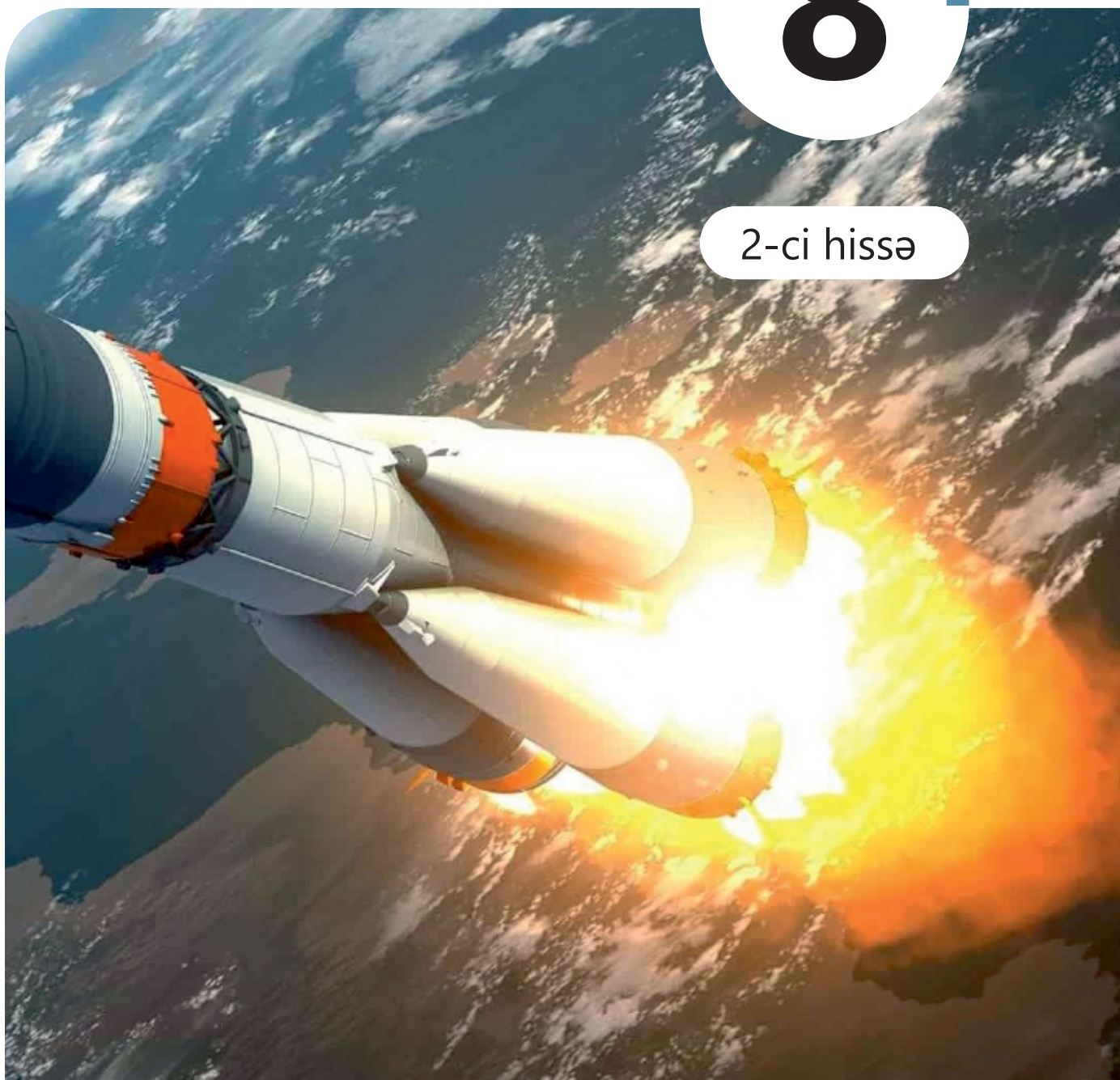


Fizika

8

2-ci hissə

DƏRS LİK





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!

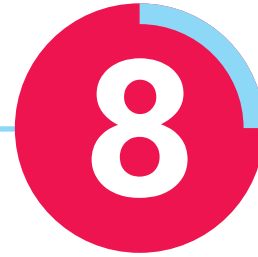


HEYDƏR ƏLİYEV
AZƏRBAYCAN XALQININ ÜMUMMİLLİ LİDERİ

Rasim Abdurazaqov
Dünyamalı Məmmədov
Əli Ağacanlı

Fizika

Ümumi təhsil müəssisələrinin 8-ci sinifləri üçün
fizika fənni üzrə dərslik (2-ci hissə)



2-ci hissə

©Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi



Creative Commons
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0International
(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 şərtləri ilə yayılmalıdır.



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

Bölmə 4 Dalğalar

4.1 Mexaniki dalğalar və onların növləri	6
4.2 Dalğanı xarakterizə edən fiziki kəmiyyətlər	10
4.3 Səs dalğası	13
4.4 Səsin xarakteristikaları	17
4.5 Dalğaların xassələri.	22
4.6 Elektromaqnit dalğaları. Elektromaqnit dalğaları şkalası	26
Elm, texnologiya, həyat	31
Xülasə	32
Ümumiləşdirici tapşırıqlar	33

Bölmə 5 Molekulların istilik hərəkəti. Daxili enerji

5.1 Molekulların istilik hərəkəti. Temperatur	36
5.2 Cisimlərin istidən genişlənməsi	40
5.3 İstilik tarazlığı. Temperatur şkalaları	43
5.4 Daxili enerji. Daxili enerjinin dəyişmə üsulları	46
5.5 İstilikvermənin növləri: istilikkeçirmə, konveksiya və şüalanma	49
Elm, texnologiya, həyat	53
Xülasə	54
Ümumiləşdirici tapşırıqlar	55

Bölmə 6 İstilik hadisələrində enerjinin saxlanması qanunu

6.1 İstilik miqdarı. Xüsusi istilik tutumu	58
6.2 İstilik proseslərində enerjinin saxlanması qanunu	62
6.3 Bərk cismin xüsusi istilik tutumunun təyini (praktik iş)	65
6.4 Maddənin aqreqlat halının dəyişməsi: ərimə və bərkimə	66
6.5 Maddənin aqreqlat halının dəyişməsi: buxarlanma və kondensasiya.	69
6.6 Maddənin aqreqlat hallarının dəyişmə proseslərində tələb olunan istilik miqdarı.	72
6.7 İstilik mühərriki. İstilik mühərrikinin faydalı iş əmsalı.	76
6.8 Buxar mühərriki	80
6.9 Daxiliyanma mühərriki	83
6.10 Reaktiv mühərrik	87
6.11 İstilik mühərrikləri və ekoloji problemlər	90
Elm, texnologiya, həyat	93
Xülasə.	94
Ümumiləşdirici tapşırıqlar	95
Sözlük.	97

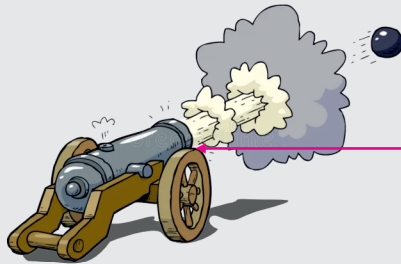
bölmə 4

Dalğalar

Bəzi təbiət hadisələri güclü səslərlə müşayiət olunur. Belə hadisələrdən biri şimşək çaxmasıdır. Şimşək çaxması baş verəndə onun işığı, demək olar ki, həmin anda görünür, göy gurultusu isə bir qədər gec eşidilir. Dalğaların yaranması və yayılması hələ qədim zamanlardan insanların diqqətini çəkmişdir. Səsin dalğalar şəklində yayılması fikrini ilk dəfə söyləyən isə yunan filosofu Aristotel olmuşdur.



- Fransız alimi Marin Mersenn 1640-cı ildə ilk dəfə səsin havada yayılma sürətini ölçmüşdür. O, müəyyən etmişdir ki, atəşin səsi onun dərhal görünən qığılcımından bir qədər sonra eşidilir.



$$v_{\text{hava}} = 443 \text{ m/san}$$



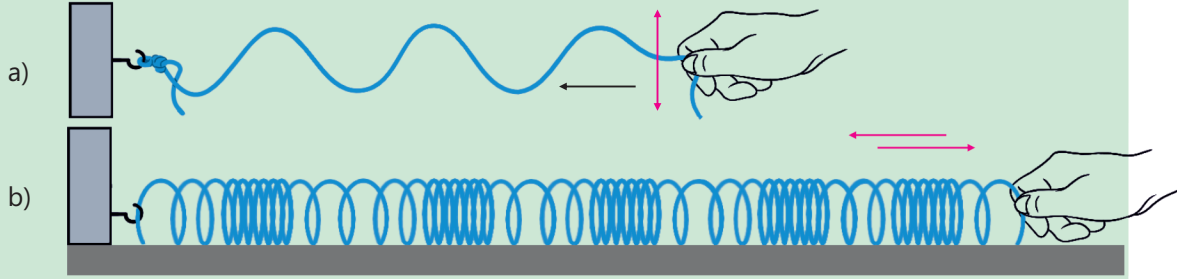
- Səs yaradan başqa hansı təbiət hadisələrini bilirsiniz?

Bölmədə öyrənəcəksiniz

- Dalğaların mexaniki və elektromaqnit olmaqla iki növü vardır
- Mexaniki dalğalar mexaniki rəqslərin elastik mühitdə yayılmasıdır
- Mexaniki dalğalar iki növ olur: eninə və uzununa
- Mexaniki dalğaların əsas xarakteristikası onun tezliyi, dalğa uzunluğu və sürətidir
- Səs dalğaları da mexaniki dalğadır
- Səs dalğasının yaranması, yayılması və əsas xarakteristikaları maraqlı təcrübələrlə müşahidə olunur və ölçülür
- Səsin xassələrinin fizioloji və fiziki əsaslarının qarşılıqlı əlaqəsi var
- Elektromaqnit dalğaları bir-birini yaradan elektrik və maqnit sahələrinin fəzada rəqslərinin yayılmasıdır və onlar tezlik diapazonuna görə təsnif edilir

4.1 Mexaniki dalğalar və onların növləri

Şəkildə bir ucu ştativə (yaxud divara) bağlanmış qaytan və elastik yay təsvir olunmuşdur. Qaytanın sərbəst ucu yuxarı-aşağı, yayın sərbəst ucu isə irəli və geri hərəkət etdirilir.



- Qaytan və yayda yaranan hərəkətlərdə uyğun olaraq hansı oxşar və fərqli xüsusiyyətlər müşahidə olundu?
- Bu hərəkətlərdə təkrarlanan nədir?

Açar sözlər

mexaniki rəqs, mexaniki dalğa, eninə dalğa, uzununa dalğa

Bir çox hallarda cisim və ya zərrəciklər tarazlıq vəziyyəti ətrafında təkrarlanan hərəkət edir. Belə hərəkət *rəqsi hərəkət* adlanır. Təkrarlanan proseslər fiziki təbiətinə görə müxtəlif olur. Onlardan biri *mexaniki rəqsdür*.

– *Mexaniki rəqs – cismin və ya cisimlər sisteminin tarazlıq vəziyyəti ətrafında təkrarlanan hərəkətidir.*

– *Mühitdə rəqslərin yayılma prosesi dalğa adlanır.*

Dənizdə ləpələrin əmələ gəlməsi, mizrabın təsiri ilə yaranan titrəyişin tarın simi boyunca yayılması, simdə yaranan səsə mühitdə yayılması və s. dalğadır.

– *Mexaniki dalğa – mexaniki rəqslərin elastik mühitdə yayılma prosesidir.*

Mexaniki dalğanın mənbəyi rəqs edən cisimlər, yaxud zərrəciklərdir. Mexaniki dalğa yalnız o mühitdə yarana bilər ki, həmin mühit rəqsi hərəkət nəticəsində deformasiyaya məruz qaldıqda elastiklik qüvvəsi meydana çıxır. Bu səbəbdən də çox vaxt mexaniki dalğa *elastik dalğa*, onun yarandığı mühit isə elastik

mühit adlanır. Bərk cisimlər, maye və qazlar elastik mühit olduğundan onlarda mexaniki dalğa yarana bilər.

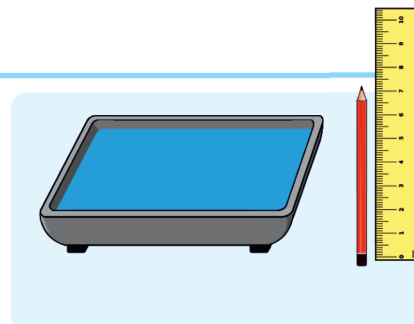
Fəaliyyət

Mexaniki dalğanın yaranması və yayılması

Ləvazimat: su doldurulmuş küvet, karandaş, 10 sm uzunluqlu xətkəş, stolüstü tennis şarı.

İşin gedişi:

1. Karandaşın ucluğu ilə su səthində bir nöqtəni şaquli döyəcləyin və yaranan mənzərənin təsvirini iş vərəqinə çəkin.
2. Xətkəşin əvvəlcə qısa, sonra isə uzun tili ilə su səthini şaquli döyəcləyin və alınan mənzərənin təsvirlərini iş vərəqinə çəkin.
3. Dalğalanan suyun səthinə tennis şarı qoyun və dalğanın yayılma prosesinin şarın vəziyyətinə necə təsir etdiyini izləyin.



Müzakirə edin:

1. Su səthində dalğaların yaranma və yayılmasında oxşar və fərqli hansı xüsusiyyətlər müşahidə olundu?
2. Tennis şarının rəqsi hərəkəti hansı istiqamətdə oldu: dalğanın yayılması, yoxsa ona perpendikulyar istiqamətdə?

Aparılan təcrübədə müşahidə etdiniz ki, karandaş ucluğunun toxunduğu nöqtədən konsentrik su halqaları yarandı və onlar suyun səthi boyunca ətrafa qabarıqlar və çökəkliklər formasında yayıldı. Bu zaman müşahidəçiyə elə gəlir ki, ətrafa qabarıq və çökəkliklər formasında yayılan karandaş ucluğunun rəqsə gətirdiyi nöqtədəki sudur. Lakin təcrübəni tennis şarı ilə davam etdirdikdə məlum oldu ki, şar yayılan su halqaları ilə deyil, yerində yalnız aşağı-yuxarı rəqsi hərəkət edir.

Bəs su səthində yayılan nədir?

Su səthində yaranan qabarıq və çökəkliklərin hərəkət edən mənzərəsi su zərrəciklərinin (molekulların) su səthinə perpendikulyar olmaqla rəqsi hərəkətinin nəticəsidir. Belə ki, su zərrəciklərinin müəyyən nöqtədə yaranan rəqsi hərəkəti suyun qonşu zərrəciklərinə verilməklə rəqsi hərəkətə yeni-yeni zərrəciklər cəlb olunur. Bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdə olan qonşu zərrəciklərin rəqsi hərəkəti nəticəsində hər tərəfə yayılan dalğa əmələ gəlir. Beləliklə, yayılan dalğada aşağıdakı hadisələr baş verir:

- 1) *Dalğanın yayıldığı mühitin zərrəciklərinin rəqsi hərəkəti.* Bu zaman mühitin zərrəcikləri yalnız öz tarazlıq vəziyyətləri ətrafında rəqs edir və dalğada maddə daşınması baş vermir.

2) *Mühitin zərrəciklərinin qonşu zərrəciklərlə qarşılıqlı təsiri.* Bu zaman mühitin zərrəcikləri arasındakı qarşılıqlı təsirlər enerji daşınması ilə nəticələnir. Bu səbəbdən dalğaya belə tərif də verilir:

– *Dalğanın yayılması zamanı enerji və hərəkət ötürülür, maddə isə daşınmır.*

Mexaniki dalğaların növləri

Mexaniki dalğalar formaca iki növ olur: *eninə və uzununa dalğalar.*

– *Mühitdəki zərrəciklərin rəqsi dalğanın yayılma istiqamətinə perpendikulyar olarsa, belə dalğa eninə dalğa adlanır.*

Eninə dalğada mühit deformasiyaya məruz qalır və o, rəqslərin yayılması istiqaməti boyunca formasını dəyişir: mühitdə qabarıqlar və çökəkliklər növbə ilə təkrarlanır (şəkil 4.1).

Bərk cisimlərin daxilində və səthində eninə dalğaların yayılması üçün maddə zərrəcikləri arasında cismin formasının dəyişməsinə (deformasiyasına) mane olan qüvvələrin yaranması lazımdır. Bu, əsasən, bərk cisimlərdə mövcud olan elastiklik qüvvəsidir. Məsələn, tar, saz, gitara və digər musiqi alətlərinin simlərinə mizrabla və ya barmaqla edilən təsirlər sim boyu yayılan eninə dalğa yaradır.

Dayaz və məhdud sahəli mayelərin səthində əmələ gələn dalğa da eninə yayılan dalğadır.

Bunu tennis şarı ilə aparılan eksperimentdə müşahidə etdiniz. Belə ki, tennis şarı su səthi boyunca deyil, qoyulduğu yerdə qabarıqlar və çökəkliklər üzrə aşağı-yuxarı rəqsi hərəkət etdi.

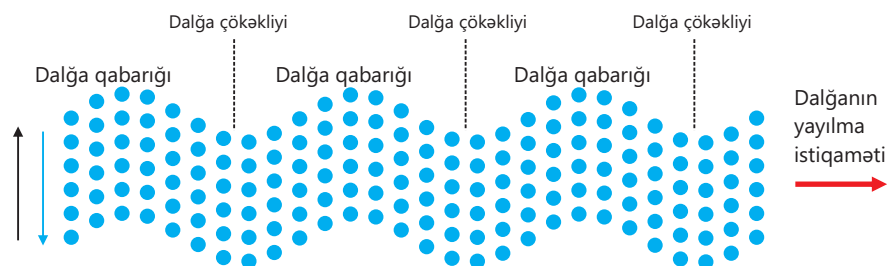
• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Dalğanın yayılması zamanı maddə daşınması baş vermir. Bunun səbəbi nədir?



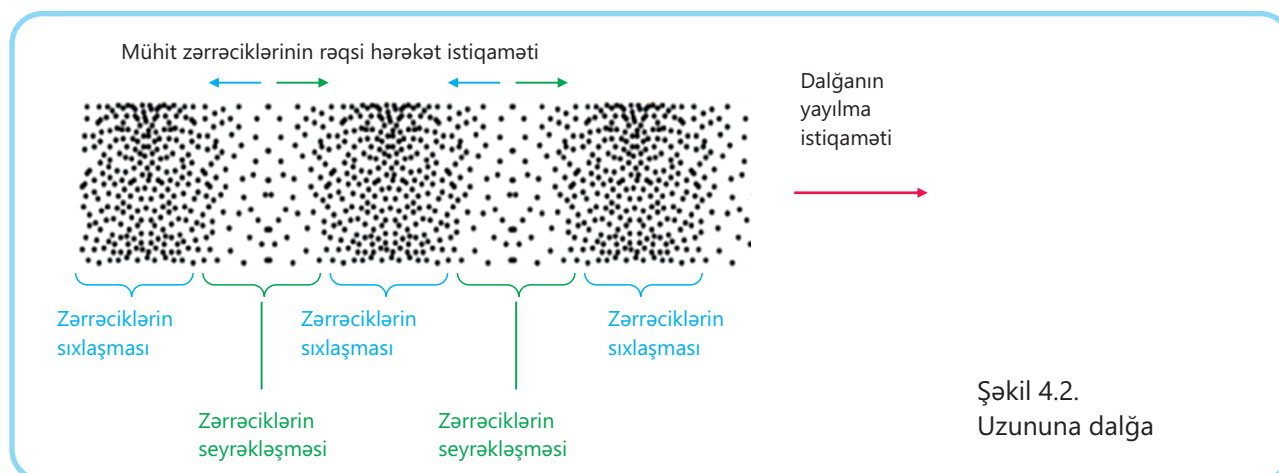
Mühit zərrəciklərinin
rəqsi hərəkət
istiqaməti

Şəkil 4.1.
Eninə dalğa



– *Mühit zərrəciklərinin rəqsi dalğanın yayılma istiqamətinə paralel olarsa, belə dalğa uzununa dalğa adlanır.*

Uzununa dalğada mühit zərrəciklərinin sıxlaşma və seyrəkləşməsi növbə ilə təkrarlanır. Başqa sözlə, mühitdə həcm dəyişikliyi təkrarlanır (şəkil 4.2).



Uzununa dalğalar bütün mühitlərdə (bərk, maye və qazlarda) yayıla bilər. Onların uzununa yayılması üçün maddə zərrəcikləri arasında cismin həcmnin dəyişməsinə mane olan qüvvələrin yaranması lazımdır. Bu bütün mühitlərdə mövcud olan təzyiq qüvvələridir.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Verilən xassənin hansı növ mexaniki dalğaya aid olduğunu uyğun xanada "+" işarəsi yazmaqla cədvəli tamamlayın.

Xassə	Uzununa dalğa	Eninə dalğa
1. Mühit zərrəciklərinin sıxlaşma və seyrəkləşmələrinin növbə ilə təkrarlanmasıdır		
2. Mühit zərrəciklərinin qabarıq və çökəkliklərinin növbə ilə təkrarlanmasıdır		
3. Mühitin zərrəciklərinin rəqsi dalğanın yayılma istiqamətinə paraleldir		
4. Mühitin zərrəciklərinin rəqsi dalğanın yayılma istiqamətinə perpendikulyardır		
5. Zərrəciklər mühitdə irəli-geri rəqsi hərəkət edir		
6. Zərrəciklər mühitdə aşağı-yuxarı rəqsi hərəkət edir		
7. O, bütün elastik mühitlərdə yayıla bilər		
8. O, bərk cisimlərdə və mayenin səthində yayıla bilər		

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

- Mexaniki dalğaların yaranması üçün hansı şərt ödənməlidir?
 - Yalnız bir neçə təcrid olunmuş rəqs mənbəyi olmalıdır.
 - Yalnız təcrid olunmuş maddə zərrəcikləri olmalıdır.
 - Rəqs mənbəyi və ayrılmaz elastik mühit olmalıdır.
 - Yalnız elastik mühit olmalıdır.
 - Rəqs mənbəyi və vakuum olmalıdır.
- Mexaniki dalğaların yayılması prosesində nə baş verir?
 - Yalnız maddə daşınması baş verir.
 - Yalnız enerji daşınması baş verir.
 - Yalnız mühitin forma və həcm dəyişikliyinə daşınması baş verir.
 - Enerji, forma və həcm dəyişikliyinə daşınması baş verir.
 - Maddə daşınır, enerji daşınmır.
- Mexaniki dalğaların hansı növü həm havada, həm də Yer qabığında yayıla bilər?

4.2 Dalğanı xarakterizə edən fiziki kəmiyyətlər

Arif babası ilə birlikdə göldə balıq tuturdu. Onun diqqətini hər dəfə üzgəyin suya batıb çıxma anında su səthində yaranan dalğaların konsentrik çevrələr formasında hər tərəfə yayılması cəlb edirdi.



• Arif düşündü: “Görəsən, dalğanın yaranma mərkəzindən onun yayılma sürətini və sahilə nə vaxt çatacağını necə təyin etmək olar?”

Açar sözlər

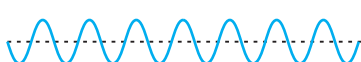
dalğa tezliyi, dalğa periodu, dalğa amplitudu, dalğa uzunluğu, dalğa sürəti

ν (yun.: nü)

Aşağı tezlikli dalğa



Yüksək tezlikli dalğa



Şəkil 4.3.
Eninə dalğaların
tezliklərinə görə təsviri

Dalğa müxtəlif fiziki kəmiyyətlərlə xarakterizə olunur.

Dalğa mənbəyinin rəqs tezliyi

– Dalğa mənbəyinin rəqs tezliyi mühitin zərrəciklərinin rəqs tezliyidir. O, zərrəciklərin bir saniyədəki rəqslərinin sayını ifadə edir:

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

Burada ν rəqs tezliyi, N – rəqslərin sayı, t – bu rəqslərin baş verdiyi zamandır. Tezliyin BS-də vahidi *hersdir* (Hz):

$$[\nu] = 1 \text{ Hz} = \frac{1}{\text{san}}.$$

Şəkil 4.3-də tezliyə görə fərqlənən eninə dalğalar təsvir olunmuşdur.

Dalğa mənbəyinin rəqs periodu

– Dalğa mənbəyinin rəqs periodu mühitin zərrəciklərinin bir tam rəqsinə sərf olunan zamandır.

Period T hərfi ilə işarə olunur və BS-də vahidi saniyədir:

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

Rəqs periodu ilə tezliyi arasında tərs mütənəsiblik mövcuddur, yəni:

$$T = \frac{1}{\nu}.$$

Dalğa mənbəyinin rəqs amplitudu

– Dalğa mənbəyinin rəqs amplitudu mühitin zərrəciyinin tarazlıq vəziyyətindən maksimum uzaqlaşdığı məsafədir. Amplitud A hərfi ilə işarə olunur, BS-də vahidi metrdir (bax: şəkil 4.4):

$$[A] = 1 \text{ m}.$$

Eninə dalğalarda zərrəciyin ən böyük yerdəyişməsi onun tarazlıq vəziyyəti ilə dalğanın qabarıq və ya çökək nöqtəsi arasındakı ən böyük məsafəyə uyğun gəlir (şəkil 4.4).

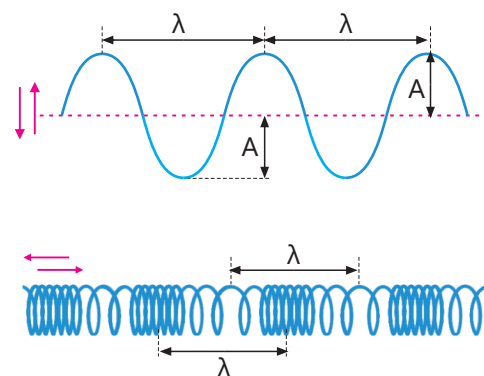
Dalğa uzunluğu

– *Dalğa uzunluğu mühitin zərrəciklərinin bir rəqs periodu müddətində dalğanın yayıldığı məsafədir.*

Dalğa uzunluğu λ hərfi ilə işarə edilir və BS-də vahidi metrdir:

$$[\lambda] = 1 \text{ m.}$$

Eninə dalğada dalğa uzunluğu iki qonşu qabarıq və ya iki qonşu çökəklik arasındakı məsafə, uzununa dalğada isə iki qonşu sıxlaşma və ya iki qonşu seyrəkləşmə arasındakı məsafədir (bax: şəkil 4.4).



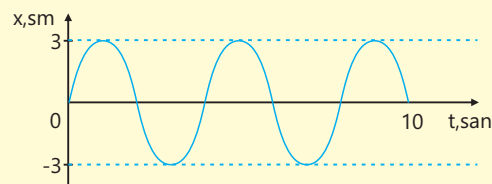
Şəkil 4.4.

Eninə və uzununa dalğada dalğa uzunluğu

λ (yun.: lambda)

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Verilən qrafikə əsasən dalğanın rəqs periodu, tezliyi və amplitudunu təyin etmək olarmı? Cavabınızı əsaslandırın.



Dalğa sürəti

– *Dalğanın sürəti eninə dalğada qabarıq və ya çökəkliklərin mühitdə hərəkət sürəti, uzununa dalğada isə sıxlaşma və ya seyrəkləşmələrin mühitdə yayılma sürəti hesab olunur.*

Dalğa elastik mühitdə bir perioda bərabər müddətdə λ qədər məsafə qət etdiyindən onun sürəti də uyğun kəmiyyətlərlə ifadə edilə bilər.

$$v = \frac{\lambda}{T} \text{ və ya } v = \lambda \nu.$$

Burada v – dalğa sürəti, T – rəqs periodu, ν – rəqs tezliyidir.

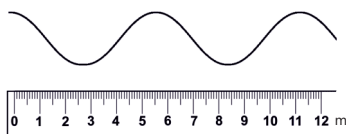
Düsturdan göründüyü kimi, dalğa sürətini belə də ifadə etmək olar:

– *Dalğa sürəti ədədi qiymətcə dalğa uzunluğunun rəqs perioduna nisbətində bərabərdir.*

– *Dalğa sürəti ədədi qiymətcə rəqs tezliyi və dalğa uzunluğunun hasilinə bərabərdir.*

Dalğa hansı tezliklə yayılır?

Şəkildə qaytan boyunca yayılan eninə dalğa təsvir olunmuşdur. Dalğanın yayılma sürəti 54 m/san-dir. Dalğa mənbəyinin rəqs tezliyi nəyə bərabərdir?

**Müzakirə edin:**

1. Qaytada yaranan dalğanın uzunluğu nə qədərdir?
2. Dalğa mənbəyinin rəqs tezliyini hansı düsturla təyin etmək olar?

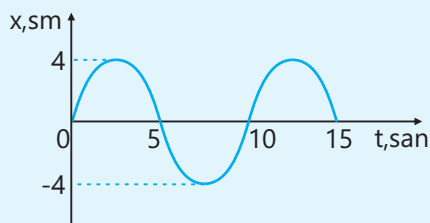
Məsələ həlli

Dalğa uzunluğu 2 m olan dalğa 10 saniyədə 40 m məsafəyə yayılıb. Rəqs periodu nəyə bərabərdir?

Verilir	Həlli	Hesablanması
$\lambda = 2 \text{ m,}$ $t = 10 \text{ san,}$ $l = 40 \text{ m.}$ $T = ?$	Dalğanın t müddətində yayıldığı məsafə: $l = vt.$ Bu ifadədə dalğa sürətinin uyğun düsturu nəzərə alınır: $l = vt = \frac{\lambda}{T} \cdot t.$ Sonuncu ifadədən period təyin edilir: $T = \frac{\lambda t}{l}.$	$T = \frac{2 \cdot 10}{40} = 0,5 \text{ san}$

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

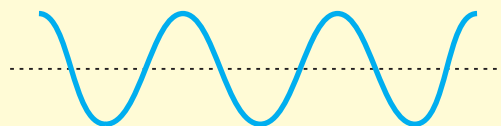
Qrafikə əsasən dalğanın amplitudunu, periodunu və tezliyini təyin edin.

**Öyrəndiklərinizi yoxlayın**

1. Şəkildə eninə dalğanın sxemi təsvir olunmuşdur. Təsviri iş vərəqinə çəkin. Xətkeş vasitəsilə dalğanın amplitudunu və dalğa uzunluğunu ölçün. Nəticəni metrle ifadə edin.



2. Verilmiş dalğa təsvirini iş vərəqinə çəkin.



- a) Bu dalğa ilə eyni tezlikli, lakin böyük amplitudlu dalğanı necə təsvir etmək olar?
- b) Bu dalğa ilə eyni amplitudlu, lakin böyük tezlikli dalğanı necə təsvir etmək olar?

4.3 Səs dalğası

İnsan təfəkkürünün formalaşması və inkişafında nitqin böyük rolu var. Nitq həm ünsiyyət vasitəsi, həm də təfəkkür alətidir. Nitqin formalarından biri olan şifahi nitq əlaqəsi yalnız səsler vasitəsilə mümkündür.



- Səs nədir?
- Səslər necə yaranır?

Açar
sözlər

səs dalğası, eşidilə bilən səs, kamerton, səs sürəti, əks-səda

Fəaliyyət

Hansı rəqsin yaratdığı dalğanın səsi eşidildi?

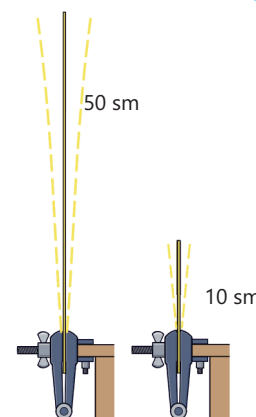
Ləvazimat: polad xətkəş (iki ədəd: 50 sm və 10 sm uzunluğunda), sıxıcı qurğu.

İşin gedişi:

1. Uzun xətkəşi sıxıcıya şaquli vəziyyətdə bərkidin və onu azca kənara əyib buraxmaqla xətkəşin rəqsi hərəkət etməsinə şərait yaradın.
2. Qısa xətkəşi sıxıcıya bərkidib rəqsi hərəkətə gətirin və baş verən hadisəni izləyin.

Müzakirə edin:

1. Xətkəşlərin rəqsi hərəkəti havada hansı növ dalğa yaratdı?
2. Hansı uzunluqdakı xətkəşin yaratdığı dalğanın səsi eşidildi? Niyə?



Səs

Mexaniki dalğaların növlərindən biri səs dalğasıdır. Sadəcə, **səs** adlanan bu dalğalar da elastik mühitdə yayılır. Deməli, vakuum elastik mühit olmadığından orada səs yayılır.



Tezliyi 16 Hs-lə 20 000 Hs arasında olan mexaniki dalğalar səs dalğaları adlanır.

Aparılan eksperimentdə uzun polad xətkəşin aşağı tezlikli rəqsi nəticəsində havada yaratdığı dalğanın səsi, demək olar, eşidilmədi. Çünki onun yaratdığı dalğaların tezliyi 16 Hs-dən aşağı idi. Lakin qısa xətkəşin rəqsi havada yüksək tezlikli (16 Hs-dən yüksək) dalğa yaratdığından onun səsi eşidildi.

Bəs xətkəş havada səs dalğasını necə yaratdı?

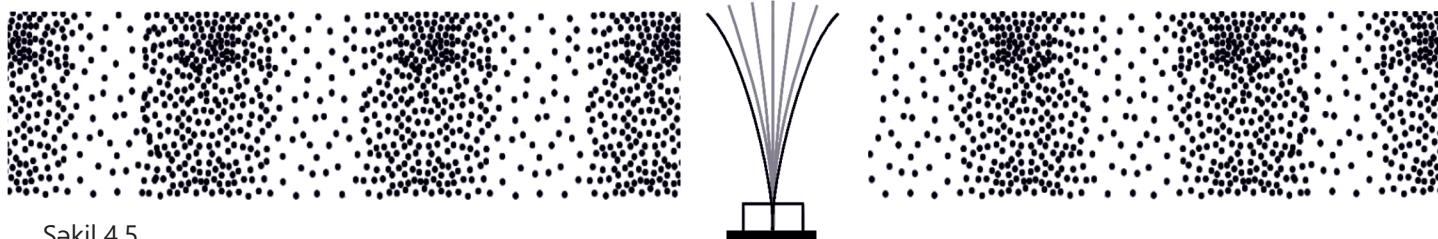
Səs dalğasının havada yayılması

Polad xətkəş sağa əyildikdə onun sağ tərəfinə yaxın olan hava molekulları arasındakı məsafə azalır, əksinə, sol tərəfindəki hava molekulları arasındakı məsafə artır. Xətkəş rəqş etdikcə hava

Bilir-
sınız-
mi?

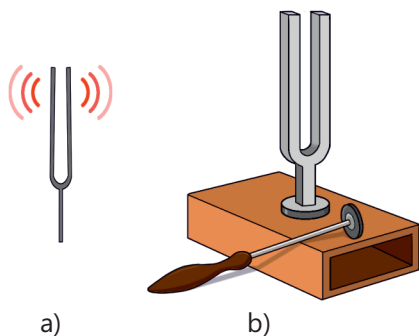
Fizikanın səs hadisələrini öyrənən bölməsi *akustika* adlanır.

molekullarının sıxlaşması və seyrəkləşməsi bir-birini əvəz edir, səs dalğalarının havada yayılması baş verir (şəkil 4.5). Deməli, səs havada yayılan uzununa dalğadır.



Şəkil 4.5.
Səs havada uzununa dalğadır

Səs hadisələrini öyrənərkən səs mənbəyi kimi *kamerton* (almanca: "kammerton" – *otaq səsi*) adlanan alətdən istifadə olunur (şəkil 4.6, a). Kamertonun qollarından birinə zərbə vurduqda o titrəyərək eyni tezlikli aydın eşidilə bilən təmiz səs çıxarır. Bu səbəbdən kamertondan musiqi alətlərinin köklənməsində geniş istifadə olunur. Kamertonun çıxardığı səsi gücləndirmək üçün o, *rezonator* adlanan bir tərəfi açıq qutuya bərkidilir (şəkil 4.6, b).



Şəkil 4.6.
Kamerton



- DÜŞÜN
- MÜZAKİRƏ ET
- PAYLAŞ

Kamerton çəngəlinin qolları ağırlaşdırılsa, məsələn, onlara plastilin yapışdırılsa, kamertonun rəqs tezliyi dəyişəcəkmi? Cavabınızı əsaslandırın.

Səsin sürəti

– *Səs sürəti səs dalğalarının vahid zamanda yayıldığı məsafəyə bərabər olan kəmiyyətdir.*

Səs sürəti səs dalğalarının elastik mühitdə yayılma sürətidir.

Səs dalğasının sürəti də ədədi qiymətə rəqs tezliyi və dalğa uzunluğunun hasilinə bərabərdir:

$$v = \lambda \nu.$$

Burada v – səs sürəti, λ – səsin dalğa uzunluğu, ν – səs dalğasının tezliyidir.

Səs dalğalarının yayılma sürəti mühitin elastikliyindən asılıdır. Belə ki, mühitin molekulları arasında məsafə azaldıqca onların qarşılıqlı təsirləri daha intensiv baş verir və səs dalğası daha sürətlə yayılır. Mayelərin sıxlığı qazların sıxlığından böyük olduğu üçün səsin mayedə yayılması qazlarda yayılmasından daha sürətli olur.

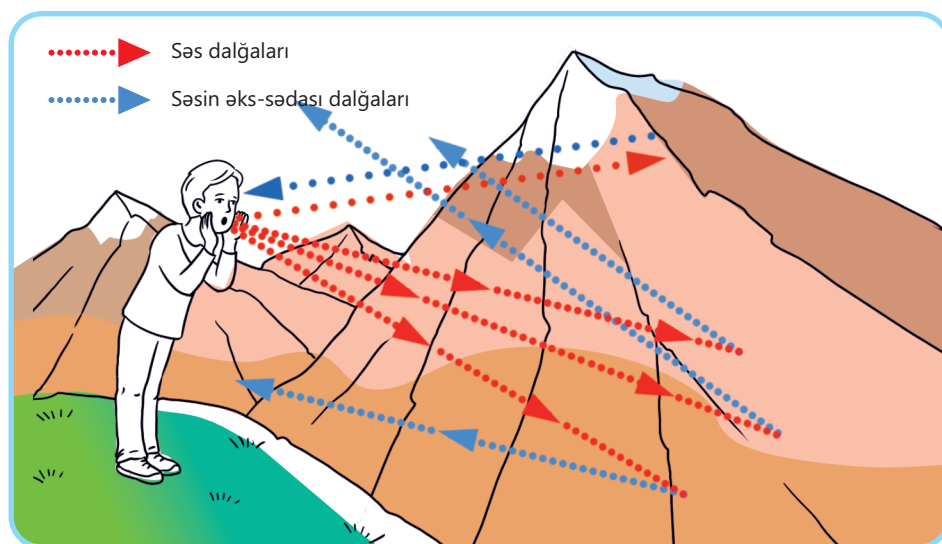
Bərk maddələrin sıxlığı isə mayələrin sıxlığından böyükdür. Ona görə də səs bərk maddələrdə yayılma sürəti mayələrdə yayılma sürətindən böyükdür. Məsələn, səs dalğasının havada yayılma sürəti 340 m/san, suda yayılma sürəti 1500 m/san, poladda yayılma sürəti isə 6000 m/san-dir (bax: cədvəl 4.1).

Əks-səda

Səs dalğalarının mühüm xassələrindən biri qarşısına çıxan maneədən qayıtmasıdır.

– Səs dalğalarının qarşısına çıxan maneədən əks etməsi əks-səda adlanır.

Məsələn, dağlıq yerdə dostunu səsləyən Nicatın bir neçə saniyədən sonra öz səsini eşitməsi əks-sədadır (şəkil 4.7).



Cədvəl 4.1.

Müxtəlif mühitlərdə səs sürəti

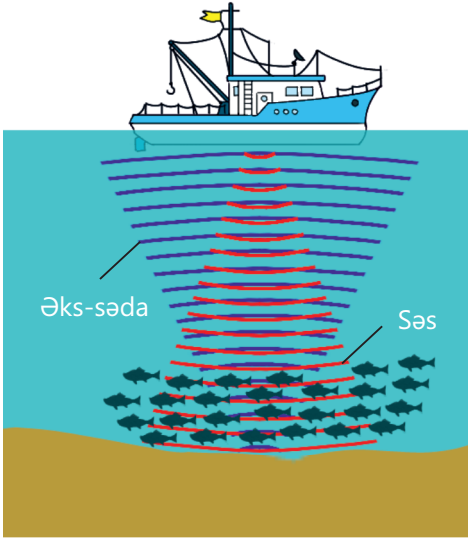
Maddə	Səsin sürəti, (m/san)
Hava (15°C-də)	340
Su (25°C-də)	1500
Qurğuşun	2160
Mis	4700
Ağac (palıd)	5000
Şüşə	5000 ÷ 5500
Alüminium	5100
Polad	5500 ÷ 6100

Şəkil 4.7.
Əks-səda

Səsin əks-səda xassəsi məişət, texnika və istehsalatda geniş tətbiq olunur. Dəniz və okeanların dərinliyini ölçmək, balıqların çox topladığı yerləri aşkar etmək üçün işlədilən və *exolot* adlanan cihazın iş prinsipi əks-səda hadisəsinə əsaslanmışdır. Belə ki, gəmi gövdəsinin altında yerləşdirilən exolot səs siqnalları verir. Bu siqnallar dənizin dibindən və ya üzən balıq dəstəsindən əks edərək yenidən exolot tərəfindən qəbul olunur.

Səsin suda yayılma sürəti, siqnalın göndərilmə və qəbul olunma anları arasındakı vaxt nəzərə alınmaqla sudakı obyektə qədər olan məsafə hesablanır:

$$h = \frac{vt}{2}.$$



Şəkil 4.8.
Səs lokasiyası

Burada h – gəmidən obyektə qədərki məsafə, v – səs siqnalının suda sürəti, t – səs siqnalının sudakı obyektə qədər gedib-qayıtma müddətidir ($t/2$ – siqnalın getmə, yaxud qayıtma müddətidir).

– Səs dalğaları vasitəsilə obyektlərin yerinin (onlara qədərki məsafənin) təyin olunma üsulu səs lokasiyası (və ya əks-səda lokasiyası) adlanır (şəkil 4.8).

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Cavan və sağlam arı bal daşıyarkən dəqiqədə 19 800, sərbəst (boş) uçanda isə dəqiqədə 26 400 dəfə qanad çalır.

- Qanadların rəqs tezliyi nə qədərdir?
- Bal daşıyan və sərbəst uçan arının qanadlarının havada yaratdığı səslər eşidiləcəkmi?

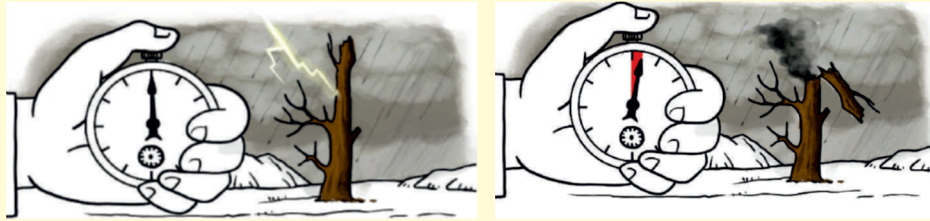


Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Kütləvi informasiya vasitələrindən tez-tez belə məlumatlar eşidirik: "Günəşdə növbəti dəfə güclü partlayış baş vermişdir. Bunun nəticəsində Yer səthində maqnit qasırğası gözlənilir ...".

Biz Günəşdə, ümumiyyətlə, kosmosda baş verən partlayışların səsini niyə eşitmirik?

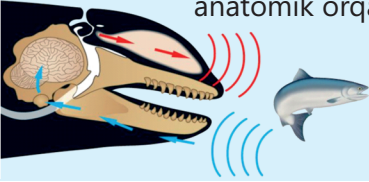
2. Şimşək çaxması göy gurultusu ilə müşayiət olunur. Lakin biz niyə əvvəlcə şimşəyi görürük, bir neçə saniyədən sonra isə göy gurultusunu eşidirik?



3. Müşahidəçi tufan zamanı şimşək çaxdıqdan 8 saniyə sonra göy gurultusunu eşitdi. Şimşək çaxması müşahidəçidən hansı məsafədə baş vermişdi?

4. Havada əks-səda 16 saniyədən sonra eşidildi. Maneə səs mənbəyindən hansı məsafədədir? Səsin havada sürəti 340 m/san-dir.

4.4 Səsin xarakteristikaları



Delfinlər və dişli balinalar həm naviqasiya, həm də ov tapmaq üçün səs lokasiyasından istifadə edirlər. Maraqlıdır ki, bu heyvanların səs telləri yoxdur, lakin onlar "səs dodaqları" adlı xüsusi anatomik orqanları sayəsində səslər çıxara bilirlər.

• İnsanlar delfin və dişli balinaların çıxardığı səsləri niyə eşidə bilmirlər?

Səsin xarakteristikaları

Qavranılan səsləri eşitmə orqanına görə qiymətləndirərkən səs ucalığı (aşağı və ya yüksək səs), səs tembri (müxtəlifliyi) və gurluğu (sakit və ya gur səs) xarakterizə edilir. Ancaq bütün bu xüsusiyyətlər insanın şəxsi qavrayışından və eşitmə orqanının vəziyyətindən asılıdır. Belə ki, ucalıq, tembr, gurluq səs fizioloji xarakteristikasıdır. Səsin fiziki xarakteristikası isə onun tezliyi və amplitududur.

Açar
sözlər

səsin ucalığı, səs gurluğu, səs tonu, infrasəs, ultrasəs

Səsin fizioloji və fiziki xarakteristikaları arasında qarşılıqlı əlaqə varmı?

1

Fəaliyyət

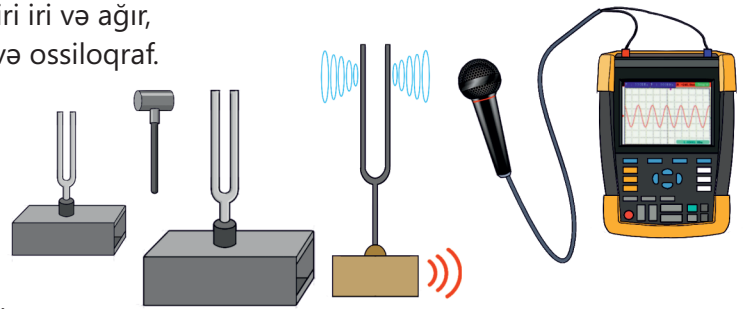
Hansı kamerton daha uca səsləndi?

Ləvazimat: rezonatorlu kamerton (2 ədəd: biri iri və ağır, digəri kiçik və yüngül), rezin çəkic, mikrofon və ossiloqraf.

İşin gedişi:

I mərhələ

1. İriölçülü kamertonu səsləndirib yaydığı səs dalğasını dinləyin.
2. Kiçikölçülü kamertonu səsləndirin və onu iri kamertonun yaratdığı səslə müqayisə edin.



II mərhələ

1. Mikrofonu ossiloqrafın "Y" yazılmış sıxaclarına birləşdirin. Mikrofon səs rəqslərini elektrik cərəyanının rəqslərinə, ossiloqraf isə elektrik siqnallarını görünən siqnala çevirir.
2. Kamertonların qollarını növbə ilə rəqsi hərəkətə gətirin (çəkiclə vurmaqla) və mikrofona yaxınlaşdırıb ossiloqrafın monitorunda alınan dalğa qrafiklərini iş vərəqinə çəkin.

Müzakirə edin:

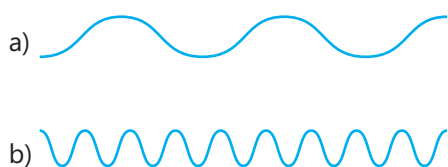
1. Hansı kamerton daha uca musiqi tonu yaratdı?
2. Kamertonların yaratdığı səs tonlarının ossiloqrafda alınan qrafikləri arasında fərq nədədir?
3. Kamertonların yaratdıqları səs tonlarının tezlikləri haqqında nə demək olar?

Səsin ucalığı

Eksperiment zamanı iri kamertonun qollarının rəqsinin daha aşağı səs tonu yaratdığı müşahidə olundu. Kiçikölçülü kamertonun qollarının rəqsinin isə daha uca səs tonu yaydığı aşkar edildi. Ossiloqraf monitorunda da uyğun dalğaların qrafikləri alındı (şəkil 4.9).

Qrafiklərdən göründüyü kimi, birinci halda daha böyük dalğa uzunluqlu əyri (a), ikincisində isə daha qısa dalğa uzunluqlu əyri alındı (b). Bu isə o deməkdir ki, iri kamerton daha böyük rəqş periodu və kiçik tezlikli zəif, kiçik kamerton isə daha kiçik periodlu, lakin yüksək tezlikli uca səs tonu yaradır. Beləliklə, *səs tonu səs mənbəyinin rəqş tezliyi ilə müəyyən olunur.*

– *Səs mənbəyinin rəqş tezliyi yüksəldikcə səsin tonu ucalır.*



Şəkil 4.9. Müxtəlif rəqş tezlikli kamertonlarda müxtəlif tonlu səslər alınır.

Dopler effekti

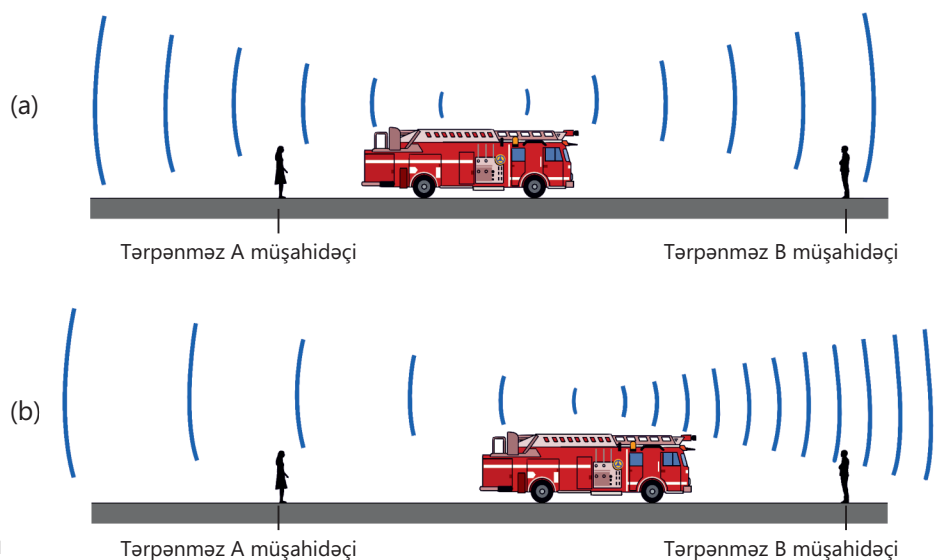
Səs dalğasının tezliyi müşahidəçiyə (dinləyiciyə) nəzərən dalğa mənbəyinin hərəkəti nəticəsində dəyişə bilər.

– *Dalğa mənbəyinin hərəkəti nəticəsində müşahidəçinin qəbul etdiyi dalğanın tezliyinin azalması və ya artması hadisəsi Dopler effekti adlanır.*

Dopler effekti ilə hər gün qarşılaşırıq. Məsələn, sükunətdə olan yanğınsöndürən maşınının verdiyi səs signalını A və B müşahidəçiləri eyni ucalıqda (tezlikdə) eşidəcəklər (şəkil 4.10, a). Lakin maşın B müşahidəçiyə doğru hərəkət edərsə, o, yaxınlaşan mənbəyin səsinin yüksəldiyini, A müşahidəçi isə ondan uzaqlaşan mənbəyin səsinin daha zəif eşidildiyini hiss edəcək (şəkil 4.10, b). Bu ona görə baş verir ki, yaxınlaşan səs mənbəyindən gələn hər bir sonrakı dalğa əvvəlkinə nisbətən sanki daha yaxın mənbədən

Bilir-siniz-mi?

Dopler effekti 1842-ci ildə onu aşkar edən avstriyalı fizik Kristian Doplerin şərəfinə adlandırılmışdır.



Şəkil 4.10. Dopler effektinin təzahürü

yayılmağa başlayır. Buna görə də hər dalğa əvvəlkindən daha qısa müddətdə müşahidəçiyə çatır. Bu, dalğanın müşahidəçiyə (B müşahidəçi) çatması üçün lazım olan vaxtı azaldır ki, bu da tezliyin artmasına bərabərdir. Dalğa mənbəyi uzaqlaşdıqda isə əks proses baş verir, yəni hər bir sonrakı dalğa sanki daha böyük məsafədəki mənbədən yayılır. Bu, müşahidəçiyə (A müşahidəçi) çatmaq üçün lazım olan vaxtı artırır. Deməli, o da öz növbəsində tezliyin azalmasına bərabərdir.

İnsanın eşidə bilmədiyi səslər

Səslər dalğa tezliyinə görə fərqləndirilir. Bunlar insanın eşidə bildiyi və eşidə bilmədiyi səslərdir. *Eşidilə bilən səslər tezliyi 16 Hs – 20 000 Hs arasında olan səs dalğalarıdır.*

– *Tezliyi 16 Hs-dən kiçik, 20 000 Hs-dən böyük olan səslər isə eşidilə bilməyən səs dalğalarıdır.*

Eşidilməyən səslər iki növ olur: *infrasəs və ultrasəs.*

– *Infrasəs 0,001 Hs – 16 Hs tezlikləri aralığındakı səs dalğalarıdır.*

İnfrasəsin təbii mənbəyi meteoroloji, vulkanik və seysmik hadisələrdir. Bura vulkan püskürməsi, okeanda yaranan dalğalar, zəlzələlərin yaratdığı uzun səs dalğaları aid edilə bilər.

İnsan fəaliyyəti nəticəsində yaranan infrasəs mənbələrinə raket atəşi, atom bombasının partlayışı, təyyarə mühərrikinin yaratdığı zərbə dalğalarının səsi misal göstərilə bilər (şəkil 4.11). İnfrasəsin əsas xassəsi müxtəlif mühitlərdə zəif udulduğundan uzaq məsafələrə yayıla bilməsidir. Onun bu xassəsindən istifadə etməklə partlayışların yerdə, küləklərin okeanlarda yaratdıqları dalğaların, zəlzələnin episentrinin (mənbəyinin) və s. koordinatlarını təyin etmək olur.

– *Ultrasəs tezliyi 20 000 Hs-dən yüksək olan səs dalğalarıdır.*

Ultrasəs əks-səda lokasiyasında geniş istifadə olunur. Ultrasəsləri bir çox heyvan və həşəratlar çox yaxşı eşidir, hətta özləri də belə səslər yayırlar. Məsələn, müəyyən olunmuşdur ki, yarasalar tezliyi 45 kHs – 90 kHs olan ultrasəs impulsları (siqnalları) yaymaqla qarşıdakı maneələri, həşəratların yerini dəqiq təyin edən səs lokasiyası yaradırlar (şəkil 4.12). Ultrasəs texnologiyaları bir çox sahələrdə geniş tətbiq olunur. Məsələn, daxili orqanların bir çox xəstəlikləri ultrasəs müayinə (USM) tədqiqat aparatları vasitəsilə həyata keçirilir (bax: şəkil 4.12).

(lat.: "infra" – aşağı, aşağı)



Vulkan püskürməsi



Okean dalğaları



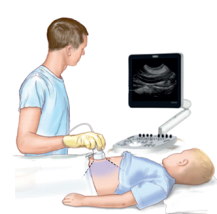
Təyyarənin yaratdığı dalğa



Atom bombasının partlayışı

Şəkil 4.11. İnfrasəs mənbələri

(lat.: "ultra" – yüksək, həddən artıq)



Şəkil 4.12. Ultrasəsin tətbiqi

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Ultrasəs müayinəsi səsin hansı xassəsinə əsaslanır? Cavabınızı izah edin.

Səsin gurluğu

Verilən kamertonun qoluna çəkilə müxtəlif qüvvələrlə zərbə vurduqda onun yaratdığı rəqslərin hansı xarakteristikası dəyişəcək?

2

Fəaliyyət

Səsin hansı xarakteristikası dəyişdi?

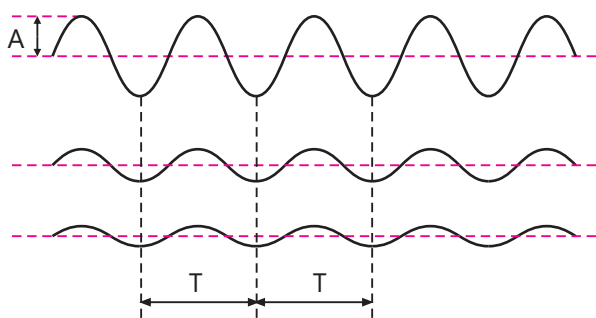
Ləvazimat: kamerton, rezin çəkil, mikrofon, ossiloqraf.

İşin gedişi:

1. Verilən kamertonun qolunu çəkilə əvvəlcə zəif zərbə vurmaqla rəqsi hərəkətə gətirin. Mikrofonu kamertona yaxınlaşdırıb ossiloqrafda alınan qrafiki (əyrini) iş vərəqinə çəkin.
2. Həmin kamertonu daha güclü zərbə ilə rəqsi hərəkətə gətirin və ossiloqrafda alınan əyrini yenə də iş vərəqinə çəkin.

Müzakirə edin:

1. Hansı halda kamerton daha gür səsləndi: kamerton zəif qüvvənin, yoxsa güclü zərbənin təsiri ilə rəqsə gətirildikdə?
2. Ossiloqrafda bu hallara uyğun əyriyərin xarakteristikalarında nə kimi fərq müşahidə olundu?



Şəkil 4.13.

Rəqslərin amplitudu artdıqca
səs tonunun gurluğu da artır

Kamertonun qoluna vurulan zərbə güclü olduqca onun rəqslərinin amplitudu da artır. Nəticədə havaya təzyiq edən rəqslərin amplitudu, deməli, dalğanın enerjisi də artır.

Rəqslərin amplitudu artdıqca dalğanın enerjisi və deməli, səsin gurluğu da artır. Amplitud azaldıqda isə gurluq azalır. Şəkil 4.13-də ossiloqrafda alınan eyni tezlikli, lakin müxtəlif gurluqlu səs dalğalarının qrafikləri təsvir olunmuşdur.

Burada böyük amplitudlu rəqslər daha gür səs dalğasına uyğundur. Gurluğu yüksək səslərə atəşfəşanlıq və qatar səsi, gurluğu alçaq səslərə isə quş civiltisi və pıçıltı səsləri nümunə göstərilə bilər.

Səsin gurluğunun BS-də vahidi *desibeldir* (1dB).

Bilir-
siniz-
mi?

Sonometr



Desibel eşitmə əngəlli insanlar üçün eşitmə aparatı ixtira edən amerikalı alim Aleksandr Bellin şərəfinə adlandırılmışdır. Gurluğu 70 dB-dən yüksək səslər insan üçün zərərliyə. Səsin gurluğu *sonometr* adlanan cihazla ölçülür.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

İnfrasəsin insanlara fizioloji təsir mexanizmi hələ tam müəyyən edilməmişdir. Mövcud fərziyyələrdən birinə görə, infrasəsin təsiri insan orqanizmində rəqslərin rezonansı ilə (orqanizmin məxsusi rəqslərinin tezliyinin xarici rəqslərin tezliyi ilə üst-üstə düşdüyü hadisə) əlaqələndirilir. Cədvəldə avtobus və qatarın infrasəs tezliklərinin diapazonları göstərilmişdir.

Nigar avtobusla səfərdə özünü çox narahat hiss etdi. Lakin qatarla həmin yolu həтта uzun olmasına baxmayaraq, o, narahatlıq keçirmədi.

İnsan orqanizminin məxsusi tezliyinin 6 Hs-ə yaxın olduğu məlumdursa, bu fakt yuxarıdakı fərziyyəni təsdiq edirmi? Cavabınızı avtobus və qatar misalı ilə əsaslandırın.

İnfrasəs mənbəyi	Tezlik, Hs
Avtobus	<i>İnfrasəsin bütün tezlik diapazonu</i>
Qatar	10 – 16

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

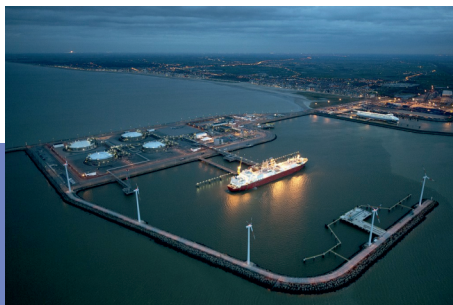
1. Hansı həşərat uçanda daha çox qanad çalır – arı, yoxsa ağcaqanad? Cavabınızı əsaslandırın.
2. Güclü yağışı asta yağışdan damcılarının dam örtüyünə (və ya pəncərə günlüklərinə) düşdüyü zaman yaratdıqları səsə görə fərqləndirmək olar. Bu ehtimalın fiziki əsası nədir?
3. Saniyədə 8-12 dəfə qanad çalan kəpənək uçarkən niyə heç bir səs eşitmirik?
4. Ultra və infrasəslər eşidilməyən səslərdir.
 - a) Niyə bu səsləri insan qulağı eşitmir?
 - b) Bu səslərdən hansı insan orqanizmi üçün daha təhlükəlidir?
 - c) Gəminin ultrasəs exolotundan çıxan signal 5 san sonra geri qayıtdı. Ultrasəsin yayılma sürəti 1500 m/san olarsa, həmin nöqtədə dənizin dərinliyi nə qədərdir?

4.5 Dalğaların xassələri

Okean sahillərində yerləşən iri limanların yaxınlığında xüsusi körfəz və ya dalğaqrıran tikilir.

• Körfəz və dalğaqrıran hansı məqsədlə tikilir?

Açar sözlər difraksiya hadisəsi, dalğanın qayıtması, dalğanın sınması



1

Fəaliyyət

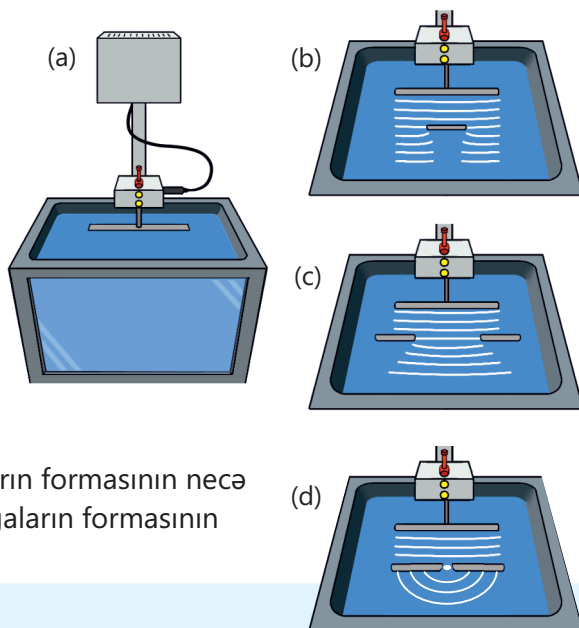
Dalğalar maneəyə rast gəldikdə nə baş verir?

Ləvazimat: "dalğa vannası" proyektoru (a – dayaz laboratoriya vannası, üfüqi çubuqla təchiz edilmiş dalğa generatoru, kotoskop), müstəvi lövhələr, su (1l).

İşin gedişi:

1. Generatoru işə salın və çubuğun su səthində yaratdığı dalğaları ekranda nümayiş etdirin.
2. Yaranan dalğanın qarşısında müstəvi lövhə yerləşdirin və maneənin dalğanın formasını necə dəyişdiyinə diqqət yetirin (b).
3. Su səthində yayılan dalğanın qarşısında iki lövhəni elə yerləşdirin ki, onlar arasında müəyyən aralıq yaransın. Bu aralıqdan keçən dalğanın forma dəyişikliyinə diqqət yetirin (c).

4. Aralığı tədricən daraldın və oradan keçdikdən sonra dalğaların formasının necə dəyişdiyini izləyin (d). Bütün hallarda su səthində yaranan dalğaların formasının sxemini iş vərəqinə çəkin.



Müzakirə edin:

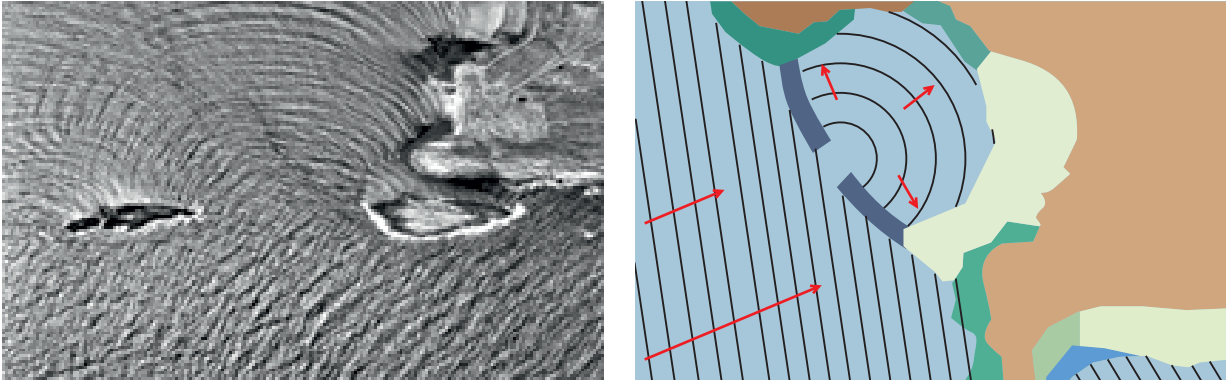
1. Üfüqi çubuğun rəqsi hərəkəti su səthində hansı formalı dalğa yaratdı?
2. Bu dalğaların yayılma yoluna maneə (və ya aralıq) yerləşdirdikdə nə müşahidə edildi?
3. Aralıq daraldıqca ondan keçən dalğaların forması necə dəyişdi?
4. Təcrübədən mexaniki dalğaların xassəsinə aid hansı nəticəyə gəlmək olar?

Dalğaların difraksiyası

Liman strukturunu, gəmiləri və yaxtaları dalğaların dağıdıcı təsirlərindən qorumaq üçün sahil zonalarının uyğun yerlərində

körfəz və ya dalğa qıran tikilir. Bu tikililər sahilə yaxınlaşan su dalğalarının enerjisini udmaqda, sahiləki binalara və nəqliyyat vasitələrinə dəyən zərərin azaldılmasında mühüm rol oynayır. Belə ki, sahilə yaxınlaşan xətti su dalğaları dar yarıqdan və ya maneədən keçərkən əyilir və maneənin arxasında yayılır. Nəticədə dalğa uzunluğuna mütənəsb olaraq konsentrik yarımçevrələr formasında dalğalar yaranır (şəkil 4.14). Su dalğalarında müşahidə olunan bu hadisə dalğaların difraksiyası hadisəsidir.

– *Dalğanın maneə ətrafında əylərək onun arxasında yayılması qabiliyyətinə difraksiya deyilir.*



Şəkil 4.14.

Su səthində yayılan dalğaların difraksiyası

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Sahilə tərəf yayılan su dalğaları iri qaya ilə qarşılaşdıqda difraksiya hadisəsi baş vermir. Lakin kiçik qaya parçası ilə qarşılaşdıqda dalğalar onun ətrafında sərbəst əylərək daşın arxasına yayılır, yəni difraksiya hadisəsi baş verir. Niyə?

Səs dalğası da yolundakı maneə ilə qarşılaşdıqda difraksiyaya məruz qalır. Məsələn, biz binanın küncündə dayanan insanı, hasarın arxasında hərəkət edən avtomobili görməsək də, onların səsini eşidə bilirik. Bu ona görə baş verir ki, səs dalğaları maneələrin ətrafında əyilib onların arxasında yayılır – səsin difraksiyası baş verir (şəkil 4.15). Səs dalğasının uzunluğu maneənin ölçüsündən böyük olduqda difraksiya hadisəsi baş verir. Aşağı tezlikli səs dalğaları kifayət qədər böyük uzunluqda olur. Məsələn, 100 Hz tezliyində səsin dalğa uzunluğu 3,37 m-ə bərabərdir və tezlik azaldıqca uzunluq daha da böyüyür. Buna görə də səs dalğası onunla müqayisə olunan obyektlərin ətrafında asanlıqla əyilir. Parkdakı ağaclar səsi eşitməyimizə qətiyyətlə maneə olmur, çünki onların gövdələrinin diametri səs dalğasının uzunluğundan xeyli kiçikdir.



Şəkil 4.15.

Səsin difraksiyası

Dalğaların qayıtması və sınması

Dalğaların iki mühitin sərhədindən qayıtması və sınması onların həyatda tez-tez müşahidə olunan xassələrindəndir.

2

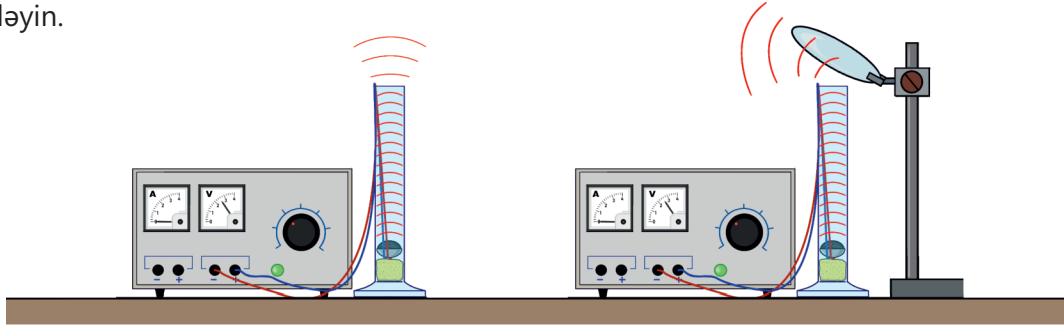
Fəaliyyət

Hansı halda səs daha aydın və gur eşidildi?

Ləvazimat: menzurka, qulaqlıq, süngər parçası, düzləndirici, alüminium lövhə, ştativ.

İşin gedişi:

1. Qulaqlığı membranı yuxarı olmaqla süngər parçası üzərində menzurkanın dibinə yerləşdirib naqilini düzləndiricinin dəyişən cərəyan sıxaclarına birləşdirin.
2. Dövrəni qapayın və qulaqlığa 4–6V dəyişən gərginlik verin. Bu zaman membranın titrəyərək çıxardığı səsin sinifdə necə eşidildiyinə diqqət yetirin.
3. Menzurkanın üzərində ştativə üfüqə 45° bucaq altında bərkidilmiş alüminium lövhə yerləşdirib baş verən hadisəni izləyin.

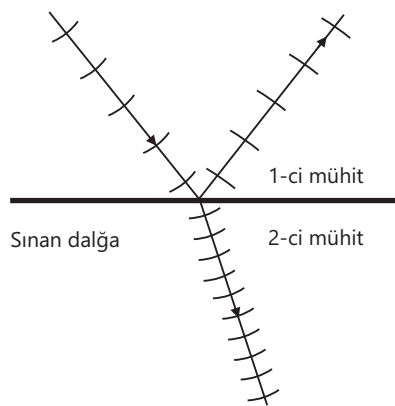


Müzakirə edin:

- Menzurkanın üzərində alüminium lövhə yerləşdirildikdə sinifdə aydın və gur səs, lövhə olmadıqda isə çox zəif səs eşidildi. Niyə?

Düşən dalğa

Qayıdan dalğa



Şəkil 4.16.

Dalğanın qayıtması və sınması

Membranın yaydığı səs dalğaları yalnız menzurkanın üzərindəki alüminium lövhədən əks etdikdən sonra aydın və gur səs eşidildi.

– *Dalğalar niyə əks olunur (qayıdır)?*

Bu ona görə baş verir ki, düşən dalğa maneəyə çataraq onun zərrəciklərini rəqs etdirir. Bu zərrəciklər yeni dalğa mənbəyinə çevrilir (şəkil 4.16). Həmin mənbənin yaydığı dalğaların bir hissəsi maneəni təşkil edən mühitdə yayılır. Digər dalğa isə ilkin dalğanın "gəldiyi" (dalğanın düşdüyü) mühitə qayıdır.

Dalğalarda müşahidə olunan xassələrdən biri də onun bir mühitdən digərinə keçəndə yayılma istiqamətini dəyişməsidir, yəni sınmasıdır (bax: şəkil 4.16).

– *Dalğanın iki mühit sərhədində sınmasının səbəbi nədir?*

Dalğanın sınması onun mühitdə yayılma sürəti dəyişdikdə müşahidə olunur. Belə ki, dalğa müxtəlif yayılma sürəti olan iki mühit sərhədindən keçdikdə sınaq istiqamətini dəyişir. Bu ona görə baş verir ki, iki mühitin sərhədindən keçən dalğa, məsələn, səs dalğası (səth tərəfindən udularaq) ikinci mühitin zərrəciklərini məcburi rəqs etdirir. Buna görə də həmin mühitdəki dalğanın tezliyi düşən dalğanın tezliyi ilə eyni olur, yəni iki mühit sərhədindən keçən dalğaların tezliyi dəyişmir. Lakin sərhəddən keçən dalğanın dalğa uzunluğu dəyişir ($v = v\lambda$ düsturuna görə) və nəticədə dalğanın yayılma istiqaməti də dəyişir, yəni dalğanın sınması baş verir.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Hovuzda müəyyən tezlikdə səs yayan sualtı dinamik quraşdırılmışdır. Səs dalğasının bir hissəsi suyun alt səthindən əks olunur, bir hissəsi isə sınaq havaya keçir. Sudan havaya keçərkən səs sürəti, tezliyi və dalğa uzunluğu necə dəyişəcək? Uyğun kəmiyyət üçün dəyişikliyin müvafiq xarakterini müəyyənəldirin:

a) artacaq b) azalacaq c) dəyişməyəcək

Səsin sürəti	Səsin tezliyi	Səsin dalğa uzunluğu

Müzakirə edin:

- Səs dalğası hansı mühitdə daha böyük sürətlə yayılır – suda, yoxsa havada?
- Dalğa sıx mühitdən seyrək mühitə keçdikdə onun dalğa uzunluğu necə dəyişir? Cavabınızı əsaslandırın.
- Dalğa sıx mühitdən seyrək mühitə keçdikdə onun tezliyi necə dəyişir? Cavabınızı əsaslandırın.

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Dalğaların difraksiyası hansı şəraitdə xüsusilə aydın nəzərə çarpır?
2. Mətnə qeyd olunmayan dalğa difraksiyasına nümunələr söyləyin.
3. Səs dalğası havadan suya keçəndə səs tezliyi və sürəti necə dəyişəcək? Hər bir kəmiyyət üçün dəyişikliyin müvafiq xarakterini müəyyənəldirin:

a) artacaq b) azalacaq c) dəyişməyəcək

Səsin sürəti	Səsin tezliyi

4. Yarasalar uçarkən exolokasiyadan istifadə edirlər. Exolokasiyanın əsasında hansı fiziki hadisə dayanır?
5. Bir mühitdən digərinə keçərkən səs dalğasının uzunluğu 3 dəfə artarsa, səs ucalığı necə dəyişər?
A) 3 dəfə artar B) 3 dəfə azalar C) dəyişməz D) 9 dəfə artar E) 9 dəfə azalar

4.6 Elektromaqnit dalğaları.

Elektromaqnit dalğaları şkalası

Biz hər gün hər yerdə yayılan dalğaların əhatəsindəyik. Bu dalğaları mobil telefonlar, televiziya və radio qüllələri, mənzillərimizdəki modemlər və işlətdiyimiz digər elektrik avadanlıqları yayır.



• Bu dalğalar da mexaniki dalğalar kimi yalnız elastik mühitlərdə yayılır?

Açar
sözlər

elektromaqnit dalğaları şkalası, radiodalğalar, mikrodalğalar, infraqırmızı dalğalar, görünən dalğalar, ultrabənövşəyi dalğalar, rentgen şüaları, qamma şüalanma

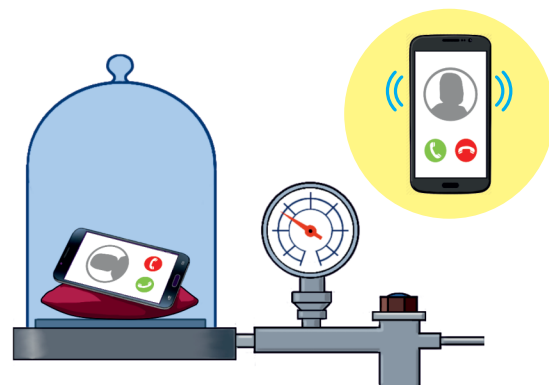
Fəaliyyət

Vakuumdakı mobil telefon signalı qəbul etdimi?

Ləvazimat: mobil telefon (2 ədəd), vakuum kamerası, kiçik döşəkçə, Kamovski nasosu.

İşin gedişi:

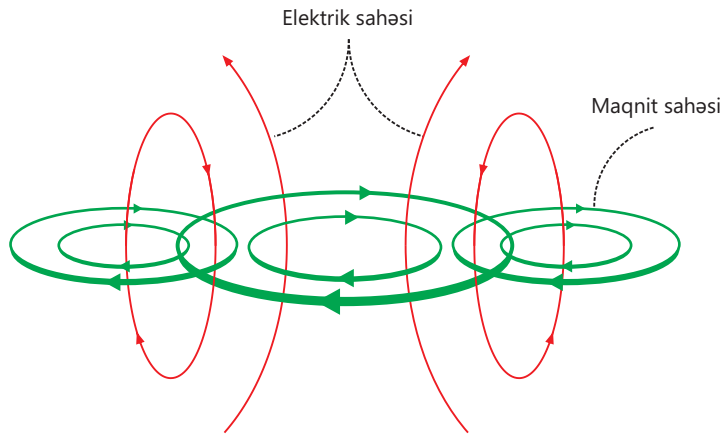
1. Telefonun birini vakuum kamerasındaki döşəkçə üzərində yerləşdirin və kameranın şüşə qapağını örtün. Sonra ikinci telefonla o telefona zəng edin və baş verən hadisəni izləyin.
2. Kameradan nasosla tədricən havanı çıxarıb şüşə qapağın altında vakuum şəraiti yaradın. Eyni zamanda oradakı telefona zəng etməkdə davam edin.



Müzakirə edin:

1. 1-ci halda şüşə qapağın altında olan telefon zəngləri qəbul etdimi?
2. Qapağın altındakı havanı tədricən çıxarıb vakuum yaratdıqda oradakı telefon zəngləri davamlı qəbul etdimi? Əgər etdisə, zəngin səsi eşidildimi?
3. Təcrübədən hansı nəticəyə gəlmək olar?

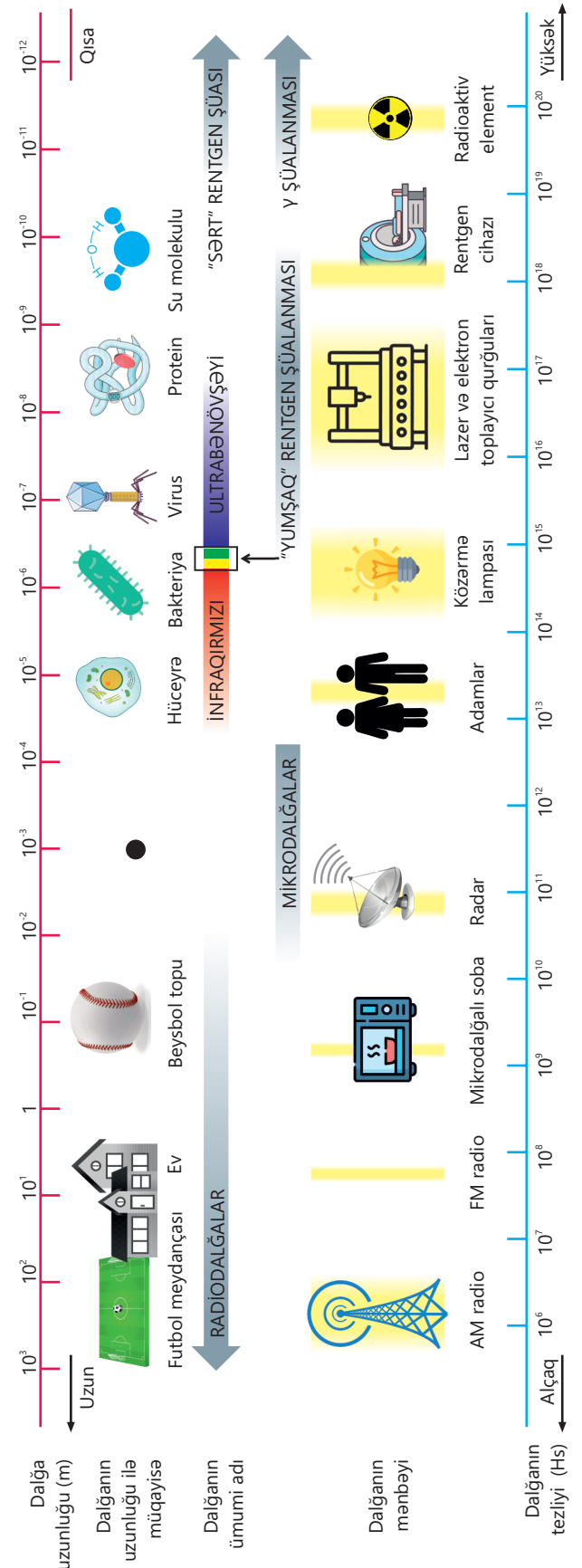
Elektromaqnit dalğaları mexaniki dalğalardan fərqli olaraq həm mühitdə, həm də vakuumda yayılır. *Elektromaqnit dalğaları bir-birini yaratmaqla elektrik və maqnit sahələrinin rəqslərinin fəzada yayılmasıdır (şəkil 4.17).*

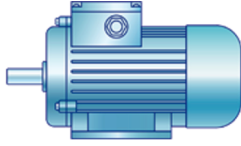


4.17. Elektromaqnit dalğası

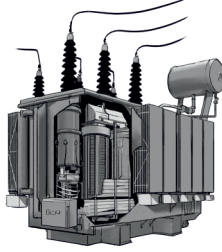
Bu dalğalar vakuumda işıq sürəti ilə, yəni 300 000 km/san sürətlə yayılır. Işığın vakuumdakı sürəti elektromaqnit dalğasının yayıldığı ən böyük sürətdir. Elektromaqnit dalğalarının mühitdəki sürəti vakuumdakı sürətindən kiçikdir. Elektromaqnit dalğalarının müxtəlif növləri var. Onlar dalğa tezliyinə görə bir-birindən fərqlənir. Müxtəlif tezliklərdə olan elektromaqnit dalğaları ətraf mühitə nüfuz edərək bütün məkanı əhatə edir. Bu dalğalar tezlik diapazonlarına görə şərti sərhədlərə ayrılır. Elektromaqnit dalğalarının şkalası bu dalğaların diapazonlara bölünməsinə göstərir. Sxem 4.1-də müxtəlif tezlik diapazonlarında xarakteristikaları və alınma üsulları göstərilmiş elektromaqnit dalğalarının şkalası verilmişdir.

Sxem 4.1.
Elektromaqnit dalğaları şkalası





Elektrik mühərriki

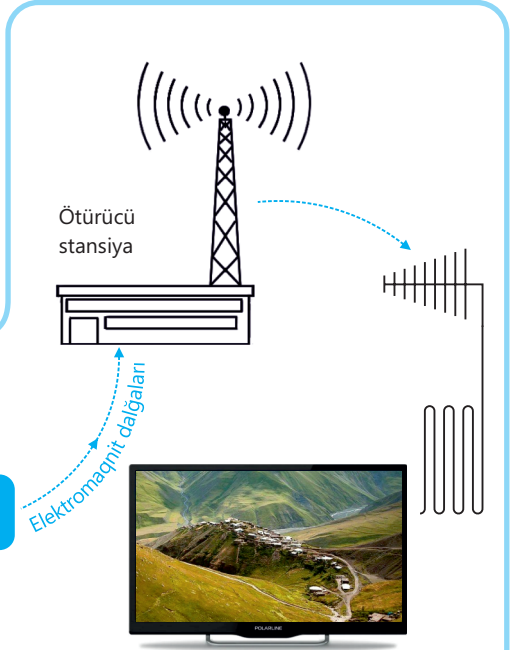


Transformator

Şəkil 4.18.

Elektromaqnit dalğalarının tətbiqi

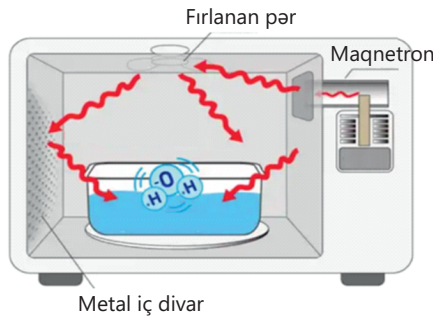
Alçaq tezlikli elektromaqnit dalğaları. Bu dalğalar sənaye elektrotexnikasında, elektrik enerjisinin istehlakçılara çatdırılmasında, elektrik mühərriklərində və s. istifadə olunur (şəkil 4.18).



Teleradio studiyası

Şəkil 4.19.
Radiodalğalar

Radiodalğaların tətbiqi. Elektromaqnit dalğaları informasiyanın radio və televiziya vasitəsilə ötürülməsini təmin edir. Bu prosedə səs dalğaları (mexaniki dalğalar) mikrofon (qəbuledici) vasitəsilə elektromaqnit dalğasına çevrilir və ötürücülərlə radio, yaxud televiziya stansiyalarına göndərilir. Həmin dalğalar radio və ya televiziya vasitəsilə yenidən eşidilə bilən səs dalğalarına (mexaniki dalğalara) çevrilir (şəkil 4.19).

Şəkil 4.20.
Mikrodalğalı soba

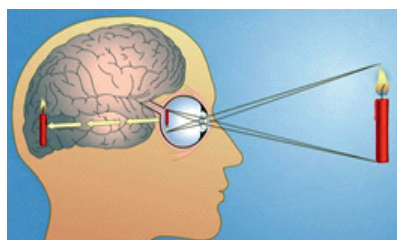
Mikrodalğaların tətbiqi. Mikrodalğalar məişətdə və müasir texnologiyada geniş istifadə olunur. Məişətdə bu dalğalar mikrodalğalı sobalarda tətbiq edilir. Bu sobalar qidaları qızdırmaq üçün istifadə olunur. Sobada mikrodalğalar *maqnetron* adlanan xüsusi qurğudan keçir. O, elektrik enerjisini mikrodalğalı şüalanmaya çevirir. Mikrodalğalar yalnız su molekullarını rəqs etdirərək qızdırır, buna görə də o, su tərkibli maddələri isidir (şəkil 4.20). Mikrodalğalı sobaya quru kağız qoyulsa, onun temperaturunda çox az dəyişiklik baş verər.

İnfraqırmızı dalğaların tətbiqi. İnfraqırmızı dalğalar obyektlərin istilik şüalanmasıdır. Bu dalğalardan gecəgörmə cihazlarında və pultlarda, habelə digər texnoloji qurğularda istifadə olunur. Məsələn, insan bədənini, avtomobil infraqırmızı dalğa şüalandırdığından gecəgörmə cihazının detektoru bu şüaları qəbul edir və qaranlıqda aydın görüntü yaradır (şəkil 4.21).



Şəkil 4.21.
Gecəgörmə cihazı

Görünən dalğaların tətbiqi. Görünən dalğalar insanın təbii görməsini təmin edir. Bu dalğalar insanın gözüne düşərək gözün tor təbəqəsindəki görmə sinirinin uclarına təsir edir və beyində görmə hissi yaradır (şəkil 4.22, a). Görünən dalğalar optik cihazlarda – fotoaparət, teleskop, eynəklərdə və s.-də tətbiq olunur (şəkil 4.22, b).



(a)



(b)

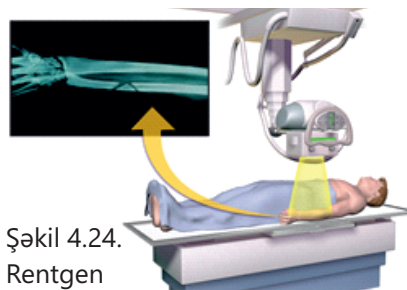
Şəkil 4.22. Görmə (a), optik cihazlar (b)

Ultrabənövşəyi dalğaların tətbiqi. Ultrabənövşəyi dalğalardan sənədlərin və kağız valyutaların həqiqiliyini yoxlamaq üçün istifadə olunur. Belə ki, sənəd və pulun üzərində görünməyən xüsusi boya ilə yazılar yazılır. Həmin hissəyə ultrabənövşəyi işıq düşdükdə yazılar görünür (şəkil 4.23).



Şəkil 4.23.
Ultrabənövşəyi detektor

Rentgen şüalarının tətbiqi. Rentgen şüalanmasının tətbiq sahələri çox genişdir. Bura tibbi, elmi və texnoloji prosesləri misal göstərmək olar. Məsələn, insan və heyvanların sümüklərindəki sınıqların aşkar olunmasında rentgen diaqnostikasının əvəzolunmaz rolu vardır (şəkil 4.24).

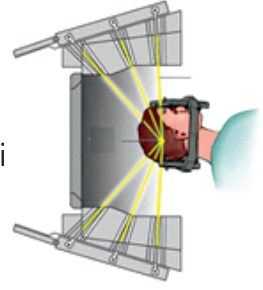


Şəkil 4.24.
Rentgen
diaqnostikası

Qamma şüaların tətbiqi. Bu şüalanma təbabət, elm, sənaye və təhlükəsizlik daxil olmaqla müxtəlif sahələrdə geniş tətbiq olunur.

Təbabətdə: müxtəlif xəstəliklərin diaqnozu və müalicəsi. Məsələn, xərçəngi aşkar etmək, daxili orqanları yoxlamaq və şişlərin müalicəsi üçün tətbiq olunur (şəkil 4.25).

Elmdə: nüvə reaksiyalarının xassələrini öyrənmək, radioaktiv izotopları tədqiq etmək, nüvə və atomların fotoşəkillərinin çəkilməsi və s. istifadə olunur.



Şəkil 4.25.
Xərçəngin şüa terapiyası

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

İnternet resurslarından istifadə etməklə rentgen və qamma şüalanmasının tətbiqinə aid bir misal göstərin.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

1. Aşağıdakı elektromaqnit şüalanma növlərindən hansının dalğa uzunluğu ən qısadır?

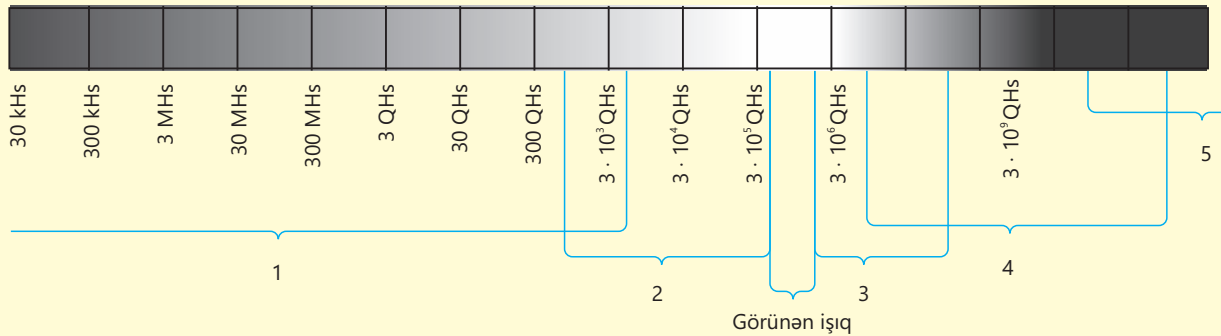
- A) Radiodalğalar B) Görünən işıq C) Qamma şüalanma
D) Mikrodalğalar E) Rentgen şüalanması

2. 500 kHs tezliyində yayımlanan radiostansiyanı eşitmək üçün radioqəbuledici hansı dalğa uzunluğuna köklənməlidir?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Elektromaqnit dalğaları şkalası nəyi ifadə edir?

2. Şəkildə elektromaqnit dalğa şkalası təsvir olunmuşdur:



- a) Rəqəmlərdən hansı (1-5) elektromaqnit dalğalarının infraqırmızı diapazonuna uyğundur?
b) Rəqəmlərdən hansı (1-5) elektromaqnit dalğalarının ultrabənövşəyi diapazonuna uyğundur?
c) Rəqəmlərdən hansı (1-5) elektromaqnit dalğalarının radiodalğa diapazonuna uyğundur?

Elm, texnologiya, həyat

Elektromaqnit dalğaları insan həyatını yüngülləşdirən əsas vasitələrdən biridir. Belə ki, hazırda bir çox sahədə elektromaqnit dalğaları ilə işləyən cihazlar hətta insanları əvəz edir. Məsələn, sürücüsüz taksiləri, dronları və "ağıllı" tozsoran kimi bəzi məişət cihazlarını nümunə göstərmək olar.

Sürücüsüz taksilər hər tərəfdən sensorlarla təchiz olunmuşdur. Bu cihazların şüalandırdığı elektromaqnit dalğaları taksi ilə digər obyektlər (məsələn, avtomobillər) arasındakı məsafəni müəyyən edərək sürəti tənzimləyir.



Sürücüsüz taksi

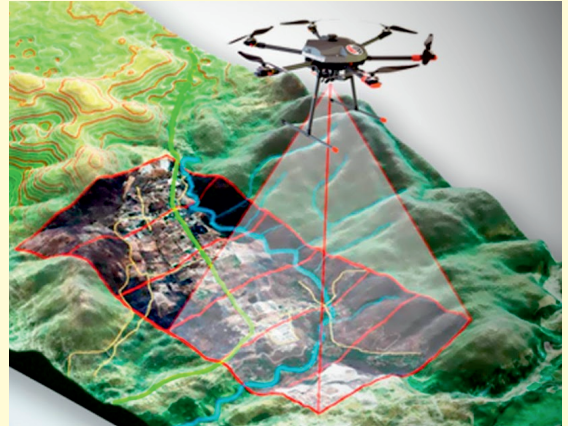


"Ağıllı" tozsoran

Dronlar yüklərin daşınması, təhlükəsizlik məqsədilə böyük ərazilərə nəzarətin təşkil olunması və s. işləri həyata keçirir. Dronlara uyğun göstərişlər mobil telefon və ya kompüterlə məsafədən verilir.

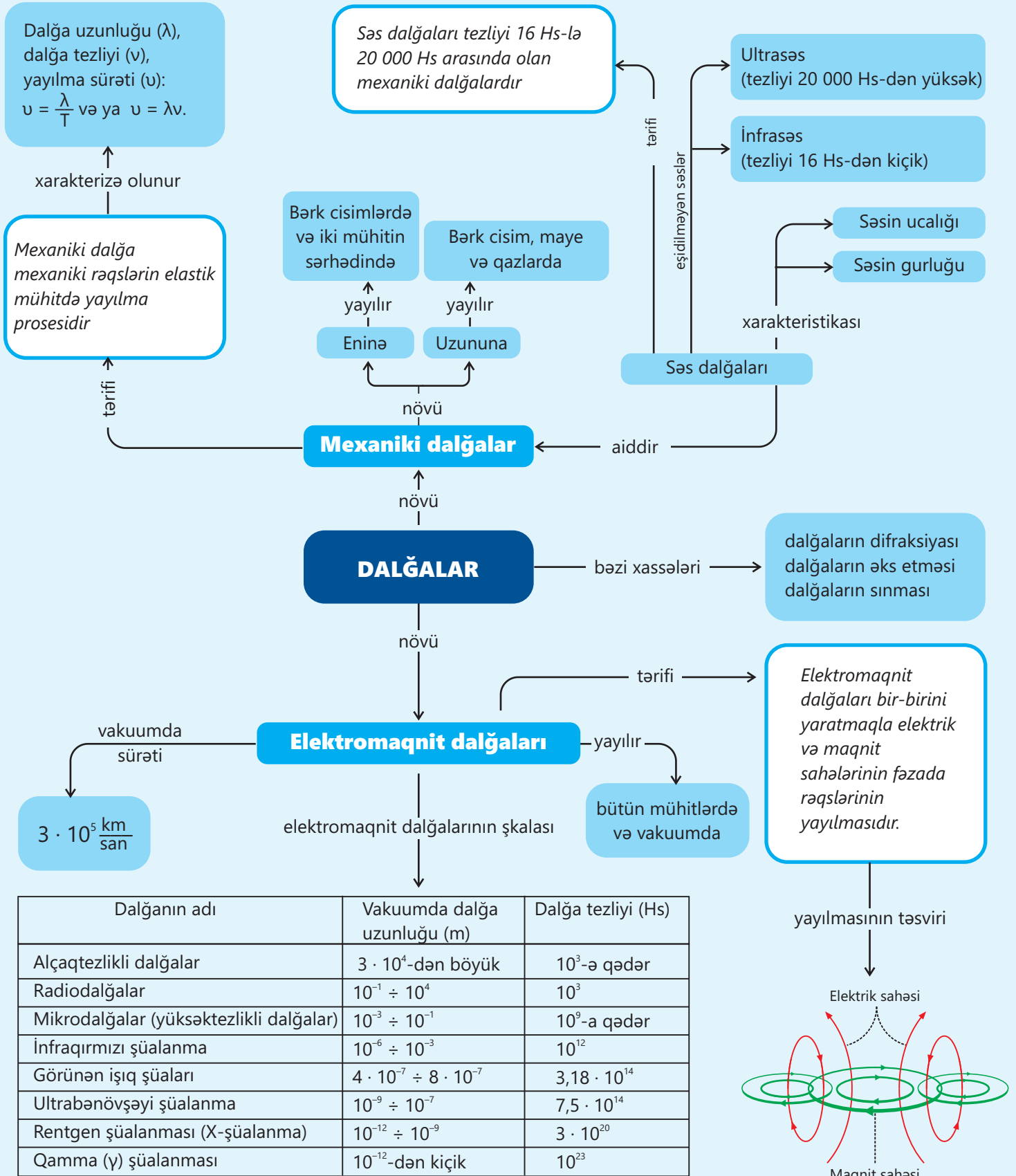


Yükün daşınması



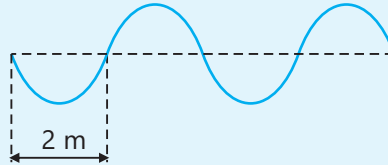
Coğrafi tədqiqatlar

Xülasə

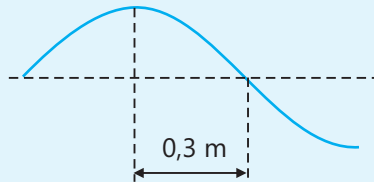


Ümumiləşdirici tapşırıqlar

1. Kəndirbaz diqqət etdi ki, o, ayağını kəndirin üzərinə qoyduqda şəkildə təsvir olunan dalğa yaranır. Dalğanın kəndir boyunca yayılma sürəti $2,4 \text{ m/san}$ olarsa, dalğanın tezliyini təyin edin.



2. Şəkildə rezin qaytada $1,4 \text{ Hz}$ tezliklə yayılan eninə dalğanın bir hissəsi təsvir edilmişdir. Dalğaların yayılma sürəti nəyə bərabərdir?



3. Arı dəqiqədə 600 dəfə qanad çalır. Qanadların rəqs periodunu təyin edin. Cavabı saniyə ilə ifadə edin.

4. Qazlarda niyə eninə dalğalar yayılmır?

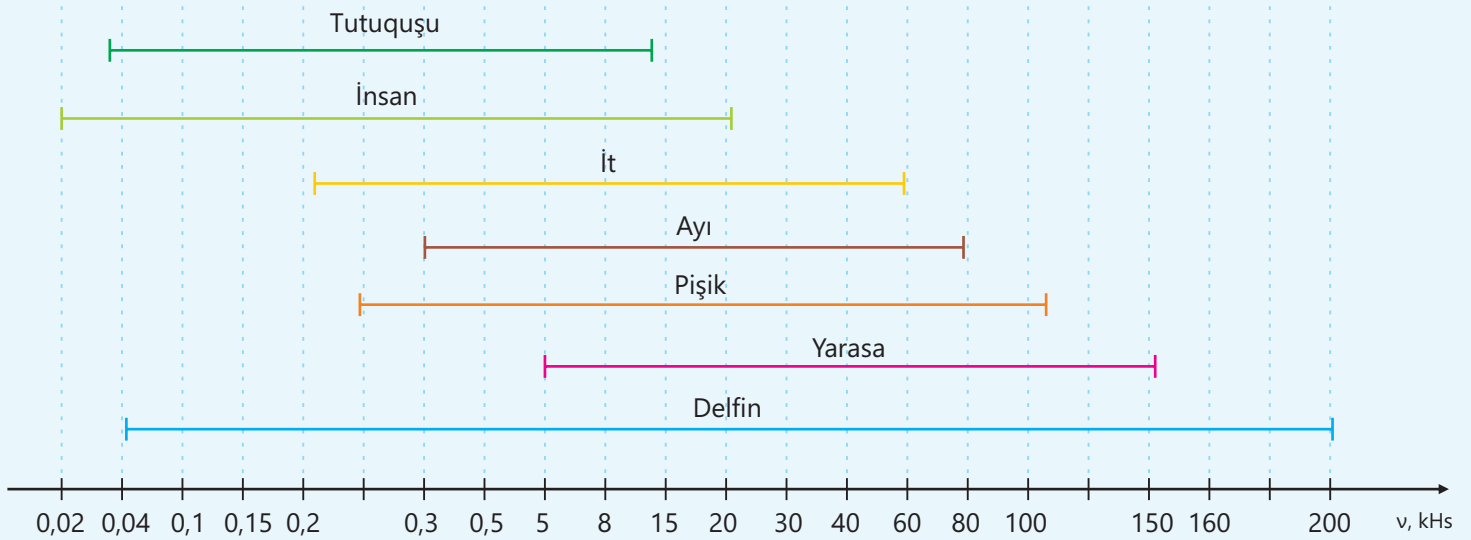
5. Hovuzda müəyyən tezlikdə səs yayan sualtı dinamik quraşdırılmışdır. Səs dalğasının bir hissəsi suyun alt səthindən əks olunur, bir hissəsi isə sınaraq havaya keçir. Sudan havaya keçərkən səsin ucalığı, dalğa uzunluğu və sürəti necə dəyişəcək? Uyğun kəmiyyət üçün dəyişikliyin müvafiq xarakterini müəyyənləsdirin:

- a) artacaq
- b) azalacaq
- c) dəyişməyəcək

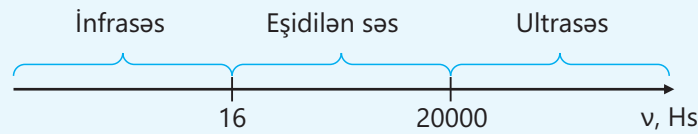
Səsin ucalığı	Səsin dalğa uzunluğu	Səsin sürəti

6. Şaquli şaxtanın girişində atəş açıldı. Əgər onun dərinliyi 340 m olarsa, atəşdən nə qədər vaxt sonra şaxtanın dibindən əks olunan güllənin səsi atıcıya qayıdacaq? Havada səsin sürəti 340 m/san olaraq qəbul edilir.

7. Şəkil 1-də insanlar və müxtəlif heyvanlar üçün eşidilən səs diapazonları, şəkil 2-də isə infrasəs, eşidilən səs və ultrasəs tezlik diapazonu təsvir edilmişdir.



Şəkil 1.



Şəkil 2.

Təsvirlərdəki məlumatlardan istifadə edərək, verilmiş siyahıdan iki doğru ifadə seçin. Cavabınıza onların nömrələrini yazın.

- 1) Ultrasəsin dalğa uzunluğu infrasəsin dalğa uzunluğundan daha uzundur.
- 2) Təqdim olunan heyvanlar arasında ən geniş diapazonlu səsləri dalğalı tutuquşu eşidir.
- 3) Pişiyin eşidilən səslərinin diapazonu insan diapazonu ilə müqayisədə ultrasəs diapazonuna doğru sürüşür.
- 4) 10 kHz tezlikli səslər infrasəs diapazonuna aiddir.
- 5) Havada dalğa uzunluğu 3 sm olan səs siqnalı təqdim olunan bütün heyvanlar və insanlar tərəfindən eşidiləcək (havada səsin sürəti 340 m/s).
- 6) Radiostansiya 12 MHz tezliyində işləyir. Yayılan radiodalğaların uzunluğu nə qədərdir?
- 7) Yerdən gələn elektromaqnit dalğası Marsa 3 dəqiqə 6 saniyəyə çatır. Marsa olan məsafə nə qədərdir?

8. Radiostansiya 12 MHs tezliyində işləyir. Yayılan radiodalğaların uzunluğu nə qədərdir ($c = 300\,000$ km/san)?

9. Elektromaqnit dalğası Yerdən Marsa 3 dəqiqə 6 saniyəyə çatır. Yerdən Marsa olan məsafə nə qədərdir?

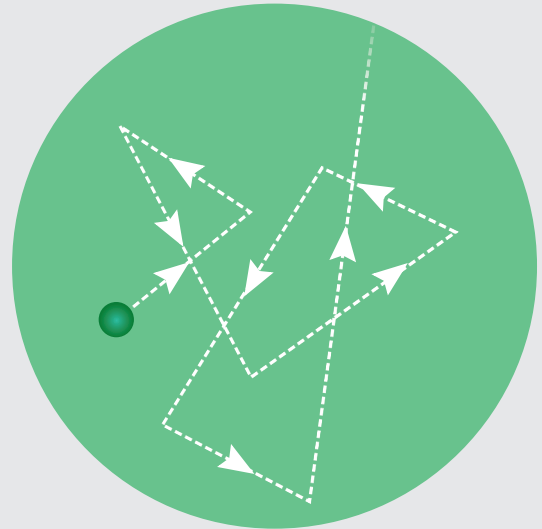
bölmə

5

Molekulların istilik hərəkəti. Daxili enerji

İstilik hərəkəti cisim daxilində atom və molekulların nizamsız hərəkətidir. Cismi təşkil edən zərrəciklərin istilik hərəkəti həmin cismin sükunət halında olmasından və ya hərəkət etməsindən asılı deyil.

Bu hərəkəti ilk dəfə 1827-ci ildə ingilis botaniki Robert Broun mikroskop altında suda asılı vəziyyətdə olan çiçək tozcuqları üzərində müşahidə apararkən aşkar etmişdir. Lakin Broun hər bir tozcuğun suda xaos (nizamsız) hərəkət etməsinin səbəbini izah edə bilməmişdi.



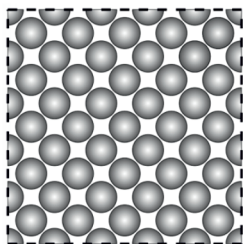
- 1905-ci ildə broun hərəkətinin düzgün elmi izahını amerikalı fizik Albert Eynşteyn vermişdir. O izah etmişdir ki, suda asılı vəziyyətdə olan çiçək tozcuğunun broun hərəkətinə səbəb tozcuqdan 1000 dəfə kiçik su molekullarının nizamsız hərəkət edərək kompensasiya olunmayan zərbələridir.
- 1. Broun hərəkəti maddələrin molekulyar quruluşu haqqında hansı müddəaların düzgünlüyünü sübut etdi?
- 2. Sizcə, niyə maddənin atom və molekullarının hərəkəti istilik hərəkəti adlanır?
- 3. Molekulların istilik hərəkətinin enerji xarakteristikası nədir?

Bölmədə öyrənəcəksiniz

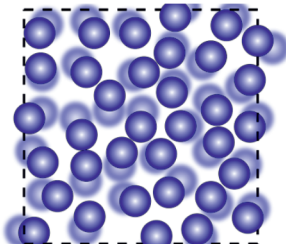
- Diffuziya hadisəsi və broun hərəkəti maddələrin molekulyar quruluşunun əsas müddəalarını təsdiq edir
- Maddələr arasında istilik mübadiləsi onları təşkil edən molekulların istilik hərəkəti nəticəsində baş verir
- İstilik mübadiləsi maddələr arasında istilik tarazlığı yaranana qədər davam edir
- Temperatur molekulların orta kinetik enerjisinin ölçüsüdür
- Maddələri təşkil edən atom və molekulların enerji xarakteristikası daxili enerjidir
- Daxili enerjinin dəyişməsi mexaniki işgörmə və istilikvermə vasitəsilə baş verir

5.1 Molekulların istilik hərəkəti. Temperatur

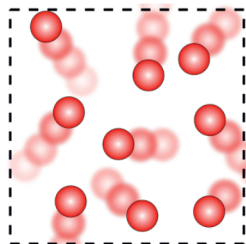
"Təbiət" fənnindən (5-ci sinif) bilirsiniz ki, bütün maddələr atom və molekulardan təşkil olunmuşdur. Bu zərrəciklər daim hərəkətdə və bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdədir.



Bərk cisim



Maye



Qaz

- Maddəni təşkil edən molekulaların qarşılıqlı təsirlərini saymaq mümkündürmü?
- Mexaniki hərəkətdə olduğu kimi, maddədəki molekulaların da hərəkət trayektoriyasını dəqiqliklə müəyyən etmək olarmı?

Açar sözlər

istilik hərəkəti, diffuziya, broun hərəkəti, temperatur, orta kinetik enerji

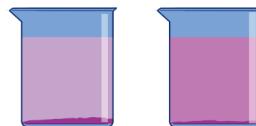
Fəaliyyət

Müxtəlif temperaturalarda diffuziya necə baş verir?

Ləvazimat: iki laboratoriya stəkanı, qida boyası, isti və soyuq su.

İşin gedişi:

1. Laboratoriya stəkanının birinə isti su, digərinə isə eyni miqdarda soyuq su tökün.
2. Hər stəkana eyni miqdarda qida boyası əlavə edin.



Müzakirə edin:

1. Boyaq dənələrini qablardakı suya atdıqda nə müşahidə etdiniz?
2. Hansı qabda diffuziya hadisəsi daha sürətlə baş verdi?

Fəaliyyət zamanı su molekulalarının xaosik hərəkətinin nəticəsi kimi qida boyasının suda diffuziya etməsi müşahidə olundu. Ancaq biz maddəni təşkil edən kiçik zərrəcikləri adi gözlə görə bilmədik. Bu zaman sual yaranır: "Molekulların xaosik hərəkəti bir müddət sonra tamamilə dayanır, yoxsa fasiləsiz olaraq davam edir? Bu zərrəciklərin fasiləsiz və xaosik hərəkət etməsinin hansısa sübutu varmı?" Bu suallara ingilis botaniki Robert Brounun tədqiqatları əsasında cavab vermək mümkün oldu.

Broun hərəkəti

Broun hərəkəti maye və ya qaz mühitində asılı vəziyyətdə olan yad hissəciklərin (toz, çiçək tozcuğu və s.) həmin mühitin molekulaları və ya atomları ilə təsadüfi toqquşmalarının nəticəsidir.

Broun bu hərəkəti 1827-ci ildə mikroskopla suda çiçək tozcuqlarının hərəkətini öyrənərkən aşkar etmişdir. Məlum olmuşdur ki, hər bir hissəcik (broun hissəciyi adlandırılır) başqa bir broun hissəciyinin hərəkətindən fərqli – qırıq xətlərdən ibarət trayektoriya üzrə hərəkət edir. Şəkil 5.1-də üç broun hissəciyinin mikroskopda müşahidə olunan hərəkət trayektoriyasının təsviri verilmişdir. Təsvirdəki nöqtələr bərabər zaman fasilələrində hissəciklərin vəziyyətlərini göstərir.

Broun hərəkətini qazlarda da müşahidə etmək mümkündür.

Broun hərəkətini necə izah etmək olar?

Sual maddələrin molekulyar quruluşu əsasında aşağıdakı ardıcılıqla izah oluna bilər:

- 1) su (qaz) molekulardan təşkil olunmuşdur;
- 2) molekulalar fasiləsiz və nizamsız hərəkətdədir;
- 3) molekulalar nizamsız hərəkət etməklə broun hissəciyi ilə toqquşur;
- 4) molekulalar broun hissəciyinə müxtəlif istiqamətlərdən fərqli sayda qüvvələrlə zərbə vurduqlarından broun hissəciyi qırıq xətlərdən ibarət mürəkkəb trayektoriya üzrə hərəkət edir (şəkil 5.2).

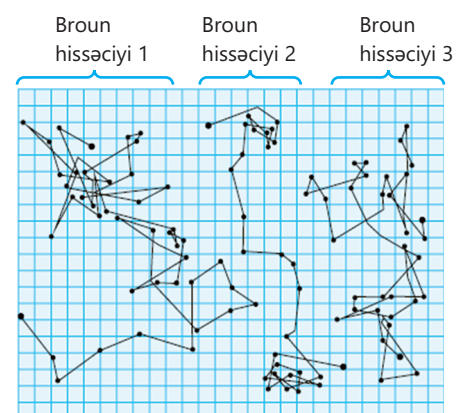
Təcrübələrdən müəyyən olunmuşdur ki, broun hissəciyinin sürəti onun kütləsindən, mayenin (qazın) temperaturundan və mayenin növündən asılıdır. Belə ki, broun hissəciyinin kütləsi kiçik, mayenin (qazın) temperaturu yüksək olarsa, broun hissəciyinin sürəti də yüksək olur. Analoji qanunauyğunluqla maddənin molekulalarının sürətləri də onların kütlələrindən (maddənin növündən) və maddənin temperaturundan asılıdır.

Beləliklə, broun hərəkəti belə bir elmi faktı təsdiqləyir:

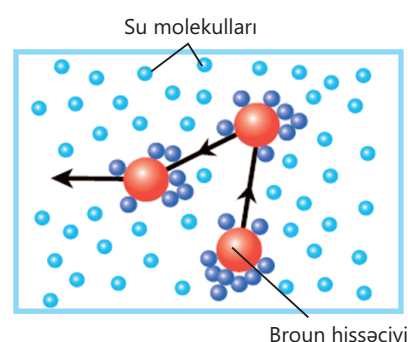
- bütün maddələr atom və molekulardan təşkil olunmuşdur;
- maddə molekulalarının bir-biri ilə toqquşması nəticəsində onların hərəkət istiqaməti daim dəyişir. Bu səbəbdən isə həmin zərrəciklər fasiləsiz xaosik hərəkət edir.

Cismi təşkil edən molekulaların xaosik hərəkəti istilik hərəkəti adlanır.

- Molekulların istilik hərəkətinin intensivliyi maddənin temperaturundan asılıdır, yəni maddənin temperaturu yüksək olduqca onun molekulaları daha sürətlə hərəkət edir. Cisimlərin istilik dərəcəsi onların temperaturu ilə fərqləndirilir. Məsələn, dondurmanın temperaturu suyun temperaturundan kiçikdir, yaxud başqa misal, ərimə temperaturunda olmayan misin maye halındakı temperaturu onun bərk halındakı temperaturundan yüksəkdir.



Şəkil 5.1.
Broun hissəciklərinin hərəkət trayektoriyası



Şəkil 5.2.
Broun hərəkətinin modelləşdirilməsi:
su molekulları broun hissəciyinə
müxtəlif istiqamətlərdən zərbələr
vurur

Molekulların sürəti yalnız temperaturdan asılıdır mı?

Müəyyən olunmuşdur ki, normal şəraitdə ($p = 760$ mm civ. süt. və 20°C temperaturda) müxtəlif maddələrin molekullarının xaosik hərəkət sürətləri də fərqlidir.

Cədvəl 5.1-də müxtəlif maddələrin kütlə ədədləri və molekullarının orta sürətləri göstərilmişdir. Göründüyü kimi, molekulların kütlə ədədi artdıqca onların orta sürəti azalır. Buna səbəb daha böyük kütlə ədədi olan molekulların kütlələrinin daha çox olmasıdır. Bu nəticə göstərir ki, istilik hərəkətinin sürəti yalnız temperaturdan deyil, həm də molekulların kütləsindən asılıdır.

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Maddəni təşkil edən molekulların hər birinin kinetik enerjisini dəqiqliklə ölçmək mümkündürmü? Cavabınızı izah edin.

Cədvəl 5.1.

Maddə	Kimyəvi simvolu	Kütlə ədədi	Orta sürət, m/san
Helium	He	4	1350
Su buxarı	H ₂ O	18	585
Azot	N ₂	28	470
Oksigen	O ₂	32	400
Karbon dioksidi	CO ₂	44	370

Bilir-siniz-mi?

Suyun və havanın molekulları həyatımızın əsas komponentləridir. Bir damcı suda $\approx 10^{21}$ molekul mövcuddur.

İnsan bir dəfə nəfəs aldıqda, yəni nəfəs havasında $\approx 2,5 \cdot 10^{22}$ hava molekulu qəbul edir. Havanın təxminən 21%-i oksigen (O₂) olduğuna görə hər nəfəsalmada $\approx 5,25 \cdot 10^{21}$ oksigen molekulu udulur.

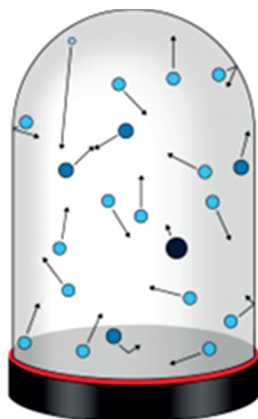
Deməli, molekulların orta sürəti yalnız temperaturdan deyil, həm də onların kütləsindən asılıdır. Molekulun sürət və kütləsindən asılı olan digər fiziki kəmiyyət isə orta kinetik enerjidir. Nəzəri yolla müəyyən edilmişdir ki, cismin temperaturu onu təşkil edən molekulların orta kinetik enerjisindən asılıdır.

Temperatur cismi təşkil edən molekulların orta kinetik enerjisinin ölçüsüdür.

Cismi təşkil edən molekulların orta kinetik enerjisi böyük olduqda onun temperaturu da yüksək olur.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin**Qaz zərrəciklərinin xaosik hərəkətinin modelləşdirilməsi**

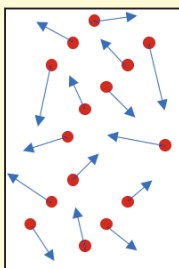
Şəkildə qapalı qab daxilində müəyyən temperaturda olan dörd müxtəlif qaz zərrəciyinin istilik hərəkətləri oxlarla təsvir edilmişdir. Bu zərrəciklər helium və argon atomları, hidrogen və oksigen molekullarıdır.

**Müzakirə edin:**

1. Eyni temperaturda müxtəlif qaz zərrəciklərinin hərəkət sürəti niyə eyni deyil?
2. Qapalı qaba su buxarı daxil edilərsə, onun molekulları helium və oksigenlə müqayisədə necə hərəkət edər?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Şəkildə verilmiş həcmdə hermetik qabda hərəkətdə olan qaz molekullarının modeli təsvir olunmuşdur. Qazın temperaturu artırılarsa, onun təzyiqi və molekullarının sürəti necə dəyişər?



	Qazın təzyiqi	Qazın molekullarının sürəti
A)	dəyişməz	artar
B)	artar	azalar
C)	artar	artar
D)	artar	dəyişməz
E)	dəyişməz	dəyişməz

2. Şəkildə sürtünməsiz hərəkət edə bilən porşenlə təchiz olunmuş silindrdə qaz molekullarının modelləri təsvir edilmişdir. Qazın həcmi dəyişdirmək üçün porşen silindrdə hərəkət etdirilir.

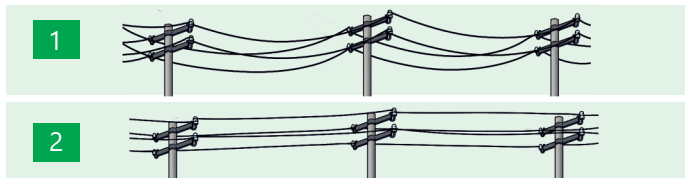
- a) Qaz molekullarının istilik hərəkəti silindrdə təzyiqi necə yaradır?
- b) Silindrdəki qaz qızdırılırsa, porşen xaricə doğru hərəkət edər. Buna görə cədvəldəki ifadələrdə 3 düzgün müddəə hansıdır?



Müddəə	İşarə (✓)
Qaz molekulları arasındakı orta məsafə artır.	
Qaz molekullarının ümumi kütləsi dəyişməz qalır.	
Qaz molekullarının ölçüsü artır.	
Qaz molekullarının sürəti artır.	
Qaz molekullarının orta kinetik enerjisi azalır.	

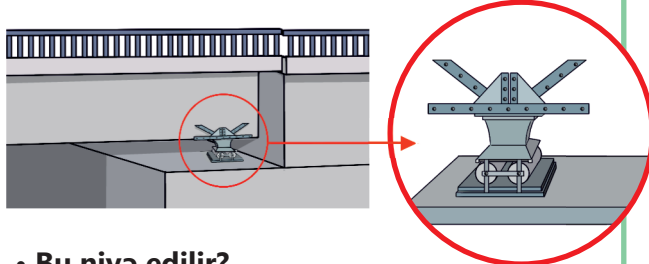
5.2 Cisimlərin istidən genişlənməsi

Şəkilə yay (1) və qış (2) aylarında elektrik naqillərinin vəziyyətləri təsvir olunmuşdur.



• Naqillərin bu fəsilərdə fərqli vəziyyət almasının səbəbi nədir?

Metal körpülərin yükdaşıyan hissələri hərəkət edə bilən diyircəklər üzərində yerləşdirilir.



• Bu niyə edilir?

1

Fəaliyyət

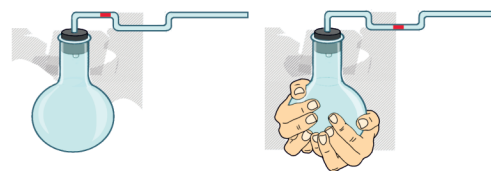
Borudakı damcını hərəkət etdirən nədir?

Ləvazimat: "dilatometr" qurğusu.

Qurğunun təsviri: "dilatometr" qurğusu – ağzı tıxacla qapanmış kolbadan ibarətdir. Tıxacı içərisində rəngli su damcısı olan ayılmış şüşə boru keçirilmişdir.

İşin gedişi:

1. Dilatometri hər iki əlinizin ovcunda tutmaqla qızdırın və damcının boruda yerini necə dəyişdiyini izləyin.
2. Qurğunu masanın üzərinə qoyub əllərinizi kolbadan çəkin və damcının boruda hansı istiqamətdə yerini dəyişdiyini izləyin.



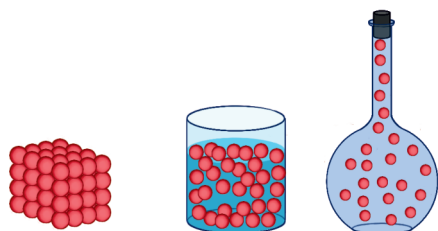
Müzakirə edin:

1. Kolbanı əllərinizlə qızdırdıqda damcı niyə hərəkət etdi?
2. Niyə əllərinizi kolbadan kənarlaşdırdıqda damcı yerini əks istiqamətdə dəyişdi?
3. Eksperiment zamanı istidən genişlənen, soyudulduqda isə sıxılan hansı maddədir?

Bərk cismin molekullarının (atomlarının) sıx və nizamlı düzülüşə sahib olmalarının səbəbi onların arasında çox güclü cazibə qüvvələrinin olmasıdır. Bərk cismin molekulları arasında qarşılıqlı cazibə qüvvəsi böyük olduğundan onlar yalnız öz mövqeləri ətrafında titrəyir. Mayenin molekulları isə bərk cisimlərə nisbətən seyrək yerləşir. Buna səbəb onların arasındakı cazibə xarakterli qüvvələrin bərk cisimlərin molekulları arasındakı qüvvələrə nisbətən zəif olmasıdır. Qaz molekulları arasındakı qüvvələr

isə maye molekulları arasındakı cazibə xarakterli qüvvələrə nisbətən nəzərə alınmayacaq qədər kiçikdir (şəkil 5.3).

Cismi qızdırarkən onun molekullarının orta kinetik enerjisi artır. Kinetik enerjinin artması isə molekulların istilik hərəkətini artırır. Bu zaman molekulların öz həcmələrində, demək olar, dəyişiklik baş vermir, lakin onlar arasındakı məsafə artır. Məsələn, bərk cismi qızdırdıqda onun molekullarının titrəyişi (rəqsi hərəkəti) şiddətlənir. Bu titrəyiş qonşu zərrəciklərə də ötürülür və onlar da

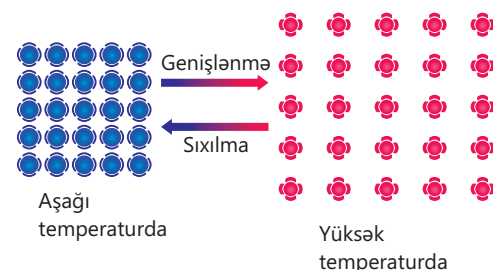


Şəkil 5.3.

Bərk cisim, maye və qazın molekulyar quruluşu

eyni tezlikdə rəqsi hərəkət edir. Beləliklə, molekulların titrəyişləri şiddətləndikcə onlar öz yerləri ətrafında daha böyük amplitudla rəqsi hərəkət edir. Nəticədə zərrəciklər arasında məsafə artır və bərk cismin həcmcə genişlənməsi baş verir. Cismi soyutduqda isə əks proses baş verir: molekulların istilik hərəkətlərinin orta kinetik enerjiləri azalır. Nəticədə bərk cisimlərin molekullarının rəqsi hərəkətlərinin amplitudları kiçilir və molekullar bir-birinə yaxınlaşır – cisim sıxılır (şəkil 5.4).

Maye və qazların istidən genişlənməsinin səbəbi də molekullarının orta kinetik enerjisinin artması nəticəsində daha geniş həcmə yerlərini dəyişmələridir.



Şəkil 5.4.
Bərk cismin istidən genişlənməsi, soyuqdan sıxılması



• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Neft və ya qaz kəmərlərində borular bəzi hissələrdə niyə düz xətt üzrə deyil, "Π" formasında quraşdırılır?

2

Fəaliyyət

Bərk cismin istidən genişlənməsi

Ləvazimat: xətti genişlənmə qurğusu, spirt lampası (və ya şam), alışqan.

Xətti genişlənmə qurğusunun quruluşu: qurğu 3 müxtəlif rəngli əqrəbdən (ağ, qırmızı və göy) ibarətdir, şkaladan (hər bölgüsü 5° olmaqla), iki dayaqdan (dayağın biri bərkidici vintlə təchiz olunmuşdur), uzunluqları və qalınlıqları eyni olan 3 metal çubuqdan (polad, mis və alüminium) ibarətdir.

İşin gedişi:

1. Çubuqlardan birini dayaq üzərində yerləşdirib bir ucunu bərkidin, digər ucunu isə uyğun əqrəbə toxundurun.
2. Spirt lampasını yandırıb çubuğu 1–2 dəq qızdırın və əqrəbin yerdəyişməsinə izləyin.
3. Lampanı söndürüb daha 1–2 dəq müşahidəni davam etdirin.



Müzakirə edin:

1. Metal çubuğu qızdırdıqda və soyutduqda əqrəb yerini necə dəyişdi?
2. Təcrübədən hansı nəticəyə gəldiniz?

Bilir-
sınız-
mi?

Suyun ən maraqlı və mühüm xüsusiyyətlərindən biri digər bütün maddələrdən fərqlənərək bərk halının (buzun) maye halından daha yüngül olmasıdır. Şaxtalı havada (yəni temperatur 0°C-dən aşağı olanda) suyun səthi hava ilə birbaşa təmasda olur. Hava çox soyuq olduğu üçün istilik əvvəlcə səthdən çıxmağa başlayır. Suyun səthi istiliyini havaya verərək soyuyur və 0°C-yə çatanda donmağa, buz təbəqəsi ilə örtülməyə başlayır. Bu təbəqə izolyasiya rolu oynayaraq su hövzələrinin tamamilə donmasının və canlıların məhv olma təhlükəsinin qarşısını alır. Bununla yanaşı, müəyyən edilmişdir ki, suyun ən böyük sıxlığı 4°C olur. Suyun bu xüsusiyyəti həyat üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, dənizlərdə 4°C temperatura çatan su ən böyük sıxlıqlı maddə kimi dibə çökür. Buna görə səthi buzla örtülən dənizlərin dibi daim maye halında canlıların yaşaya biləcəyi 4°C temperaturdadır. Qış aylarında buz təbəqəsi ilə örtülən göl və çayların alt hissələri də həmişə eyni – həyat üçün əlverişli temperaturda, yəni 4°C-də olur.

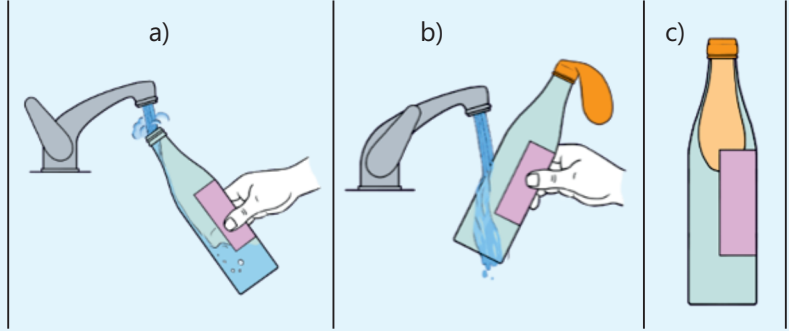
Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Niyə rezin şar butulkaya soruldu?

Ləvazimat: şüşə butulka, rezin şar, isti və soyuq su, sap.

İşin gedişi:

1. Butulkaya isti su doldurun (a).
2. Bir neçə dəqiqədən sonra suyu boşaldın və dərhal butulkanın boğazına rezin şar keçirib sapla bağlayın.
3. Butulkanı soyuq su şırnağının altına tutun (b) və şarın butulkanın içərisinə tədricən sorulduğunu izləyin (c).



Müzakirə edin:

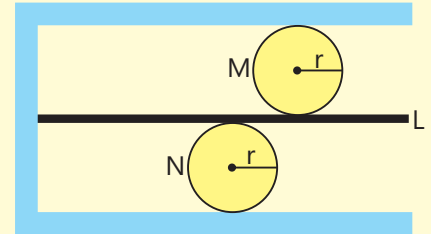
- Niyə butulkanı soyutduqda rezin şar onun içərisinə soruldu? Cavabınızı əsaslandırın.

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Bir ucu divara bərkidilmiş L çubuğu eyniölçülü M və N təkərləri arasında yerləşdirilmişdir. Çubuq qızdırıldıqda baş verən hadisə üçün hansı müddəə düzgündür (təkərlərin istidən genişlənməsi nəzərə alınmır)?

- 1) M təkəri saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində döner.
- 2) M təkəri saat əqrəbinin hərəkətinin əksi istiqamətində döner.
- 3) N təkəri saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində döner.
- 4) N təkəri saat əqrəbinin hərəkətinin əksi istiqamətində döner.
- 5) M təkəri N-ə nisbətən çox döner.

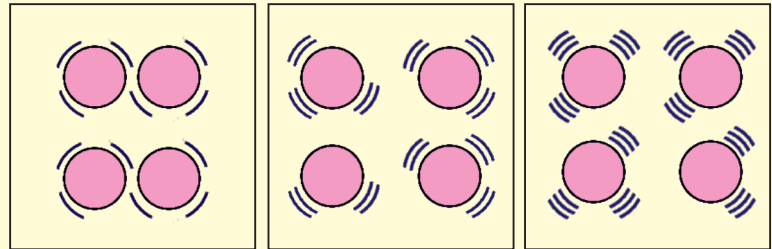
- A) 1, 4 və 5 B) 1 və 4 C) 2 və 4 D) 1, 3 və 5 E) 2, 3 və 5



2. Cisim istidən genişlənersə, onun molekullarının ölçüsü necə dəyişər?

3. Şəkildə qızdırılan cismin molekullarının vəziyyətinin dəyişməsi təsvir edilmişdir. Bu cisim üçün aşağıdakı müddəalardan hansı doğrudur?

- 1) Molekullarının hərəkət sürəti artır.
- 2) Molekullar arasındakı məsafə artır.
- 3) Molekulların xətti ölçüləri artır.
- 4) Molekulların sayı artır.
- 5) Molekulların xətti ölçüləri dəyişmir.



- A) 1, 3 və 4 B) 1, 2 və 5 C) 3 və 4 D) Yalnız 1 E) Yalnız 2

5.3 İstilik tarazlığı. Temperatur şkalaları

Nicat atası ilə bağ evində təmizlik işləri görürdü. O, avtomobilin yük yerinə bir şüşə su, bir neçə mismar və tennis raketkəsi qoymuşdu. Avtomobil 3 saat Günəş şüaları altında qaldıqdan sonra onun içərisində temperatur 40°C -yə çatmışdı.

• **Avtomobilin yük yerindəki əşyaların temperaturları haqqında nə deyə bilərsiniz?**

Fəaliyyət

Hansı cisim daha soyuqdur?

Ləvazimat: stəkan, isti su, təxminən eyni ölçüdə metal və plastmas qaşiq, şüşə və taxta çubuq, elektron termometr.

İşin gedişi:

1. Stəkana yarıdan yuxarı isti su tökün və termometri ora daxil edin.
2. Qaşiq və çubuqları şəkildəki kimi suda yerləşdirib termometrin göstəricisini müşahidə edin.
3. Stəkana, qaşiq və çubuqlara ayrı-ayrılıqda toxunun. Termometrin göstəricisinə əsasən sudakı əşyaların istiliyi haqqında nəticəni müzakirə edin.



Müzakirə edin:

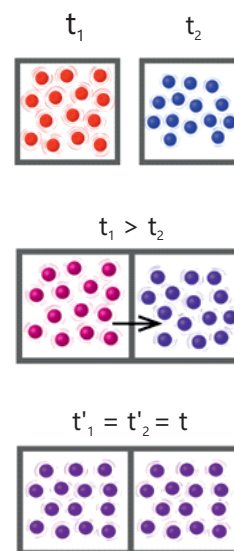
1. Suda yerləşdirilən əşyaların temperaturu haqqında nə deyə bilərsiniz?
2. Bu əşyaların hər birinə ayrılıqda toxunduqda hansını daha soyuq hiss etdiniz?
3. Əşyaların temperaturunu təyin etmək üçün termometri onların hər birinə toxundurmaq lazımdır mı?

Suallara cavab vermək üçün hər bir əşyanın temperaturunu ayrı-ayrılıqda ölçməyə ehtiyac yoxdur. İsti suyun bütün əşyalarla təması *istilik tarazlığı* yaradır.

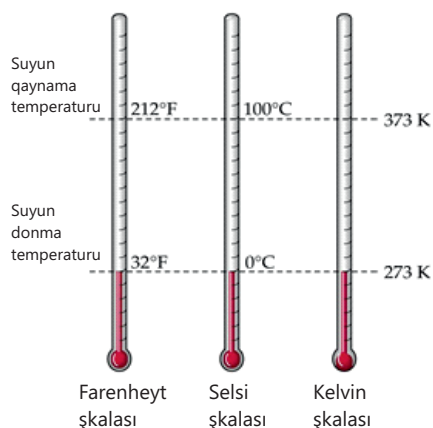
İstilik tarazlığı

Cisimlərin müxtəlif temperaturda olması onların molekullarının da fərqli orta kinetik enerjilərinin olması ilə əlaqədardır. Cisimlər bir-birinə toxunduqda onların molekulları arasındakı toqquşmalar kinetik enerjinin (istiliyin) isti cisimdən soyuq cismə ötürülməsinə səbəb olur. Belə ki, bu zaman cisimlər arasında istilik mübadiləsi baş verir. İstilik mübadiləsi nəticəsində isti cismin temperaturu azalmağa, soyuq cismin temperaturu isə artmağa başlayır. İstilik mübadiləsi hər iki cismin molekullarının orta kinetik enerjisinin bərabərləşməsinə qədər davam edir. Müəyyən müddət davam edən bu prosesdən sonra cisimlərin temperaturu bərabərləşir və istilik tarazlığı yaranır (şəkil 5.5).

– *İstilik tarazlığı iki və ya daha çox cismin bir-biri ilə istilik mübadiləsi nəticəsində eyni temperatura çatdığı vəziyyətdir.*



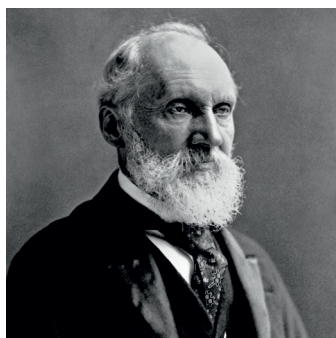
Şəkil 5.5.
Cisimlər arasında istilik tarazlığının yaranması



Şəkil 5.6.
Temperatur şkalaları

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Civəli tibb termometri ilə
sinif otağının
temperaturunu ölçmək
olarmı?



Uilyam Tomson (lord Kelvin)
(1824–1907)

ingilis fiziki, istilik hadisələrini öyrənən
"Termodinamika"nın banilərindəndir.

Δ – yun.: delta

Temperatur şkalaları

Temperatur *termometrlə* ölçülür. İxtiyari ölçü cihazında olduğu kimi, termometrin də ölçü şkalası və ölçü vahidi var. Termometr şkalasını qurmaq üçün temperaturun iki əsas istinad nöqtəsi götürülür və bu nöqtələrarası məsafə bərabər hissələrə bölünərək uyğun temperatur vahidinə görə dərəcələnilir. Məsələn, məişətdə istifadə etdiyimiz termometr temperaturu *Selsi dərəcə* (°C) ilə ölçür. Bu termometr şkalasında normal atmosfer təzyiqində **0°C** temperaturu buzun ərimə, **100°C** temperaturu isə suyun qaynama temperaturu olaraq istinad nöqtələri kimi götürülür. Bu iki istinad nöqtələri arasındakı məsafəni 100 bərabər hissəyə bölərək hər bir bölgü 1°C qəbul edilir.

ABŞ və bəzi ölkələrdə istifadə edilən termometrlərin şkalası isə *Farenheytt dərəcə* (°F) vahidi ilə dərəcələnməmişdir. Farenheytt şkalasına görə buzun ərimə temperaturu **32°F**-ə, suyun qaynama temperaturu isə **212°F**-ə uyğundur (şəkil 5.6). Bu iki istinad nöqtələri arasındakı məsafəni 212 bərabər hissəyə bölərək hər bölgü 1°F qəbul edilir. Selsi və Farenheytt şkalaları arasında aşağıdakı münasibət var:

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32) \text{ və ya } t^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} t^{\circ}\text{C} + 32.$$

1848-ci ildə ingilis fiziki Uilyam Tomson (lord Kelvin) temperaturun yeni şkalasını təklif edib. Bu şkala *mütləq temperatur* və ya *Kelvin şkalası* adlanır. Kelvin şkalasında sıfır nöqtəsi (0 K) *mütləq sıfır temperaturu* adlanır. Mütləq sıfır temperaturunda maddə molekulları istilik hərəkətlərini dayandırır – molekulların orta kinetik enerjisi sıfıra bərabər olur. Mütləq temperatur T hərfi ilə işarə olunur.

Selsi şkalasında mütləq sıfıra uyğun temperatur **–273°C**-dir (daha dəqiq desək, **–273,15°C**-dir). Kelvin şkalasına görə buzun ərimə temperaturu 273K, suyun qaynama temperaturu isə **373K**-dir (bax: şəkil 5.6). Kelvin və Selsi şkalaları ilə ölçülən temperaturlar arasında aşağıdakı əlaqə mövcuddur:

$$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273 \text{ və ya } t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.$$

Mütləq temperaturun BS-də vahidi əsas vahid olan Kelvindir (K):

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

Temperaturun Kelvin şkalasında 1K dəyişməsi onun Selsi şkalasında da 1°C dəyişməsinə uyğundur. Ona görə də həm Kelvin, həm də Selsi şkalalarında temperaturlar fərqi eynidir:

$$\Delta T = \Delta t.$$

Bilir-siniz-mi?

Kondisionerin istilik rejimində temperaturu artırmaq heç də cihazın daha intensiv işləməsinə səbəb olmur. O hər zaman sabit intensivliklə işləyir və əsas məqsədi otaqda istilik tarazlığını təmin etməkdir. Temperatur quraşdırılan dərəcəyə çatdıqda sensorlar cihazı avtomatik söndürür.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

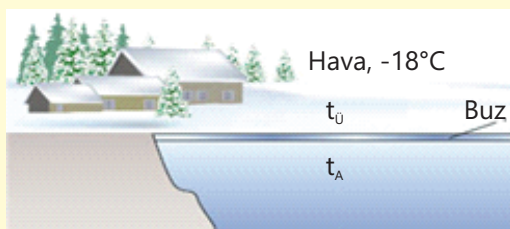
Məsələ (nümunə). Uzun müddət temperaturu 25°C olan otaqda saxlanılan termometrdən istifadə edilərək bədən temperaturu ölçülür. Ölçmədən sonra termometrin göstəricisi 37°C olur. Termometrin temperaturu nə qədər dəyişdi? Bu temperatur dəyişməsinə Selsi, Farenheynt və Kelvin şkalalarında hesablayın.

Verilir	Həlli	Hesablanması
$t_1 = 25^{\circ}\text{C}$, $t_2 = 37^{\circ}\text{C}$, $\Delta t (^{\circ}\text{C}) - ?$ $\Delta t (^{\circ}\text{F}) - ?$ $\Delta T - ?$	$\Delta t (^{\circ}\text{C}) = t_2 - t_1$ $\Delta t (^{\circ}\text{C}) = \Delta T$ $\Delta t (^{\circ}\text{F}) = t_2^{\circ}\text{F} - t_1^{\circ}\text{F}$ $t_1^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} t_1^{\circ}\text{C} + 32$, $t_2^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} t_2^{\circ}\text{C} + 32$.	$\Delta t (^{\circ}\text{C}) = 37^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 12^{\circ}\text{C}$ $\Delta T = 12\text{K}$ $t_1^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} \cdot 25 + 32 = 77^{\circ}\text{F}$; $t_2^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} \cdot 37 + 32 = 98,6^{\circ}\text{F}$; $\Delta t (^{\circ}\text{F}) = 98,6^{\circ}\text{F} - 77^{\circ}\text{F} = 21,6^{\circ}\text{F}$.

Məsələ. Nigar valideynləri ilə İstanbuldan qış tətildən qayıdırdı. O, təyyarədəki ekranda uçuşun 10 000 m yüksəklikdə və təyyarə bortundan kənarda temperaturun -58°C olduğunu oxudu. Təyyarə Bakı Beynəlxalq Hava Limanında eniş etdikdə şəhərdə temperaturun $+12^{\circ}\text{C}$ olduğu elan edildi. Nigar fikrində atmosferin yuxarı qatlarındakı temperaturu Bakıdakı temperatur fərqlərini həm Selsi, həm Farenheynt, həm də Kelvin şkalaları ilə hesablamağa başladı. Temperatur fərqlərini hesablamaqda Nigara kömək edə bilərsinizmi?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

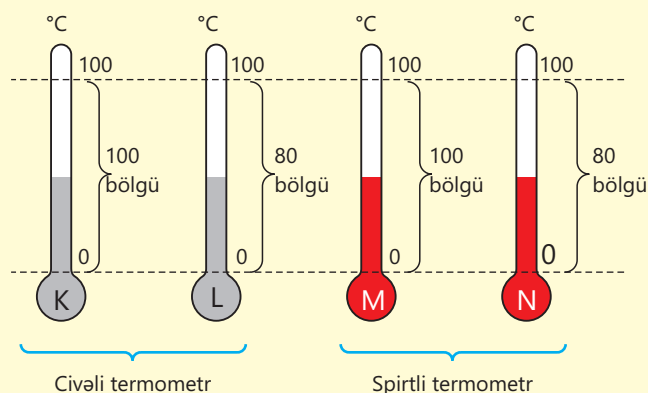
1. Kənddəki su hövzəsinin səthi qalın buz təbəqəsi ilə örtülmüşdür. Havanın temperaturu -18°C -dir. Buz təbəqəsinin üst səthinin t_0 temperaturu, alt üzünün isə t_A temperaturu nəyə bərabərdir?



	t_0	t_A
A)	0°C	0°C
B)	-18°C	18°C
C)	-18°C	0°C
D)	0°C	-18°C
E)	-1°C	-1°C

2. Şəkilə şkalasında müxtəlif sayda bölgüsü olan K və L civə, M və N spirt termometrləri təsvir edilmişdir. Yer qütblərində bunlardan hansı ən həssas termometr kimi istifadə edilə bilər?

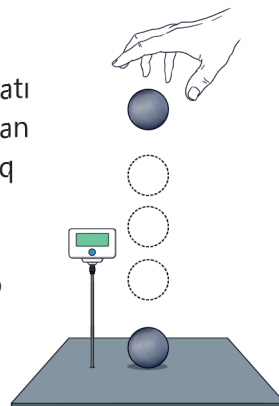
(Nəzərə alın: civənin donma temperaturu -39°C , spirtin donma temperaturu isə -115°C -dir. Yer Şimal qütbündə qışda temperatur -40°C , Cənub qütbündə isə -62°C -dir).



- A) Yalnız N
B) Yalnız L
C) Yalnız M
D) Yalnız K
E) K və M

5.4 Daxili enerji. Daxili enerjinin dəyişmə üsulları

Polad kürəni döşəməyə qoyulmuş polad lövhənin üzərində müəyyən hündürlükdə saxladıqda ona potensial enerji ehtiyatı verilmiş olur. Kürə sərbəst buraxıldıqda onun döşəmədən olan hündürlüyü tədricən azalır, sürəti isə artır. Buna uyğun olaraq kürənin potensial enerjisi azalır, kinetik enerjisi isə artır. Kürənin lövhəyə dəymə anında onun potensial enerjisi tamamilə kinetik enerjiyə çevrilir. Lakin kürə lövhəyə zərblə dəyərək dayandıqda kinetik enerjisini də itirir.



- Kürə lövhənin səthinə düşüb dayandıqda onun mexaniki enerjisi hara yox oldu?
- Bu halda niyə həm kürənin, həm də lövhənin temperaturu artdı?

Açar sözlər

daxili enerji, daxili enerjinin dəyişmə üsulları, mexaniki işgörmə, istilikvermə

Mexaniki enerji hara yox oldu?

Lövhəyə zərblə dəydikdən sonra səthdə duran polad kürənin molekulaları "həyəcanlanır". Bu, kürənin (lövhənin) deformasiya etməsi və temperaturunun yüksəlməsi ilə müşayiət olunur. Temperaturun yüksəlməsi molekulaların orta kinetik enerjilərinin artması, deformasiyası isə molekullararası məsafələrin və qarşılıqlı təsirlərin dəyişməsi deməkdir. Beləliklə, polad kürənin mexaniki enerjisi həmişəlik itmir, o, cismin **daxili enerjisinə**, yəni molekulaların orta kinetik enerjisinə və onların qarşılıqlı təsirinin potensial enerjisinə çevrilir.

Daxili enerji cismi təşkil edən molekulaların hərəkətinin orta kinetik və qarşılıqlı təsirinin potensial enerjilərinin cəmidir.

Daxili enerji **U** hərfi ilə işarə edilir və BS-də vahidi *couldur* (1C).

Cismin tam enerjisi onun mexaniki və daxili enerjisinin cəmidir:

$$E_T = E_{\text{mex}} + U = E_K + E_p + U.$$

Fəaliyyət

1 Çəki daşını qaldıran hansı enerjidir?

Ləvazimat: hava nasosu və onun vakuum kamerası, porşenlə təchiz olunmuş qab, çəki daşı (0,5 kq).

İşin gedişi:

1. Hava nasosunun vakuum kamerasında porşenli qabı yerləşdirib üzərinə çəki daşı qoyun.
2. Nasosla vakuum kamerasından tədricən havanı çıxarın və porşenin çəki daşı ilə birlikdə öz-özünə yuxarı qalxmasını müşahidə edəcəksiniz.



Müzakirə edin:

- Vakuum kamerasından havanı çıxardıqda üzərində çəki daşı olan porşen hansı enerjinin hesabına hərəkət etdi?

Daxili enerji nədən asılıdır?

– *Daxili enerji cismin temperaturundan asılıdır.* Cismin temperaturu nə qədər yüksək olarsa, onun molekullarının hərəkət sürəti (orta kinetik enerjisi) bir o qədər böyük olar. Temperatur yüksəldikdə cismin daxili enerjisi artır, temperatur aşağı düşdükdə isə cismin daxili enerjisi azalır.

– *Daxili enerji cismin aqreqat halından asılıdır.* Bərk, maye və qaz hallarında cismin molekulları həm istilik hərəkətinin xarakterinə, həm də aralarındakı məsafəyə görə fərqlənir. Bu səbəbdən molekulların həm orta kinetik enerjisi, həm də qarşılıqlı təsir potensial enerjisi fərqli olur.

– *Daxili enerji cismin kütləsindən asılıdır.* Cismin kütləsini ondakı bütün molekulların ümumi kütləsi təşkil edir. Daxili enerji cismi təşkil edən bütün molekulların kinetik və potensial enerjilərinin cəmindən ibarət olduğuna görə digər bərabər şəraitdə (temperaturun və təzyiqin sabit qiymətlərində) kütləsi böyük olan cismin daxili enerjisi də böyükdür.

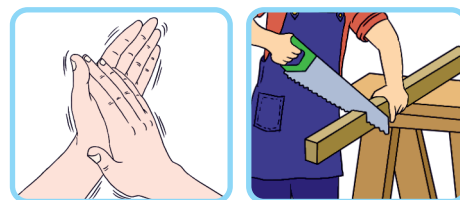
Daxili enerjinin dəyişmə üsulları

Cismin daxili enerjisini iki üsulla dəyişmək olar. Bunlar mexaniki işgörmə və istilikvermə üsullarıdır. Gündəlik həyatda mexaniki işgörmə üsulu ilə cismin daxili enerjisinin dəyişməsinə tez-tez rast gəlmək olur. Məsələn, ovuclarımızı bir-birinə sürtdükdə əllərimizin, taxtanı kəsədikdə isə mişarın sürətlə istilənməsinə səbəb sürtünmə qüvvəsinin gördüyü mexaniki iş nəticəsində cisimlərin daxili enerjisinin artmasıdır (şəkil 5.7).

– *Cisim üzərində mexaniki iş görüldükdə onun daxili enerjisi artır, cisim özü iş gördükdə isə onun daxili enerjisi azalır.*

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Daxili enerjinin dəyişməsi (ΔU) müsbət və ya mənfi ola bilər. Hansı halda müsbət ($\Delta U > 0$), hansı halda mənfi olur ($\Delta U < 0$)?



Şəkil 5.7. Daxili enerjinin mexaniki işgörmə ilə artması



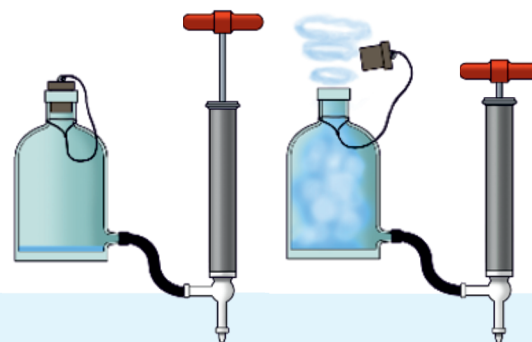
2

Fəaliyyət

Ləvazimat: qalındıvarlı şüşə qab, rezin tıxac, şlanq, hava nasosu, ip.

İşin gedişi:

1. Qaba az miqdarda su töküb tıxacı möhkəm qapayın. Qabdakı havanın rütubətli olması üçün onu bir neçə dəfə silkələyin.
2. Tıxacı iplə qabın boğazına bağlayın.
3. Qaba hava vurun və baş verən hadisəni diqqətlə izləyin.

**Müzakirə edin:**

1. Tıxac hansı cismin gördüyü iş hesabına atıldı?
2. Niyə tıxac atıldıqdan sonra qabda duman yaranır? Qabdakı havanın soyumasına səbəb nədir?



Şəkil 5.8.
Daxili enerjinin
istilikvermə ilə dəyişməsi

Çaydanı soyuq altlıq üzərinə qoyduqdan bir müddət sonra ondakı su soyuyur. Çaydanı qızdırdıqda isə, əksinə, suyun temperaturu yüksəlir və o qaynayır. Buz parçalarını stəkandakı suya atdıqda da su soyuyur (şəkil 5.8). Bütün bu misallarda cisimlər hərəkətsizdir, mexaniki iş görülmür. Lakin onlardan bəziləri isindiyinə görə daxili enerjiləri artır, bəziləri isə soyuduğundan daxili enerjiləri azalır.

Beləliklə, müxtəlif temperaturlu iki cisim bir-birinə toxunduqda onların arasında istilik mübadiləsi baş verir: istilik temperaturu yüksək olan cisimdən temperaturu aşağı olan cismə verilir. Nəticədə istilik verən cismin daxili enerjisi azalır, istilik alan cismin isə daxili enerjisi artır.

Üzərində iş görülmədən cismin daxili enerjisinin dəyişmə prosesi *istilikvermə* adlanır.

İstilikvermənin üç növü var: *istilikkeçirmə, konveksiya və şüalanma*.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Laboratoriya stəkanındakı 5°C temperaturunda olan su qaz alovunda qızdırılır. Müəllim bu hadisənin nəticəsi ola bilən müddəalar yazılmış aşağıdakı cədvəli şagirdlərə paylayaraq tapşırıq verir: "Əgər müddəa düzgündürsə, "D" sütununun, yanlışdırsa, "Y" sütununun uyğun xanasında "✓" işarəsi yazın".

	Müddəa	D	Y
1	Suyun daxili enerjisi dəyişməz		
2	Su molekullarının qarşılıqlı təsir enerjiləri artır		
3	Su molekullarının orta kinetik enerjisi artır		
4	Su molekulları arasındakı boşluqların ölçüsü azalar		
5	Su molekullarının irəliləmə hərəkət sürətləri azalar		



• **Tamamlanmış cədvəl necə olmalıdır?**

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Aşağıdakı hallardan hansında cismin daxili enerjisi mexaniki işgörmə, hansında isə istilikvermə hesabına dəyişmişdir?

- İsti ütü soyudu.
- Mismarı çəkiclə taxtaya vurdular.
- Çaydanda su qızdırıldı.
- Tamaşaçılar əl çaldılar.
- Sobada odun yandırıldı.
- Günəş Yeri qızdırdı.
- Məmulatı emal edərkən yeyə qızdı.
- Yeyə ustanın əlindən qızdı.
- Buz parçasını soyuq suya atdılar.

2. Kütləsi 10 kq olan qurğuşun kürə 2,8 m hündürlükdən beton lövhənin səthinə düşdü. Kürənin daxili enerjisi neçə coul dəyişdi (nəzərə alın ki, beton lövhənin daxili enerjisi dəyişmir)?

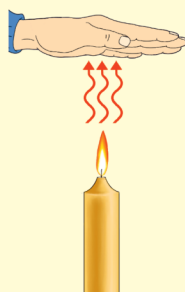
5.5 İstilikvermənin növləri: istilikkeçirmə, konveksiya və şüalanma

Mənzildə temperatur 20°C -dir. Lakin otağın taxta qapısının metal dəstəyinə toxunduqda o, taxtadan daha soyuq hiss olunur.



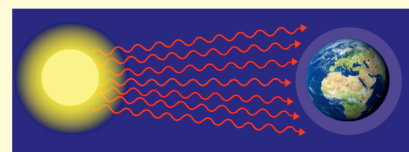
• Niyə temperaturları eyni olan metal dəstək taxta qapıya nisbətən daha soyuq hiss olunur?

Əlimizi şam alovu üzərinə tutsaq, isti hava axınının necə yuxarı qalxdığını hiss edərək.



• İstiliyin hava axını ilə daşınma prosesi necə adlanır?

Planetimiz Günəşdən $\approx 1,5 \cdot 10^8$ km uzaqlıqdadır. Bu məsafədəki fəza isə, demək olar, vakuumdur.



• Vakuumba Günəşdən Yerə istilikvermə prosesi necə baş verir?

Açar
sözlər

istilikkeçirmə, konveksiya, maddə daşınması, enerji daşınması, şüalanma

1

Fəaliyyət

Daxili enerjinin dəyişməsi hansı üsulla baş verdi?

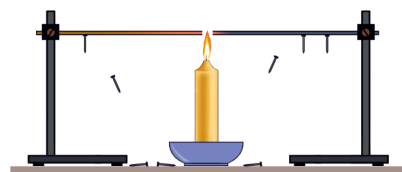
Ləvazimat: eyni ölçüdə dəmir və mis çubuq, kiçik mismar (8–10 ədəd), parafin (və ya plastilin), şam (və ya spirt lampası), ştativ (2 ədəd), kibrit.

İşin gedişi:

1. Dəmir və mis çubuqları ayrı-ayrılıqda ştativə bərkidin və aralarındakı məsafə eyni olmaqla mismarları parafinlə onların üzərinə yapışdırın.
2. Çubuqları şəkildə təsvir edildiyi kimi yerləşdirib sərbəst uclarını şamla qızdırın və mismarların qopub düşmə ardıcılığını izləyin.

Müzakirə edin:

1. Çubuqların daxili enerjisinin dəyişməsi hansı üsulla baş verdi?
2. Niyə mis çubuqdakı mismarlar dəmir çubuqdakı mismarlardan daha tez qopdu?



İstilikkeçirmə

Dəmir çubuqda atomlar müəyyən tarazlıq vəziyyətləri ətrafında rəqsi hərəkət edir. Çubuğun şam alovuna toxunan ucunu

qızdırdıqda metalın atomlarının rəqsi hərəkət sürətləri və rəqs amplitudları artır. Bu atomlar qonşu atomlarla qarşılıqlı təsirdə olaraq öz enerjilərinin bir hissəsini onlara verir. Beləliklə, istilikvermə prosesi bütün çubuq boyunca baş verdiyindən o, tədricən qızır. Metal çubuqdakı atomlar enerjilərinin bir hissəsini verərkən heç də tarazlıq yerlərini dəyişmir, cisimdə isə maddə daşınması baş vermir.

***İstilikkeçirmədə yalnız enerji daşınır, maddə daşınması baş vermir.**

İstilik enerjisinin cismin çox qızmış hissəsindən az qızmış hissəsinə və ya toxunan isti cisimdən soyuq cismə verilməsi prosesi *istilikkeçirmə* adlanır.

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ



Belə bir deyim var: "Uzun atəşkeşlə əlini yandırmazsan".

• **Atəşkeş uzun müddət ocaqda qalarsa, o, əlimizi yandırarmı? Niyə?**

2

Fəaliyyət

İstilikvermənin hansı növüdür?

Ləvazimat: laboratoriya stəkani, soyuq su (1 litr), kiçik saxsı kolba, rəngli isti su (20 ml).

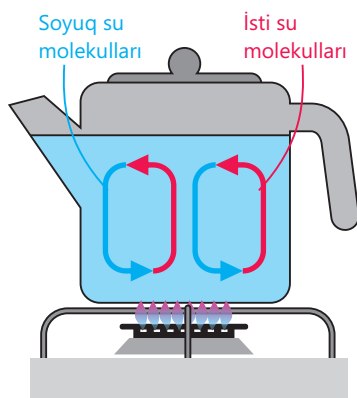
İşin gedişi:

1. Stəkana yarıdan yuxarı soyuq su tökün.
2. Kolbanı rəngli isti su ilə doldurun və ağzını barmağınızla qapayıb içərisində soyuq su olan laboratoriya stəkanının dibində yerləşdirin. Kolbanın ağzını açıb baş verən hadisəni izləyin.



Müzakirə edin:

1. Niyə kolbadan çıxan rəngli isti su vulkan püskürməsi kimi soyuq suyun səthinə qalxır?
2. Müşahidə etdiyiniz bu istilikvermə prosesi hansı üsulla baş verir? Cavabınızı əsaslandırın.



Şəkil 5.9.
Mayədə konveksiya

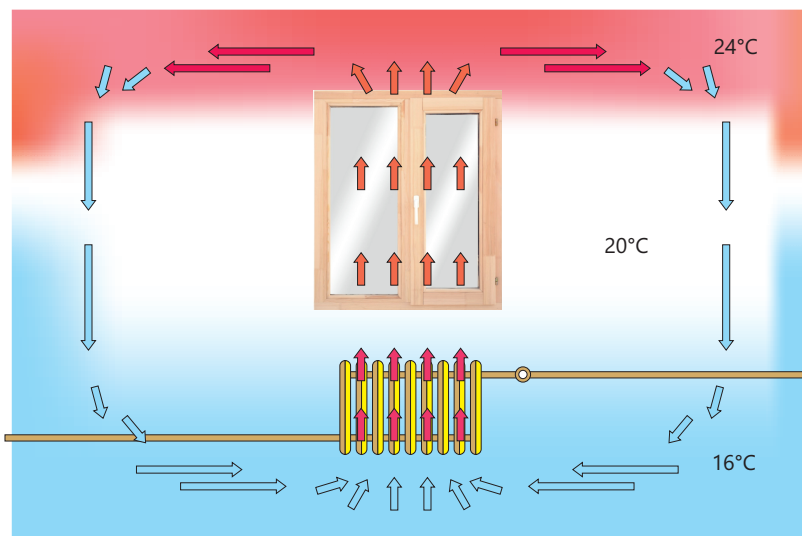
Konveksiya

Maye və qazlarda istilik mübadiləsi molekulların sərbəst hərəkəti və yerdəyişməsi nəticəsində baş verir. Mayelər qızdırıldıqda istiliyin təsiri ilə genişlənir. Bu zaman aşağı təbəqədə olan isti mayenin sıxlığı azalır, yuxarı təbəqədəki soyuq mayenin sıxlığı isə daha böyük olaraq qalır.

Arximed qüvvəsinin təsiri ilə sıxlığı az olan isti maye yuxarı qalxır, soyuq maye isə onun yerini doldurmaq üçün aşağı enir (şəkil 5.9). Aşağı enən təbəqə qızaraq yuxarı qalxdıqda maye axını yaranır və bu proses təkrarlanaraq davam edir. Nəticədə mayenin daxilində



həcm boyunca istilik mübadiləsi baş verir. Mayelərdə baş verən bu prosesi eynilə qazlara da şamil etmək mümkündür. Mənzilimizdəki istilik radiatoru vasitəsilə otağın qızdırılmasını buna misal göstərmək olar. Belə ki, radiator havanı qızdırarkən onun sıxlığı azalır və isti hava yuxarı qalxır. Soyuq havanın sıxlığı isə daha böyük olduğundan o, aşağı enərək isti havanın yerini doldurur. Bu proses təkrarlandıqca otaqda hava axını yaranır və istilik otaq boyunca paylanır (şəkil 5.10).



Şəkil 5.10.
Qazlarda konveksiya

Enerjinin maye və ya qaz axını (maddə daşınması) ilə köçürülmə prosesi konveksiya adlanır.

*Konveksiya prosesində yaranan maye və qaz axını bəzən *konvektiv axın* da adlandırılır. Bərk cisimlərin molekulları yerlərini sərbəst dəyişə bilmədiklərindən onlarda konveksiya hadisəsi baş vermir.

Şüalanma

Yer atmosferindən kənardakı fəza, demək olar, vakuumdur. Vakuumda isə enerjinin *istilikkeçirmə* və *konveksiya* ilə verilməsi qeyri-mümkündür. Ona görə də deyəndə ki Günəşdən Yerə külli miqdarda enerji daxil olur, biz istilikvermənin yeni bir növü ilə qarşılaşmış oluruq. Bu, *şüalanmadır*.

– *Şüalanma enerjinin elektromaqnit şüalanması vasitəsilə verilməsidir.*

Elektromaqnit şüalanması istilikvermənin digər növlərindən bir neçə xassəsi ilə fərqlənir ki, siz onların bəzilərini bilirsiniz:

- elektromaqnit şüalanması həm vakuumda, həm də mühitdə ötürülür;
- elektromaqnit şüalanmasının vakuumda yayılma sürəti çox yüksək olub $\approx 3 \cdot 10^8 \frac{\text{km}}{\text{sən}}$ -dir;
- elektromaqnit şüalanması çox uzaq məsafələrə enerji daşıyır;
- elektromaqnit şüalanması bütün istiqamətlərə yayılır.

Şüalanma mənbəyi *təbii* və *süni* (insanların yaratdığı) ola bilər. Yer üçün ən böyük təbii şüalanma mənbəyi Günəşdir.



• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

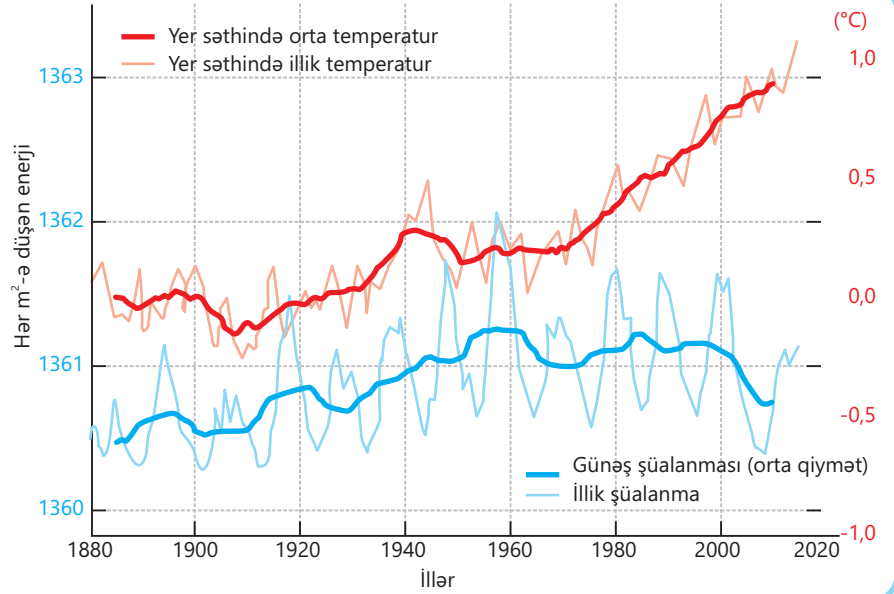
Günəşdən başqa daha hansı təbii şüalanma mənbələrini misal göstərə bilərsiniz?

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Son 35 ildəki araşdırmalar göstərir ki, Günəşdən Yerə gələn şüalanma enerjisi azalsa da, Yer səthinin orta temperaturu artmışdır. Deməli, Yerdə temperaturun artmasına başqa amillər də təsir edir.

a) Bu amillər hansılardır və onlar temperaturun artmasına hansı yollarla təsir edir?

b) Yer atmosferində temperaturun artması nəticəsində istilik buzlaq ərazilərə hansı üsullarla ötürülür?



Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Metalların yaxşı istilikkeçirmə qabiliyyətindən hansı məqsədlər üçün istifadə edilir? Misallar göstərin.
2. Təbiətdə konveksiyaya aid hansı nümunələri göstərə bilərsiniz?
3. Tez xarab olan ərzağı uzaq məsafələrə daşımaq üçün istifadə olunan vaqon-soyuducular və avtorefrigeratorlar açıq rəngdə olması ilə seçilir. Vaqon-soyuducular və avtorefrigeratorlar niyə açıq rəngdə hazırlanır?



Elm, texnologiya, həyat

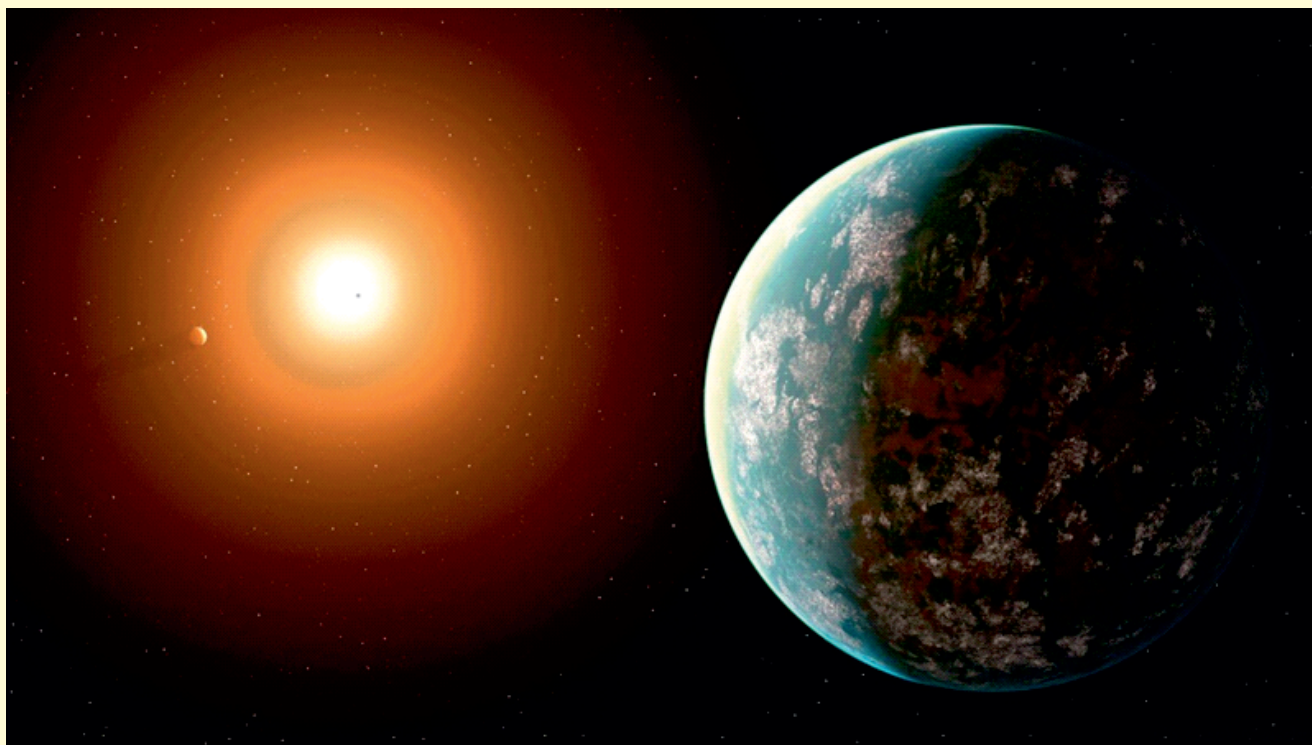
Günəş milyardlarla kimyəvi reaksiyalar vasitəsilə hidrogeni heliuma çevirən və nəticədə böyük miqdarda istilik əmələ gətirən, demək olar ki, mükəmməl isti plazma kürəsidir.

Günəş şüalarının daşdığı enerjinin (istiliyin) kiçik bir hissəsi Yərə işıq şəklində çatır. Onun əsas tərkibi infraqırmızı, görünən və ultrabənövşəyi şualardan ibarətdir. İstilik enerjisinin bu şəkildə ötürülməsi şüalanmadır.

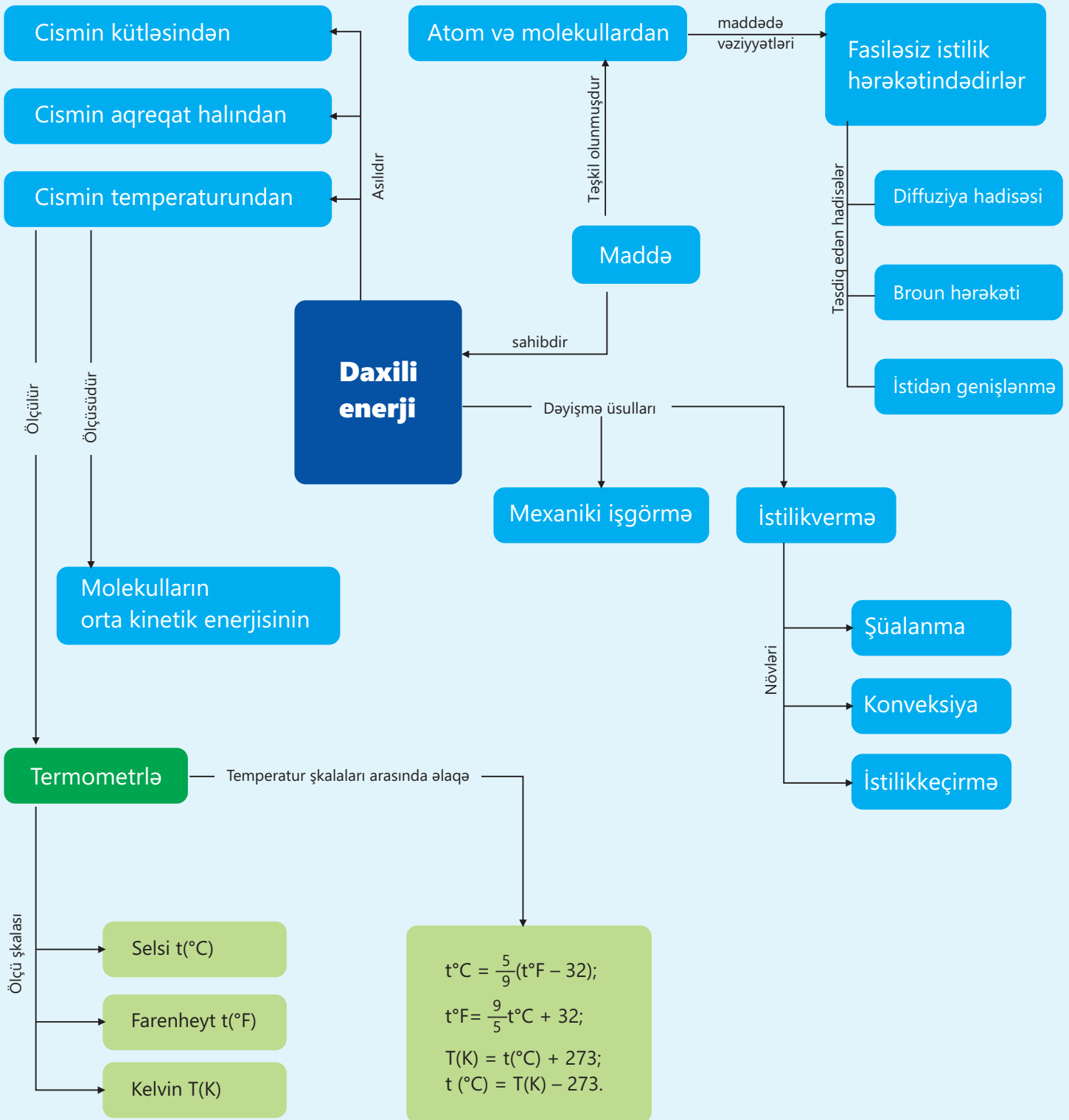
İstilik enerjisinin bir hissəsi Yer atmosferinə nüfuz edərək planetimizin səthinə çatdığı halda, bir hissəsi buludlar tərəfindən bloklanır və ya digər obyektlərdən əks olunur.

Yer səthinə çatan Günəş işığı onu qızdırır.

ABŞ-ın Oreqon Universitetinin alimləri müəyyən etmişlər ki, bütün Yer kürəsi gündə hər kvadratmetrə orta hesabla 164 vatt Günəş enerjisi alır. Bu o deməkdir ki, bütün planet hər gün Günəşdən 84 teravatt enerji alır.



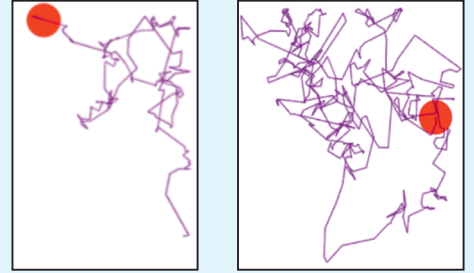
Mənbə: *New-Science.ru* <https://new-science.ru/12-primerov-teplovoj-energii-v-povsednevnoj-zhizni/>



Ümumiləşdirici tapşırıqlar

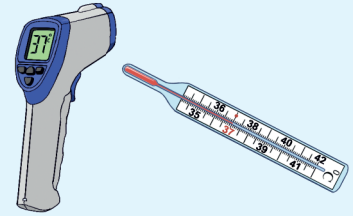
1. Eyni növ və eyni miqdarda qaz olan qablarda yad hissəciklərin 20 saniyəlik hərəkəti onlayn simulyasiya proqramı ilə təsvir edilmişdir.

- Yad hissəciyin bu cür hərəkətinin səbəbi nədir və o necə adlanır?
- Hər iki trayektoriyanın çəkilməsinə eyni zaman sərf olursa da, trayektoriyaların uzunluğu və forması niyə fərqlidir?
- Qaba bu hissəcik əvəzinə kütləsi 2 dəfə kiçik olan başqa bir hissəcik daxil edilərsə, onun hərəkəti necə dəyişər?

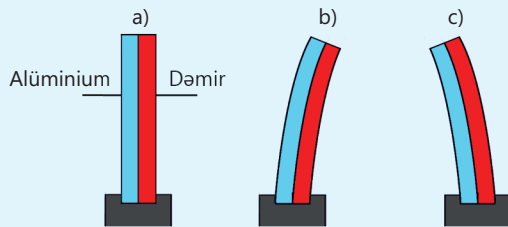


2. Şəkildə klinik və infraqırmızı termometrlər təsvir edilmişdir.

- Termometrlərin iş prinsipləri arasında hansı fərqlər var?
- Termometrlərin özünəməxsus hansı üstünlükləri mövcuddur?



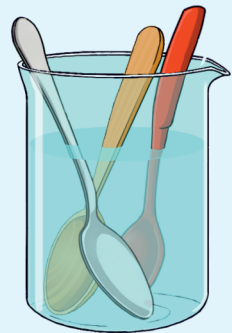
3. Şəkil a-da alüminium və dəmir zolağından ibarət bimetal lövhənin otaq temperaturunda (20°C) görüntüsü təsvir edilmişdir. Alüminium zolağının istidən genişlənməsinin dəmirin istidən genişlənməsindən daha yaxşı olduğunu nəzərə alsaq, bimetal lövhə uyğun olaraq şəkil b və c təsvirlərindəki formanı hansı temperaturlarda ala bilər?



	Şəkil (b)	Şəkil (c)
A)	60°C	5°C
B)	5°C	60°C
C)	60°C	60°C
D)	5°C	5°C
E)	11°C	22°C

4. Temperaturu 60°C olan suya metal, taxta və plastik qaşıqlar daxil edilir və bir müddət gözlənilir.

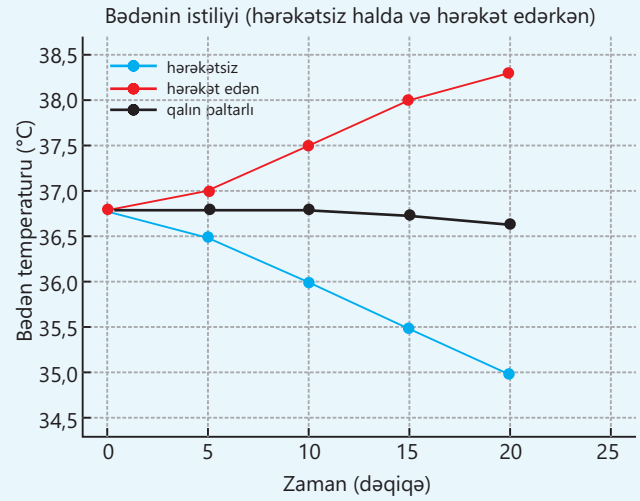
- Qaşıqların suyun daxilindəki hissəsinin temperaturu eyni olacaq, yoxsa fərqli? Səbəbini izah edin.
- Hər üç qaşığın temperaturunu ən sadə üsulla necə müəyyən etmək olar?
- Qaşıqlar daxil edildikdən bir müddət sonra suyun temperaturu 20°C azaldı. Suyun son temperaturu neçə Kelvin oldu?



5. Soyuq havada üç müxtəlif situasiyada insanın bədən istiliyinin dəyişməsinin temperatur-zaman qrafiki verilmişdir.

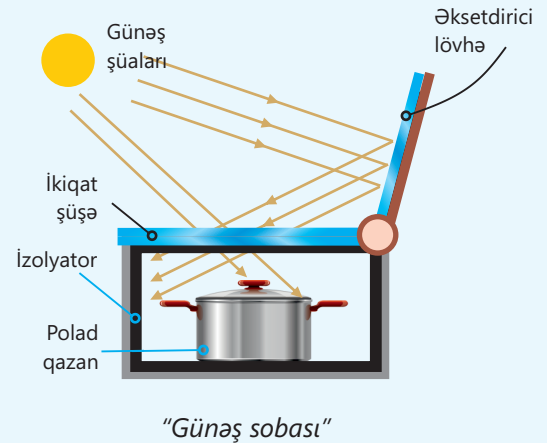
Qrafikə əsasən aşağıdakı sualları cavablandırın.

- Sizcə, qalın geyimlər bədənə daxili enerjisinə necə təsir edir?
- Hərəkətsiz vəziyyətdə bədənə istiliyi necə dəyişir və bu zaman ətrafla enerji mübadiləsi hansı proses vasitəsilə baş verir?
- Hərəkət etməyə başladığında bədənə daxili enerjisi necə dəyişir və bunun səbəbi nədir?



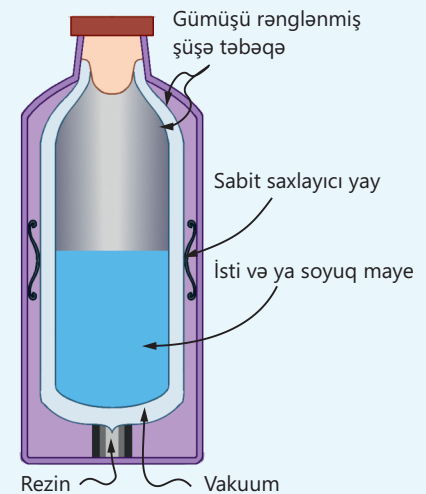
6. "Günəş sobası" Günəş şüalarını kiçik sahəyə toplayaraq qidaların isidilməsi üçün istifadə olunur.

- "Günəş sobası"nda istilik qazana hansı üsulla ötürülür?
- İstilik izolyatoru hansı istilikvermə prosesinin qarşısını almaq üçün istifadə olunur?
- "Günəş sobası"nda qazanın üzərinə şəffaf qapaq qoyulur. Bu qapaq hansı istilikvermə prosesini azaltmağa kömək edir?



7. Şəkildə termosun en kəsiyi təsvir olunmuşdur.

- Termos hansı məqsədlər üçün istifadə edilir? Bu məqsədə necə nail olunur?
- Termosun içərisindəki vakuum təbəqəsi nə üçündür?
- Termosun qapağının möhkəm bağlanması səbəbi nədir?
- Əgər termosun daxili təbəqəsi zədələnsə, bu onun istilik izolyasiya qabiliyyətinə necə təsir edər?



bölmə 6

İstilik hadisələrində enerjinin saxlanması qanunu

İnsanın su və yel dəyirmanlarında suyun və küləyin enerjisindən şüurlu şəkildə istifadəsinin başlanğıcından istilik enerjisi ilə işləyən maşınların hazırlanmasına qədər bir çox əsrlər keçmişdir. Buxar qazanları, buxar mühərrikləri, daxiliyanma mühərrikləri, əsasən, son iki əsrdə yaradılaraq elmi-texniki inqilabın başlanğıcını qoydu. Reaktiv mühərriklər, istilik-elektrik stansiyaları isə ötən əsrdə yaradıldı. İstilik mühərrikləri sənayedə, kənd təsərrüfatında, nəqliyyatda və energetikada geniş istifadə olunmaqla texnoloji inqilabın yeni mərhələsini formalaşdırdı.



- Bütün bu texnologiyaların başlıca məqsədi insanın həyat və fəaliyyətini yüngülləşdirməkdir. Məsələn, mütəxəssislər hesablamışlar ki, təxminən 3,6 milyon insanın birlikdə gördüyü işi gücü 100 MVt olan buxar maşını 8 saat fasiləsiz çalışmaqla görə bilər. Tikinti işlərində ekskavatorların, buldozerlərin, konveyerlərin, kranların və digər mexanizmlərin istifadəsi milyonlarla kommunal işçini əvəz etdi.
- 1. İnsanlar hansı növ istilik maşınlarından istifadə edirlər?
2. Müxtəlif növ istilik maşınlarının quruluş və iş prinsipi hansı ümumi fiziki qanunauyğunluğa əsaslanır?
3. Bu maşınların səmərəliliyi hansı fiziki kəmiyyətlə xarakterizə olunur və onu necə artırmaq olar?
4. İstilik maşınlarında hansı yanacaqlardan istifadə etmək ekoloji baxımdan daha səmərəlidir?

Bölmədə öyrənəcəksiniz

- İstilik mübadiləsində cisimlərin aldığı və ya verdiyi istilik enerjisi sadə düsturla ölçülür
- İstilik hadisələri enerjinin saxlanması qanununa tabedir və onun praktik tətbiqləri var
- Maddənin aqreqat hallarının dəyişməsində enerjinin çevrilməsi müəyyən qanunauyğunluqla baş verir
- Müxtəlif istilik texnoloji qurğularında müxtəlif yanacaq növlərindən istifadə olunur, çünki bu yanacaqların yanma istilikləri də müxtəlifdir
- Yanacağın daxili enerjisi müxtəlif üsullarla mexaniki enerjiyə çevrilir, istilik mühərriklərinin ümumi iş prinsipi bu enerji çevrilməsinə əsaslanır
- Fosil yanacaqlardan istifadə ciddi ekoloji problemlər yaratdığından mütəxəssislər onların tükənməyən və bərpa oluna bilən enerji mənbələri ilə əvəzlənmə yolları üzərində işləyirlər

6.1 İstilik miqdarı. Xüsusi istilik tutumu

Elə cisimlər var ki, tez qızır və tez də soyuyur, əksinə, bəzi cisimlər isə gec qızır və gec də soyuyur.

- **Cisimlərin qızma və soyuma proseslərinin sürəti nədən asılıdır?**
- **Cisimlərin istilik mübadiləsi prosesində aldığı və ya verdiyi enerji hansı fiziki kəmiyyətlə ölçülür?**

Açar sözlər istilik mübadiləsi, istilik miqdarı, temperatur dəyişməsi, xüsusi istilik tutumu, istilik tutumu

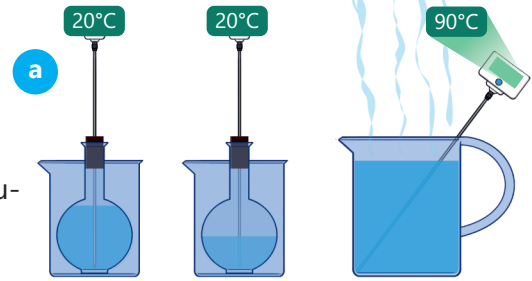
Fəaliyyət

İstilik miqdarı nədən asılıdır?

Ləvazimat: laboratoriya stəkanı (2 ədəd 300 ml-lik, 1 ədəd 500 ml-lik), kolba (150 ml, 2 əd.), dəliyi olan kolba tıxacı (2 əd.), isti su (500 ml), soyuq su (300 q, otaq temperaturunda), günəbaxan yağı (100 ml, otaq temperaturunda), laboratoriya elektron termometri (3 əd.).

İşin gedişi:

I mərhələ. 1. Kolbalardan birinə 100 q, digərinə 50 q su töküb tıxacı qapayın və laboratoriya stəkanında yerləşdirin.

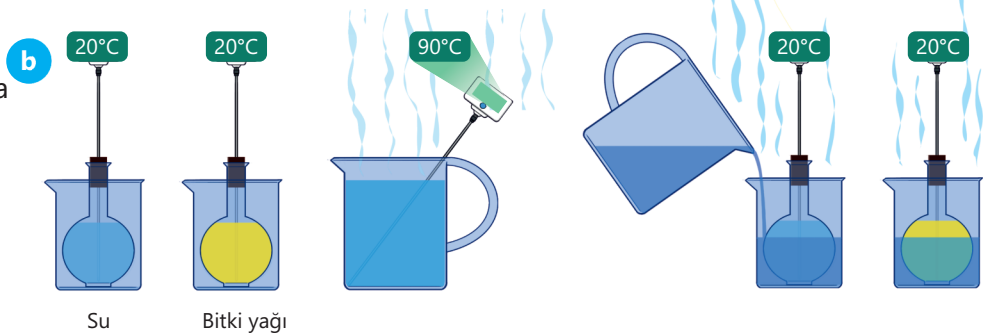


2. Termometrləri kolbalara daxil edib mayelərin başlanğıc temperaturunu qeyd edin (a).

3. Laboratoriya stəkanlarına temperaturu 85-90°C olan eyni miqdarda isti su töküb termometrlərin göstəricilərini müşahidə edin.

II mərhələ. 1. Kolbalardan birinə 100 q günəbaxan yağı, digərinə 100 q su töküb tıxacı qapayın və laboratoriya stəkanlarında yerləşdirin.

2. Termometrləri kolbalara daxil edin və mayelərin ilk temperaturunu qeyd edin.



Su

Bitki yağı

3. Laboratoriya stəkanlarına temperaturu 85-90°C olan eyni miqdarda isti su töküb 5 dəq. sonra termometrlərin göstəricilərini qeyd edin (b).

Müzakirə edin:

1. Kolbalardakı sulara eyni miqdarda istilik verdikdə nə müşahidə etdiniz: hansı kolbadakı su daha sürətlə qızmağa başladı?

2. Verilən mayeni müəyyən temperatura qədər qızdırmaq üçün ona verilən istilik miqdarı bu mayenin kütləsindən necə asılıdır?



3. Eyni kütləli iki müxtəlif mayeyə (günəbaxan yağına və suya) eyni vaxtda eyni istilik miqdarı verildikdə nə müşahidə etdiniz?

4. Eyni kütləli iki müxtəlif mayeni müəyyən temperatura qədər qızdırmaq üçün onlara verilən istilik miqdarının daha nədən asılı olduğunu müşahidə etdiniz?

Cisimlər arasında istilik mübadiləsi ilə baş verən daxili enerjinin dəyişmə prosesi *istilik miqdarı* adlanan fiziki kəmiyyətlə xarakterizə edilir.

İstilik miqdarı istilik mübadiləsi zamanı cismin aldığı və ya verdiyi enerjidir.

İstilik miqdarı **Q** hərfi ilə işarə olunur və BS-də vahidi couldur:

$$[Q] = 1C.$$

Aparılan eksperimentdə iki fiziki qanunauyğunluq müəyyənləşdirildi.

I. Kolbalardakı sular eyni zamanda eyni miqdar istilik almalarına baxmayaraq, böyük kütləli su kiçik kütləli suya nisbətən daha az qızır.

Deməli:

– *Verilən cismi müəyyən temperatura qədər qızdırmaq üçün tələb olunan istilik miqdarı bu cismin kütləsindən asılıdır.*

Bu o deməkdir ki:

– *Müxtəlif kütləli cismi eyni temperatura qədər qızdırmaq üçün böyük kütləli cismə daha çox istilik miqdarı vermək lazımdır.*

Əks prosesdə də qanunauyğunluq ödənilir:

– *Müxtəlif kütləli cisimlər eyni temperatura qədər soyuduqda böyük kütləli cisim ətrafdağı cisimlərə daha çox istilik miqdarı verir.*

II. Bərabər kütləli müxtəlif cisimləri (eksperimentdə 100 q günəbaxan yağı və 100 q su götürülmüşdür) eyni temperatura qədər qızdırmaq üçün onlara müxtəlif istilik miqdarı vermək lazım oldu. Bu o deməkdir ki:

– *Cismin temperaturunu müəyyən qədər dəyişdirmək üçün tələb olunan istilik miqdarı həmin cismi təşkil edən maddənin növündən asılıdır.*

Eksperimentin davamı olaraq bir məsələni də aydınlaşdıraq. Fərz edək ki, eyni kütləli və başlanğıc temperaturu eyni olan (məsələn, $t_0 = 20^\circ\text{C}$) iki sudan birincisini 60°C , digərini isə qaynama temperaturuna, yəni 100°C -yə qədər qızdırmaq tələb olunur.

Sual

– Hansı halda daha çox istilik miqdarı tələb olunur?

Cavab. Əlbəttə, otaq temperaturunda olan suyu qaynama temperaturuna qədər qızdırdıqda daha çox istilik miqdarı tələb olunur, çünki bu halda suyun temperatur dəyişməsi daha böyük olur. Yəni:

$$\Delta t_1 = t_1 - t_0 = 60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C},$$

$$\Delta t_2 = t_2 - t_0 = 100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 80^\circ\text{C}.$$

Burada Δ uyğun fiziki kəmiyyətin dəyişməsinə göstərir, yəni baxılan nümunədə temperatur dəyişməsinə (t) ifadə edir.

Beləliklə, istilik mübadiləsi prosesi üçün üçüncü qanunauyğunluq da müəyyən olundu:

Cismi qızdırmaq üçün tələb olunan istilik miqdarı həmin cismin temperatur dəyişməsindən asılıdır.

Yuxarıda deyilənləri nəzərə alsaq, cisimlər arasındakı istilik mübadiləsinin qanunauyğunluğunu belə ümumiləşdirmək olar:

Cismi qızdırmaq üçün tələb olunan istilik miqdarı (və ya soyuyarkən ayrılan istilik miqdarı) bu cismin kütləsindən, onun temperaturunun dəyişməsindən və cismi təşkil edən maddənin növündən asılıdır:

$$Q = cm\Delta t = cm(t - t_0).$$

Burada Q – istilik miqdarı, m – cismin kütləsi, t_0 – cismin başlanğıc temperaturu, t – cismin son temperaturu, c – mütənasiblik əmsalı olub *xüsusi istilik tutumu* adlanır.

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Niyə cisim qızdırıldıqda onun aldığı istilik miqdarı müsbət, cisim soyuduqda isə onun verdiyi istilik miqdarı mənfi qəbul edilir? Cavabınızı izah edin.

Xüsusi istilik tutumu ədədi qiymətcə 1 kq kütləli maddəni 1°C (və ya 1K) qızdırmaq üçün tələb olunan istilik miqdarına bərabər fiziki kəmiyyətdir:

$$c = \frac{Q}{m(t - t_0)}.$$

Xüsusi istilik tutumunun BS-də vahidi $\frac{C}{kq \cdot K}$ -dir:

$$[c] = 1 \frac{C}{kq \cdot K} = 1 \frac{C}{kq \cdot ^\circ C}.$$

Xüsusi istilik tutumu maddənin növündən asılıdır (bax: cədvəl 6.1).

Xüsusi istilik tutumu ilə cismin kütləsinin hasilinə bərabər fiziki kəmiyyət *cismin istilik tutumu (C)* adlanır:

$$C = cm.$$

İstilik tutumu ədədi qiymətcə verilmiş cismin temperaturunu 1°C (və ya 1K) dəyişmək üçün sərf edilən istilik miqdarına bərabər olan fiziki kəmiyyətdir.

$$C = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{Q}{\Delta T}.$$

İstilik tutumunun BS-də vahidi:

$$[C] = \frac{[Q]}{[\Delta T]} = \frac{[Q]}{[\Delta t]} = 1 \frac{C}{K} = 1 \frac{C}{^\circ C}.$$

Cədvəl 6.1. Bəzi maddələrin xüsusi istilik tutumu

Maddə	$c, C/(kq \cdot ^\circ C)$	Maddə	$c, C/(kq \cdot ^\circ C)$	Maddə	$c, C/(kq \cdot ^\circ C)$
Qızıl	130	Polad	500	Hava	1000
Civə	140	Çuqun	540	Bitki yağı	1700
Qurğuşun	140	Daş	800	Su buxarı	2000
Qalay	230	Şüşə	840	Buz	2100
Gümüş	250	Mərmər	840	Kerosin	2100
Mis	400	Kərpic	880	Spirt	2500
Dəmir	460	Alüminium	920	Su	4200

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Müəllim 8-ci sinif şagirdləri Leyla, Nigar və Azərə fizika dərində belə bir eksperiment aparmağı tapşırırdı:

– Verilən metallar dəstindən elə metal silindr seçin ki, eyni qızdırıcıdan istifadə etməklə onu $20^\circ C$ temperaturdan $60^\circ C$ -yə qədər daha tez qızdırmaq mümkün olsun (silindrlərin kütlələri eynidir).

Eksperiment üçün Leyla polad, Nigar alüminium, Azər isə mis silindr seçdi.

1. Şagirdlərdən kim düzgün metal seçərək tapşırığı ən tez, kim isə yanlış seçiminə görə ən gec yerinə yetirdi? Cavabınızı əsaslandırın.

2. Həmin silindrlərin eyni şəraitdə $60^\circ C$ temperaturdan $20^\circ C$ -yə qədər soyuma sürətləri hansı ardıcılıqla baş verər? Niyə?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Cisim qızarkən aldığı, soyuyarkən verdiyi istilik miqdarı nədən asılıdır?

2. Maddənin xüsusi istilik tutumu onun kütləsindən, maddənin aldığı və ya verdiyi istilik miqdarından və temperatur dəyişməsindən necə asılıdır?

3. Nəyə daha çox enerji sərf olunur: kütlələri eyni olan alüminium qazana, yoxsa içərisindəki suyu qızdırmağa? Cavabınızı əsaslandırın.

4. Suyun xüsusi istilik tutumu $4200 \frac{C}{kq \cdot K}$, buzun xüsusi istilik tutumu $2100 \frac{C}{kq \cdot K}$, su buxarının xüsusi istilik tutumu isə $2000 \frac{C}{kq \cdot K}$ -dir. Buradan hansı nəticəyə gəlmək olar: niyə eyni maddənin müxtəlif aqrekat halında xüsusi istilik tutumu fərqlidir?

6.2 İstilik proseslərində enerjinin saxlanması qanunu



• Bu hadisələrdə fərqli cisimlərin – taxtanı deşən burğunun, kolbadakı havanın, tıxacı atan sınaq şüşəsindəki spirt buxarının, elektrik qızdırıcısındakı suyun, alovlanan kağızın və soyuyan buxarın daxili enerjisinin dəyişməsi hansı üsulla baş verdi?

Açar sözlər

cisimlər sistemi, enerjinin saxlanması qanunu, qərarlaşmış temperatur, istilik balans tənliyi

• DÜŞÜN • MÜZAKİRƏ ET • PAYLAŞ

- Sistemin daxili enerjisi yalnız bu sistemin xarici qüvvələr üzərində mexaniki işgörməsi ilə dəyişirsə, bu halda sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi nəyə bərabər olar?
- Sistemin daxili enerjisi yalnız bu sistemdən müəyyən miqdarda istilik ayrılması nəticəsində baş verirsə, bu halda sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi nəyə bərabər olar?

Daxili enerjinin dəyişməsi yalnız mexaniki işgörmə, yalnız istilikvermə, yaxud da eyni zamanda həm işgörmə, həm də istilikvermə ilə baş verə bilər.

– Cismə və ya bir neçə cisimdən ibarət sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi yalnız bu sistem üzərində mexaniki işgörmə (A) nəticəsində baş verirsə, bu halda sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi (ΔU) görülən işə bərabərdir:

$$\Delta U = A.$$

– Sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi yalnız istilikvermə nəticəsində baş verirsə, bu halda daxili enerjinin dəyişməsi sistemə verilən istilik miqdarına bərabərdir:

$$\Delta U = Q.$$

– Sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi eyni zamanda mexaniki işgörmə və istilikvermə nəticəsində baş verirsə, bu halda sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi sistem üzərində görülən iş və sistemə verilən istilik miqdarının cəminə bərabərdir:

$$\Delta U = A + Q.$$

Bu, istilik proseslərində enerjinin saxlanması qanununun ifadəsidir.

Cisimlərin daxili enerjilərinin dəyişməsi nəyə bərabərdir?

Mövzunun əvvəlində təsvir olunan istilik hadisələrini diqqətlə nəzərdən keçirib uyğun cisimlərin daxili enerjisinin dəyişməsinin nəyə bərabər olduğunu müəyyənləşdirin.

Müzakirə edin:

- **Təsvirdəki uyğun cisimlərin daxili enerjisinin dəyişməsi nəyə bərabərdir? Bununla əlaqədar nömrələnmiş boş xanalarda hansı ifadələr yazılmalıdır?**

Temperaturları müxtəlif olan iki cisim bir-birinə toxunduqda onlar arasında istilikvermə prosesi baş verir: isti cisim soyuyaraq daxili enerjisinin bir hissəsini soyuq cismə verir, soyuq cisim isə bu enerjini alaraq bir qədər qızır. Cisimlər arasında istilikvermə onların temperaturları bərabərləşənə qədər davam edir. Bu iki cisimdən ibarət sistem təcrid olunmuş sistemdirsə, kənar cisimlər istilikvermədə iştirak etmirsə (kənar cisimlərə istilik verilmir və onlardan istilik alınmır), sistemin ümumi daxili enerjisi dəyişmir, saxlanır:

$$U_0 = U_{\text{son}} \text{ və } U_{\text{son}} - U_0 = 0. \quad (6.1)$$

Burada U_0 sistemin başlanğıc daxili enerjisi, U_{son} sistemin son daxili enerjisidir. Bu o deməkdir ki, təcrid olunmuş sistemdəki isti cismin (və ya cisimlərin) verdiyi istilik miqdarı (Q_2) ədədi qiymətcə sistemdəki soyuq cismin (və ya cisimlərin) aldığı istilik miqdarına (Q_1) bərabər olur:

$$Q_1 = -Q_2 \text{ və ya } Q_1 + Q_2 = 0. \quad (6.2)$$

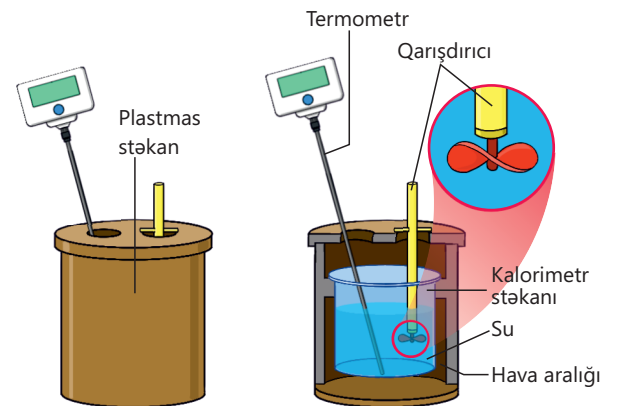
(6.2) ifadəsi *istilik balans tənliyi* adlanır və (6.1) ifadəsi ilə birlikdə enerjinin saxlanması qanununu ifadə edir:

Təcrid olunmuş sistemlərdə cisimlər arasında yalnız istilikvermə prosesi baş verirsə, bu sistemin daxili enerjisi saxlanılır.

Təcrid olunmuş sistemlərdə cismin aldığı və ya verdiyi istilik miqdarını, habelə cismin xüsusi istilik tutumunu təyin etmək üçün *kalorimetr* adlanan cihazdan istifadə olunur.

Sadə laboratoriya kalorimetri silindrik formalı alüminium stəkandan ibarətdir. O, istilik təsirlərindən təcrid olunmaq üçün nisbətən böyük plastmas (yaxud alüminium) stəkanda plastmas dayaq üzərində yerləşdirilir. Stəkanlar bir-birindən hava aralığı ilə təcrid olunur. Plastmas stəkan termometr və qarışdırıcı üçün nəzərdə tutulan iki dəliyi olan qapaqla təchiz edilmişdir (şəkil 6.1).

*Kalorimetr latınca *calor* – "istilik" və *metreo* – "ölçmək" sözlərindən yaranmışdır.



Şəkil 6.1. Laboratoriya kalorimetri

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ 1 (nümunə). Kütləsi 150 q, başlanğıc temperaturu 18°C olan şüşə stəkana 180 q qaynar su tökülür. İstilik tarazlığı yaranandan sonra suyun və stəkanın temperaturu necə dərəcə olacaq? Ətraf mühitlə istilik mübadiləsi nəzərə alınmır.

Verilir	Həlli
$m_{\text{stək.}} = 150\text{q} = 0,15\text{kq},$ $m_{\text{su}} = 180\text{q} = 0,18\text{kq},$ $t_{\text{stək.}} = 18^\circ\text{C},$ $t_{\text{su}} = 100^\circ\text{C},$ $c_{\text{şüşə}} = 840 \frac{\text{C}}{\text{kq} \cdot ^\circ\text{C}},$ $c_{\text{su}} = 4200 \frac{\text{C}}{\text{kq} \cdot ^\circ\text{C}},$ $\theta - ?$	İstilik tarazlığının qərarlaşmış temperaturunu, yəni suyun və stəkanın son temperaturunu θ ilə işarə edək. Bu halda başlanğıc temperaturu t_1 olan şüşə stəkanın qərarlaşmış θ qədər qızması zamanı qaynar sudan aldığı istilik miqdarını belə ifadə etmək olar: $Q_{\text{stək.}} = c_{\text{şüşə}} m_{\text{stək.}} (\theta - t_{\text{stək.}}).$ Qaynar suyun ($t_{\text{su}} = 100^\circ\text{C}$) qərarlaşmış θ temperaturuna qədər soyuması üçün stəkana verdiyi istilik miqdarı bərabər olar: $Q_{\text{su}} = c_{\text{su}} m_{\text{su}} (\theta - t_{\text{su}}).$ İstilik balansını tənliyindən alınır: $Q_{\text{stək.}} = -Q_{\text{su}} \text{ və ya } c_{\text{şüşə}} m_{\text{stək.}} (\theta - t_{\text{stək.}}) = c_{\text{su}} m_{\text{su}} (t_{\text{su}} - \theta).$ Tənlikdən qərarlaşmış temperatur təyin olunur: $c_{\text{şüşə}} m_{\text{stək.}} \theta - c_{\text{şüşə}} m_{\text{stək.}} t_{\text{stək.}} = c_{\text{su}} m_{\text{su}} t_{\text{su}} - c_{\text{su}} m_{\text{su}} \theta$ $c_{\text{su}} m_{\text{su}} t_{\text{su}} + c_{\text{şüşə}} m_{\text{stək.}} t_{\text{stək.}} = c_{\text{şüşə}} m_{\text{stək.}} \theta + c_{\text{su}} m_{\text{su}} \theta$ $\theta = \frac{c_{\text{su}} m_{\text{su}} t_{\text{su}} + c_{\text{şüşə}} m_{\text{stək.}} t_{\text{stək.}}}{c_{\text{şüşə}} m_{\text{stək.}} + c_{\text{su}} m_{\text{su}}}.$
$\theta - \text{yun.: teta}$	
	Hesablanması $\theta = \frac{4200 \cdot 0,18 \cdot 100 + 840 \cdot 0,15 \cdot 18}{840 \cdot 0,15 + 4200 \cdot 0,18} \cdot \frac{\frac{\text{C}}{\text{kq} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{kq} \cdot ^\circ\text{C}}{\frac{\text{C}}{\text{kq} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{kq}} = 88,3^\circ\text{C}.$ Cavab: $\theta = 88,3^\circ\text{C}$

Məsələ 2. Lalə düşbəre bişirmək üçün kütləsi 1,5 kq və temperaturu 20°C olan şüşə qazana 1,4 kq qaynar su tökür. İstilik tarazlığı yaranandan sonra suyun və şüşə qazanın temperaturu 86°C oldu. Ətraf mühitlə istilik mübadiləsi nəzərə alınmır.

Müzakirə edin:

- Şüşə qazanın xüsusi istilik tutumu nəyə bərabərdir?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Fərqli temperaturlu iki cismin toxunması prosesində onlar arasında niyə istilik tarazlığı yaranır?
2. Təcrid olunmuş sistemdəki cisimlər arasında enerjinin saxlanması qanununun fiziki mahiyyəti nədən ibarətdir?
3. Kütləsi 40 kq qaynar suya 5°C temperaturlu nə qədər su əlavə etmək lazımdır ki, istilik tarazlığında qarışığın qərarlaşmış temperaturu 64°C olsun?
4. Kütləsi 140 q, temperaturu 20°C olan saxsı fincana 234 q qaynar su tökdülər. İstilik tarazlığı yaranandan sonra fincan və suyun qərarlaşmış temperaturu 92°C oldu. Saxsının xüsusi istilik tutumunu təyin edin (ətraf mühitlə istilik mübadiləsi nəzərə alınmır).

6.3 Bərk cismin xüsusi istilik tutumunun təyini (praktik iş)

İşin məqsədi: metal silindrin xüsusi istilik tutumunun təcrübi təyin edilməsi.

Ləvazimat: kalorimetr, laboratoriya (yaxud elektron) termometri, tərəzi, çəki daşları, menzurka, alüminium və mis silindrlər, qarmaqlı məftil, su, salfet, elektrik çaydanı.

İşin gedişi:

1. Kalorimetr stəkanının kütləsini tərəzidə çəkin. Ona 200 q soyuq su töküb temperaturunu ölçün. Bu həm suyun, həm də kalorimetrin başlanğıc temperaturlarıdır.
2. Elektrik çaydanını işə salıb içərisindəki suyu qaynadın.
3. Alüminium silindrin kütləsini tərəzidə ölçün, sonra isə onu qarmaqlı məftillə qaynar suya batırın. Bir qədər gözləyin və silindri sudan cəld çıxarın, salfetlə qurulaşdırıb kalorimetmə tam batırın. Kalorimetrin qapağını örtün. Silindrin başlanğıc temperaturu qaynar suyun temperaturuna bərabərdir, yəni 100°C-dir.
4. Qarışdırıcı ilə suyu bir dəqiqə qarışdırın və termometrin göstəricisi sabitləşdikdə suyun son temperaturunu qeyd edin.
5. Ölçmələrdən alınan bütün ifadələri iş vərəqinə köçürdüyünüz cədvəldə qeyd edin:



№	$m_{b.c.}$ (kq)	$t_{b.c.}$ (°C)		$m_{su.}$ (kq)	$m_{kal.}$ (kq)	$t_{su.} = t_{kal.}$ (°C)		$c_{su.}$ ($\frac{C}{kq \cdot ^\circ C}$)	$c_{kal.}$ ($\frac{C}{kq \cdot ^\circ C}$)	$c_{b.c.}$ ($\frac{C}{kq \cdot ^\circ C}$)
		ilk	son			ilk	son			
1		100						4200	920	
2		100						4200	920	

6. Təcrübə prosesində üç cisim (su, metal silindr və kalorimetr stəkanı) arasında gedən istilik mübadiləsi nəzərə alınaraq istilik balans tənliyi yazılır: $Q_{su} + Q_{kal} + Q_c = 0$.

Burada $Q_{b.c.}$ – qızdırılan bərk cismin (metal silindrin) verdiyi istilik miqdarı, Q_{su} – suyun aldığı istilik miqdarı, Q_{kal} – kalorimetrin aldığı istilik miqdarıdır. Qaynar sudan çıxarılan 100°C temperaturu silindri kalorimetmə batırıqda suyun və kalorimetr stəkanının aldığı istilik miqdarı uyğun olaraq:

$$Q_{su} = c_{su} m_{su} (\theta - t_1) \text{ və } Q_{kal} = c_{kal} m_{kal} (\theta - t_1).$$

Burada t_1 – suyun və kalorimetrin başlanğıc temperaturu, θ sistemin qərarlaşmış temperaturudur. Alüminium silindrin soyuyarkən verdiyi istilik miqdarı:

$$Q_{b.c.} = -c_{b.c.} m_{b.c.} |(\theta - t_2)| \text{ və ya } Q_{b.c.} = c_{b.c.} m_{b.c.} (t_2 - \theta).$$

Burada t_2 – silindrin başlanğıc, $c_{b.c.}$ isə onun xüsusi istilik tutumudur. İstilik balans tənliyinə görə, silindrin verdiyi istilik miqdarı su və kalorimetrin aldığı istilik miqdarları cəminə bərabərdir:

$$c_{b.c.} m_{b.c.} (t_2 - \theta) = c_{su} m_{su} (\theta - t_1) + c_{kal} m_{kal} (\theta - t_1).$$

Buradan bərk cismin (alüminium silindrin) xüsusi istilik tutumu təyin edilir:

$$c_{b.c.} = \frac{c_{su} m_{su} (\theta - t_1) + c_{kal} m_{kal} (\theta - t_1)}{m_{b.c.} (t_2 - \theta)}.$$

Müzakirə edin:

1. Bərk cisimlərin xüsusi istilik tutumları üçün aldığınız qiymət ilə onların cədvəl qiymətləri arasındakı uyğunsuzluğu necə izah etmək olar?
2. İşdə istifadə olunan üsul xüsusi istilik tutumunun hansı nəticəsinin əldə edilməsinə gətirib çıxardı: açıq-aydın şişirdilmiş nəticə, yoxsa açıq-aydın aşağı nəticə? Niyə?
3. Tədqiqatda istifadə olunan suyun kütləsinin qiyməti əldə edilən nəticələrin düzgünlüyünə necə təsir edir? Cavabınızı əsaslandırın.

6.4 Maddənin aqreqat halının dəyişməsi: ərimə və bərkimə

Qışda su hövzələrinin səthindəki sular donaraq buza çevrilir. Buzun üzərində su bizi əhatə edən qaz (buxar) halında, buzun altında isə su maye olaraq qalır. Beləliklə, burada suyun üç fərqli aqreqat halı eyni vaxtda mövcuddur: bərk (buz), maye (su) və qaz (su buxarı).



- Maddənin aqreqat halının dəyişməsi prosesində, məsələn, buzun əriməsi, suyun donması proseslərində daxili enerji necə dəyişir?
- Maddənin ərimə və bərkimə prosesləri hansı temperaturda baş verir?

Açar sözlər

maddənin aqreqat halı, ərimə, bərkimə (kristallaşma), ərimə temperaturu

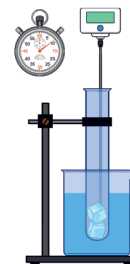
Fəaliyyət

Buzun əriməsi

Ləvazimat: buz parçaları, sınaq şüşəsi, tutqacı olan ştativ, laboratoriya stəkani, su (500 ml), su qızdırıcısı, elektron termometr, saniyəölçən.

İşin gedişi:

1. Sınaq şüşəsinə soyuducunun buz dolabından götürülmüş -5°C temperaturunda bir-iki buz parçası qoyub ştativin tutqacında yerləşdirin.



2. Sınaq şüşəsinə termometr yerləşdirib içərisində isti su olan stəkana batırın və eyni zamanda saniyəölçəni işə salın. Termometrin göstəricisinə nəzarət edin.
3. Buzun əriməyə başladığı temperaturu və zamanı cədvəl 1-də (cədvəli iş vərəqinə çəkin) qeyd edin.
4. Buz tam əriyib sınaq şüşəsində yalnız su qaldıqda termometrin və saniyəölçənin göstəricisini qeyd edin.
5. Müşahidəni davam etdirin, suyun temperaturunun necə dəyişdiyini və bu dəyişməyə sərf olunan müddəti qeyd edin.

Cədvəl 1.

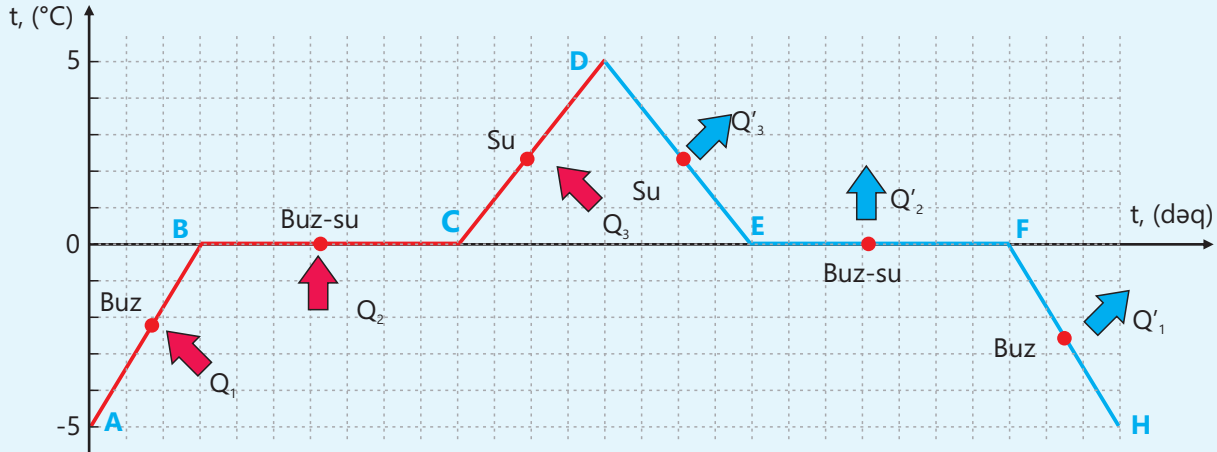
Zaman (t, dəq)	0	1	2	3	4	5	6	...
Temperatur (t, $^{\circ}\text{C}$)								

Müzakirə edin:

1. Buz hansı temperaturda əriməyə başladı?
2. Buzun ərimə prosesində onun daxili enerjisi və temperaturu necə dəyişdi?
3. Təcrübədə temperatur hansı halda artmağa başladı? Niyə?

İstilik mübadiləsi prosesində cismin daxili enerjisi dəyişir. Çox vaxt bu, cismin temperatur dəyişməsi ilə əlaqədardır. Ancaq bu zaman maddənin aqreqat halı dəyişmir. Bununla belə, elə proseslər var ki, maddə istilik qəbul edərkən onun daxili enerjisi artır, lakin temperaturu sabit qalır.

Təcrübənin nəticələrinə görə alınan cədvəl 1-ə əsasən ərimə prosesinin sadələşdirilmiş temperatur-zaman qrafikini belə təsvir etmək olar (şəkil 6.2).



Şəkil 6.2. Buzun ərimə və suyun donma (bərkimə) prosesinin temperatur-zaman qrafiki.

• **AB hissə.** Buzun isinmə prosesi baş verir: buz parçaları isti sudan Q_1 istilik miqdarı alır. Nəticədə buzun daxili enerjisi artır, temperaturu isə -5°C -dən 0°C -yə qədər yüksəlir.

• **BC hissə.** Buzun əriyərək suya çevrilmə prosesi baş verir: buz parçaları isti sudan Q_2 istilik miqdarı alır. Nəticədə əriməkdə olan buz qalıqlarının daxili enerjisi artır, lakin temperaturu dəyişmir. Buz tam əriyən müddətə qədər 0°C -də qalır.

– Bəs verilən istilik miqdarı nəyə sərf olunur?

– Ərimə prosesində temperaturun sabit qalması nə deməkdir?

0°C temperatúra qədər qızdırıldıqdan sonra buza verilən istilik miqdarı onun kristal qəfəsinin dağılmasına sərf olunur. Zərrəciklər arasındakı cazibə xarakterli qüvvələr onları əvvəlki vəziyyətdə saxlaya bilmir. Nəticədə kristal zərrəciklərinin nizamlı düzülüşü pozulur, yəni maddə maye halına keçir. Ərimə prosesində temperaturun sabit qalması maddə zərrəciklərinin kinetik enerjisinin dəyişməz qalması deməkdir.

• **Qrafikin CD hissəsi.** Sınaq şüşəsindəki suyun qızma prosesi baş verir: buz parçaları tamamilə əriyərək suya (maye halına) keçdikdən sonra isti sudan Q_3 istilik miqdarı alır. Suyun aldığı istilik miqdarı onun molekullarının sürətini (kinetik enerjisini) artırır, nəticədə suyun daxili enerjisi və temperaturu artır. Beləliklə, qrafikdən göründüyü kimi, bərk cismin əriməsi mürəkkəb fiziki prosesdir.

Maddənin bərk haldan maye hala keçmə prosesi ərimə adlanır.

Müxtəlif maddələrlə aparılan çoxsaylı təcrübələrdən aşkar edilmişdir ki, hər bir kristal maddə yalnız özünəməxsus müəyyən bir temperaturda əriyir (bax: cədvəl 6.2).

Kristal maddənin əridiyi temperatúra ərimə temperaturu deyilir.

Verilən mayeni ərimə temperaturuna qədər soyutduqda o, bərk hala keçir. Bunu yoxlamaq üçün əvvəlki eksperimentin davamı olaraq sınaq şüşəsini isti sudan çıxarıb soyuducunun dondurucu dolabına qoyaq. Vaxtaşırı termometrin göstəricisini və maddənin vəziyyətini izləsək, 6.2 şəkildəki təsvirə oxşar əks prosesin, yəni bərkimə prosesinin sadələşdirilmiş qrafikini alarıq.

• **DE hissə.** Suyun 0°C temperaturuna qədər soyuma prosesi baş verir: sudan Q'_3 istilik miqdarı ayrılır. Bu zaman ayrılan istilik miqdarı Q'_3 -ə bərabər olur: $|Q'_3| = Q_3$. Nəticədə suyun daxili enerjisi azalır.

• **EF hissə.** Suyun 0°C temperaturunda bərk hala (buza) çevrilmə prosesi baş verir: zaman keçməsinə baxmayaraq, temperatur dəyişmir. Su-buz halında olan maddədən Q_2' istilik miqdarı ayrılır. Bu zaman ayrılan istilik miqdarı Q_2 -yə bərabər olur: $|Q_2'| = Q_2$. Nəticədə maddənin daxili enerjisi azalır.

• **FH hissə.** Buzun soyuma prosesi baş verir (0°C -dən -5°C temperaturuna qədər): buzdan Q_1' istilik miqdarı ayrılır. Ayrılan istilik Q_1 -ə bərabər olur: $|Q_1'| = Q_1$. Buzun daxili enerjisi azalır.

Maddənin maye halından bərk hala keçmə prosesi *bərkimə* və ya *kristallaşma* adlanır.

Mayenin bərkidiyi temperatur *bərkimə temperaturu* adlanır.

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Verilən kütləli mayenin kristallaşması prosesində ayrılan istilik miqdarı niyə eynikütləli həmin maddənin bərk haldan maye halına keçməsi prosesində onun aldığı istilik miqdarına bərabərdir?

Cədvəl 6.2. Bəzi maddələrin normal atmosfer təzyiqində ərimə temperaturu

Maddə	$t_{\text{ərf}}^{\circ}\text{C}$	Maddə	$t_{\text{ərf}}^{\circ}\text{C}$	Maddə	$t_{\text{ərf}}^{\circ}\text{C}$
Hidrogen	-259	Kalium	63	Alüminium	660
Oksigen	-219	Naftalin	80	Gümüş	962
Azot	-210	Natrium	98	Qızıl	1064
Spirt	-114	Qalay	232	Mis	1085
Civə	-39	Qurğuşun	327	Polad	1500
Buz	0	Kəhrəba	360	Dəmir	1539
Sezium	29	Sink	420	Volfram	3387

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

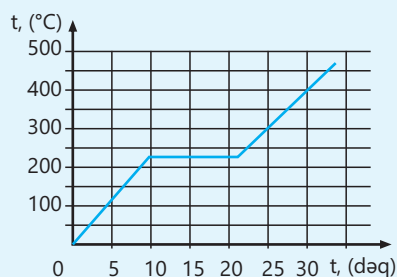
Hər hansı metal külçəsinin ərimə və kristallaşma prosesini tədqiq etmək üçün o qızdırılır. Şəkildə metal külçəsinin ərimə prosesinin temperatur-zaman qrafiki göstərilmişdir.

Nəzərə alın ki, qızdırıcının gücü sabitdir, ətraf mühitlə istilik mübadiləsi yoxdur.

a) Metal aşağıdakı zaman aralıqlarında hansı haldadır?

- $5 \div 10$ dəq aralığında?
- $10 \div 20$ dəq aralığında?
- $25 \div 30$ dəq aralığında?

b) Bu hansı metaldır?

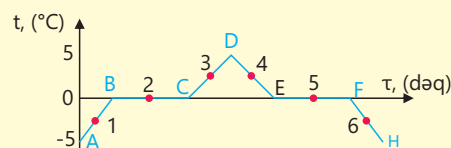


Öyrəndiklərinizi yoxlayın

Şəkildə maddənin su, buz və buz-su halı, ərimə və bərkimə prosesində temperatur-zaman qrafiki təsvir olunmuşdur.

a) Maddənin halları və qrafikin qırmızı rənglənmiş nöqtələri arasında uyğunluğu müəyyən edin.

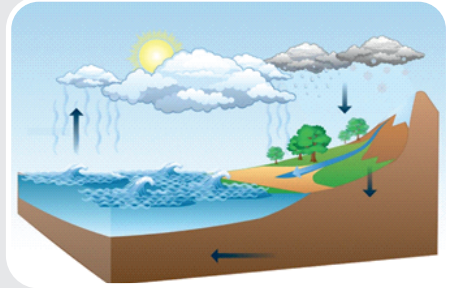
b) Qrafikin A, B, C, D, E, F və H nöqtələrinə maddənin hansı aqrekat halı uyğundur?



6.5 Maddənin aqreqat halının dəyişməsi: buxarlanma və kondensasiya

Planetimizin su (hidrosfer) təbəqəsinin əsas hissəsi olan Dünya okeanı Yer səthinin $361,1 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ sahəsini (70,8%) əhatə edir. Yer kürəsində canlıların yaşayışını bu təbəqədəki suyun dövrünü təmin edir.

- Planetimizdə baş verən su dövrünü hansı fiziki hadisəyə əsaslanır?
- Bütün çaylardakı suların şirin olmasına baxmayaraq, niyə dəniz və okeanların suyu duzlidir?



Açar sözlər su dövrünü, buxarəmələgəlmə, buxarlanma, kondensasiya, qaynama, sublimasiya, desublimasiya

1
Fəaliyyət

Maddədə hansı hal dəyişməsi baş verdi?

Ləvazimat: içərisində 500–700 ml su olan elektrik suqızdırıcısı, nəlbəki, metal qaşığı və buz parçası.

İşin gedişi:

1. Elektrik suqızdırıcısını işə salın. Su qaynamağa başladıqda buz parçası qoyulmuş qaşığı qızdırıcının lüləyindən çıxan buxarın qarşısında şəkildəki kimi saxlayın.
2. Nəlbəkini qaşığın altında yerləşdirməklə baş verən hadisəni izləyin.

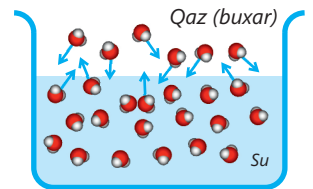
Müzakirə edin:

1. Niyə metal qaşığın alt səthində su damcıları yarandı?
2. Eksperimentdə maddənin hansı hal dəyişməsini müşahidə etdiniz?



Təsadüfən ətir şüşəsinin qapağını bağlamağı unutsanız, müəyyən müddətdən sonra ətir mayesinin tamamilə yox olduğunu aşkar edəcəksiniz. Belə hadisənin baş verməsinin səbəbi nədədir?

Məlumdur ki, maddələrin molekulları fasiləsiz hərəkətdədir. Onların sürətləri təsadüfi şəkildə dəyişə bilər. Bu səbəbdən molekulların kinetik və qarşılıqlı təsir enerjiləri də müxtəlif olur. Məsələn, yüksək sürətli maye molekullarının kinetik enerjiləri də yüksək olur. Belə molekullar digər molekulların cazibə qüvvələrini üstələyib mayeni tərk edə bilər (şəkil 6.3). Maye molekulları arasında yüksək enerjili molekullar həmişə olduğundan mayeni tərk edən molekullar da həmişə olur. Bu səbəbdən zaman keçdikcə mayenin üzərində qaz (buxar) əmələ gəlir və mayenin miqdarı azalır.



Şəkil 6.3.
Buxarəmələgəlmə

Maddənin maye halından qaz (buxar) halına çevrilmə prosesi buxarəmələgəlmə adlanır.

Buxarəmələgəlmənin iki növü var: buxarlanma və qaynama.

Buxarlanma

Buxarlanma mayenin sərbəst səthində baş verən buxarəmələgəlmə hadisəsidir.

Buxarlanma prosesində yüksək kinetik enerjili molekullar maye səthini tərk edir. Nəticədə mayenin qalan hissəsindəki molekulların orta kinetik enerjisi nisbətən kiçik olduğundan maye soyuyur. Deməli, buxarlanma prosesində mayenin daxili enerjisi azalır.

Molekulların mayenin sərbəst səthindən xaricə çıxma prosesi həmin mayenin buxarlanmasıdır.

Buxarlanma mayenin istənilən temperaturunda baş verir, lakin onun sürəti mayenin növündən, mayenin səthinin sahəsindən, mayenin və ətraf mühitin temperaturundan, hava cərəyanından, havanın təzyiqindən və rütubətdən asılıdır. Molekulların mayenin səthini tərk etməsi ilə yanaşı, əks proses də baş verir: maye səthində xaoslu hərəkət edən molekulların bir hissəsi yenidən maye səthinə qaydır.

Buxarın mayeyə çevrilmə prosesi kondensasiya adlanır.

Kondensasiya prosesində buxardan enerji ayrılır.

Qızdırılan mayədə buxarlanma prosesi

Ləvazimat: içərisində 1,5–1,8 l su olan elektrik suqızdırıcısı, laboratoriya termometri.

İşin gedişi:

1. Suqızdırıcısındakı suyun başlanğıc temperaturunu ölçün və qızdırıcının qapağını açıq saxlamaqla onu işə salın.
2. Suyun qızma və qaynama proseslərində əmələ gələn qabarcıqlarda baş verən dəyişiklikləri müşahidə edin.
3. Suyun qızma və qaynama proseslərində termometrin göstəricisini izləyin.



2

Fəaliyyət

Müzakirə edin:

1. Suyun qızma və qaynama proseslərində əmələ gələn qabarcıqların ölçüləri niyə tədricən artdı?
2. Suyun qaynaması prosesində bu qabarcıqlarda nə kimi dəyişikliklər müşahidə etdiniz?
3. Suyun qaynaması prosesində termometr neçə °C göstərdi? Niyə qaynama prosesində termometrin göstəricisi dəyişmədi?

Qaynama

Artıq bilirsiniz ki, mayenin buxarlanması istənilən temperaturda baş verir. Bu isə onun soyumasına səbəb olur. Bəs maye qızdırlarsa, onun buxarlanma prosesi necə baş verər?

Ekspərimentdə suyun temperaturunun yüksəlməsi ilə yanaşı, qızdırıcının dibində çoxlu kiçik qabarcıqların yaranması müşahidə edildi. Onların ölçüləri tədricən artdı, çünki su qabarcıqların içərisində buxarlanır və qızdırılan zaman qabarcıqlardakı buxarın təzyiqi yüksəlir. Qabarcıqlar qızdırıcının dibindən və divarlarından qoparaq Arximed qüvvəsinin təsiri ilə yuxarıya doğru hərəkət edir.

Suyun səthinə çatdıqda qabarcığın içindəki buxarın təzyiqi mayenin üzərindəki havanın təzyiqindən (atmosfer təzyiqindən) böyük olduğundan qabarcıq partlayır və buxar atmosfərə atılır. Bu prosesin baş verdiyi anda termometr 100°C temperaturu göstərir. Həmin temperatur qaynama prosesi davam etdiyi müddətdə dəyişmir, çünki bütün istilik enerjisi suyun buxara çevrilməsinə sərf olunur. Suda isə onun bütün həcmi boyu yuxarıya doğru qalxan qabarcıqların sayı daha çox artır və onlar səthdə partlayaraq içərilərindəki buxarı atmosfərə atır, nəticədə suyun qaynama prosesi baş verir.

Qaynama mayenin bütün həcmində baş verən buxarəmələgəlmə prosesidir.

Qaynama prosesində mayenin temperaturu dəyişmir. Müxtəlif maddələrin normal atmosfer təzyiqində qaynama temperaturları müxtəlifdir (bax: cədvəl 6.3).

Mayenin qaynadiğı temperatur qaynama temperaturu adlanır.

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Qaynama prosesində mayenin temperaturu dəyişmir, ancaq maye qızdırıcıdan istilik enerjisi almaqda davam edir. Bəs bu enerji nəyə sərf olunur?

Bərk cisimlərin buxarlanması

Bərk cisimlərin buxarlanma prosesi *sublimasiya*, əks proses isə *desublimasiya* adlanır.

– *Sublimasiya maddənin bərk haldan birbaşa qaz halına keçmə prosesidir.* Məsələn, "quru buz" (CO_2 bərk halda) mayeləşmədən buxarlanır. Bəzi bərk cisimlər, məsələn, naftalin sublimasiya etdiyinə görə biz onun qoxusunu hiss edirik.

– *Desublimasiya maddənin qaz halından birbaşa bərk hala keçmə prosesidir.* Məsələn, şaxtalı havada pəncərə şüşələrində qırov əmələ gəlir. Qırov havada olan su buxarının birbaşa buza çevrilməsindən yaranır.

Cədvəl 6.3.

Bəzi maddələrin normal atmosfer təzyiqində qaynama temperaturu

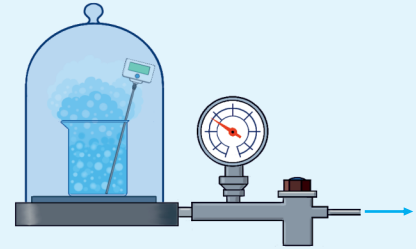
Maddə	t, °C	Maddə	t, °C
Hidrogen	-253	Civə	357
Oksigen	-183	Qurğuşun	1740
Efir	35	Mis	2567
Spirt	78	Dəmir	2750
Su	100	Qızıl	2950

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Şəkildə maraqlı fiziki eksperimentin sxemi təsvir olunmuşdur. Təsviri diqqətlə araşdırıb aşağıdakı sualı müzakirə edin.

Müzakirə edin:

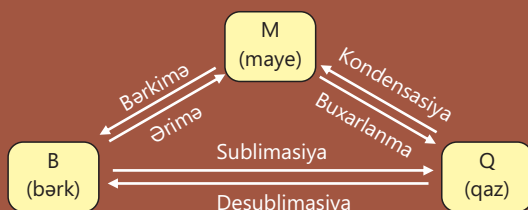
• **Laboratoriya stəkanındakı suyu adi otaq temperaturunda necə qaynatmaq olar? Cavabınızı əsaslandırın.**

**Öyrəndiklərinizi yoxlayın**

- Maddə buxarlanarkən aldığı, kondensasiya edərkən verdiyi istilik miqdarı nədən asılıdır?
- Su buxarlananda xaricdən istilik aldığına görə ətrafı sərinlədir. Bu biliyə əsasən aşağıda verilən hansı hadisənin mayenin buxarlanması nəticəsində baş verdiyini söyləmək olmaz?
 - Tərləyən adamın üşüməsi.
 - Yayda soyuducunun buz dolabından çıxarılan ərzağın səthinin tərləməsi.
 - Hərərəti yüksək olan xəstənin alına isladılmış tənzip qoyulması.
 - İsti yay günlərində yağışdan sonra havanın boğanaq olması.
 - İsti otaqdan soyuq havaya çıxdıqda eynəyin şüşələrinin tərləməsi.
 - Soyuq küçədən isti otağa daxil olduqda eynəyin şüşələrinin tərləməsi.
 - Çimərlikdə sudan çıxdıqda sərinlik hiss edilməsi.

6.6 Maddənin aqrekat hallarının dəyişmə proseslərində tələb olunan istilik miqdarı

Şəkilə maddənin aqrekat halının dəyişmə proseslərinin sxemi təsvir olunmuşdur.



- Maddənin hansı aqrekat halının dəyişməsində istilik miqdarı udulur, hansında isə ayrılır?
- Udulan (yaxud ayrılan) istilik miqdarını necə təyin etmək olar?

Açar sözlər

ərimə istiliyi, xüsusi ərimə istiliyi, buxarlanma istiliyi, xüsusi buxarlanma istiliyi, yanma istiliyi, xüsusi yanma istiliyi

Fəaliyyət

Eyni kütləli müxtəlif maddələrin ərimə prosesini təcrübi öyrənərkən müəyyən edildi ki, bu maddələri mayeyə çevirmək üçün fərqli miqdarda istilik tələb olunur. Məsələn, 1 kq buz əritmək üçün 340 kC, 1 kq qalay əritmək üçün isə 59 kC istilik miqdarı tələb olunur.

Müzakirə edin:

- 1 kq kütləli maddəni ərimə temperaturunda əritmək üçün tələb olunan istilik miqdarı ilə maddənin hansı xarakteristikası təyin olunur?

Ərimə və bərkimə istiliyi

Ərimə temperaturunda götürülmüş bərk maddənin (kristalın) əriməsi üçün verilən istilik miqdarı *ərimə istiliyi* adlanır.

Ərimə istiliyi bərk maddənin kütləsindən və növündən asılıdır:

$$Q = \lambda m.$$

(λ – yun.: lambda)

Burada Q – maddənin ərimə istiliyi, m – maddənin kütləsi, λ maddənin *xüsusi ərimə istiliyidir*.

Maddənin xüsusi ərimə istiliyi ədədi qiymətcə 1 kq kristal maddəni ərimə temperaturunda əritmək üçün lazım olan istilik miqdarına bərabər olan fiziki kəmiyyətdir:

$$\lambda = \frac{Q}{m}.$$

Xüsusi ərimə istiliyi maddənin növündən asılıdır (bax: cədvəl 6.4).

Xüsusi ərimə istiliyinin BS-də vahidi:

$$[\lambda] = \frac{[Q]}{[m]} = 1 \frac{\text{C}}{\text{kq}}.$$

Cismin aqreqat halını dəyişməsi prosesində verdiyi istilik miqdarı mənfi qəbul olunur. Buna görə də kütləsi m olan maddənin kristallaşması zamanı ayrılan istilik miqdarını hesablayarkən mənfi işarə ilə götürülmüş eyni düsturdan istifadə olunur:

$$Q = -\lambda m.$$

• DÜŞÜN
• MÜZAKIRƏ ET
• PAYLAŞ

Hansı havada damların kənarında sırsıra əmələ gəlir? Əgər şaxtalı havada əmələ gəlsə, su haradan meydana çıxır, yox, əgər günəşli havada yaranırsa, su niyə donur?

Buxarlanma və ya kondensasiya istiliyi

Müxtəlif növ mayelərin buxarlanması üçün lazım olan istilik miqdarı da fərqlidir.

Qaynama temperaturunda mayeni buxara çevirmək üçün sərf olunan istilik miqdarına *buxarlanma istiliyi* deyilir.

Araşdırmanın təhlilindən məlum olur ki, buxarlanma istiliyi mayenin növündən və kütləsindən asılıdır:

$$Q = Lm.$$

Burada Q – buxarlanma istiliyi, m – mayenin kütləsi, L – mayenin xüsusi buxarlanma istiliyidir.

Mayenin xüsusi buxarlanma istiliyi eyni kütləli müxtəlif mayeləri buxara çevirmək üçün tələb olunan istilikləri fərqləndirməkdən ötrü tətbiq edilən fiziki kəmiyyətdir.

Maddənin xüsusi buxarlanma istiliyi qaynama temperaturunda ədədi qiymətcə 1 kq mayeni buxarlandırmaq üçün sərf edilən istilik miqdarına bərabər olan fiziki kəmiyyətdir:

$$L = \frac{Q}{m}.$$

Xüsusi buxarlanma istiliyinin BS-də vahidi:

$$[L] = \frac{[Q]}{[m]} = 1 \frac{\text{C}}{\text{kq}}.$$

Qaynama nöqtəsində kondensasiya olunan m kütləli buxarın verdiyi istilik miqdarı da eyni düsturla, lakin mənfi işarə ilə müəyyən edilir:

$$Q = -Lm.$$

Cədvəl 6.4.

Bəzi maddələrin xüsusi ərimə istiliyi

Maddə	λ , kC/kq
Civə	12
Oksigen	14
Qurğuşun	25
Qalay	59
Hidrogen	59
Qızıl	67
Polad	84
Gümüş	87
Sink	120
Parafin	150
Naftalin	150
Mis	210
Dəmir	270
Buz	340
Alüminium	390

Cədvəl 6.5.

Bəzi yanacaq növlərinin
xüsusi yanma istiliyi

Yanacaq	q, MC/kq
Barıt	3,8
Quru odun	11
Torf	14
Şist (yanan süxur)	15
Metanol	23
Spirt	28
Daş kömür	29
Ağac kömürü	31
Məişət qazı	32
Mazut	40
Kerosin	41
Dizel yanacağı	43
Benzin	44
Propan	48
Hidrogen	120

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Qaynayan su harada daha istidir: dəniz səviyyəsində, uca dağın zirvəsində, yoxsa dərin şaxtada? Cavabınızı əsaslandırın?

Yanacağın yanma istiliyi

Maddələrin aqreqat hallarının dəyişmə prosesində enerji mübadiləsini araşdırmaq məqsədilə aparılan təcrübələrdə müxtəlif qızdırıcıdan, o cümlədən spirt lampasından istifadə edildi.

Bu qızdırıcılarda yanacağın yanması prosesində ayrılan istilik miqdarını da hesablamaq mümkündür.

Yanacağın tam yanması zamanı ayrılan enerji yanacağın yanma istiliyi adlanır.

Yanacağın yanma istiliyi yanacağın kütləsindən və növündən asılıdır:

$$Q = qm.$$

Burada Q – yanacağın yanma istiliyi, m – yanacağın kütləsi, q – yanacağın xüsusi yanma istiliyidir. Yanacağın xüsusi yanma istiliyi eyni kütləli müxtəlif növ yanacaqların tam yanması zamanı ayırdıqları istiliyi fərqləndirmək üçün istifadə olunan fiziki kəmiyyətdir:

$$q = \frac{Q}{m}.$$

Yanacağın xüsusi yanma istiliyi ədədi qiymətcə 1 kq kütləli yanacağın tam yanarkən ayrılan istilik miqdarına bərabər fiziki kəmiyyətdir.

Yanacağın xüsusi yanma istiliyinin BS-də vahidi:

$$[q] = \frac{[Q]}{[m]} = 1 \frac{\text{C}}{\text{kq}}.$$

Yanacağın xüsusi yanma istiliyi yanacağın növündən asılıdır (bax: cədvəl 6.5).

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

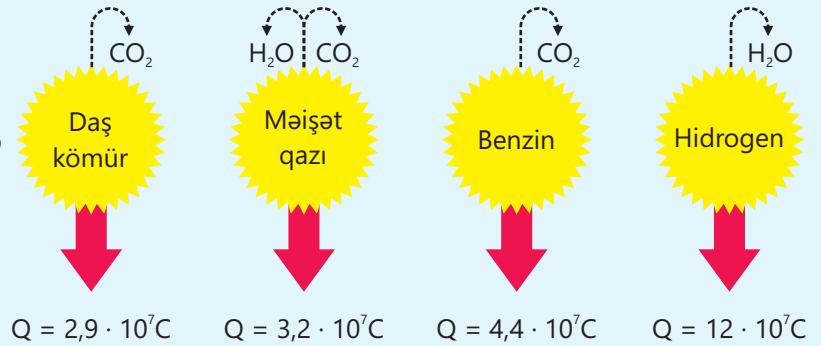
Niyə yanacaq kimi benzindən istifadə etmək barıtdan daha səmərəlidir, lakin artilleriya mərmilərində partladıcı kimi barıtdan istifadə etmək benzindən çox-çox effektivdir?

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məişətdə, istehsalat və texnikada müxtəlif növ yanacaqlardan istifadə olunur. Şəkildə müxtəlif növ yanacağın hər birinin 1 kq-nın tam yanması zamanı ayrılan istilik miqdarı və atmosfərə atılan tullantının tərkibi göstərilmişdir:

Müzakirə edin.

• Bu yanacaqlardan ən perspektivlisi hansı növ yanacaq hesab edilir? Niyə?

**Öyrəndiklərinizi yoxlayın**

1. Cədvəldə L, M, N və O təmiz maddələrinin xüsusi ərimə istilikləri və kütlələri verilmişdir.

Maddə	L	M	N	O
Parametrləri				
Xüsusi ərimə istiliyi (C/q)	175, 64	22, 86	118, 10	332, 07
Kütlə (q)	100	100	50	50

Sual 1. Bu maddələr ərimə temperaturunda eyni qızdırıcıda qızdırılırsa, onlardan hansı daha tez əriyər?

- A) Yalnız L
B) Yalnız M
C) Yalnız N
D) Yalnız O
E) M və O

Sual 2. Hansı maddənin tam əriməsi üçün daha çox istilik miqdarı sərf olunur?

- A) Yalnız L
B) Yalnız M
C) Yalnız N
D) Yalnız O
E) M və O

2. Cədvəldə bəzi maddələrin qaynama temperaturunda və normal atmosfer təzyiqində xüsusi buxarlanma istilikləri verilmişdir.

Maddə	$L, (\text{C/q})$
Su	2300
Spirt	900
Efir	400
Civə	300

a) Eyni temperaturda və bərabər kütlədə götürülən hansı maddə tamamilə buxarlanması üçün daha az istilik miqdarı almalıdır?

b) Qaynama temperaturunda qaz halında olan hansı maddə tamamilə eyni temperaturu maye halına keçməsi zamanı ətrafa daha çox istilik miqdarı verir?

- a – 50 q su;
b – 150 q civə;
c – 200 q spirt;
d – 250 q efir.

6.7 İstilik mühərriki. İstilik mühərrikinin faydalı iş əmsalı

Şəkildə müxtəlif texnika təsvir olunmuşdur.



- Bu texnikaları hərəkət etdirən nədir?
- Onların hərəkəti hansı enerji çevrilmələri hesabına əldə edilir?

Açar sözlər

İstilik mühərriki, qızdırıcı, işçi cisim, soyuducu, faydalı iş əmsalı

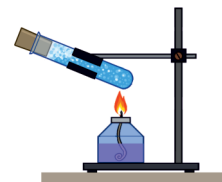
Fəaliyyət

Hansı enerji çevrilməsi baş verdi?

Ləvazimat: sınaq şüşəsi, spirt lampası, tutqacı olan ştativ, mantar tıxac, su (40–50 ml).

İşin gedişi:

1. Sınaq şüşəsinə su töküüb ağzını tıxac ilə kip qapayın.



2. Sınaq şüşəsinə təsvirdəki kimi ştativə bərkidib spirt lampasının alovunda qızdırın. Su qaynadıqdan sonra baş verən hadisəni izləyin.

Müzakirə edin:

1. Sınaq şüşəsindəki su qaynadıqdan sonra nə müşahidə etdiniz?
2. Təcrübədə hansı enerji çevrilməsi baş verdi?

Bu və ya digər növ enerjini mexaniki enerjiyə çevirən maşınlar insanın həyatını xeyli yüngülləşdirir. Belə ki, bu maşınlar nəqliyyatın hərəkətini, yüklərin daşınmasını və qaldırılmasını, elektrik enerjisinin istehsalını və bir çox texnoloji prosesləri təmin edir.

Belə mühərriklərin ən geniş yayılanlarından biri istilik mühərrikləridir. İstilik mühərrikləri bəşəriyyət tarixində müstəsna rol oynayır. Məhz istilik mühərriklərinin yaradılması birinci sənaye inqilabının böyük vüsət almasına təkan verdi. Belə ki, istilik mühərrikləri olmasaydı, avtomobillər, təyyarə və kosmik raketlər, istilik-elektrik stansiyaları, traktor və ekskavatorlar, gəmi və lokomotivlər, bir çox başqa maşın və texnoloji qurğular da

olmazdı. Əvvəlki dərslərdən qazandığınız biliklər həyatımızın ayrılmaz hissəsi olan istilik mühərriklərinin iş prinsipini anlamağa imkan verəcəkdir.

İstilik mühərriki – yanacağın daxili enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən qurğudur.

İstilik mühərriklərinin iş prinsipi

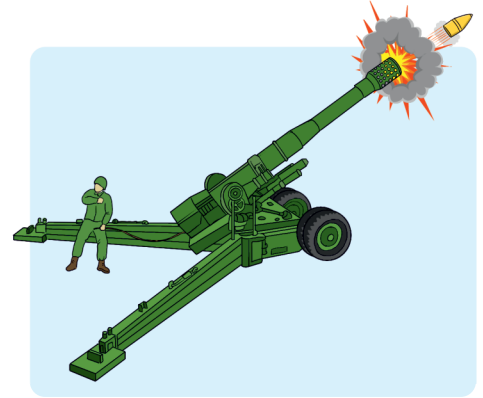
Bütün istilik mühərriklərinin iş prinsipində ümumi qanunauyğunluq var. Belə ki, istilik mühərrikində yanacağın yanması və ya nüvə reaksiyaları hesabına ayrılan enerji istilik mübadiləsi yolu ilə müəyyən qaza ötürülür. Qaz da genişlənərək xarici qüvvələrə qarşı mexaniki iş görür və hansısa mexanizmi hərəkətə gətirir.

Müasir texnologiya, əsasən, üç növ istilik mühərrikindən istifadə edir. Bunlar turbinli, porşenli və reaktiv mühərriklərdir. İstilik mühərrikləri iki sinfə bölünür – birdəfəlik fəaliyyət göstərən mühərriklər və dövri fəaliyyət göstərən mühərriklər. Birdəfəlik istilik mühərriklərinə misal olaraq raketi və ya artilleriya qurğusunu göstərmək olar. Belə ki, artilleriya qurğusunda barıtın yanması hesabına yüksək dərəcəyə qədər qızdırılan qaz genişlənərək böyük təzyiqlə mərmini qurğunun lüləyindən atmaqla mexaniki iş görür (şəkil 6.4).

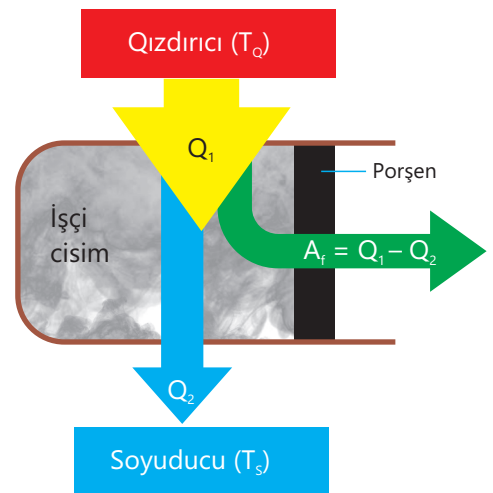
Buxar maşınları və daxiliyanma mühərrikləri isə dövri (tsiklik) işləyən istilik maşınlarıdır.

Beləliklə, istilik mühərriklərində daxili enerjinin mexaniki enerjiyə çevrilmə prosesini onun üç hissəsi yerinə yetirir:

- birinci hissə *qızdırıcı* adlanır. O, yüksək temperaturlu istilik mənbəyidir. Yüksək temperatur isə yanacağın yanmasından, yaxud nüvə reaksiyasından alınır;
- ikinci hissə *işçi cisimdir*. O, buxar və ya yanacağın yanma məhsulu olan qazdır. Qaz isə asanlıqla sıxılıb genişlənə bilər;
- üçüncü hissə *soyuducudur*. Soyuducu ətraf mühit – atmosfer və ya radiator ola bilər.



Şəkil 6.4. Artilleriya qurğusunun işi istilik mühərrikinin iş prinsipinə əsaslanır



Şəkil 6.5. İstilik mühərrikinin iş prinsipinin sxemi

Mühərrikin bu hissələri onun üç ardıcıl fəaliyyətini təmin edir.

1. Qızdırıcı işçi cismə müəyyən Q_1 istilik miqdarı verir.
2. Bu istiliyin bir hissəsi işçi cismin genişlənərək mexaniki iş (**A**) görməsinə və mühərrikin hərəkət edə bilən hissələrinin (məs.: porşen, turbin valı və s.) hərəkətə gətirilməsinə sərf olunur.
3. Mühərrikin işləməsinə təmin etmək məqsədilə işçi cisim hər dəfə genişləndikdən sonra yenidən başlanğıc vəziyyətinə qaytarılmalıdır. Bunun üçün işçi cisim yenidən sıxılmalı və proses təkrarlanmalıdır. İşçi cismi sıxmaqdan ötrü ondan soyuducuya müəyyən Q_2 ($Q_2 < Q_1$) istilik miqdarı verilməlidir. Deməli, bütün istilik mühərriklərində yanacağın daxili enerjisinin yalnız $(Q_1 - Q_2)$ hissəsi işçi cismin gördüyü faydalı işə (A_f) sərf olunur (şəkil 6.5):

$$A_f = Q_1 - Q_2.$$

tsikl (yunanca "kiklos" – dairə, qapalı proses)

Beləliklə, dövrü istilik mühərrikinin işi təkrarlanan *tsikllərdən* ibarətdir. İstilik mühərriklərinin işində dövriliyi təmin edən mühüm prinsip – soyuducunun temperaturunun qızdırıcının temperaturundan həmişə aşağı olmasıdır.

Geniş istifadəsinə baxmayaraq, heç bir istilik mühərriki 100% effektiv nəticə vermir, yəni mühərrikdə daxili enerjini tamamilə mexaniki enerjiyə çevirmək olmur.

İstilik mühərriklərinin effektivliyi xüsusi fiziki kəmiyyətlə – mühərrikin *faydalı iş əmsalı* ($FİƏ$) ilə müəyyən olunur.

– *Mühərrikin $FİƏ$ -si qızdırıcının verdiyi ümumi enerjinin hansı hissəsinin faydalı işə sərf olunduğunu göstərir.*

Mühərrikin gördüyü faydalı işin onun qızdırıcıdan aldığı istilik miqdarına olan nisbəti istilik mühərrikinin faydalı iş əmsalı adlanır.

$FİƏ$, adətən, yunan hərfi η (eta) ilə işarə olunur. O , vahidsiz kəmiyyətdir və faizlə ifadə olunur:

$$\eta = \frac{A_f}{Q_1} \cdot 100\% \text{ və ya } \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%.$$

İxtiyari istilik mühərriki işləyərkən qızdırıcıdan işçi cismə ötürülən enerjinin hamısı deyil, yalnız bir hissəsi mexaniki işin görülməsinə sərf olunur. Bu səbəbdən bütün istilik mühərriklərinin $FİƏ$ -si həmişə 1-dən (100%-dən) kiçikdir.

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Soyuducunun temperaturu qızdırıcının temperaturuna bərabər olarsa, nə baş verər? Cavabınızı əsaslandırın.

Bununla əlaqədar praktik əhəmiyyət kəsb edən aşağıdakı vacib suallar yaranır:

– İstilik mühərriklərindən 100% səmərəlilik almaq prinsipcə mümkün deyilsə, mühəndislər istilik mühərriklərində FİƏ-nin maksimum mümkün olan hansı qiymətinin alınmasına səy göstərməlidirlər?

– Fizika qanunlarına əsasən əldə edilə bilən maksimum FİƏ-nin qiyməti nəyə bərabər olmalıdır?

Termodinamikanın (fizika elminin istilik hadisələrini öyrənən bölməsi) qanunları elm adamlarına bu suala cavab verməyə imkan verdi. Məlum oldu ki, ideal istilik mühərrikinin (istilik mühərrikinin nəzəri modelidir) FİƏ-nin mümkün olan maksimum nəzəri qiyməti ($\eta_{\max}$) yalnız qızdırıcının T_1 və soyuducunun T_2 mütləq temperaturlarının qiymətləri ilə müəyyən edilir:

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%.$$

İdeal istilik mühərrikində istilik keçiriciliyi və ya sürtünmə səbəbindən dönməyən enerji itkiləri olmur.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

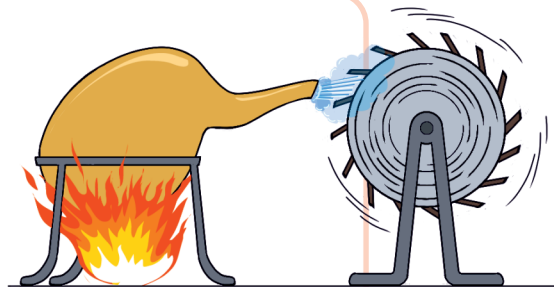
1. İnsan orqanizmini istilik mühərriki hesab etmək olarmı? Cavabınızı əsaslandırın.
2. Yerin səthindən yüksələn hava axını bir növ istilik mühərrikidir. Bu mühərrikdə qızdırıcı, işçi cisim və soyuducu rolunu nə oynayır?
3. FİƏ-si 45% olan istilik mühərriki hər dövrdə (tsikldə) soyuducuya 110 kC istilik verir. Mühərrik hər dövrdə qızdırıcıdan nə qədər istilik alır?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. İstilik mühərrikinin FİƏ-si 48%-dir. Bu o deməkdir ki, yanacağın tam yanması zamanı ayrılan enerjinin:
 - A) 48%-i faydalı iş görməyə sərf olunur.
 - B) 52%-i faydalı iş görməyə sərf olunur.
 - C) 48%-i daxili enerjiyə çevrilir.
 - D) 48%-i soyuducuya verilir.
 - E) 52%-i qızdırıcıdan alınır.
2. Düzgün ifadələri seçməklə fikri tamamlayın.
"İstilik mühərrikində ..."
 - A) mexaniki enerji tamamilə daxili enerjiyə çevrilir.
 - B) yanacağın daxili enerjisi tamamilə mexaniki enerjiyə çevrilir.
 - C) yanacağın daxili enerjisinin müəyyən hissəsi mexaniki enerjiyə çevrilir.
 - D) mexaniki enerjinin müəyyən hissəsi yanacağın daxili enerjisinə çevrilir.
 - E) enerjinin saxlanması və çevrilməsi baş vermir.
3. İstilik mühərrikində qızdırıcıdan alınan və soyuducuya verilən istilik miqdarları məlumdursa, mühərrikin gördüyü mexaniki işi necə müəyyən etmək olar?

6.8 Buxar mühərriki

Ərəb mühəndisi Taqi əd-Din 1551-ci ildə buxar maşınından praktik məqsədlər üçün istifadə layihəsini təqdim edən ilk ixtiraçısıdır. Belə ki, o, şişə taxılan əti manqalda fasiləsiz döndərmək məqsədilə buxarla işləyən avtomat qurğu hazırlayır. Qurğu su doldurulmuş lüləyi olan mis qazandan ibarətdir. Qazan ocaqda qızdırılır, içərisindəki su qaynadıqda lüləkdən çıxan buxar axını pərləri olan diskə yönəlir. Buxar pərlərə təsir etməklə disk öz oxu ətrafında fırlanmağa məcbur edilir. Bu zaman oxa bərkidilən şiş də manqal üzərində fırlanma hərəkəti edir (kababın yanmasının qarşısı alınır).



- Taqi əd-Dinin hazırladığı qurğu istilik mühərriki adlandırılıla bilərmə?
- Əgər bu qurğu istilik mühərrikidirsə, onun qızdırıcısı, işçi cismi və soyuducusu nədir?

Açar sözlər buxar mühərriki, buxar qazanı, soplo, buxar turbini

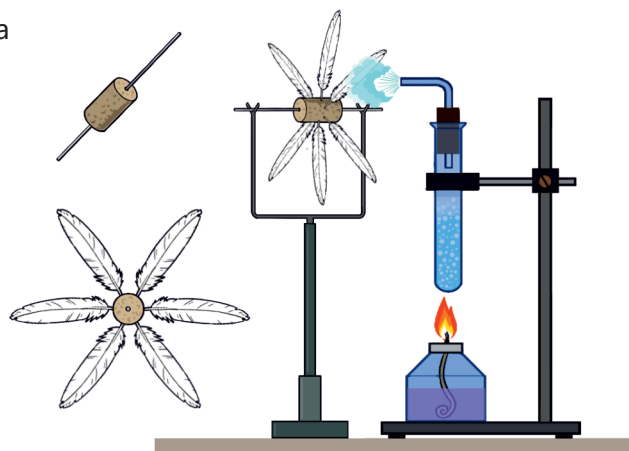
Fəaliyyət

Qurğuda hansı enerji çevrilmələri baş verdi?

Ləvazimat: sınaq şüşəsi, içərisindən kiçikdiametrlı boru keçirilmiş rezin tıxac, spirt lampası, tutqacı olan ştativ, mantar tıxac, nazik metal mil, quş lələkləri, biz, mis və ya alüminium məftil (50–70 sm), su (70–100 ml).

İşin gedişi:

1. Sınaq şüşəsinə yarisına qədər su tökün, ağzını rezin tıxacı ilə kəp qapayıb ştativə bərkidin və spirt lampasının alovunda qızdırın.
2. Metal mili mantar tıxacdan keçirin. Biz vasitəsilə tıxacın səthində çevrə boyunca 6 simmetrik dəlik açıb lələkləri ora batırın. Siz 6 pərli çarx hazırladınız.
3. Mis məftili iki yerə qatlayın və qatlanan hissəni oturacağa bərkidin, uclarını isə əyərək haça düzəldin. Milin uclarını haçalarda elə yerləşdirin ki, çarx sərbəst fırlana bilsin.
4. Sınaq şüşəsindəki su qaynadıqdan sonra çarxın pərlərini borudan çıxan buxara yaxınlaşdırıb baş verən hadisəni müşahidə edin.



Müzakirə edin:

1. Siz hansı qurğunun modelini hazırladınız?
2. Bu qurğuda hansı enerji çevrilməsi baş verdi?

XIX əsrin ortalarından etibarən insanlar buxarın gücündən praktik məqsədlər üçün istifadə etməyə başladılar. Buxar maşınları odun,

torf, daş kömür, neft və qazda toplanmış enerjini mexaniki işə çevirməyə imkan verdi. Bu, həyatın mənzərəsini kəskin şəkildə dəyişdirdi, elmin, texnologiyanın sürətli inkişafına təkan verdi, sənaye və nəqliyyatın inkişafı üçün əsas oldu. Nəticədə XIX əsrdə texniki inqilab baş verdi.

– *Buxar mühərriki – su buxarının daxili enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən istilik mühərrikidir.*

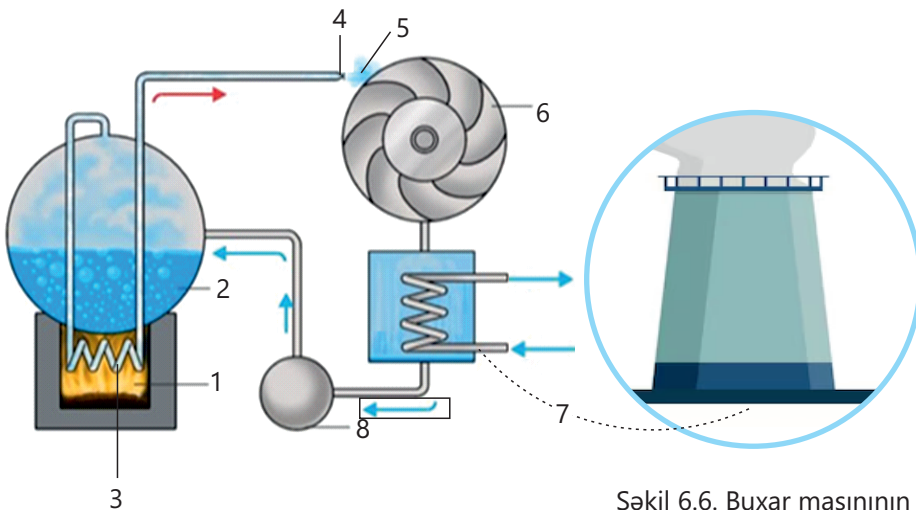
Buxar mühərriki mürəkkəb quruluşlu qurğu olmasına baxmayaraq, ixtiyari istilik mühərrikində olduğu kimi 3 əsas hissədən ibarətdir:

- *qızdırıcı* – yanacaqın yandırıldığı soba;
- *işçi cisim* – buxar;
- *soyuducu* – kondensator.

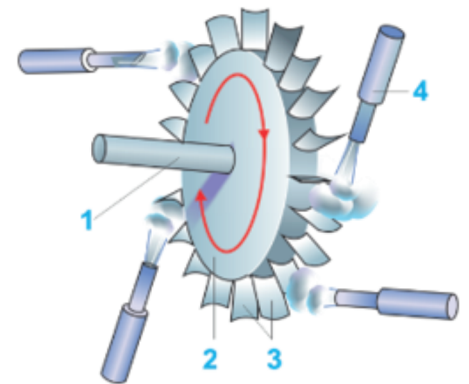
Beləliklə, buxar mühərrikinin iş prinsipinin sadələşdirilmiş sxemi belədir (bax: şəkil 6.6). Sobadan (1) verilən istilik miqdarı buxar qazanındakı (2) suyu qaynadır. Yaranan buxar borudan keçərkən buxar qızdırıcısında (3) bir daha qızdırılaraq onun təzyiqi $\approx 3 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ -ya, temperaturu isə 600°C -yə çatdırılır. Buxar soplo (4) adlanan boruda sürətlənir, nəticədə buxarın daxili enerjisi buxar şırnağının kinetik enerjisinə çevrilir. Soplodan çıxan buxar şırnağı (5) öz enerjisinin müəyyən hissəsini buxar turbininə (6) verir və onu böyük sürətlə fırlanmağa məcbur edir. Buxarın daxili enerjisinin müəyyən hissəsi turbinin mexaniki enerjisə çevrilir. Turbin isə valına bərkidilmiş hansısa mexanizmləri (gəmiləri hərəkət etdirən pərləri, elektrik generatorunun rotorunu və s.) hərəkətə gətirir. İşlənmiş buxar kondensator (7) adlanan xüsusi qurğuda soyudulur. Soyuyan buxar kondensasiya edərək suya çevrilir və nasosla (8) yenidən buxar qazanına vurulur. Beləcə, proses dövrü təkrarlanır.

Bilir-siniz-mi?

Müasir buxar qazanı 8-9 mərtəbəli bina boyda olub saatda bir neçə min ton buxar istehsal edən mürəkkəb qurğudur. O, İES və ya AES-lərdə buxar turbinini buxarla təchiz edir.



Şəkil 6.6. Buxar maşınının iş prinsipinin sxemi



Şəkil 6.7. Birdiskli buxar turbininin sxemi

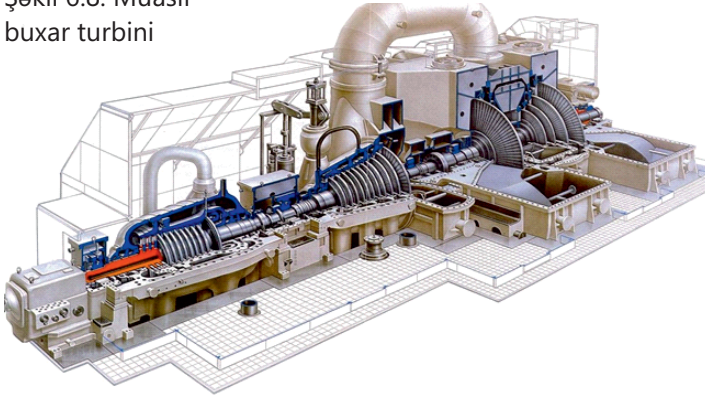
Bəs buxar turbinini nədir?

Ən sadə buxar turbinini valdan (1), vala geydirilən diskdən (2), diskin çənbərinə bərkidilən pərlərdən (3) ibarət qurğudur (şəkil 6.7).

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

1. Buxar turbinindən təyyarələrdə istifadə etmək olarmı? Cavabınızı əsaslandırın
2. Buxar maşınında soplodan çıxan buxarın daxili enerjisini mexaniki enerjiyə çevirmədən birbaşa elektrik enerjisinə çevirmək olarmı?

Şəkil 6.8. Müasir buxar turbinini



Müasir istilik-elektrik stansiyalarının əvəzolunmaz hissəsi buxar turbinləridir. Bu turbinlər onlarca diskdən ibarət olub hər diskin yaxınlığında bir neçə soplo yerləşdirilir (şəkil 6.8). Soplolardan çıxan buxar pərlərə təsir etməklə diskləri 50 san^{-1} tezliklə ($3000 \frac{\text{dövr}}{\text{dəq}}$) fırlanmağa məcbur edir. Buxar turbininin FiƏ-si 25%-40% aralığındadır.

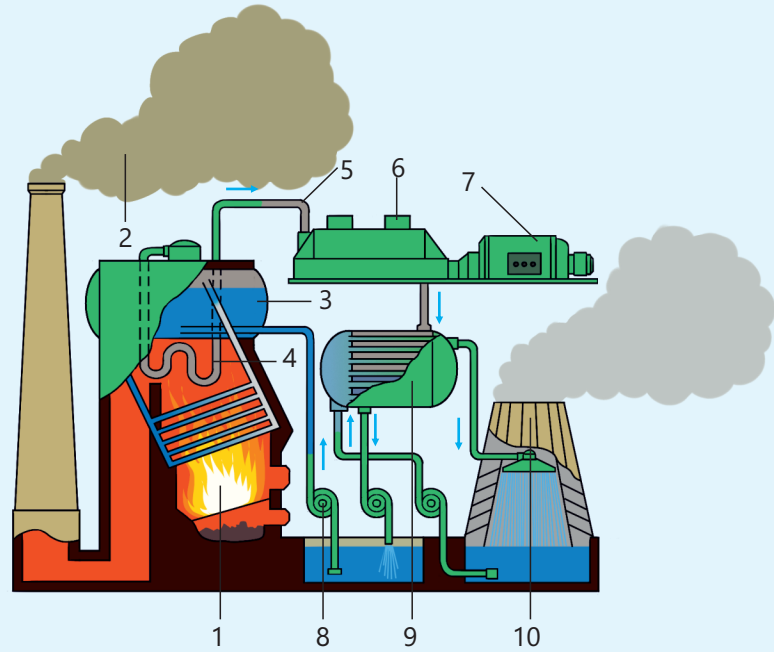
Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

İstilik-elektrik stansiyası (İES)

Şəkildə yanacağı daş kömür olan İES-in sxemi təsvir edilmişdir. Rəqəmlərə əsasən stansiyanın iş prinsipini araşdırın.

Müzakirə edin:

- İES-də rəqəmlərə uyğun hansı hissələr təsvir edilmişdir?
- İES-də hansı hissələr qızdırıcı, işçi cisim və soyuducudur?
- Daş kömürün yanmasından atmosfərə atılan tüstü (2) Yerin qlobal istiləşməsində nə kimi rol oynayır?



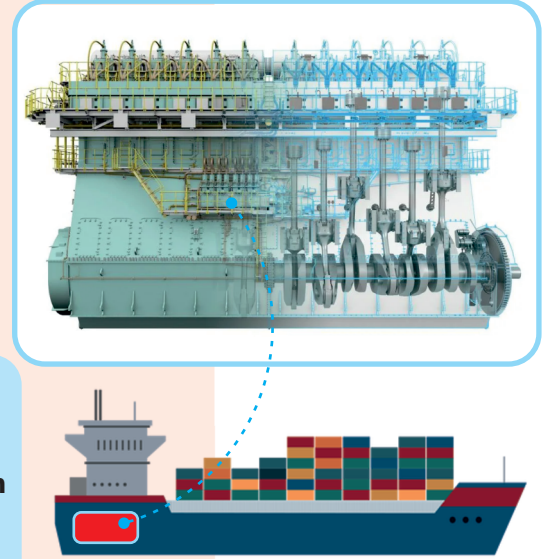
Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Buxar mühərrikində buxarın başlanğıc və son temperaturu müvafiq olaraq 600°C və 260°C -dir. Mühərrikin FiƏ-nin maksimal qiyməti neçə faizdir?
2. Həvəskar "mühəndis" FiƏ-nin maksimal qiyməti 100% olan buxar mühərriki yarada biləcəyini iddia edir. Bu iddianı təkzib etmək üçün hansı arqumentləri gətirmək olar?
3. Soyuducuya ötürülən istilik miqdarı buxar turbininin yerinə yetirdiyi mexaniki işin miqdarından 3 dəfə çoxdur. Turbinin FiƏ-ni təyin edin.

6.9 Daxiliyanma mühərriki

Ən nəhəng istilik mühərriki 2006-cı ildə Finlandiyada istehsal olunmuşdur. *Wärtsilä RT-flex96C* markalı bu mühərrikin kütləsi 2300 ton, uzunluğu 27 m, hündürlüyü isə 13,5 m-dir. O hər birinin kütləsi 14 ton olan 11 000 konteyner apara bilən nəhəng gəmidə quraşdırılmışdır. Dizel yanacağı ilə işləyən bu mühərrikin FİƏ-si 50%-dir. Bu, kifayət qədər yüksək göstəricidir. Müqayisə üçün deyək ki, benzin yanacağı ilə işləyən mühərriklərin FİƏ-si 20-25% olur.

- Dizel və benzin yanacaqları ilə işləyən mühərriklərin əsas iş prinsipi nədən ibarətdir?
- Sizcə, dizel yanacağı ilə işləyən istilik mühərriklərinin FİƏ-nin benzinlə işləyən mühərriklərin FİƏ-dən böyük olmasının səbəbi nədir?



Müxtəlif nəqliyyat vasitələrində geniş istifadə olunan istilik mühərriklərindən biri daxiliyanma mühərrikidir.

Daxiliyanma mühərriki birbaşa işçi kamerasında (mühərrikin daxilində) yanan yanacağın daxili enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən istilik mühərrikidir.

Karbüratorlu mühərrik

Nümunə olaraq avtomobillərdə tətbiq edilən karbüratorlu daxiliyanma mühərrikinin sadələşmiş sxemini nəzərdən keçirmək olar. Bu mühərrik *karbürator* adlanan xüsusi qurğuda hazırlanan yanacaq qarışığı – benzin damcıları və hava (oksigen) qarışığı ilə işləyir.

Mühərrikdə yanacaq qarışığının yanması üçün porşenlə təchiz edilmiş silindrdən istifadə olunur. Porşenə polad çarxla sürgü qolu, sürgü qoluna isə dirsəkli val birləşdirilmişdir. Vala metaldan hazırlanmış nazımçarx bərkidilir (bax: şəkil 6.11). Beləliklə, silindrdə porşenin aşağı-yuxarı yerdəyişməsi nəticəsində sürgü qolu dirsəkli valı fırlanmağa məcbur edir (şəkil 6.9). Dirsəkli val isə avtomobilin dartı təkərlərini fırlatmaqla ona irəliləmə hərəkəti verir. Porşen yuxarı hərəkət etdikdə o, silindrin qapağına çatmır. Ona görə də silindrin

Açar
sözlər

daxiliyanma mühərriki,
karbüratorlu mühərrik,
dizel mühərriki,
dördtaktlı mühərrik

Bilir-
siniz-
mi?

İlk daxiliyanma mühərrikinə 1860-cı ildə fransız mühəndisi Etyen Lenuar (1822–1900) ixtira etmişdir.

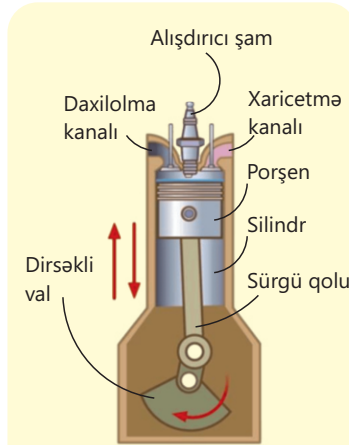
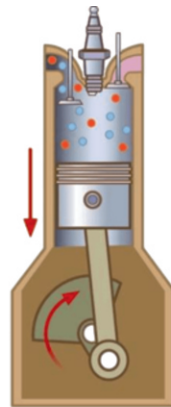
Alman mühəndisi Otto Nikolaus (1832–1891) 1876-cı ildə daha mükəmməl daxiliyanma mühərriki – karbüratorlu mühərrik hazırlayıb. 1897-ci ildə isə alman mühəndisi Rudolf Dizel (1858–1913) təkmilləşdirilmiş prinsiplə işləyən yeni mühərrik – dizel mühərrikinə yaradıb.



qapağı ilə porşen arasında həmişə boş fəza – yanma kamerası olur. Yanma kamerası 1 və 2 klapanları ilə təchiz olunmuş iki kanalla – daxilolma və xaricetmə kanalları ilə əlaqələndirilmişdir. Daxilolma kanalından silindrə yanacaq qarışığı axır, xaricetmə kanalından isə yanacağın yanma tullantısı xaric olur. Klapanlar müəyyən edilən iş ardıcılığına uyğun olaraq avtomatik açılıb-bağlanır. Silindrin qapağında klapanlardan başqa, alışdırma şamı da yerləşir. Onun vəzifəsi elektrik qığılcımı yaradaraq yanacaq qarışığını alovlandırmaqdır.

I takt. Sorma.

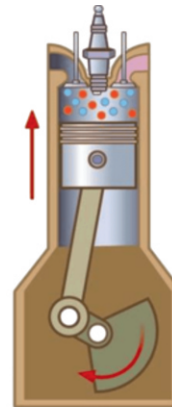
Porşen aşağı hərəkət edir. Silindrdə seyrəlmə yaranır, daxilolma klapanı açılır və yanacaq qarışığı silindrə sorulur. Sorma taktının sonunda klapan bağlanır.



Şəkil 6.9.
Daxiliyanma mühərrikinin silindri (quruluşu)

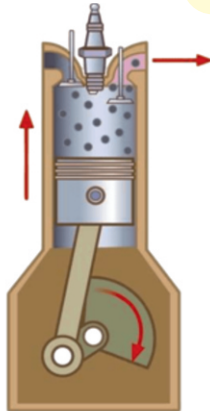
II takt. Sıxılma.

Porşen yuxarı hərəkət edərək yanacaq qarışığını sıxır. Sıxılma prosesində hər iki klapan bağlı olduğundan yanacaq qarışığı kəskin qızır. Bu taktın sonunda, porşen yuxarı vəziyyətə çatmağa az qalmış şam elektrik qığılcımı yaratmaqla yanacaq qarışığını alışdırır.



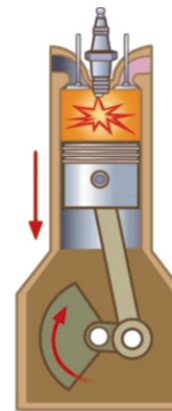
IV takt. Xaricetmə.

Genişlənən qazın temperaturu və təzyiqi azalır, porşen yuxarı hərəkət edir, xaricetmə klapanı açılır və yanma məhsulları silindrdən atmosfərə xaric olunur. Taktın sonunda xaricetmə klapanı bağlanır və yenidən birinci takt – sorma taktı başlanır.



III takt. İşgörmə.

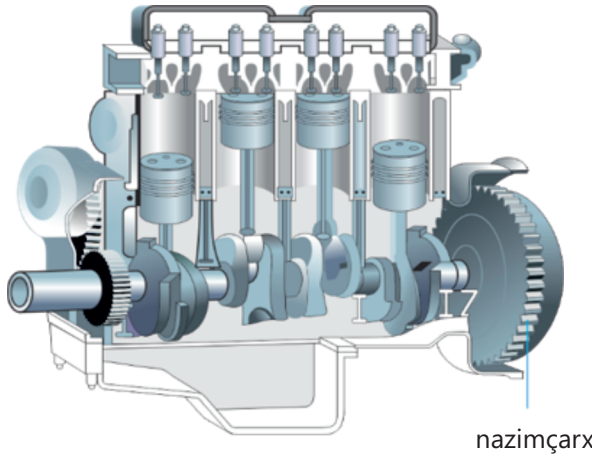
Alışma nəticəsində yanma məhsulu olan qaz yaranır. Qazın temperaturu 1600-1800°C, təzyiqi isə 100 atmosfərə (≈ 10 MPa-a) qədər yüksəlir. Qaz sürətlə genişlənərək porşeni böyük qüvvə ilə aşağı itələyir – faydalı mexaniki iş görülür.



Şəkil 6.10. Dördtaktlı karbürətorlu mühərrikin iş prinsipi

Daxiliyanma mühərrikində porşenin aşağı və yuxarı hər bir gedişi takt adlanır. Mühərrikin bir tam işi dörd taktla baş verir. Bu səbəbdən belə mühərrik dördtaktlı mühərrik adlanır. Dördtaktlı karbüratorlu mühərrikin iş prinsipi şəkil 6.10-da təsvir edilmişdir.

Beləliklə, daxiliyanma mühərrikində *qızdırıcı* yanacaq qarışığının özüdür; *işçi cisim* silindrdəki qazdır (yanacağın yanma məhsulu olan qaz), o, istidən genişlənərək mexaniki iş görür; *soyuducu* isə atmosferdir.



Şəkil 6.11.
Dörsilindrlı
mühərrik

Avtomobillərdə, əsasən, dörd və ya altı silindrlı daxiliyanma mühərriklərindən istifadə edilir. Bu silindrlərin hər birində porşen növbə ilə dirsəkli vala fırlanma hərəkəti verir (şəkil 6.11). Böyük gücü olan səkkiz və on iki silindrlı avtomobil mühərrikləri də mövcuddur.

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

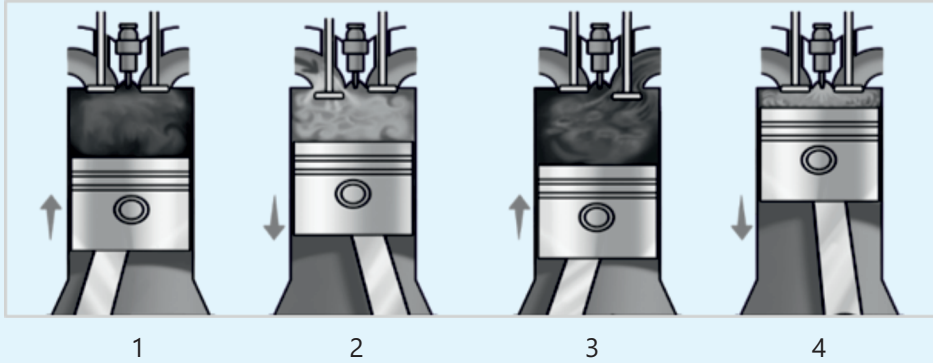
Karbüratorlu mühərrikin silindrində yanacaq qarışığının yanmasından alınan qazın daxili enerjisini mexaniki enerjiyə çevirmək niyə tamamilə mümkün deyil? Cavabınızı əsaslandırın.

Dizel mühərriki

Bu mühərrik də dördtaktlıdır. Lakin o, karbüratorlu mühərrikdən onunla fərqlənir ki, birincisi, dizel mühərrikinin silindrində alışdırıcı şam yoxdur. İkincisi, sorma taktında silindrə yanacaq qarışığı deyil, təmiz hava sorulur. Hava II taktla sıxılaraq təzyiqi 15-20 dəfə artırır, temperaturu isə 800-900°C-yə qədər yüksəldir. Bu taktın başa çatma anında silindrə xüsusi nasosla dizel yanacağı püskürülür və o, "qaynar" havanın təsiri ilə dərhal alışır. Daha sonra isə mühərrikin sonrakı taktları – işgörmə və xaricetmə taktları baş verir. Yanacaq qarışığının yanması daha yüksək temperaturda baş verdiyindən və yanacağın daha tam yanması səbəbindən dizel mühərriklərinin FİƏ-si karbüratorlu benzin mühərriklərinə nisbətən daha yüksək, təxminən 30-35% olur.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Şəkildə dördtaktlı mühərrikin silindrinin kəsiyi təsvir edilmişdir. Təsviri diqqətlə nəzərdən keçirib aşağıdakı sualları cavablandırın.



Sual 1. Sorma və xaricetmə taktları uyğun olaraq hansı rəqəmlə işarə edilmişdir?

Sual 2. Sıxılma və işgörmə taktları uyğun olaraq hansı rəqəmlə işarə olunmuşdur?

Sual 3. Bu mühərrikdə qızdırıcı, işçi cisim və soyuducu nədir?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Daxiliyanma mühərrikinin silindrindəki qazın daxili enerjisi nə vaxt daha böyük olur:

a) işgörmə taktının başlanğıcında, yoxsa sonunda;

b) sorma taktının sonunda, yoxsa sıxılma taktının sonunda? Cavabınızı əsaslandırın.

2. Daxiliyanma mühərrikinin işgörmə taktında qazın temperaturu necə dəyişir: temperatur yüksəlir, yoxsa alçalır? Cavabınızı əsaslandırın.

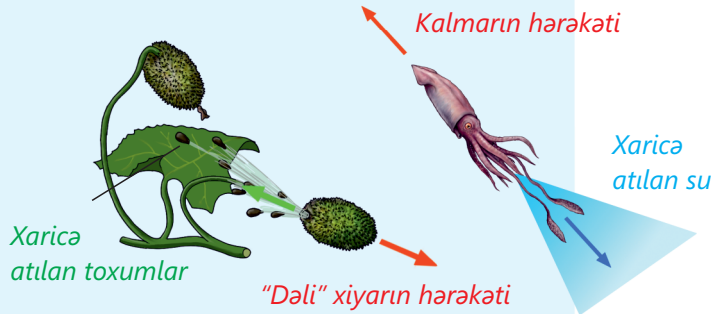
3. Traktorun mühərriki 15MC faydalı iş gördü. Bu prosesə o, kütləsi 1,5 kq olan yanacaq sərf etdi. Yanacağın xüsusi yanma istiliyinin $42 \frac{MC}{kq}$ olduğunu bilərək traktorun mühərrikinin FİƏ-ni təyin edin.

Verilir	Həlli
$A_f = 15MC = 15 \cdot 10^6 C;$ $m = 1,5 kq;$ $q = 42 \frac{MC}{kq} = 42 \cdot 10^6 \frac{C}{kq}.$ $\eta - ?$	$\eta = \frac{A_f}{mq} \cdot 100\%$
	Hesablanması
	$\eta = \frac{15 \cdot 10^6 C}{1,5kq \cdot 42 \cdot 10^6 \frac{C}{kq}} \cdot 100\% = 23,81\%$

4. Ekskavator mühərrikinin FİƏ-si 28%-dir. O gördüyü iş prosesində 5,6 kq yanacaq yandırdı. Yanacağın xüsusi yanma istiliyinin $42 \frac{MC}{kq}$ olduğunu bilərək ekskavatorun mühərrikinin gördüyü faydalı işi hesablayın.

6.10 Reaktiv mühərrik

"Biologiya" fənnindən bilirsiniz ki, duzlu su hövzələrində yaşayan səkkizayaq, kalmar, naitilus başayaq molyuskları özlərinə yığıqları suyu xaricə vurmaqla suyun yaratdığı itələmə qüvvəsi hesabına sürət alırlar (bax: "Biologiya-7", II hissə, səh. 20). Uyğun texnika ilə hərəkət etməyi bəzi bitkilər də bacarır. Məsələn, "dəli" xiyarın (lat.: *Ecballium elaterium*) toxumları onu tərk etdiyi zaman xiyarın özü toxumların əksi istiqamətində hərəkət alır. Astronavtları kosmik fəzaya qaldıran raket də oxşar prinsiplə hərəkət edir.



- Təsvirdəki obyektlərin hərəkətlərində hansı oxşar cəhətlər var? Belə hərəkət necə adlanır?
- Kosmik gəmini Yerətrafı orbitə qaldıran raketin kütləsi 2500-3000 ton aralığında olur. Belə nəhəng raketi hərəkətə gətirən mühərrikin iş prinsipi haqqında nə demək olar?

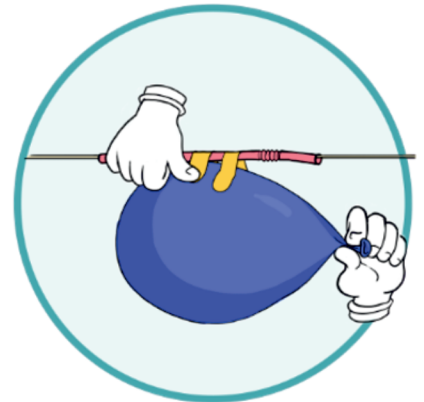
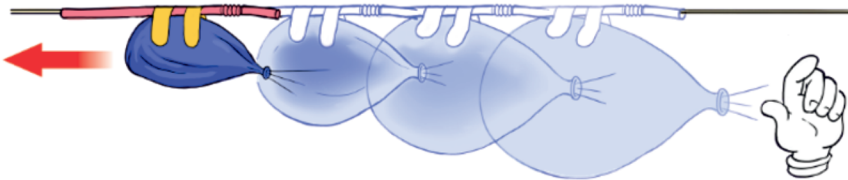
Fəaliyyət

Hansı hərəkəti modelləşdirdiniz?

Ləvazimat: rezin şar, leska (tilov ipi, 5-7 m uzunluğunda), borucuq (şirə içmək üçün istifadə olunan), skoç (yapışqanlı lent).

İşin gedişi:

1. Leskanı borucuqdan keçirin. Sonra onu otaq boyunca tarım çəkərək uclarını iki tərpənməz nöqtəyə, məsələn, pəncərə dəstəyinə və ya yazı lövhəsinin tilinə bağlayın.
2. Şara hava doldurub skoçla borucuğa bərkidin.
3. Şarın boğazını açın və baş verən hadisəni müşahidə edin.



Müzakirə edin:

- Şarın hərəkətə məcbur edən nədir?

Cisimdən bir hissə ayrılaraq hərəkət etdiyi zaman cismin özünün əks istiqamətdə hərəkət alması *reaktiv hərəkətdir*.

Müasir nəqliyyat və texnoloji vasitələrə reaktiv hərəkət vermək məqsədilə müxtəlif növ reaktiv istilik mühərriklərindən istifadə olunur. Bu mühərriklərdən ən geniş yayılanı *qaz (hava) reaktiv istilik mühərriki və raket istilik mühərriki*dir.

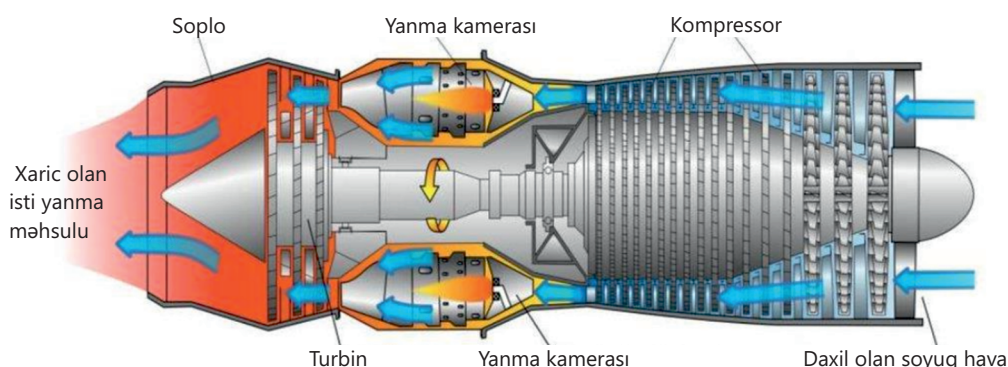
Qaz (hava) reaktiv mühərriki

– Qaz (hava) reaktiv mühərriki öz işində ətraf mühitdən, məsələn, atmosfer havasından istifadə edən mühərrikdir.

Qaz mühərrikinin konstruksiyası elədir ki, burada porşenin irəliləmə hərəkətini dirsəkli valın fırlanma hərəkətinə çevirməyə ehtiyac yoxdur (şəkil 6.12). Belə ki, qaz mühərriki işləyərkən kompressor atmosfer havasını sıxaraq onun təzyiqini 5-10 dəfə artırır.

Nəticədə kompressordakı havanın temperaturu da artır. Qızmış hava təzyiqlə yanma kamerasına (qızdırıcıya) daxil olur, ora eyni zamanda yanacaq da (kerosin, mazut)

püskürülür. Yanacağın yanması nəticəsində havanın (işçi cismin) temperaturu $1500-2200^{\circ}\text{C}$ -yə qədər yüksəlir. İstidən kəskin genişlənən hava və digər yanma məhsulları olan qaz şırnağı böyük sürətlə xaric etmə soplosuna tərəf axır. Beləliklə, yanacağın daxili enerjisi yanma



Şəkil 6.12.
Qaz (hava) reaktiv mühərrikinin quruluşu və iş prinsipinin sxemi

məhsulu şırnağının kinetik enerjisində, o da öz növbəsində türbinin fırlanma kinetik enerjisində çevrilir.

Türbinin aldığı mexaniki enerjinin bir hissəsi dartı qüvvəsi yaradır, qalan hissəsi (işlənmiş hava və yanma məhsulları) isə $\approx 500 - 800 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ sürətlə xaric etmə soplosundan atmosfərə (soyuducuya) atılır. Bu reaktiv mühərrikin $F_{\text{İƏ}}$ -si 25-30%-dir.

Qeyd. Qaz mühərrikləri böyük dartı qüvvəsi yaratdıqlarına görə onlardan, əsasən, aviasiyada geniş istifadə olunur.

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

İxtiyari istilik mühərrikinin işləməsi zamanı yanacağın yanması üçün oksigen, yəni oksidləşdirici lazımdır. Bəs raketlərin və kosmik texnologiyaların mühərrikləri oksigen olmayan Yer atmosferindən kənar mühitdə necə işləyir?

Raket mühərriki

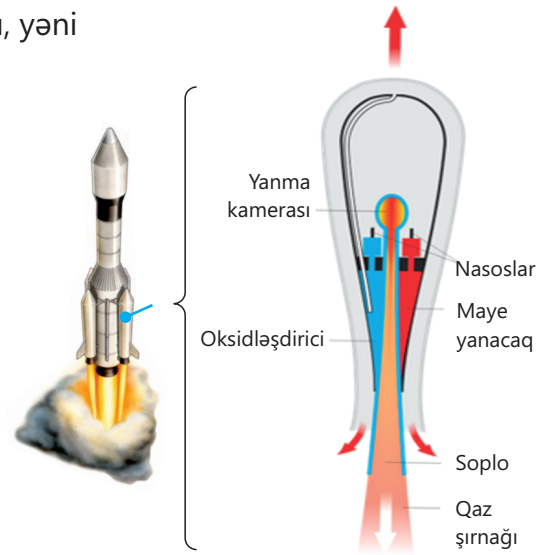
Raket mühərriki öz işində ətraf mühətdən, məsələn, atmosfer havasından istifadə etməyən reaktiv mühərrikdir.

Raket və kosmik texnologiyanın əsasını maye raket mühərrikləri təşkil edir. Belə mühərriklər yanacaq ilə birlikdə oksidləşdirici maddəni də (məs., maye oksigen) özləri ilə daşıyır. Mühərrikin yanma kamerasına (qızdırıcıya) nasoslar vasitəsilə yanacaq və oksidləşdirici maddə vurulur. Yanacaq qarışığının alışmasından kamerada yüksək təzyiq və temperaturda yanma məhsulları, yəni qazlar (işçi cisim) yaranır.

Qaz şırnağı raketin soplosundan böyük təzyiqlə atmosfərə (soyuducuya) atılır (şəkil 6.13). Nəticədə atılan qaz kütləsinin reaktiv təsiri yaranır, başqa sözlə, raketə qaz şırnağının reaksiya qüvvəsinə bərabər böyük dartı qüvvəsi təsir edir.

Bilir-siniz-mi?

Raketin əsas çatışmazlığı onun çoxlu yanacaq tələb etməsidir. Tələb olunan böyük miqdarda yanacaq raketin kütləsini artırır, qalxmasını və manevrini çətinləşdirir.



Şəkil 6.13. Raket mühərrikinin iş prinsipinin sxemi

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

1. Reaktiv mühərrikin iş prinsipi hansı fiziki qanuna əsaslanır?
2. Qaz və buxar mühərriklərinin iş prinsipində oxşar və fərqli xüsusiyyətlər nədən ibarətdir?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Qaz (hava) və raket reaktiv mühərrikləri arasında fərq nədir? Cavabınızı izah edin.
2. Reaktiv mühərriklər nəyi hərəkətə gətirir?

- | | |
|------------------------|---------------------|
| 1. Motosikletləri | A) yalnız 1 |
| 2. Kruiz gəmilərini | B) yalnız 1 və 2 |
| 3. Pilotsuz aparatları | C) yalnız 3 |
| 4. Reaktiv təyyarələri | D) yalnız 3, 4 və 5 |
| 5. Qanadlı raketləri | E) yalnız 5 |

3. Reaktiv təyyarənin mühərrikinin dartı qüvvəsi ətraf mühitin temperaturu və təzyiqindən necə asılıdır?

	Temperatur	Təzyiq
A)	azalsa	artsa
B)	artsa	artsa
C)	dəyişməsə	artsa
D)	azalsa	dəyişməsə
E)	artsa	azalsa

6.11 İstilik mühərrikləri və ekoloji problemlər

Dünyada ilk hibrid tipli elektrik stansiyasının tikildiyi ölkə Azərbaycandır. 2011-ci ilin sentyabrında işə salınan "Qobustan" Hibrid-Elektrik Stansiyasında külək, Günəş və bioqaz qurğusundan əldə olunan elektrik enerjisi istehsal edilir.



- **Bu stansiyanın istilik-elektrik stansiyalarından başlıca fərqi nədədir?**
- **Azərbaycan neft-qaz ölkəsi olduğu halda, belə stansiyaların tikilməsinə niyə böyük önəm verir?**

Fəaliyyət

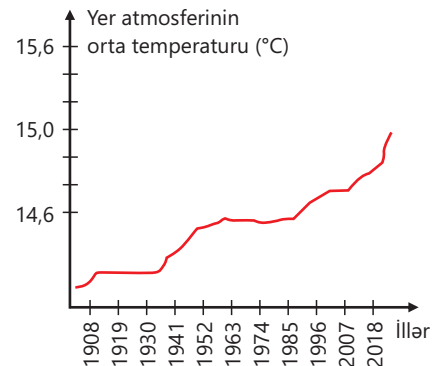
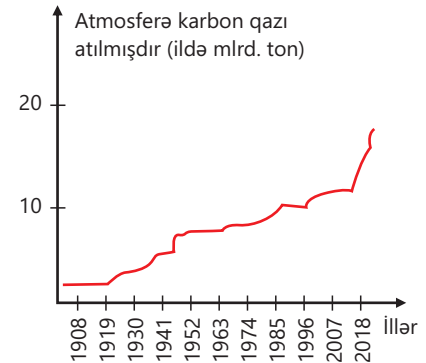
İstixana effekti

Yer atmosferi planetin səthini əhatə etməklə onu Günəş şüalarının yüksək temperaturundan qoruyur. Belə ki, planetimizə çatan Günəş şüalarının daşdığı enerjinin böyük hissəsi atmosferdən keçir. Yer bu enerjinin bir hissəsini udur, qalan hissəsini isə səthindən geri qaytarır. Qayıdan enerjinin bir hissəsi atmosfer tərəfindən udulur. Nəticədə atmosfer olmasaydı, Yer səthində və ona yaxın hissədəki havanın orta temperaturu çox yüksək olardı. Deməli, Yer atmosferi istixana rolunu oynayır, buna görə də "istixana effekti" termini yaranmışdır. Hesab olunur ki, istixana effekti XXI əsrdə daha çox nəzərə çarpır, çünki Yer atmosferinin orta temperaturunun artdığı danılmaz faktdır. Bütün kütləvi informasiya mənbələri tez-tez XXI əsrdə temperaturun yüksəlməsinin əsas səbəbi kimi atmosferdə karbon qazının artan emissiyasını göstərir. Azər Yerdəki havanın orta temperaturu ilə Yer atmosferinə karbon qazının emissiyası arasında mümkün əlaqə ilə maraqlanır. O bu məsələ ilə əlaqədar internetdən aşağıdakı iki qrafiki tapır.

Azər bu qrafiklər əsasında belə nəticəyə gəlir ki, Yer atmosferinin orta temperaturunun artması həqiqətən də yalnız karbon qazı emissiyasının artması ilə əlaqədardır. Onun sinif yoldaşı Lalə isə hesab edir ki, Azərin qənaəti çox tələsikdir. Lalə deyir: "Azər, son qərar verməzdən əvvəl istixana effektinə təsir edən digər amillərin sabit qaldığına əmin olmaq lazımdır". Lalə iki qrafiki diqqətlə müqayisə edir və məlum olur ki, qrafiklərin bəzi hissələri Azərin gəldiyi qənaəti dəstəkləmir.

Açar sözlər

istixana effekti, karbon qazı, Yer atmosferi, global istiləşmə, istixana qazları



Müzakirə edin:

1. Qrafiklərin hansı hissələri Azərin gəldiyi qənaəti dəstəkləmir? Cavabınızı əsaslandırmaq üçün ən yaxın onilliyə uyğun olan müddətin başlanğıcını və sonunu göstərin.
2. Görəsən, atmosfərə atılan hansı yanma məhsulu Yer kürəsinin global istiləşməsində mühüm rol oynayır?

İstilik-elektrik stansiyalarının (İES) gücünün zəif, avtomobillərin sayının isə çox olmadığı dövrlərdə istilik mühərriklərinin mənfi təsirləri bəşəriyyəti çox da narahat etmirdi. Problem XX əsrin ikinci yarısından aktuallaşdı. Belə ki, İES-lərin sobalarında yandırılan daş kömür, qaz və mazutun yanma məhsullarının atmosfərə külli miqdarda zərərli maddələr tullaması nəticəsində adi yağışlar əvəzinə turşu yağışlar yağmağa başladı. Çoxmilyonlu şəhərlərdə tıxaclarda qalan avtomobillərin tüstüsündən insanlar arasında ağciyər xəstələrinin sayı kəskin artmağa başladı (şəkil 6.14).

Hazırda bəşəriyyət üçün daha böyük problem yaranmışdır. Belə ki, mütəxəssislərin hesablamalarına görə, son 200 ildə istilik mühərriklərinin getdikcə intensiv işlədilməsi nəticəsində atmosfərə trilyon (10^{12}) ton karbon qazı (CO_2) atılmışdır. Nəticədə Yer atmosferində normadan 39% çox karbon qazı toplanaraq planetimizin ətrafında istixana effekti əmələ gətirən əsas qaza çevrilmişdir.

İstixana effekti Günəşdən gələn istiliyin Yerdən əks edib tamamilə kosmosa çıxmasının qarşısını alan istixana qazları səbəbindən planetin səthinin temperaturunun artması prosesidir.

Ümumdünya Səhiyyə Təşkilatının (ÜST) ekspertləri istixana effekti yaradan beş əsas çirkləndirici müəyyən etmişlər. Bunlar karbon qazı (CO_2), azot dioksid (NO_2), metan (CH_4), ozon (O_3) və dispers hissəciklərdir. Əslində, bu qazlar planetimizin atmosferində təbii istixana "örtüyü" olub onun səthində yüksək temperaturun saxlanmasına kömək edir. Belə ki, istixana qazları Yer kürəsində həyat üçün uyğun olan temperaturun saxlanmasında mühüm rol oynayır. Təbii istixana effekti olmasaydı, planetimizdə orta temperatur indiki 15°C əvəzinə, -20°C şaxtalı hava olardı (şəkil 6.15).

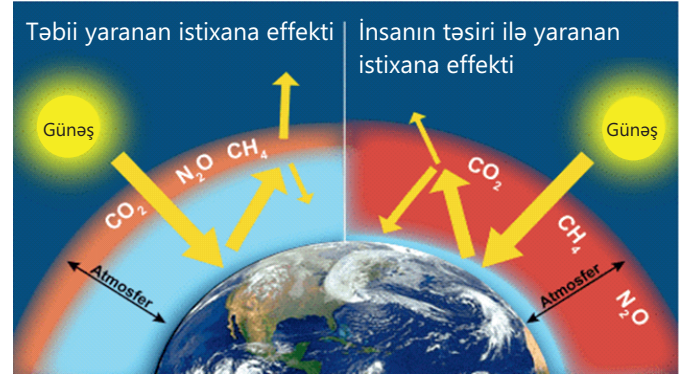
Atmosferdə karbon qazının və digər zərərli qazların miqdarının sürətlə çoxalması istixana örtüyünün qalınlığının artmasına səbəb oldu. Bununla da istixana örtüyünün atmosferdə yaratdığı "güzgü" effekti Yer səthinin istilik şüalanmasını yenidən yerə qaytarması prosesini sürətləndirdi və beləliklə, planetimizin global istiləşməsi baş verdi.

2024-cü ilin noyabrında Bakıda keçirilən "COP29" (*Conference of the Parties – Tərəflərin Konfransı*) Ümumdünya Konfransında qəbul edilən proqramda deyildiyi kimi, əgər dünya liderləri hərəkətə keçərək Yer atmosferinin çirklənməsinin qarşısını almazlarsa, əsrin sonuna qədər planetimiz təxminən 3°C istiləşəcək. Bu isə Yer kürəsində bir çox fəsadlara yol açə bilər.

Meşə yanğınları, torpaq sürüşmələri, quraqlıqlar, əbədi buzlaqların və aysberqlərin əriməsi nəticəsində okean sularının səviyyəsinin bir neçə metr qalxması, daşqınlar, fərtınalar, musson yağıntıları, insanlar



Şəkil 6.14. İstilik mühərrikləri atmosferdə zərərli qazların miqdarını kəskin artırır



Şəkil 6.15. Təbii və insanın təsiri ilə atmosferdə yaranan istixana effekti

Bilir-siniz-mi?

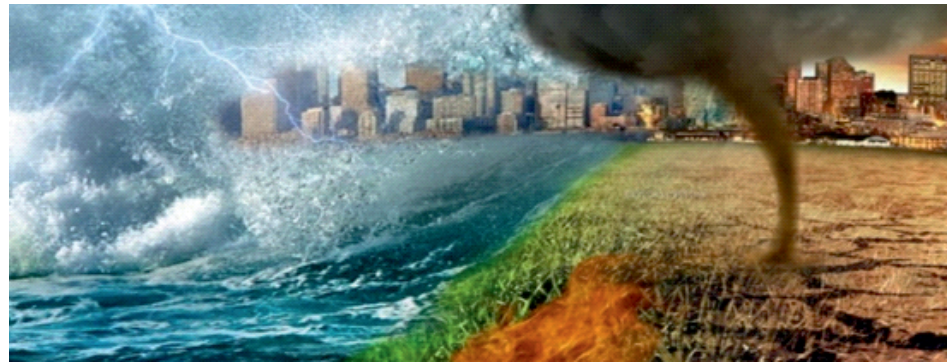
Avtomobil mühərrikinin 2-3 saat işləməsi prosesində sərf etdiyi oksigenin miqdarı insanın bir həftə nəfəs alması üçün tələb olunan oksigenin miqdarına bərabərdir.

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Sizcə, Yer atmosferinə karbon qazı (CO_2), azot dioksid (NO_2), metan (CH_4), ozon (O_3) və digər zərərli tullantıların atılmasının qarşısını tam almaq mümkündürmü? Bunun üçün nə təklif edərdiniz?

arasında susuzluq və aclıq bəşəriyyətin sürətlə məhvinə gətirəcək (şəkil 6.16).

Bakı konfransında qlobal istiləşmənin dayandırılmasının yeganə yolu kimi fosil yanacaqların hasilatının və istilik mühərriklərində onların istehlakının əhəmiyyətli dərəcədə azaldılması qərarı verildi. İnkişaf edən və etməkdə olan ölkələrin hökumətləri qarşısına tükənməyən və bərpa olunan enerji mənbələrindən (Günəş, külək, qeyzer, biokütlə və s.) istifadə imkanlarını genişləndirmək vəzifəsi qoyuldu.



Şəkil 6.16.

Qlobal istiləşmə Yer atmosferində, torpaqda, okeanlarda və bütün canlıların sağlamlığında ciddi fəsadlar yaradacaq

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

• **Bakı şəhərinin atmosferi nə dərəcədə təmizdir?**

Aparılan praktik araşdırmalardan müəyyən edilmişdir ki, karbürətor mühərrikli bir minik avtomobili ilboyu atmosferdən 40 t oksigen udur, əvəzində isə atmosfərə yanma məhsulları ilə birlikdə 800 kq dəm qazı (CO), 40 kq azot oksidləri və 200 kq karbohidrogen xaric edir. Nəzərə alsaq ki, Bakı şəhərinin küçələrində hər gün 850 000 avtomobil hərəkət edir, bu avtomobillər ilboyu ətraf mühitə nə qədər zərər vurur?

Müzakirə edin:

- Bakı şəhərindəki minik avtomobilləri tərəfindən ilboyu udulan oksigen qazı, xaric edilən dəm qazı və azot oksidinin miqdarı nə qədərdir?
- Avtomobillərin bu zərərli təsirlərini azaltmaq üçün nə təklif edərdiniz?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

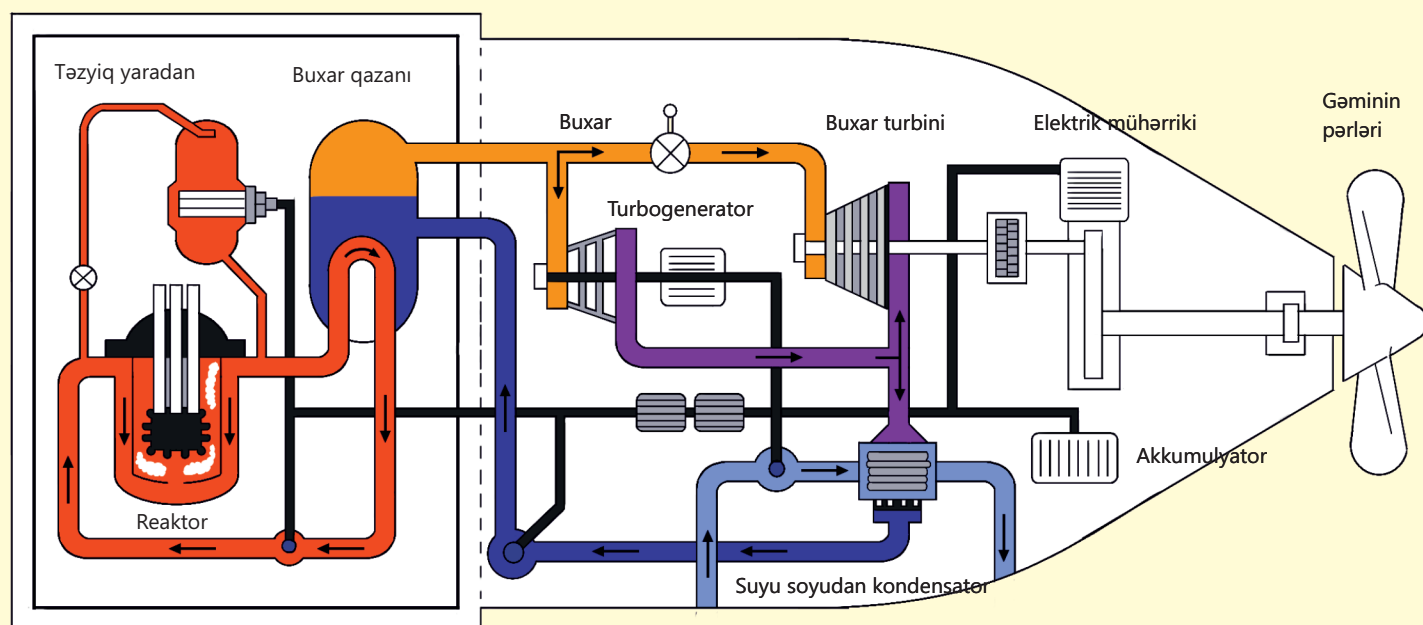
1. İstixana effekti nədir?
2. Planetimiz üçün hansı istixana effekti faydalıdır: insanların təsiri ilə yaranan, yoxsa təbii formalaşan? Cavabınızı izah edin.
3. Hansı avtomobil mühərriklərinin (benzin, yoxsa dizel mühərriklərinin) atmosfərə atdığı istixana qazlarının miqdarı nisbətən azdır? Səbəbini izah edin.
4. Çoxmilyonlu şəhərlərdə ekoloji problemin həll yolları nədədir? İki həll yolunu qeyd edin.

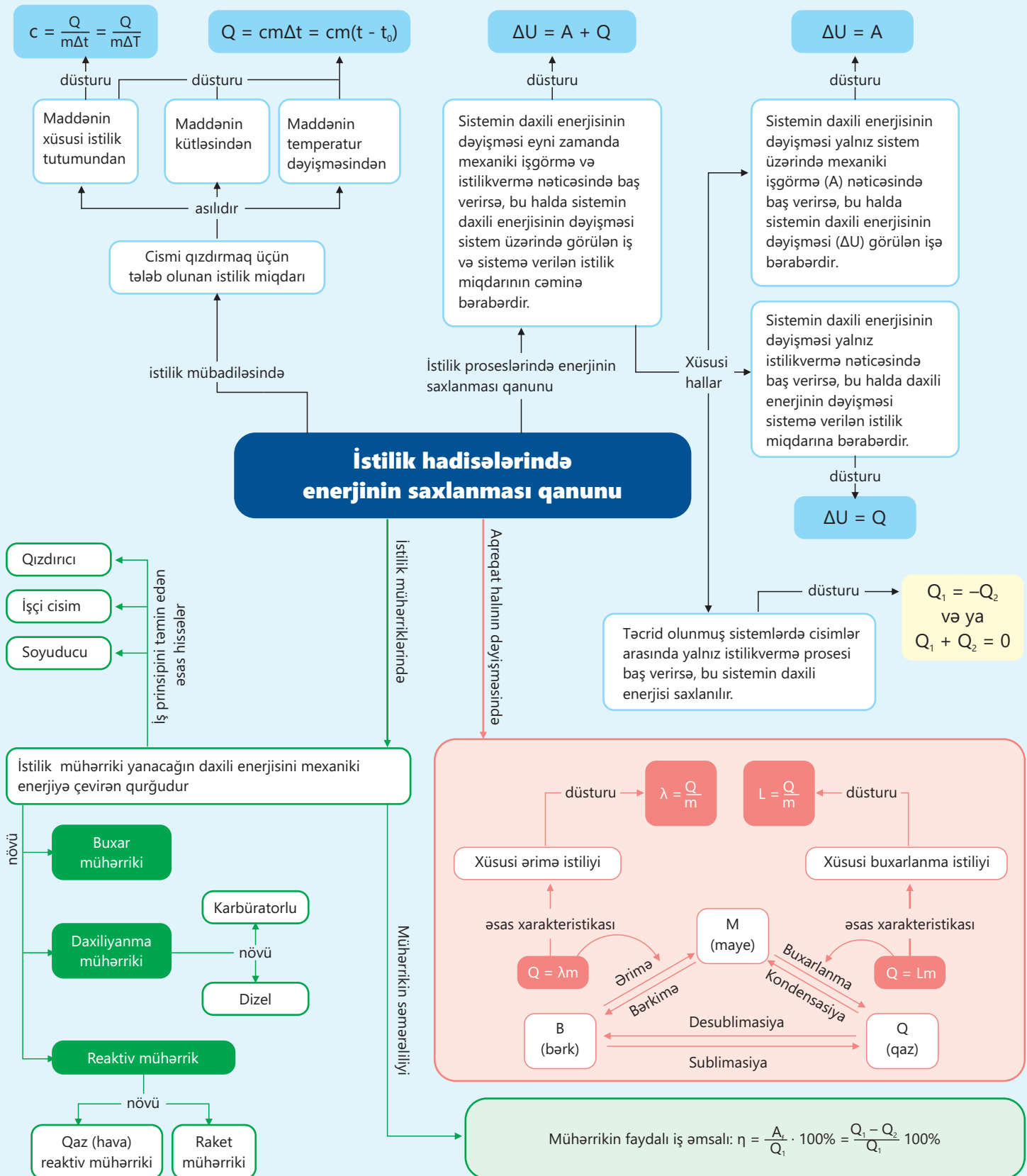
Elm, texnologiya, həyat

Şimal Buzlu okeanında naviqasiya atom buzqıran gəmilərsiz mümkün deyildir. Yalnız bu gəmilər 2-2,8 m qalınlığında buzları yararaq yük daşıyan gəmi karvanlarına yol açır.



Buzqıran gəminin mexanizmlərinin işləmə prinsipi adi buxar gəmisi ilə oxşardır. Belə ki, nüvə reaktoru buxar qazanındakı suyu qaynadaaraq buxara çevirir, buxar böyük təzyiqlə turbinini fırladır. Turbin isə generatoru hərəkətə gətirərək elektrik enerjisi istehsal edir və o, elektrik mühərriki işə salır. Elektrik mühərriki isə buzqıran gəminin nəhəng pərlərini hərəkətə gətirir.





Ümumiləşdirici tapşırıqlar

1. İstilik mübadiləsi.

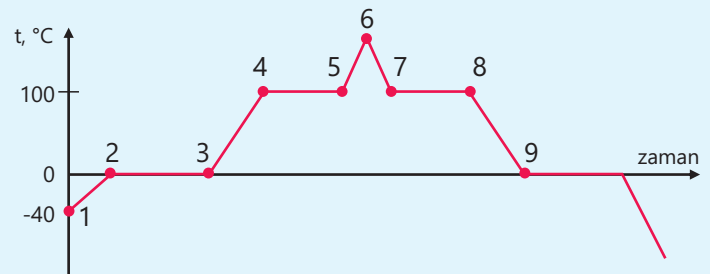
Kütləsi 10 kq, ilkin temperaturu 200 K olan sistem 450 K temperaturuna qədər qızdırılır.

Sistemin xüsusi istilik tutumu $0,91 \frac{\text{kC}}{\text{kq} \cdot \text{K}}$ -dir.

- Bu prosesdə sistemin qəbul etdiyi istilik miqdarı nəyə bərabərdir?
- Sistemin qızdırılması prosesində verilən, yaxud soyudulması prosesində ayrılan istilik miqdarının təyin edilməsinin praktik əhəmiyyəti nədədir? Bir nümunə qeyd edin.

2. Maddənin aqrekat halının dəyişməsi. Şəkildə temperaturu -40°C olan buzun qızdırılaraq aqrekat halının dəyişmə prosesinin temperatur-zaman qrafiki verilmişdir.

- Qrafikdə 1 – 2 və 2 – 3 xətləri nəyi təmsil edir?
- Qrafikdə uyğun olaraq 3 – 4 və 8 – 9 xətləri nəyi təmsil edir?
- Qrafikdə uyğun olaraq 4 – 5 və 7 – 8 xətləri nəyi təmsil edir?
- Qrafikdə uyğun olaraq 5 – 6 və 6 – 7 xətləri nəyi təmsil edir?
- Qrafikdə 5 nöqtəsi maddənin hansı aqrekat halına uyğundur?
- Qrafikdə 8 nöqtəsi maddənin hansı aqrekat halına uyğundur?
- Qrafikə əsasən istilik hadisəsi neçə prosesi əhatə edir?



3. Gücü 40 MVt olan buxar maşınının 8 saat işləməsini təmin etmək üçün neçə kq mazut tələb olunur? Maşının FİƏ-si 40%-dir. Mazutun xüsusi yanma istiliyi 39 MC/kq-dır.

4. Sobanın qızdırılması. Nümunə.

Bəzi dağ kəndlərində qışda kərpic sobalarında odun yandırmaqla evi qızdırırlar. Sobanın tikildiyi kərpiclərin ümumi kütləsi 100 kq-dır. Qızdırma prosesi zamanı sobanın temperaturu 15°C -dən 75°C -yə qədər yüksəlir. Fərz edək ki, odunun yanması zamanı ayrılan enerjinin 25%-i kərpiclərin qızdırılmasına sərf olunur.

Sual. Kərpic sobanı qızdırmaq üçün nə qədər odun lazımdır?

Verilir	Həlli
Kərpic soba: $t_1 = 15^{\circ}\text{C};$ $t_2 = 75^{\circ}\text{C};$ $m_{\text{kərc}} = 100 \text{ kq};$ $c_{\text{kərc}} = 880 \frac{\text{C}}{\text{kq} \cdot ^{\circ}\text{C}};$ $q_{\text{odun}} = 10 \frac{\text{MC}}{\text{kq}} = 10^7 \frac{\text{C}}{\text{kq}};$ $m_{\text{odun}} - ?$	Odunun kütləsini təyin etmək üçün onun yanması zamanı ayrılan istilik miqdarını bilmək lazımdır: $Q_{\text{odun}} = q_{\text{odun}} m_{\text{odun}}.$ Burada: $m_{\text{odun}} = \frac{Q_{\text{odun}}}{q_{\text{odun}}} \quad (1)$



Kərpic sobanı qızdırmaq üçün tələb olunan istilik miqdarı:

$$Q = c_{\text{kər.}} \cdot m_{\text{kər.}} (t_2 - t_1). \quad (2)$$

Məsələnin şərtlərinə görə, odunun yanması zamanı ayrılan enerjinin 25%-i kərpic sobanın qızdırılmasına sərf olunur. Gəlin nisbəti yazaq:

$$Q_{\text{odun}} - 100\% \text{ və } Q - 25\%$$

Deməli:

$$Q_{\text{odun}} = 4Q. \quad (3)$$

Beləliklə, (1) – (3) ifadələrini nəzərə alsaq, sobada yandırılan odunun kütləsini təyin etmək üçün ümumi düsturu almaq olar:

$$m_{\text{odun}} = \frac{Q_{\text{odun}}}{q_{\text{odun}}} = \frac{4Q}{q_{\text{odun}}} = \frac{4c_{\text{kər.}} \cdot m_{\text{kər.}} (t_2 - t_1)}{q_{\text{odun}}}$$

Hesablanması

$$m_{\text{odun}} = \frac{4 \cdot 880 \cdot 100 \cdot 60}{10^7} = 2,112 \text{ kq.}$$

Cavab: 2,112 kq

5. Ötən əsrin 80-ci illərində bəzi rayonlarda qışda sinif otağını çuqun sobalarında daş kömür yandırmaqla qızdırırdılar. Sobanın kütləsi 20 kq-dır. Qızdırma prosesi zamanı sobanın temperaturu 18°C-dən 88°C-yə qədər yüksəlir.

Fərz edək ki, daş kömürün yanması zamanı ayrılan enerjinin 35%-i çuqun sobasının qızdırılmasına sərf olunur.

- Çuqun sobanı qızdırmaq üçün nə qədər daş kömür yandırıldı?
- Daş kömürün yanması zamanı atmosfərə yanma məhsulu olaraq nə atılır? Bu sobadan istifadə etmək ekoloji baxımdan nə dərəcədə səmərəlidir?

6. Ümumiləşdirici cədvəli tamamlayın.

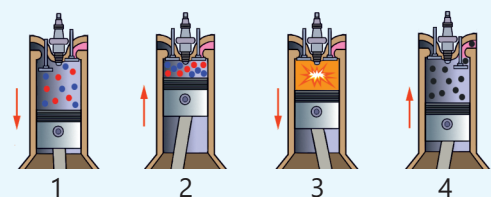
İstilik mühərriki	Qızdırıcı	İşçi cisim	Soyuducu	FİƏ	Tətbiq sahəsi
Buxar mühərriki					
Karbüratorlu mühərrik					
Dizel mühərriki					
Qaz reaktiv mühərriki					
Raket mühərriki					

7. Yanacaq ehtiyatı 25 q olan raket modeli şaquli buraxılış zamanı 600 m hündürlüyə qalxmaqla yanacağı tam yandırdı. Qaldırılan faydalı yükün kütləsi 28,3 q-dır. Raket modelinin yanacağının xüsusi yanma istiliyi 5 MC/kq-dır. Havanın müqaviməti nəzərə alınmır ($g = 10 \text{ N/kq}$).

Sual. Raket modelinin mühərrikinin FİƏ-si neçə faizdir?

8. Şəkildə sorma, sıxılma, işgörmə və xaricetmə taktları uyğun olaraq hansı rəqəmlər ardıcılıqlı ilə işarə edilmişdir?

- 2, 1, 4, 3
- 1, 3, 2, 4
- 2, 4, 3, 1
- 1, 2, 3, 4
- 1, 4, 3, 2



Bərkimə (və ya kristallaşma) – maddənin maye halından bərk hala keçmə prosesidir.

Broun hərəkəti – maye və ya qazlarda asılı vəziyyətdə olan yad (toz, çiçək tozcuğu və s.) hissəciklərin təsadüfi toqquşmalar nəticəsində nizamsız hərəkətidir.

Buxar mühərriki – su buxarının daxili enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən istilik mühərrikidir.

Buxarəmələmə – maddənin maye halından qaz (buxar) halına çevrilmə prosesidir. Buxarəmələləmənin iki növü var: buxarlanma və qaynama.

Buxarlanma – molekulların mayenin sərbəst səthindən xaricə çıxma prosesidir.

Buxarlanma istiliyi – qaynama temperaturunda mayeni buxara çevirmək üçün sərf olunan istilik miqdarına deyilir. Buxarlanma istiliyi mayenin növündən və kütləsindən asılıdır:

$$Q = Lm.$$

Burada Q – buxarlanma istiliyi, m – mayenin kütləsi, L – mayenin xüsusi buxarlanma istiliyidir.

Daxili enerji – cismi təşkil edən molekulların hərəkətinin orta kinetik və qarşılıqlı təsirinin potensial enerjilərinin cəmidir.

Daxili enerji cismin temperaturundan, kütləsindən və aqreqat halından asılıdır. Daxili enerji iki üsulla dəyişilə bilər. Bunlar mexaniki işgörmə və istilikvermə üsullarıdır.

Daxiliyanma mühərriki – birbaşa işçi kamerasında (mühərrikin daxilində) yanan yanacağın daxili enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən istilik mühərrikidir.

Dalğa mənbəyinin rəqs amplitudu – mühitin zərrəciyinin tarazlıq vəziyyətindən maksimum uzaqlaşdığı məsafədir. Amplitud A hərfi ilə işarə olunur, BS-də vahidi metrdir:

$$[A] = 1 \text{ m.}$$

Dalğa mənbəyinin rəqs periodu – mühitin zərrəciklərinin bir tam rəqsinə sərf olunan zamandır.

Period T hərfi ilə işarə olunur və BS-də vahidi saniyədir: $[T] = 1 \text{ san.}$ Rəqs periodu ilə tezliyi arasında tərs mütənəsiblik mövcuddur, yəni:

$$T = \frac{1}{\nu}.$$

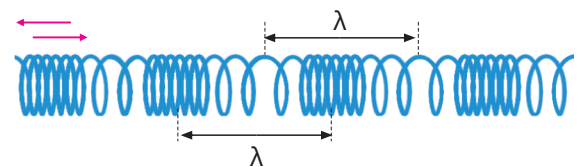
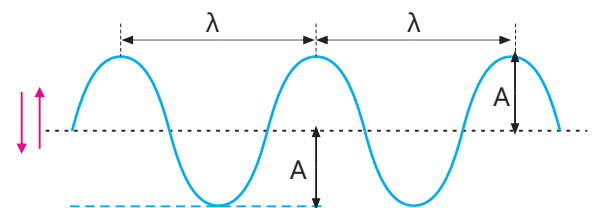
Dalğa mənbəyinin rəqs tezliyi – mühitin zərrəciklərinin rəqs tezliyidir. O, zərrəciklərin bir saniyədəki rəqslərinin sayını ifadə edir, ν (yun.: nü) hərfi ilə işarə olunur və BS-də vahidi hersdir (Hs):

$$[\nu] = 1 \text{ Hs} = \frac{1}{\text{san.}}$$

Dalğa uzunluğu – mühitin zərrəciklərinin bir rəqs periodu müddətində dalğanın yayıldığı məsafədir.

Dalğa uzunluğu λ (yun.: lambda) hərfi ilə işarə edilir və BS-də vahidi metrdir:

$$[\lambda] = 1 \text{ m.}$$

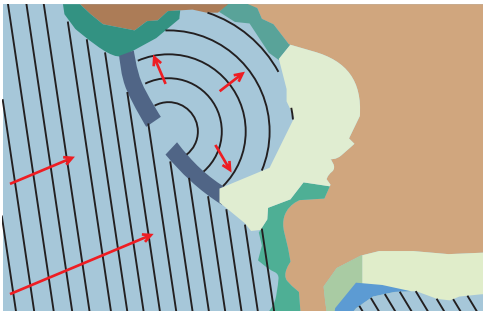
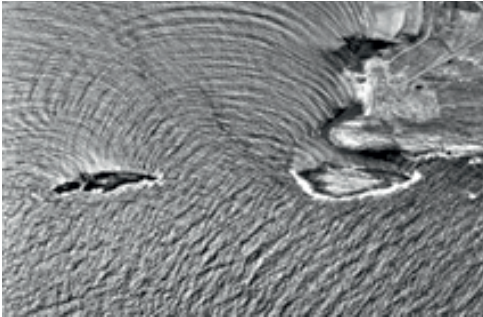


Dalğanın sürəti – eninə dalğada qabarıq və ya çökəkliklərin mühitdə hərəkət sürəti, uzununa dalğada isə sıxlaşma və ya seyrəkləşmələrin mühitdə yayılma sürəti hesab olunur. Dalğa sürəti ədədi qiymətcə dalğa uzunluğunun rəqs perioduna nisbətinə və ya rəqs tezliyi və dalğa uzunluğunun hasilinə bərabərdir:

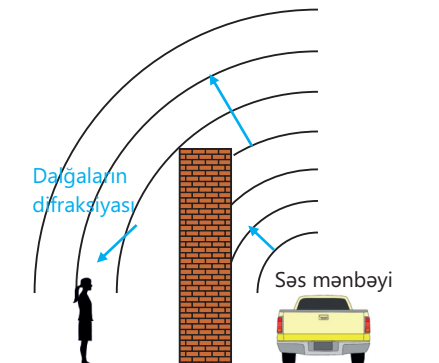
$$v = \frac{\lambda}{T} \text{ və ya } v = \lambda \nu.$$

Desublimasiya – maddənin qaz halından birbaşa bərk hala keçmə prosesidir.

Difraksiya – dalğanın maneə ətrafında əyilmə qabiliyyətidir.

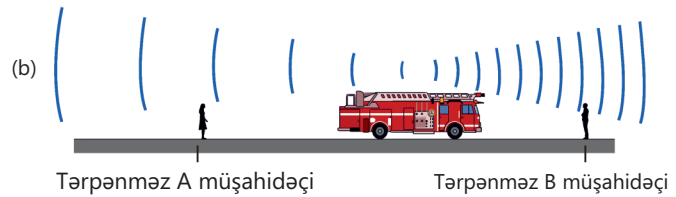
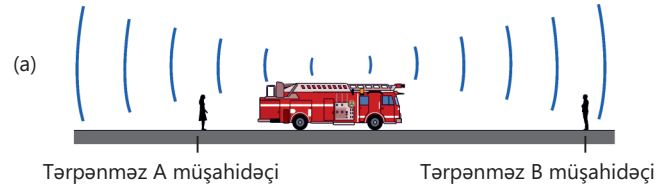


Su səthində yayılan dalğaların difraksiyası

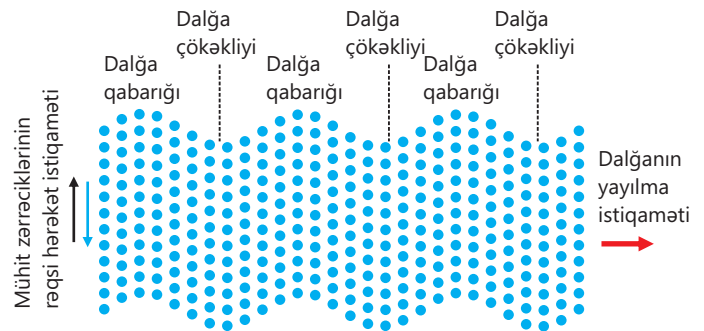


Səsin difraksiyası

Dopler effekti – dalğa mənbəyinin hərəkəti nəticəsində müşahidəçinin qəbul etdiyi dalğanın tezliyinin azalması və ya artması ilə əlaqəli fiziki hadisədir.



Eninə dalğa – mühit zərrəciklərinin rəqsi hərəkətinin dalğanın yayılma istiqamətinə perpendikulyar olduğu dalğadır. Eninə dalğada mühit deformasiyaya məruz qalır və o, rəqslərin istiqaməti boyunca formasını dəyişir: mühitdə qabarıq və çökəkliklər növbə ilə təkrarlanır.



Əks-səda (və ya səs lokasiyası) – səs dalğalarının qarşısına çıxan maneədən qayıtmasıdır.

Əks-səda lokasiyası – səs dalğaları vasitəsilə obyektlərin yerinin (onlara qədərki məsafənin) təyin olunma üsuludur.

Ərimə – maddənin bərk haldan maye hala keçmə prosesidir.

Ərimə istiliyi – ərimə temperaturunda götürülmüş bərk cismin (kristal maddənin) əriməsi üçün verilən istilik miqdarıdır. Ərimə istiliyi kristal maddənin kütləsindən və növündən asılıdır:

$$Q = \lambda m.$$

Burada Q – maddənin ərimə istiliyi, m – maddənin kütləsi, λ – maddənin xüsusi ərimə istiliyidir.

Xüsusi buxarlanma istiliyi – qaynama temperaturunda ədədi qiymətcə 1 kq mayeni buxarlandırmaq üçün sərf edilən istilik miqdarına bərabər olan fiziki kəmiyyətdir:

$$L = \frac{Q}{m}.$$

Xüsusi buxarlanma istiliyinin BS-də vahidi:

$$[L] = 1 \frac{C}{kq}.$$

Xüsusi ərimə istiliyi – ədədi qiymətcə 1 kq kristal maddəni ərimə temperaturunda əritmək üçün lazım olan istilik miqdarına bərabər olan fiziki kəmiyyətdir:

$$\lambda = \frac{Q}{m}.$$

Xüsusi ərimə istiliyinin BS-də vahidi:

$$[L] = 1 \frac{C}{kq}.$$

Xüsusi istilik tutumu – ədədi qiymətcə 1 kq kütləli maddəni $1^{\circ}C$ (və ya 1K) qızdırmaq üçün tələb olunan istilik miqdarına bərabər fiziki kəmiyyətdir:

$$c = \frac{Q}{m(t - t_0)}.$$

Xüsusi istilik tutumunun BS-də vahidi:

$$[c] = 1 \frac{C}{kq \cdot K} = 1 \frac{C}{kq \cdot ^{\circ}C}.$$

İnfrasəs (latınca "infra" – aşağı, aşağı) – 0,001 Hs – 16 Hs tezlikləri aralığındakı səs dalğalarıdır.

İstixana effekti – Günəşdən gələn istiliyin Yerdən əks edib tamamilə kosmosa çıxmasının qarşısını alan istixana qazları səbəbindən planetin səthinin temperaturunun artması prosesidir.

İstilik hərəkəti – cismi təşkil edən molekulların xaos (nizamsız) hərəkətidir.

İstilik miqdarı – istilik mübadiləsi zamanı cismin aldığı və ya verdiyi enerjidir. İstilik miqdarı Q hərfi ilə işarə olunur və BS-də vahidi couldur:

$$[Q] = 1C.$$

Cismi qızdırmaq üçün tələb olunan istilik miqdarı (və ya soyuyarkən ayrılan istilik miqdarı) bu cismin kütləsindən, onun temperaturunun dəyişməsindən və cismi təşkil edən maddənin növündən asılıdır:

$$Q = cm \Delta t = cm(t - t_0).$$

Burada Q – istilik miqdarı, m – cismin kütləsi, t_0 – cismin başlanğıc temperaturu, t – cismin son temperaturu, c – mütənasiblik əmsalı olub xüsusi istilik tutumu adlanır.

İstilik mühərriki – yanacağın daxili enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən qurğudur.

İstilik proseslərində enerjinin saxlanması qanunu – sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi eyni zamanda mexaniki işgörmə və istilikvermə nəticəsində baş verirsə, bu halda sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi sistem üzərində görülmə iş və sistemə verilən istilik miqdarının cəminə bərabərdir:

$$\Delta U = A + Q.$$

İstilik tarazlığı – iki və ya daha çox cismin bir-biri ilə istilik mübadiləsi nəticəsində eyni temperatura çatdığı vəziyyətdir.

İstilik tutumu – ədədi qiymətcə verilmiş cismin temperaturunu $1^{\circ}C$ (və ya 1K) dəyişmək üçün sərf edilən istilik miqdarına bərabər olan fiziki kəmiyyətdir:

$$C = cm \rightarrow C = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{Q}{\Delta T}.$$

İstilik tutumunun BS-də vahidi:

$$[C] = \frac{[Q]}{[\Delta T]} = \frac{[Q]}{[\Delta t]} = 1 \frac{C}{K} = 1 \frac{C}{^{\circ}C}.$$

İstilikvermə – üzərində iş görülmədən cismin daxili enerjisinin dəyişmə prosesidir. İstilikvermənin üç növü var: istilikkeçirmə, konveksiya və şüalanma.

Kondensasiya – buxarın mayeyə çevrilmə prosesidir.

Qaynama – mayenin bütün həcmində baş verən buxarəmələgəlmə prosesidir. Qaynadıqdan sonra mayenin temperaturu dəyişmişdir. Mayenin qaynadığı temperatur qaynama temperaturu adlanır.

Qaz (hava) reaktiv mühərriki – öz işində ətraf mühitdən, məsələn, atmosfer havasından istifadə edən mühərrikdir.

Mexaniki dalğa – mexaniki rəqslərin zaman keçdikcə mühitdə yayılma prosesidir.

Mühərrikin faydalı iş əmsalı – mühərrikin gördüyü faydalı işin onun qızdırıcıdan aldığı istilik miqdarına olan nisbəti istilik adlanır. FIƏ yunan hərfi η (eta) ilə işarə olunur və faizlərlə ölçülür:

$$\eta = \frac{A_f}{Q_1} \cdot 100\% \text{ və ya } \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%.$$

Raket mühərriki – öz işində ətraf mühitdən, məsələn, atmosfer havasından istifadə etməyən reaktiv mühərrikdir.

Reaktiv hərəkət – cisimdən bir hissə ayrılaraq hərəkət etdiyi zaman cismin özünün əks istiqamətdə hərəkət almasıdır.

Səs dalğaları – elastik mühitdə yayılan və səs duyğusu yaradan mexaniki dalğadır. İnsan qulağı yalnız 16 Hs ilə 20 000 Hs arasında olan səs dalğalarını eşidə bilir.

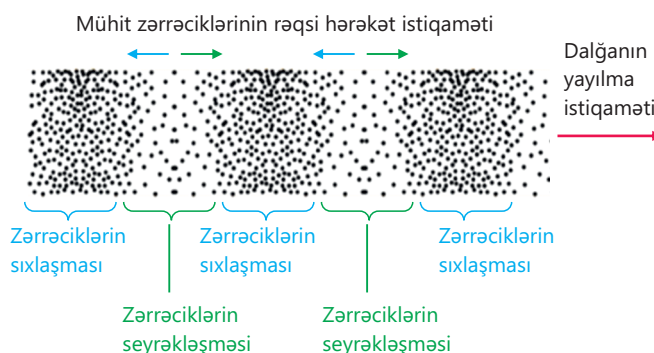
Səs sürəti – səs dalğalarının vahid zamanda yayıldığı məsafəyə bərabər olan kəmiyyətdir:

$$v = \lambda \nu.$$

Sublimasiya – maddənin bərk haldan birbaşa qaz halına keçmə prosesidir.

Ultrasəs (latınca “ultra” – yüksək, həddindən artıq) – tezliyi 20 000 Hs-dən yüksək olan səs dalğalarıdır.

Uzununa dalğa – mühit zərrəciklərinin rəqsi hərəkətinin dalğanın yayılma istiqamətinə paralel olduğu dalğadır. Uzununa dalğada mühitin zərrəciklərinin sıxlaşma və seyrəkləşməsi növbə ilə təkrarlanır.



Yanacağın xüsusi yanma istiliyi – ədədi qiymətcə 1 kq kütləli yanacağın tam yanarkən ayrılan istilik miqdarına bərabər fiziki kəmiyyətdir:

$$q = \frac{Q}{m}.$$

Yanacağın xüsusi yanma istiliyinin BS-də vahidi:

$$[q] = \frac{[Q]}{[m]} = 1 \frac{\text{C}}{\text{kq}}.$$

Yanacağın yanma istiliyi – yanacağın tam yanması zamanı ayrılan enerjidir. Yanacağın yanma istiliyi yanacağın kütləsindən və növündən asılıdır:

$$Q = qm.$$

Burada Q – yanacağın yanma istiliyi, m – yanacağın kütləsi, q – yanacağın xüsusi yanma istiliyidir.

BURAXILIŞ MƏLUMATI

Ümumi təhsil müəssisələrinin 8-ci sinifləri üçün
fizika fənni üzrə dərslik (2-ci hissə)

Tərtibçi heyət:

Müəlliflər Rasim Abdurazaqov
Dünyamalı Məmmədov
Əli Ağacanlı

Dil redaktoru Əsgər Quliyev, Aida Quliyeva
Bədii redaktor Taleh Məlikov
Texniki redaktor Zeynal İsayev
Dizayner Taleh Məlikov
Rəssam Fərid Quliyev
Korrektor Aqşin Məsimov

Rəyçi

Sevda Əsgərli – 96 №-li tam orta məktəbin fizika müəllimi, əməkdar müəllim

© Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin qrif nömrəsi: 2025-024

Müəlliflik hüquqları qorunur. Xüsusi icazə olmadan bu nəşri və yaxud onun hər hansı bir hissəsini
yenidən çap etdirmək, surətini çıxarmaq, elektron informasiya vasitələri ilə yaymaq qanuna ziddir.

ISBN 978-9952-550-10-8

Hesab-nəşriyyat həcmi: 10,6. Fiziki çap vərəqi: 12,5. Səhifə sayı: 100.
Kəsimdən sonra: 220 × 275. Kağız formatı: 57 × 90 $\frac{1}{8}$. Şrift və ölçüsü: Corbel 12pt.
Ofset çapı. Sifariş____. Tiraj: 154 500. Pulsuz. Bakı – 2025

Əlyazmanın yığma verildiyi və çapa imzalandığı tarix: 02.07.2025

Çap məhsulunu hazırlayan:
Azərbaycan Respublikasının Təhsil İnstitutu (Bakı ş., A.Cəlilov küç., 86).

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!

