik*”, “*Karno dövrü*”.

• LAYİHƏ • “İSTİLİK MÜHƏRRİKLƏRİ VƏ ƏTRAF MÜHİT”

mövzusunda
ELEKTRON TƏQDİMAT-LAYİHƏ
hazırlayın

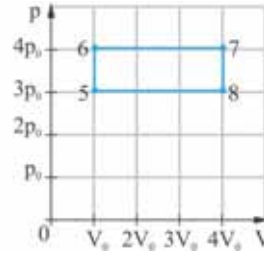
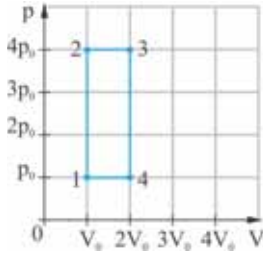
Layihənin planı:

1. İstilik mühərriklərinin ətraf mühitin çirklənməsində rolu
2. Quru yanacaqdan istifadənin müsbət və mənfi cəhətləri
3. Atmosferdə “isti şitillik” effektinin yaranması və onun ətraf mühitə zərərli təsiri
4. Mühərriklərin FİƏ-sinin artırılma problemləri

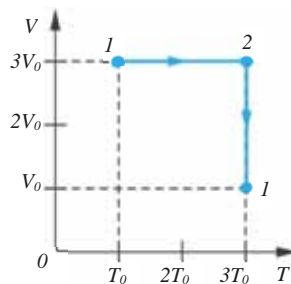
Resurslar:

- az.wikipedia.org Ətraf mühitin çirklənməsi
- eco.gov.az/uploads/hesabat/Jurnal-1.pdf
- library.adau.edu.az/upload/book/324_muhazirə_9.doc
- <https://videomin.org/4/movzu-4.3-daxiliyanma-muherrikleri-seh-97-8ci-sinif-fizika>
- wikimapia.org/29881298...Ətraf-mühitin-çirklənməsi
- <https://video.edu.az/video/980>
- statistika.nmr.az/source/environment/index.php
- <https://istilik-muherrikleri.blogspot.com/>
- stat.gov.az/menu/4/e-reports/az/07/007.php
- [addy.gov.az/index/pdf/BGW_TK2_Official EIA.pdf](http://addy.gov.az/index/pdf/BGW_TK2_Official_EIA.pdf)
- book.ilkaddimlar.com/d_pdf_book_diger_23485.do
- <https://videomin.org/2/fizika-istilik-muherrikleri-ve-etraf-muhitin-muhafizesi>
- bakuexpocenter.az/az/exhibitions.php
- <https://www.youtube.com/watch?v=P5p5ZfAeo2Q>

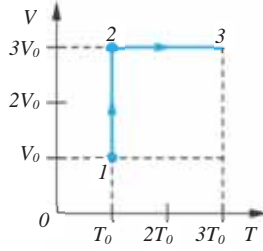
- 7.1. Maddə miqdarı 2 mol olan arqon qazını qızdırdıqda onun daxili enerjisi $\Delta U = 480C$ artdı. Arqonun temperaturu nə qədər artdı ($R = 8 \frac{C}{mol \cdot K}$)?
- 7.2. Havanın sabit $2 \cdot 10^5 Pa$ təzyiqdə həcmnin $0,05m^3$ -dən $0,1m^3$ genişlənməsi prosesində görülən işi hesablayın.
- 7.3. Havanın həcmi $2l$ -dən $10l$ -ə qədər izobar genişlənərək $4 kC$ iş gördü. Havanın təzyiqini təyin edin.
- 7.4. Verilən pV -qrafiklərində eyni miqdarda helium ilə həyata keçirilən iki dövrü 1–2–3–4–1 və 5–6–7–8–5 prosesi təsvir edilmişdir. Qrafiklərin təhlili əsasında bütün düzgün ifadələri seçin və cavabda onların nömrələrini göstərin.



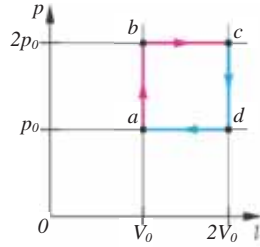
- 1) Qazın 1–2–3–4–1 dövründə gördüyü iş, onun 5–6–7–8–5 dövründə gördüyü işdən kiçikdir.
 - 2) 1–2–3–4–1 dövründə qazın izobar prosedə aldığı istilik miqdarı, onun 5–6–7–8–5 dövründə izobar prosedə aldığı istilik miqdarından kiçikdir.
 - 3) 1–2–3–4–1 dövründə qazın izoxor prosedə aldığı istilik miqdarı, onun 5–6–7–8–5 dövründə izoxor prosedə aldığı istilik miqdarından kiçikdir.
 - 4) 1–2–3–4–1 dövründə qazın izobar prosedə verdiyi istilik miqdarının modulu, onun 5–6–7–8–5 dövründə izobar prosedə verdiyi istilik miqdarının modulundan böyükdür.
 - 5) 1–2–3–4–1 dövründə qazın izoxor prosedə verdiyi istilik miqdarının modulu, onun 5–6–7–8–5 dövründə izoxor prosedə verdiyi istilik miqdarının modulundan böyükdür.
- 7.5. Verilən kütləli biratomlu ideal qaz üzərində 1-2-3 prosesi getmişdir. Prosesin 1-2 və 2-3 hissələrində qazın daxili enerjisi necə dəyişmişdir?



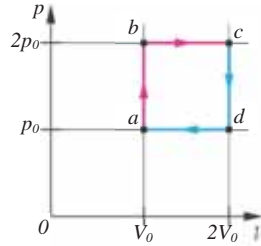
- 7.6. Verilən kütləli biratomlu ideal qaz üzərində 1-2-3 prosesi getmişdir. Prosesin 1-2 və 2-3 hissələrində qazın daxili enerjisi necə dəyişmişdir?



- 7.7. İdeal istilik mühərrikində $a - b - c - d - a$ dövrü proses gedir. Prosesin $a - b - c$ hissələrində qazın gördüyü işi təyin edin.



- 7.8. İdeal istilik mühərrikində $a - b - c - d - a$ dövrü proses gedir. Prosesin $a - b - c$ hissələrində qazın daxili enerjisinin dəyişməsinə təyin edin.



- 7.9. Buxar elektrik stansiyası hər saatda 50 ton kömür yandırır. Stansiyanın faydalı gücü 130 MVt-dırsa, onun FİƏ-i nə qədərdir ($q_{\text{kömür}} = 30 \text{ MC/kq}$)?
- 7.10. Avtomobilin mühərriki 32 kVt güc sərf etməklə 80 km/saat sabit sürətlə 40 km yol getdi. Mühərrik bu zaman 4 l dizəl yanacağı işlədir. Yanacağı yanma istiliyi 42 MC/kq-dır.

I sual. Bu avtomobilin mühərriki nə dərəcədə qənaətlidir? Onu necə müəyyən etmək olar?

II sual. Avtomobilin mühərrikinin effektivliyini artırmaq olarmı? Bunun üçün nə etmək lazımdır?

III sual. Mühərrikin ətraf mühitə ziyanlı təsirini necə azaltmaq olar?

A

Ağırlıq qüvvəsi – cismin Yer tərəfindən cəzb olunduğu qüvvədir. Ağırlıq qüvvəsi cismin kütləsi ilə Yer in bu cismə verdiyi sərbəstdüşmə təcili hasilinə bərabərdir:

$$\vec{F}_a = m\vec{g}.$$

Akselerometr (lat. *accelero* – təcilləndirirəm + yun. *metreo* – ölçürəm) – təcillə ölçən cihazdır.

Amorf cisimlər – zərrəciklərinin fəzadakı düzülüşündə nizamsızlıq olan və fiziki xassələri daxilində götürülən istiqamətdən asılı olmayan, yəni izotrop olan bərk cisimdir. Amorf cisimlərin dəqiq ərimə temperaturu yoxdur – onları qızdırdıqda tədricən yumşalır və mayeyə çevrilir.

Amplitud – rəqs edən cismin tarazlıq vəziyyətindən ən böyük yerdəyişməsidir.

Anizotropluq – fiziki xassələrin (mexaniki, istilik, elektrik, optik və s. xassələrin) istiqamətdən asılı olmasıdır.

Atom kütlə vahidi (a.k.v) – $^{12}_6\text{C}$ izotopunun kütləsinin 1/12 hissəsinə deyilir:

$$1 \text{ a. k. v.} = \frac{1}{12} m_{0,C} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kq}$$

Avoqadro ədədi (sabiti) – istənilən maddənin bir molunda olan molekulaların (və ya atomların) sayıdır:

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

Avoqadro qanunu – eyni temperatur və təzyiqdə həcmələri bərabər olan qazların molekulalarının sayı eynidir.

B

Bərabərtəcilli hərəkət – istənilən bərabər zaman fasilələrində sürət dəyişməsi sabit qalan hərəkətdir. Bərabərtəcilli hərəkətdə təcilin qiymət və istiqaməti dəyişmir:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \frac{\Delta\vec{v}}{t} = \text{const.}$$

Birinci növ daimi mühərrik (perpetuum mobile I) – bir dəfə işə salınan və kənar mənbədən enerji almadan daim işləyən mühərrikdir.

Boyl-Mariott qanunu – sabit temperaturda verilmiş ideal qazın təzyiqinin həcminə hasili sabitdir ($T = \text{const}$, $m = \text{const}$):

$$pV = \frac{m}{M} RT = \text{const.}$$

Sabit temperaturda verilmiş ideal qazın başlanğıc halındakı p_1 təzyiqi ilə V_1 həcmnin hasili bu parametrlərin qazın ixtiyari halındakı p_2 və V_2 qiymətləri hasilinə bərabərdir:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}.$$

Sabit temperaturda ($T = \text{const}$) verilmiş ideal qazın halının dəyişmə prosesi izotermik proses adlanır. İzotermik prosesdə qazın təzyiqi onun həcmi ilə tərs mütənasibdir.

Böhran temperaturu – maye ilə onun doyan buxarı arasındakı fərqi yox olduğu temperaturdur.

Broun hərəkəti – mayelərdə (və ya qazlarda) asılı halda olan “yad” hissəciklərin nizamsız hərəkətidir.

Bucaq sürəti – dönmə bucağının bu dönməyə sərf olunan zamana nisbəti ilə ölçülən fiziki kəmiyyətdir:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}.$$

Burada ω – bucaq sürətidir. Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edən nöqtənin bucaq sürəti zaman keçdikcə dəyişməz qalır ($\omega = \text{const}$). Bucaq sürətinin BS-də vahidi saniyədə radiandır:

$$[\omega] = 1 \frac{\text{rad}}{\text{san}}.$$

Buxarəmələgəlmə – maddənin maye halından qaz halına keçmə prosesidir.

Buxarlanma – mayenin səthində baş verən buxarəmələgəlmə hadisəsidir.

Buxarlanma istiliyi – sabit temperaturda m kütləli mayeni buxara çevirmək üçün lazım olan istilik miqdarıdır:

$$Q = Lm.$$

C

Coul (IC) – hərəkət istiqamətində təsir edən $1N$ qüvvənin $1m$ yerdəyişmədə gördüyü işdir: $[A] = 1N \cdot m = 1 \frac{\text{kq} \cdot \text{m}^2}{\text{san}^2} = 1C.$

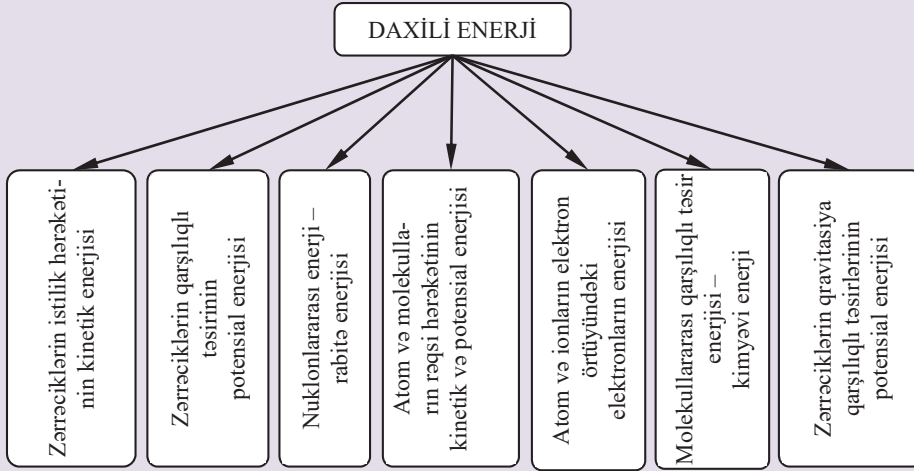
Ç

Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət – maddi nöqtənin sürətinin modulu çevrənin bütün nöqtələrində eyni olan hərəkətdir.

Çəki – Yer in cazibəsi nəticəsində cismin üfüqi dayağa və ya asqıya göstərdiyi təsir qüvvəsidir.

D

Daxili enerji – sistemi təşkil edən zərrəciklərin müxtəlif növ hərəkətləri və qarşılıqlı təsirləri ilə xarakterizə olunan enerjilərin cəmidir.



Dalğa – rəqslərin zaman keçdikcə fəzada yayılma prosesidir.

Dalğa sürəti – rəqslərin mühitdə yayılma sürətidir. Dalğa sürəti onun tezliyindən və periodundan asılı deyildir. Dalğa sürəti mühitin xassəsindən və aqreqat halından asılıdır. Dalğa uzunluğu isə bircins mühitdə ($v = \text{const}$) rəqs periodundan düz, tezliyindən tərs mütənasib asılıdır.

Bir mühitdən digərinə keçdikdə dalğanın tezliyi və periodu dəyişmir, lakin müxtəlif mühitlərdə dalğa sürəti fərqli olduğundan onun dalğa uzunluğu da dəyişir.

Dalğa tezliyi (periodu) – dalğa yaradan mənbəyin rəqs tezliyidir (periodudur).

Dalğa uzunluğu – bir rəqs perioduna bərabər müddətdə ($t = T$) dalğanın yayıldığı məsafədir.

Dalton qanunu – kimyəvi qarşılıqlı təsirdə olmayan ideal qazların təzyiqi parsial təzyiqlərin cəminə bərabərdir:

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n .$$

Deformasiya – xarici qüvvənin təsiri altında cismin öz forma və ölçülərini dəyişməsidir.

Dinamika (yun. *dinamikos* – qüvvətli, güclü) – hərəkətin xarakterini müəyyənləşdirən səbəbləri aşkar edən, bu səbəblərin hərəkətə necə təsir etdiyini öyrənən mexanika bölməsidir.

Dinamikanın əsas məsələsi – qüvvənin təsirinə görə cismin hərəkətinin xarakterini, yaxud əksinə, cismin hərəkətinin xarakterinə görə ona hansı qüvvənin təsir etdiyini müəyyənləşdirməkdir.

Diyirlənmə sürtünmə qüvvəsi – bir cismin səthində digər cisim diyirləndikdə yaranan sürtünmə qüvvəsidir.

Doyan buxar – öz mayesi ilə dinamik tarazlıqda olan buxardır.

Doymayan buxar – öz mayesi ilə dinamik tarazlıqda olmayan buxardır.

Dönmə bucağı – çevrə üzrə hərəkətdə radius-vektorun döndüyü bucaqdır. O , radiuslar arasındakı qövsün uzunluğunun çevrənin radiusuna nisbəti ilə ölçülən fiziki kəmiyyətdir:

$$\varphi = \frac{l}{R}.$$

Burada φ – dönmə bucağı, l – dönmə bucağına uyğun qövsün uzunluğu, R – çevrənin radiusudur.

Dönməz proses – real hadisələrin öz-özünə əksinə baş verməsinin qeyri-mümkün olduğu prosesdir.

Dövretmə periodu – maddi nöqtənin çevrə üzrə tam bir dövrünə sərf etdiyi zamandır:

$$T = \frac{t}{N}.$$

Burada T – dövretmə periodu, N – maddi nöqtənin t müddətindəki tam dövrlərinin sayıdır.

Dövretmə periodunun BS-də vahidi *saniyədir*:

$$[T] = 1 \text{ san.}$$

Dövretmə tezliyi – çevrə üzrə hərəkət edən maddi nöqtənin vahid zamanda etdiyi dövrlərin sayıdır:

$$\nu = \frac{N}{t}.$$

Burada ν – dövretmə tezliyidir. *Dövretmə tezliyinin BS-də vahidi saniyədə bir və ya hersdir*:

$$[\nu] = \frac{1}{\text{san}} = \text{san}^{-1} = 1 \text{ Hz.}$$

Dövretmə periodu ilə dövretmə tezliyi qarşılıqlı tərs kəmiyyətlərdir:

$$\nu = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{1}{\nu}.$$

Dövri tezlik – rəqs tezliyindən 2π dəfə böyük kəmiyyət olub fiziki mənaca rəqqasın $\approx 6,28$ ($2\pi \approx 6,28$) saniyədə neçə rəqs etdiyini göstərir.

Düzxətli bərabərsürətli hərəkət – düzxətli hərəkətdə istənilən bərabər zaman fasilələrində eyni yerdəyişmə icra edən maddi nöqtənin hərəkətidir. Zaman keçdikcə düzxətli bərabərsürətli hərəkətin sürətinin modulu və istiqaməti dəyişmir:

$$\vec{v} = \text{const.}$$

Düzxətli dəyişənsürətli hərəkət – düzxətli hərəkətdə bərabər zaman fasilələrində müxtəlif yerdəyişmələr icra edən maddi nöqtənin hərəkətidir.

Elastik dalğalar – elastik mühitlərdə mexaniki dalğaların ötürülmə prosesidir.

Elastiklik qüvvəsi – bərk cismin ixtiyari kiçik deformasiyası zamanı yaranan və cismin əvvəlki vəziyyətini bərpa etmək istiqamətində yönələn qüvvədir.

Elastiki deformasiya olunmuş cismin potensial enerjisi – onun sərtliyi və gərilməsinin (və ya sıxılmasının) kvadratı hasilinin yarısına bərabərdir:

$$E_p = \frac{kx^2}{2}.$$

Eninə dalğa – mühitin zərrəciklərinin rəqsi hərəkət istiqamətinə perpendikulyar yayılan dalğadır. Eninə dalğalar yalnız bərk cisimlərdə və mayelərin səthində yayıla bilər. Eninə dalğalar mühitdə bir-birini əvəz edən qabarıqlar və çöküklər formasında yayılır.

G

Gey-Lüissak qanunu – sabit təzyiqdə verilmiş kütləli ideal qazın həcmnin onun mütləq temperaturuna nisbəti sabitdir ($p = \text{const}$, $m = \text{const}$):

$$\frac{V}{T} = \frac{mR}{M} \cdot \frac{1}{p} = \text{const}.$$

Qazın başlanğıc halındakı V_1 həcmnin T_1 temperaturuna olan nisbəti bu parametrlərin qazın ixtiyari halındakı V_2 və T_2 qiymətləri nisbətində bərabərdir:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}.$$

Sabit təzyiqdə ($p = \text{const}$) verilmiş ideal qazın halının dəyişmə prosesi **izobar proses** adlanır. İzobar prosesdə qazın həcmi onun temperaturundan düz mütənasib asılıdır.

Gərilmə diaqramı – mexaniki gərginliyin nümunənin nisbi uzanmasından asılılıq qrafikidir.

Güç – görülən işin bu işi görməyə sərf edilən zamana nisbətində deyilir:

$$N = \frac{A}{t}.$$

Gücün BS də vahidi vattdır (Vt):

$$[N] = 1 \frac{C}{\text{san}} = 1 \frac{kq \cdot m^2}{\text{san}^3} = 1Vt.$$

H

Harmonik rəqs – sərbəst rəqs edən sistemin vəziyyətini xarakterizə edən fiziki kəmiyyətlərin zamandan asılı olaraq sinus və ya kosinus qanunu ilə dəyişdiyi rəqslərdir.

Hesablama sistemi – hesablama cismi, onunla bağlı koordinat sistemi və zamanı hesablamaq üçün cihazın təşkil etdiyi sistemdir.

X

Xətti sürət – maddi nöqtənin çevrə üzrə hərəkət sürətinin moduluna deyilir.

Xüsusi buxarlanma istiliyi – ədədi qiymətə sabit temperaturda kütləsi 1kq olan mayeni tamamilə buxara çevirmək üçün lazım olan istilik miqdarına bərabərdir.

$$L = \frac{Q}{m}$$

Burada L – xüsusi buxarlanma istiliyi, Q – buxarlanma istiliyidir. Xüsusi buxarlanma istiliyinin BS-də vahidi:

$$[L] = 1 \frac{C}{kq} = 1 \frac{m^2}{san^2}$$

Xüsusi ərimə istiliyi – ədədi qiymətə kütləsi 1 kq olan kristal maddəni ərimə temperaturunda mayeyə çevirmək üçün sərf edilən istilik miqdarıdır.

$$\lambda = \frac{Q}{m}$$

λ – verilən maddənin xüsusi ərimə istiliyidir.

Xüsusi nisbilik nəzəriyyəsinin I postulatı – təbiətin bütün qanunları bütün ətalət hesablama sistemlərində eynidir və heç bir fiziki təcrübə ilə inersial sistemləri bir-birindən fərqləndirmək olmaz.

Xüsusi nisbilik nəzəriyyəsinin II postulatı – işığın vakuumda yayılma sürəti bütün ətalət hesablama sistemlərində eynidir və o, işıq mənbəyinin və qəbuledicisinin sürətindən asılı deyildir. Işıq sürəti təbiətdə mövcud olan maksimal sürətdir.

i

İdeal qaz – aşağıdakı şərtləri ödəyən qazdır:

– Molekullarının həcmi onlar arasındakı məsafədən çox-çox kiçikdir və nəzərə alınmır. Ona görə də ideal qaz molekulları, demək olar, bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdə olmur – ideal qaz molekullarının qarşılıqlı təsir potensial enerjisi sıfıra bərabərdir: $E_p = 0$. Odur ki, ideal qaz istənilən qədər sıxıla bilər;

– Molekulları arasındakı qarşılıqlı cazibə xarakterli qüvvələr nəzərə alınmayacaq dərəcədə zəifdir;

– Molekulları arasında itələmə xarakterli qüvvələr yalnız bir-biri ilə və ya yerləşdikləri qabın divarı ilə toqquşduqda meydana çıxır; molekulların toqquşmaları mütləq elastikdir;

– Molekulları ixtiyari sürət ala bilər, hər bir molekulun hərəkəti klassik mexanika qanunlarına tabedir.

İdeal qazın molekulyar-kinetik nəzəriyyəsinin əsas tənliyi – qazı xarakterizə edən makroskopik parametr olan təzyiqin, onun molekullarını xarakterizə edən mikroskopik parametrlərlə əlaqələndirən tənlikdir:

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2}.$$

İdeal qazın hal tənliyi – qazın halını təsvir edən, onun başlanğıc və son halının parametrləri arasında əlaqəni müəyyən edən tənlikdir.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad \text{və ya} \quad \frac{pV}{T} = \text{const.}$$

İkinci növ daimi mühərrik (perpetuum mobile II) – yalnız bir mənbədən alınan istilik hesabına daim işləyən mühərrikdir.

İmpuls – mexaniki hərəkətin miqdarı olub, cismin kütləsi ilə onun sürəti hasilinə bərabər vektorial fiziki kəmiyyətdir:

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

İmpulsun saxlanması qanunu – qapalı sistem təşkil edən cisimlərin impulsunun vektorial cəmi sabit qalır:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots + \vec{p}_n = \text{const.}$$

İsladan maye – kənar bucağı iti olan mayedir. İsladan maye ilə bərk cismin molekulları arasındakı cazibə xarakterli qüvvələr mayenin öz molekulları arasındakı cazibə qüvvələrindən böyük olur. Nəticədə qabdakı mayenin sərbəst səthi çökük olur, məsələn, şüşə borudakı su isladan mayedir.

İslatmayan maye – kənar bucağı kor olan mayedir. İslatmayan maye ilə bərk cismin molekulları arasındakı cazibə xarakterli qüvvələr mayenin öz molekulları arasındakı cazibə qüvvələrindən kiçik olur. Nəticədə qabdakı mayenin sərbəst səthi qabarıq olur, məsələn, şüşə borudakı cıvə islatmayan mayedir.

İstilik tarazlığı və ya termodinamik tarazlıq – sistemin makroskopik parametrlərinin uzun müddət dəyişməz qaldığı haldır.

İstilik məşını – bir cisimdən istilik miqdarı alaraq dövrü proses icra edən (mexaniki iş görəni) termodinamik sistemdir.

İstilik mühərriki – müxtəlif növ yanacaqın daxili enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən qurğudur. İstilik mühərrikləri quruluş xüsusiyyətlərindən asılı olmayaraq üç əsas hissədən ibarətdir:

1. Qızdırıcı – müxtəlif növ yanacaqın yanması və ya nüvə reaksiyası nəticəsində ayrılan enerji hesabına yaranan yüksək T_1 temperaturunu sabit saxlayan hissə.

2. İşçi cisim – genişlənilib sıxılması nəticəsində mexaniki iş görə bilən qaz və ya buxar.

3. Soyuducu – temperaturu T_2 ($T_2 < T_1$) olan hissə: ətraf mühit (atmosfer), su.

İstilik mühərriki işçi cisim qızdırıcıdan Q_1 qədər istilik miqdarı alır, Q_2 qədər istilik miqdarı soyuducuya verir və nəticədə o, bir dövrdə A_f qədər faydalı iş görür:

$$A_f = Q_1 - Q_2.$$

İstilik mühərrikinin faydalı iş əmsalı (η) – onun gördüyü faydalı işin qızdırıcıdan aldığı istilik miqdarına nisbətində deyilir.

$$\eta = \frac{A_f}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}.$$

İrəliləmə hərəkəti – bütün nöqtələri eyni hərəkət edən cismin hərəkətinə deyilir.

İzotropluq – fiziki xassələrin istiqamətdən asılı olmamasıdır.

K

Kapilyar – diametri $10^{-3}m$ və daha kiçik tərtibdə olan kanaldır (borudur).

Kinetik enerji – cismin öz hərəkəti nəticəsində malik olduğu enerjidir:

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

Kinetik enerji haqqında teorem – sabit əvəzləyici qüvvənin cisim üzərində gördüyü iş cismin kinetik enerjisinin dəyişməsinə bərabərdir:

$$A = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k.$$

Burada E_{k1} – cismin kinetik enerjisinin başlanğıc, E_{k2} – isə son qiymətidir. Kinetik enerji skalyar fiziki kəmiyyətdir və o, işdən fərqli olaraq, yalnız müsbət qiymətlər alır və ya sıfıra bərabər olur (başqa növ enerjiyə çevrilir). Kinetik enerjinin dəyimə teoremindən aşağıdakılar müəyyən olunur:

a) əgər sabit əvəzləyici qüvvənin gördüyü iş müsbətdirsə ($A > 0$), kinetik enerjinin dəyişməsi də sıfırdan böyük olur: $E_{k2} - E_{k1} > 0$ – kinetik enerji artır;

b) əgər sabit əvəzləyici qüvvənin gördüyü iş mənfədirsə ($A < 0$), kinetik enerjinin dəyişməsi də sıfırdan kiçik olur: $E_{k2} - E_{k1} < 0$ – kinetik enerji azalır;

c) əgər sabit əvəzləyici qüvvənin gördüyü iş sıfıra bərabərdirsə ($A = 0$), kinetik enerjinin dəyişməsi də sıfıra bərabər olur: $E_{k2} - E_{k1} = 0$ – kinetik enerji dəyişmir, sabit qalır ($E_{k2} = E_{k1} = \text{const}$).

Kondensasiya – buxarın mayeyə çevrilmə prosesidir. Kondensasiya edən buxar ətraf mühitə $Q = Lm$ qədər istilik verir. Kondensasiya nəticəsində maye buxarlanmaya sərf etdiyi qədər istilik alır.

Q

Qapalı sistem – başqa cisimlərlə qarşılıqlı təsirdə olmayan (xarici qüvvələrin əvəzləyicisi sıfıra bərabər olan) cisimlərdən ibarət sistemdir. Saxlanma qanunları qapalı sistemlərdə ödənilir

Qravitasiya sabiti – qiymətə kütlələri $1kg$, aralarındakı məsafə $1m$ olan iki maddi nöqtə arasındakı qarşılıqlı cazibə qüvvəsinə bərabərdir.

Qravitasiya sabitinin ədədi qiyməti təcrübi olaraq 1798-ci ildə ingilis alimi Henri Kavendiş (1731–1810) təyin etmişdir. Bu qiymət dünyəvidir – Kainatda bütün cisimlər üçün ölçülərindən və kütlələrindən asılı olmayaraq eynidir:

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

Qravitasiya sahəsinin intensivliyi – qravitasiya sahəsində maddi nöqtəyə (cismə) təsir edən cazibə qüvvəsinin onun kütləsinə nisbəti ilə ölçülən vektorial fiziki kəmiyyətdir:

$$\vec{g}_0 = \frac{\vec{F}}{m}.$$

Burada \vec{g}_0 – qravitasiya sahəsinin intensivliyi, m – bu sahəyə gətirilən maddi nöqtənin (cismin) kütləsi, \vec{F} – qravitasiya sahəsində maddi nöqtəyə təsir edən cazibə qüvvəsidir.

Qravitasiya sahəsinin intensivliyinin modulu bu sahə mənbəyinin kütləsindən düz, sahənin verilmiş nöqtəsinə qədərki məsafənin kvadratından tərs mütənəsis asılıdır. O, sahəyə gətirilən cismin kütləsindən asılı deyildir. Qravitasiya sahəsinin intensivliyi sahənin istənilən nöqtəsində radius boyunca sahə mənbəyinin mərkəzinə doğru yönəlidir. Qravitasiya sahəsinin verilmiş nöqtəsində sahə intensivliyinin modulu həmin nöqtədə sərbəstdüşmə təcilinin moduluna bərabərdir, verilmiş nöqtədə onların istiqamətləri də üst-üstə düşür.

M

Maddə miqdarı (ν) – ondakı molekulların və ya atomların nisbi sayının avoqadro ədədinə olan nisbətində deyilir:

$$\nu = \frac{N}{N_A}.$$

N – verilən maddədəki molekulların sayıdır.

Maddə miqdarının BS -də vahidi moldur (1mol): $[\nu] = 1\text{mol}$.

Mol (1mol) – kütləsi 0,012 kq olan karbon atomlarının sayı qədər molekulardan və ya atomlardan təşkil olunmuş maddə miqdarıdır.

Maddənin nisbi molekulyar kütləsi (və ya atom) kütləsi – həmin maddənin molekulunun m_0 kütləsinin, karbon atomu kütləsinin $1/12$ -nə olan nisbətində deyilir:

$$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0,C}}$$

M_r – nisbi molekulyar kütləsi, m_0 – maddə molekulunun kütləsidir.

Maddi nöqtə – hərəkətin verilmiş halında ölçüləri nəzərə alınmayan cisimdir.

Makroskopik cisim – böyük miqdar atom və molekulardan təşkil olunan cisimdir.

Mexanika (yun. mekhane – maşın, mexanizm) – mexaniki hərəkətin başvermə qanunauyğunluqlarını, onun səbəbini öyrənən elmdir.

Mexaniki dalğa – mexaniki rəqslərin mühitdə yayılma prosesidir. O, vakuumda yayılmır. Mexaniki dalğalar elastik mühitdə (bərk cisim, maye və qazlar) yayılır.

Mexaniki hərəkət – cismin zaman keçdikcə fəzada başqa cisimlərə nəzərən vəziyyətinin dəyişməsidir.

Mexaniki iş – əvəzləyici qiüvvənin modulu, yerdəyişmənin modulu və bu qiüvvə ilə yerdəyişmə vektorları arasında qalan bucağın kosinusunu hasilinə bərabərdir:

$$A = F \cdot s \cdot \cos\alpha.$$

Mexaniki rəqsi hərəkət – cismin və ya cisimlər sisteminin tarazlıq vəziyyəti ətrafında əks istiqamətlərdə tamamilə və ya qismən təkrarlanan hərəkətidir. Başqa sözlə desək: mexaniki rəqsi hərəkət – cismin və ya cisimlər sisteminin tarazlıq vəziyyəti ətrafında gah bu, gah da digər istiqamətdə yerdəyişməsidir.

Menisk – mayenin bərk cismin (və ya digər mayenin) səthinə toxunması nəticəsində onun sərbəst səthinin əyilməsidir. Menisklə bərk cismin səthi arasındakı bucaq kənar bucaq adlanır.

Məcburi rəqs – periodik dəyişən xarici qiüvvələrin təsiri hesabına baş verən rəqslərdir.

Molekulyar fizika – makroskopik cisimlərin daxili quruluşunu, onun xassəsini və materiyanın istilik hərəkətinin əsas qanunauyğunluqlarını öyrənən fizika bölməsidir.

Molekulyar-kinetik nəzəriyyənin müddəaları:

I müddəa: bütün maddələr zərrəciklərdən – atom və molekulardan təşkil olunmuşdur.

II müddəa: maddəni təşkil edən zərrəciklər fasiləsiz və nizamsız (xaotik) hərəkətdədir.

III müddəa: maddə zərrəcikləri bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdədir – onlar arasında cazibə və itələmə xarakterli qiüvvələr mövcuddur.

Molyar kütlə – maddənin bir molunun kütləsinə deyilir: $M = m_0 \cdot N_A$.

Molekulların konsentrasiyası – vahid həcmdə olan molekulaların sayıdır:

$$n = \frac{N}{V}.$$

Molekulların orta kvadratik sürəti – molekulaların sürətinin kvadratının orta qiymətinin kvadrat köküdür:

$$v_{or.kv} = \sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}}.$$

Molekulların orta kvadratik sürəti MKN baxımından aşağıdakı düsturlarla da hesablanabilir:

$$v_{or.kv} = \sqrt{\frac{2\bar{E}_k}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}.$$

Burada T – mütləq temperatur, k – Bolzman sabiti, m_0 – bir molekulun kütləsi, n – molekulaların konsentrasiyası, \bar{E}_k – molekulaların irəliləmə hərəkətinin orta kinetik enerjisi, ρ – sıxlıq, p – təzyiqdır.

Monokristallar – vahid kristal mərkəzin böyüməsi nəticəsində yaranan kristallardır.

Mütləq rütubət – verilən şəraitdə havada olan su buxarının sıxlığına bərabər olan fiziki kəmiyyətdir.

Mütləq rütubəti (havadakı su buxarının sıxlığını) Mendeleyev-Klapeyron tənliyində əsasən su buxarının parsial təzyiqi ilə ifadə etmək olar:

$$\rho_b = \frac{p_p M}{RT}.$$

Burada $M = 18 \frac{q}{\text{mal}}$ – suyun molyar kütləsi, T – havanın temperaturu, p_p – buxarın parsial təzyiqi, R – universal qaz sabiti, ρ_b – havada olan su buxarının sıxlığıdır – mütləq rütubətdir. Mütləq rütubət, adətən, q/m^3 ilə ölçülür.

Müqavimət qüvvəsi – bərk cismin mayədə və qazda hərəkəti zamanı meydana çıxan və hərəkətin əksinə yönələn qüvvədir.

N

Nisbilik prinsipi – mexanika qanunları bütün ətalət hesablaşma sistemlərində eynidir.

Nisbi rütubət – verilən temperaturda havanın mütləq rütubətinin həmin temperaturda doyan su buxarının sıxlığına nisbətində bərabər olan fiziki kəmiyyətdir.

Nisbi rütubət faizlərlə ifadə olunur: $\varphi = \frac{\rho_p}{\rho_0} \cdot 100\%$.

Burada ρ_0 – havadakı doyan su buxarının sıxlığı, φ – havanın nisbi rütubətidir.

Nyutonun I qanunu – elə hesablaşma sistemləri vardır ki, həmin sistemlərə nəzərən sükunətdə olan və ya düzxətli bərabərsürətli hərəkət edən cismə heç bir xarici təsir olmadıqda (və ya ona edilən təsirlər bir-birini tarazlaşdırdıqda) o, sükunət və ya düzxətli bərabərsürətli hərəkət halını saxlayır.

Nyutonun II qanunu – ətalət hesablaşma sistemində cismin aldığı təcil ona təsir edən qüvvələrin əvəzləyicisi ilə düz, bu cismin kütləsi ilə tərs mütənasibdir:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \text{ və ya } m\vec{a} = \vec{F}.$$

Nyutonun III qanunu – ətalət hesablaşma sistemində iki cisim bir-birinə modulca bərabər, eyni bir düz xətt üzrə əks istiqamətlərə yönələn qüvvələrlə qarşılıqlı təsir edir: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$.

1 nyuton – elə qüvvənin vahidində deyilir ki, onun təsiri ilə kütləsi 1 kq olan cisim $1 \frac{m}{\text{san}^2}$ təcil alsın: $[F] = [m][a] = 1 \frac{\text{kq} \cdot \text{m}}{\text{san}^2} = 1 \text{N}$.

P

Parsial təzyiq – qaz qarışıqında ayrıca götürülmüş qazın təzyiqidir.

Polikristallar – müxtəlif istiqamətlərə yönələn çoxlu sayda kristal mərkəzlərin böyüməsi və birləşməsi nəticəsində yaranan kristallardır.

Potensial enerji – qarşılıqlı təsirdə olan cisimlərin (və ya zərrəciklərin) malik olduqları enerjidir:

$$E_p = mgh.$$

Potensial enerji haqqında teorem – ağırlıq qüvvəsinin gördüyü iş əks işarə ilə cismin potensial enerjisinin dəyişməsinə bərabərdir:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}) = -\Delta E_p.$$

R

Radius-vektor – koordinat başlanğıcını maddi nöqtə ilə birləşdirən vektordur.

Relyativistik mexanika – mexanika qanunlarının işıq sürəti ilə müqayisə olunan sistemlərdə baxılan fizika bölməsidir.

Rezonans – məcbureddici qüvvənin dəyişmə tezliyi sistemin sərbəst rəqs tezliyi ilə eyni olduqda məcburi rəqslərin amplitudunun kəskin artması hadisəsidir.

Rəqs periodu – bir tam rəqsə sərf olunan zamandır.

Rəqs tezliyi – ədədi qiymətcə bir saniyədəki rəqslərin sayına bərabər olan fiziki kəmiyyətdir.

Riyazi rəqqas – uzanmayan və çəkisi nəzərə alınmayacaq qədər kiçik olan sapdan asılan maddi nöqtədən ibarət ideallaşdırılmış rəqs sistemidir.

S

Səthi gərilmə qüvvəsi – mayenin səthini hüdudlandıran xəttə perpendikulyar olub səth boyunca yönələn və mayenin səthinin sahəsini kiçiltməyə çalışan qüvvədir. Səthi gərilmə qüvvəsi maye ilə bərk cismin toxunma sərhədinin uzunluğu (mayenin sərbəst səthinin uzunluğu) ilə düz mütənasibdir:

$$F_{s.g} = \sigma \cdot l.$$

Burada $F_{s.g}$ – mayenin səthi gərilmə qüvvəsi, l – mayenin sərbəst səthinin bərk cismə toxunma sərhədinin uzunluğu, σ (siqma) – səthi gərilmə əmsəlidir.

Səthi gərilmə əmsalı – ədədi qiymətcə maye ilə bərk cismin vahid toxunma sərhədinin uzunluğuna düşən səthi gərilmə qüvvəsinə bərabərdir:

$$\sigma = \frac{F_{s.g}}{l}.$$

Sərbəstdüşmə – yalnız ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında düşən ($v_0=0$) cismin hərəkətidir. Belə hərəkət g təcili ilə bərabəryeyinləşəndir.

Sərbəst rəqslər – qapalı sistemdə daxili konservativ qüvvələrin təsiri nəticəsində baş verən rəqslərdir.

Soyuducu qurğunun soyuducu əmsalı (ξ – **psi**) – soyuducudan alınan istilik miqdarının xarici qüvvələrin (məsələn, elektrik mühərrikinin) gördüyü işə nisbətində deyilir.

$$\xi = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}.$$

İdeal soyuducu qurğunun soyuducu əmsalı:

$$\xi_{\max} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}.$$

Sükunət enerjisi – seçilmiş hesablama sistemində nəzərə alınmayan sükunətdə olan cismin enerjisidir.

Sürüşmə sürtünmə qüvvəsi – bir cismin səthində digər cisim sürüşdükdə yaranan sürtünmə qüvvəsidir. Sürüşmə sürtünmə qüvvəsi ədədi qiymətcə səthin reaksiya qüvvəsi ilə (təzyiq qüvvəsi ilə) mütənasib olub sükunət sürtünmə qüvvəsinin maksimal qiymətinə bərabərdir:

$$(F_{\text{sür.}})_{\text{sürüşmə}} = (F_{\text{sür.}})_{\text{sükunət}}^{\text{max}} = \mu N.$$

Burada μ – mütənasiblik əmsalı olub sürüşmə sürtünmə əmsalı adlanır: *o, toxunan cisimlərin hazırlandığı materialdan və toxunan səthlərin hamarlığından asılıdır*. μ – adsız kəmiyyətdir; vahidi yoxdur.

Sükunət sürtünmə qüvvəsi – birinə nəzərən sükunətdə olan cisimlər arasında yaranan sürtünmə qüvvəsidir. Sükunət sürtünmə qüvvəsi ədədi qiymətcə sükunətdə olan cismə toxunan səthlərə paralel yönələn dartı qüvvəsinə bərabər olub, onun əksinə yönəlidir.

§

Şarl qanunu – sabit həcmdə verilmiş kütləli ideal qazın təzyiqinin onun mütləq temperaturuna nisbəti sabitdir ($V = \text{const}$, $m = \text{const}$):

$$\frac{p}{T} = \frac{mR}{M} \cdot \frac{1}{V} = \text{const}.$$

Qazın başlanğıc halındakı p_1 təzyiqinin T_1 temperaturuna olan nisbəti bu parametrlərin qazın ixtiyari halındakı p_2 və T_2 qiymətləri nisbətinə bərabərdir:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}.$$

Sabit həcmdə ($V = \text{const}$) verilmiş ideal qazın halının dəyişmə prosesi **izoxorik proses** adlanır. İzoxorik prosesdə qazın təzyiqi onun temperaturundan düz mütənasib asılıdır.

T

Tam mexaniki enerjinin saxlanması qanunu – qapalı sistemi təşkil edən cisimlər bir-birinə konservativ qüvvələrlə təsir etdikdə sistemin tam mexaniki enerjisi sabit qalır:

$$E_{k2} + E_{p2} = E_{k1} + E_{p1},$$

$$E_T = \text{const}.$$

Tarazlığın şərtləri – o, ikidir:

1. İrəliləmə hərəkətində olan cismin tarazlıq şərti: irəliləmə hərəkətində olan cismin tarazlıqda olması üçün ona tətbiq edilən əvəzləyici qüvvə (cismə təsir edən bütün qüvvələrin həndəsi cəmi) sıfıra bərabər olmalıdır:

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

2. Momentlər qaydası və ya tərpənməz fırlanma oxu olan cismin tarazlıqda olması üçün ona təsir edən qüvvələrin fırlanma oxuna nəzərən momentlərinin cəbri cəmi sifira bərabər olmalıdır:

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0.$$

Temperatur – makroskopik sistemin istilik tarazlığını xarakterizə edən kəmiyyətdir: istilik tarazlığında sistemin bütüün hissələrinin temperaturu eynidir. Temperatur – cismin molekullarının xaosik irəliləmə hərəkətinin orta kinetik enerjisinin ölçüsüdür.

Termodinamika – fizikanın istilik hadisələrini makroskopik nöqtəyi-nəzərindən öyrənən bölməsidir.

Termodinamikanın birinci qanunu – termodinamik sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi bu sistemə verilən istilik miqdarı ilə xarici qüvvələrin sistem üzərində gördüyü işin cəminə bərabərdir:

$$\Delta U = Q + A.$$

Termodinamikanın birinci qanunu belə də ifadə edilə bilər: termodinamik sistemə verilən istilik miqdarı onun daxili enerjisinin dəyişməsinə və sistemin xarici qüvvələr üzərində gördüyü işə sərf olunur:

$$Q = \Delta U + A'.$$

Termodinamikanın ikinci qanunu – yeganə nəticəsi yalnız bir mənbədən alınan istilik hesabına periodik işləyən maşın düzəltmək mümkün deyildir. İstilik enerjisi öz-özünə soyuq cisimdən isti cismə keçə bilməz.

Bununla da termodinamikanın ikinci qanunu termodinamik proseslərin istiqamətinin qanunauyğunluğunu müəyyən etdi. O göstərdi ki, istiliyin soyuq cisimdən isti cismə verilmə prosesini öz-özünə deyil, müəyyən mexaniki iş görmək nəticəsində həyata keçirmək olar.

Termodinamik sistem – istənilən makroskopik cisim və ya cisimlər sistemidir. Termodinamik sistemin halı makroskopik və ya termodinamik parametrlərlə (kütlə, sıxlıq, həcm, təzyiq, temperatur) xarakterizə olunur.

Təcil – sürət dəyişməsinin bu dəyişmənin baş verdiyi zaman fasiləsinə nisbətində bərabər olan fiziki kəmiyyətdir:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \frac{\Delta \vec{v}}{t} = \text{const.}$$

Təcil – vektor kəmiyyət olub istiqaməti $\Delta \vec{v}$ -nin istiqaməti ilə üst-üstə düşür.

Trayektoriya – maddi nöqtənin verilmiş hesablama sisteminə nəzərən üzəri ilə hərəkət etdiyi xətdir.

U

Uzununa dalğa – mühitin zərrəciklərinin rəqsi hərəkət istiqaməti boyunca yayılan dalğadır. Uzununa dalğalar bütünlükdə (bərk cisim, maye və qazlarda) yayıla bilər. Uzununa dalğalar mühitdə bir-birini əvəz edən sıxlaşmalar və seyrəkləşmələr formasında yayılır.

Ü

Ümumdünya cazibə qanununu – iki maddi nöqtə arasındakı qarşılıqlı cazibə qüvvəsi onların kütlələrinin hasilindən düz, aralarındakı məsafənin kvadratından tərs mütənasib asılıdır:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

Burada F – cazibə (qarvitasiya) qüvvəsinin modulu, m_1 və m_2 – maddi nöqtələrin kütlələri, r – maddi nöqtələr arasındakı məsafə, G – mütənasiblik əmsalı olub *ümumdünya cazibə (qarvitasiya) sabiti* və ya sadəcə *qarvitasiya sabiti* adlanır.

V

Vatt (IVt) – 1 saniyədə 1C iş görən mexanizmin gücünə deyilir.

Vektorial kəmiyyət – ədədi qiymətindən (modulundan) başqa, istiqaməti ilə də verilən kəmiyyətdir.

Y

Yaylı rəqqas – yay və ona bağlanmış cisimdən ibarət rəqs sistemidir.

Yerdəyişmə – hərəkətdə olan maddi nöqtənin başlanğıc vəziyyəti ilə son vəziyyətini birləşdirən istiqamətlənmiş düz xətt parçasıdır.

Yunq modulu – nazik çubuğu iki dəfə dartıb uzatmaq üçün lazım olan gərginliyə bərabər fiziki kəmiyyətdir. O, cismin hazırlandığı materialdan asılıdır və onun da BS-də vahidi paskaldır:

$$[E] = \frac{[\sigma]}{[\epsilon]} = 1Pa.$$

Z

Zamanın bircinsliliyi – zamanın paralel köçürülməsinə nəzərən simmetriyasıdır: qapalı sistemin fiziki xassələri zamanın başlanğıc anının seçilməsindən asılı deyildir, zamanın bütünlükləri ekvivalentdir.

MƏSƏLƏLƏRİN CAVABLARI

I fəsil

1.1. $N(\approx 4,25 \text{ m}; 2,5 \text{ m})$.

1.2. $\approx 4,03 \text{ m}; 2\text{m}$ və $-3,5 \text{ m}; 29^\circ$.

1.3. $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}; c = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$.

1.4. $a_x = 0, a_y = -8; b_x = -3, b_y = 4; c_x = 0,$
 $c_y = 6; d_x = 9, d_y = -7; e_x = -4, e_y = -3$.

1.5. $3600 \text{ m}; 0$.

1.6. 12 sm və $\approx 11,06 \text{ sm}; 24 \text{ sm}$ və $16 \text{ sm}; 36 \text{ sm}$ və $\approx 11,06 \text{ sm}; 48 \text{ sm}$ və 0 sm .

1.7. M və O arabacıqları N arabacığına nəzərən sağ tərəfə hərəkət edir.

1.8. M və O arabacıqları N arabacığına nəzərən sükunətdədir.

1.9. $\approx 11,7 \text{ dəq}; 5 \text{ km}$.

1.11. $90 \text{ m}; \approx 41,23 \text{ m}; 8,246 \text{ san}$.

1.12. $0 \text{ m}; 180000 \text{ m}; 0 \text{ m/san}^2$.

1.13. $20 \text{ m/san}; 36 \text{ km}$.

1.15. I sual. Cisimlərin düzxətli bərabərsürətli hərəkəti.

II sual. Qrafiklər hərəkətlərin müxtəlif istiqamətlərinə və başlanğıc koordinatlarına görə fərqlənir.

III sual. I və III cisimlərinin sürəti eyni olub $-1,25 \text{ m/san}$; II cismin sürəti $-6,7 \text{ m/san}$;

IV cismin sürəti $-2,5 \text{ m/san}$.

IV sual. $x_I = 5 + 1,25t; x_{II} = -5 + 6,7t;$

$x_{III} = 0 + 1,25t; x_{IV} = 20 - 2,5t$.

1.16. $10 \frac{\text{m}}{\text{san}}; 2,5 \frac{\text{rad}}{\text{san}}$.

1.17. $\approx 6,7 \frac{1}{\text{san}}$.

II fəsil

2.1. $14 \text{ N}; 2 \text{ N}$.

2.2. $\approx 12, 16 \text{ N}; 10 \text{ N}$.

2.3. $0 - t_1; t_3 - t_4; t_5 - t_6$.

2.4. • Rezin şinli təkər ilə yol arasındakı ilişmə qüvvəsi (rezinlə asfalt səth arasındakı sürtünmə qüvvəsi), rezinin asfalt yola toxunan səthinin sahəsindən asılıdır. Bu səthin sahəsinin ölçüsü nə qədər böyükdürsə, bolid bir o qədər “təkərlər”i üzərində möhkəm dayanır.

• Formula-1 yarışması ideal hamar örtüklü yollarda həyata keçirilir, lakin adi yolların örtüyü ideal olmayıb kələ-kötür, bəzi hallarda isə dayaz su gölməçələrindən ibarət olur. Belə yollarda protektorsuz təkərlər asanlıqla sürüşərək yoldan çıxıb bilər. Su, qar, pəlçiq və digər qeyri-hamar cisimlər protektor şırımları vasitəsilə effektiv şəkildə kənara atılır və təkər yoldan çıxır.

2.5. Sürüşkən buzlu yolda təkər rezini-buz arasında sürtünmə əmsalı çox kiçik olduğundan sürətlə hərəkətdə olan avtomobili əyləc saxlaya bilməyəcək. Sürüşən avtomobil isə idarə olunmazdır. Bu təhlükəni aradan qaldırmaq üçün sürət ötürücüsü vasitəsilə sürət tədricən azaldılmalı və sonra əyləclə saxlanılmalıdır.

2.6. 216 kN.

2.7. 14,4 kN.

2.8. 4,5 s.

2.9. 3 m/san^2 ; yuxarı.

2.10. 2 m/san^2 ; 2 kN; 18 kN·san; 261 m.

2.11. 9 dəfə artar.

2.12. $g_h = \frac{gR_{yer}^2}{(h+R_{yer})^2} = 0,61 \frac{\text{m}}{\text{san}^2}$.

2.13. 200 kN/m .

2.14. 40 sm.

2.15. $\approx 60 \text{ sm}$; $\approx 66,7 \text{ N/m}$.

2.16. 90 N.

2.17. $l_t = 87,5 \text{ m}$ – avtomobil sürünü vurmayacaq.

2.18. $\approx 13 \cdot 10^5 \text{ m/san}$.

2.19. 2 m/san^2 ; 25 kq.

2.20. 400 N; 1200 N.

III fəsil

3.1. 0,1 m/san.

3.2. 0,75 m/san.

3.3. 400 m/san.

3.4. 1,6 m/san.

3.5. 144C.

3.6. 100 N.

3.7. -5C; 5C; 0.

3.8. Xeyr.

3.9. I sual. Eyni sürətlə hərəkət edən yük avtomobilinin kütləsi minik avtomobilin kütləsindən böyük olduğundan onun kinetik enerjisi də böyük olur. Bu səbəbdən hərəkətdə olan yük avtomobilini effektiv əyləcləməq üçün o, daha güclü əyləc sisteminə malik olmalıdır.

II sual. Pnevmatik əyləc sistemlərində sıxılmış havanın potensial enerjisindən istifadə olunur.

3.10. Avtomobilə əlavə kinetik enerji verilməsi üçün yoxuşu çıxmadan əvvəl sürətləndirilir.

3.11. $A = \frac{m}{2} (v_2^2 - v_1^2) = -80C$.

3.12. 0,02C.

3.13. Kinetik enerji azalar, potensial enerji artar.

3.14. Kinetik enerji artar, potensial enerji azalar.

3.15. 3,75 kq.

3.16. 2 kq, 40 m/san.

- 3.17. 11,25 m; 28,125 C.
3.18. 18 m/san.
3.19. 10 m.

IV fəsil

- 4.1. 0,5 san.
4.2. $N = 30\,000$.
4.3. 1,5 Hs; $\approx 0,67$ san; 9 Hs.
4.4. (3) qrafiki.
4.5. $a = -3,2 \pi^2$.
4.6. $x = 0,2 \sin 12t$.
4.7. (2) qrafiki.
4.8. 0,75 san.
4.9. 2,45 mm.
4.10. $x = 0,05 \cos(15t + 0,75)m$.
4.11. 4,5 m; 2 Hs.
4.12. $\frac{3}{4}\pi$.
4.13. 25 sm; 8 san.
4.14. 0,48 m.
4.15. 0.192 m.
4.16. 12 m; 0,05 san; 20 Hs.
4.17. 4,26 dəfə artar.
4.18. 8 m.
4.19. 2Hs.

V fəsil

- 5.1. ≈ 29 il.
5.2. $\approx 0,92 \cdot c$.
5.3. ≈ 41 yaşında.
5.4. $\approx 1,3$ m.
5.5. Eninə ölçüsü dəyişmir, uzunluğu 2m qısalmır.
5.6. $9 \cdot 10^{-31} kq$.
5.7. $10,251 \cdot 10^{-11} C$.
5.8. $25,5 \cdot 10^{-11} C$.
5.9. $0,6 \cdot 10^9 ton$.
5.10. c .

VI fəsil

6.1. $1,2 \cdot 10^{24}$.

6.2. 5 mol.

6.3. $3,3 \cdot 10^{-27} \text{ kq}$; $5,3 \cdot 10^{-26} \text{ kq}$.

6.4. I sual. $m_1 = 21,11 \text{ kq}$;

$m_2 = 59,09 \text{ kq}$; $m_3 = 44,17 \text{ kq}$

II sual. $n_1 = 1,18263 \frac{\text{kq}}{\text{m}^3}$; $n_2 = 1,18298 \frac{\text{kq}}{\text{m}^3}$;

$n_3 = 1,18291 \frac{\text{kq}}{\text{m}^3}$. III sual. Nisbətən 1 otağında

6.5. Birinci halda, bəli. İkinci halda qapalıdır, lakin izolə edilmiş deyil.

6.6. Xeyr, əvvəlcə cisimlər ilə otaq arasında istilik mübadiləsi baş verir. Bəli, qasıqların temperaturu otağın temperaturuna bərabər olduqda deyilir ki, onlar arasında istilik tarazlığı yaranmışdır.

6.7. Xeyr, sitem istilik tarazlığında deyildir.

6.8. 927°C .

6.9. 647 K-dan yüksək temperaturlarda.

6.10. 150K temperaturunda – maye, 190K-da – qaz.

6.11. $1 \rightarrow 6$ hissəsi izotermik sıxılmaya, $1 \rightarrow 3$ hissəsi izotermik genişlənməyə uyğundur.

6.12. $1 \rightarrow 2$ hissəsi izoxorik soyumaya, $1 \rightarrow 5$ hissəsi izoxorik qızımaya uyğundur.

6.13. DA hissəsi.

6.14. 3 dəfə.

6.15. $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.

6.16. 0,7 dəfə artmışdır.

6.17. $5 \frac{\text{kq}}{\text{m}^3}$.

6.18. 840 Pa.

6.19. $13 \frac{\text{q}}{\text{m}^3}$.

6.20. 180kC.

6.21. 0,25 mm.

6.22. $10,8 \text{ mm}^3$.

6.23. 0,0438 q.

6.24. $\sigma_{\text{yağ}} = 15,57 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$.

6.25. Fiziki xassəsinin müxtəlif istiqamətlərdə müxtəlifliyi ilə.

6.26. Tərəfləri arasındakı bucaqların sayına və formasına görə.

VII fəsil

7.1. 20K.

7.2. 10kC.

7.3. $5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

7.4. 2 və 5 müddələri doğrudur.

7.5. 1 – 2 hissəsində 3 dəfə artmışdır. ;

2 – 3 hissəsində dəyişməyib.

7.6. 1 – 2 hissəsində dəyiməyib;
2 – 3 hissəsində 3 dəfə artmışdır.

7.7. $2p_0V_0$.

$$7.8. U = \frac{3}{2}pV; \Delta U = U_c - U_a = \\ = \frac{3}{2}(4p_0V_0 - p_0V_0) = \frac{9}{2}p_0V_0.$$

7.9. 31,2%

7.10. I sual. $\eta = 34,29\%$.

Mənbələr

1. Əhmədov F.A.. Mexanika və molekulyar fizika. Bakı, 2007, 387s.
2. Əsgərov B.M. Termodinamika və statistik fizika, Bakı, BDU, 2005, 625 s.
3. Eyvazov E.Ə., Qurbanov S.Ş., Xəlilov Ş.X. Molekulyar fizika və termodinamikaya giriş. Bakı, 2010.
4. Qocayev N.M. Ümumi fizika kursu, 2 cildə. 1-ci cild, Mexanika, Bakı, Qafqaz Universiteti, 2007, 408 s.
5. Qocayev N.M. Ümumi fizika kursu, 2 cildə. 2-ci cild, Molekulyar fizika. Bakı, Qafqaz Universiteti, 2008, 432 s.
6. Савельев В.И. Курс общей физики. Т. 1,2,3, Москва, Высшая школа, 2006.
7. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. М.: Высшая школа, 1981, 400с.
8. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. Механика. М.: Высшая школа, 1973, 384 с.
9. Иванов С.А., Иванов А.Е. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. М.: КноРус, 2012, 950 с.
10. Иродов И.Е. Механика. Основные законы. М.: Гостехиздат, 2010, 251 с.

BURAXILIŞ MƏLUMATI

FİZİKA – 10

Ümumi təhsil müəssisələrinin 10-cu sinifləri üçün fizika fənni üzrə dərslik

Tərtibçi heyət:

| | |
|---------------------|--|
| Müəlliflər | Mirzəli İsmayıl oğlu Murquzov Rasim Rəşid oğlu Abdurazaqov Rövşən Mirzə oğlu Əliyev |
| Dil redaktoru | K.Cəfərli |
| Nəşriyyat redaktoru | K.Abbasova |
| Bədii redaktor | T.Məlikov |
| Texniki redaktor | Z.İsayev |
| Dizayner | N.Məlikzadə |
| Rəssamlar | M.Hüseynov, E.Məmmədov |
| Korrektor | A.Məsimov |

© Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin qrif nömrəsi: 2022-064

Müəlliflik hüquqları qorunur. Xüsusi icazə olmadan bu nəşri və yaxud onun hər hansı hissəsini yenidən çap etdirmək, surətini çıxarmaq, elektron informasiya vasitələri ilə yaymaq qanuna ziddir.

Hesab-nəşriyyat həcmi 9,3. Fiziki çap vərəqi 13. Səhifə sayı 208.

Kağız formatı $70 \times 100^{1/16}$. Kəsimdən sonra ölçüsü 165×240 .

Ofset kağızı. Məktəb qarnituru. Ofset çapı.

Tiraj 102984. Pulsuz. Bakı – 2022.

Əlyazmanın yığma verildiyi və çapa imzalandığı tarix: 19 .08.2022

Çap məhsulunu nəşr edən:

“Bakı” nəşriyyatı (Bakı., H.Seyidbəyli küç., 30)

Çap məhsulunu istehsal edən:

“Təhsil NP” MMC (Bakı., F.Xoyski küç., 121a)

Pulsuz



Əziz məktəbli !

Bu dərslik sizə Azərbaycan dövləti tərəfindən bir dərs ilində istifadə üçün verilir. O, dərs ili müddətində nəzərdə tutulmuş bilikləri qazanmaq üçün sizə etibarlı dost və yardımçı olacaq.

İnanırıq ki, siz də bu dərsliyə məhəbbətlə yanaşacaq, onu zədələnmələrdən qoruyacaq, təmiz və səliqəli saxlayacaqsınız ki, növbəti dərs ilində digər məktəbli yoldaşınız ondan sizin kimi rahat istifadə edə bilsin.

Sizə təhsildə uğurlar arzulayırıq!

