

Расим Абдуразагов
Дуньямалы Мамедов
Али Агаджанлы

Физика

Учебник по предмету физика для 8-х классов
общеобразовательных заведений (часть II)



часть 2

УЧЕБНИК

©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 şərtlərilə yayılmalıdır.



Замечания и предложения, связанные с этим изданием,
просим отправлять на электронные адреса:
trm@arti.edu.az и derslik@edu.gov.az
Заранее благодарим за сотрудничество!

Оглавление

Раздел 4 Волны

4.1 Механические волны и их виды	6
4.2 Физические величины, характеризующие волну	10
4.3 Звуковые волны	13
4.4 Характеристики звука	17
4.5 Свойства волн	22
4.6 Электромагнитные волны. Шкала электромагнитных волн	26
Наука, технология, жизнь	31
Заключение	32
Обобщающие задания	33

Раздел 5 Тепловое движение молекул. Внутренняя энергия

5.1 Тепловое движение молекул. Температура	36
5.2 Тепловое расширение тел	40
5.3 Тепловое равновесие. Температурные шкалы	43
5.4 Внутренняя энергия. Способы изменения внутренней энергии	46
5.5 Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция и излучение	49
Наука, технология, жизнь	53
Заключение	54
Обобщающие задания	55

Раздел 6 Закон сохранения энергии в тепловых явлениях

6.1 Количество теплоты. Удельная теплоемкость	58
6.2 Закон сохранения энергии в тепловых процессах	62
6.3 Определение удельной теплоемкости твердого тела (практическая работа).	65
6.4 Изменение агрегатного состояния вещества: плавление и отвердевание	66
6.5 Изменение агрегатного состояния вещества: испарение и конденсация	69
6.6 Количество теплоты, необходимое в процессах изменения агрегатных состояний вещества.	72
6.7 Тепловой двигатель. Коэффициент полезного действия теплового двигателя	76
6.8 Паровой двигатель	80
6.9 Двигатель внутреннего сгорания	83
6.10 Реактивный двигатель	87
6.11 Тепловые двигатели и экологические проблемы	90
Наука, технология, жизнь	93
Заключение	94
Обобщающие задания	95
Словарь.	97

4

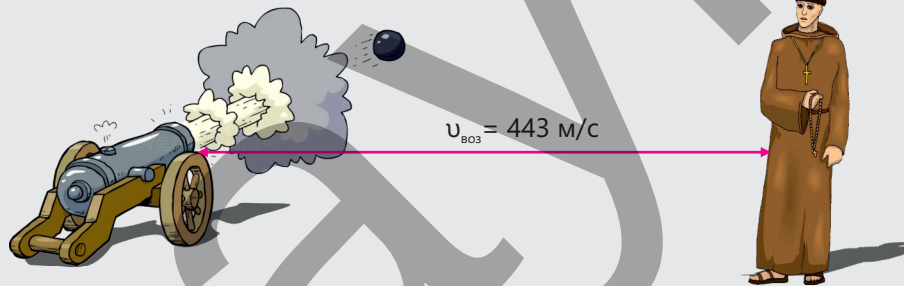
Волны

Некоторые природные явления сопровождаются громкими звуками. Одним из таких явлений является гроза. Когда ударяет молния, ее свет виден почти сразу, а гром слышен немного позже. Возникновение и распространение волн привлекали внимание людей еще с древних времен. Первым, кто высказал утверждение о распространении звука в виде волн, был греческий философ Аристотель.



- Французский ученый Марен Мерсенн в 1640 году впервые измерил скорость распространения звука в воздухе. Он установил, что звук выстрела слышен вскоре после того, как сразу же появилась видимая искра.

- Какие еще природные явления, создающие звук, вы знаете?

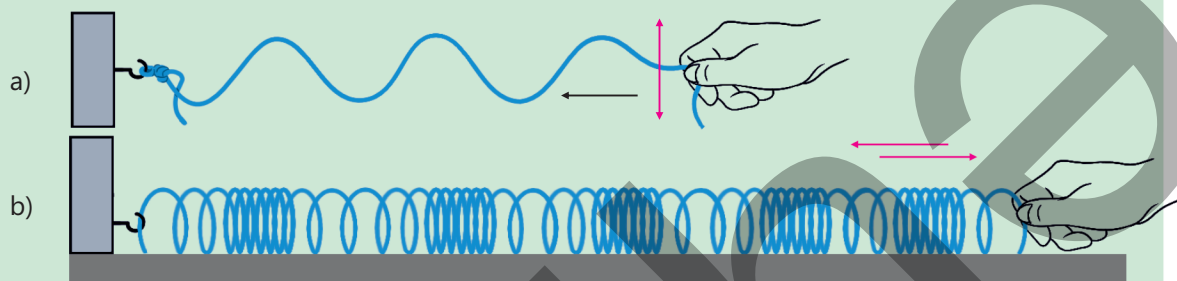


Из раздела вы узнаете

- Механические волны – это распространение механических колебаний в упругой среде
- Существуют два вида волн: механические и электромагнитные.
- Механические волны бывают двух типов: поперечные и продольные
- Основными характеристиками механических волн являются их частота, длина волны и скорость
- Возникновение, распространение и основные характеристики звуковой волны наблюдаются и измеряются с помощью интересных экспериментов
- Звуковые волны являются механическими волнами.
- Физиологическая и физическая основы свойств звука взаимосвязаны
- Электромагнитные волны – это распространение колебаний электрического и магнитного полей, порождающих друг друга в пространстве, и классифицируются по диапазону частот

4.1 Механические волны и их виды

На рисунке изображены шнур и упругая пружина, один конец которых закреплен к штативу (стене). Свободный конец шнура движется вверх и вниз, а свободный конец пружины – вперед и назад.



- Какие сходные и различные особенности наблюдались в движениях, возникающих в шнуре и пружине соответственно?
- Что повторяется в этих действиях?

Ключевые слова

механическое колебание, механическая волна, поперечная волна, продольная волна

Во многих случаях тела или частицы совершают повторяющееся движение, вокруг положения равновесия. Такое движение *называется колебательным движением*. Повторяющиеся процессы по своей физической природе бывают различными. Один из них – *механическое колебание*. – *Механические колебания – это повторяющееся движение тела или системы тел вокруг положения равновесия*

– *Процесс распространения колебаний в окружающей среде с течением времени называется волной.*

Возникновение волн в море, распространение вибрации, вызванной действием медиатора по струне тара, распространение звука, генерируемого на струне, в окружающей среде и т.д. – это волна.

– *Механическая волна – это процесс распространения механических колебаний в упругой среде с течением времени.*

Источником механической волны является колеблющееся тело или же частицы.

Механическая волна может возникнуть только в такой среде, в которой при деформации среды в результате колебательного движения возникает сила упругости. Поэтому механические волны часто называют *упругими волнами*, а среду, в которой они возникают, – упругой средой.

Поскольку твердые тела, жидкости и газы являются упругими средами, в них могут возникать механические волны.

Деятельность

Возникновение и распространение механических волн

Принадлежности: лабораторный кювет с водой, карандаш, линейка длиной 10 см, мяч для настольного тенниса.

Ход работы:

1. Кончиком карандаша коснитесь точки вертикально на поверхности воды и нарисуйте полученную картину на рабочем листе.
2. Сначала короткой, а затем длинной стороной линейки вертикально ударьте по поверхности воды и нарисуйте полученную картину на рабочем листе.
3. Положите теннисный мяч на колеблющуюся поверхность воды и наблюдайте за тем, как процесс распространения волны влияет на положение мяча.

**Обсудите:**

1. Какие сходства и различия наблюдались при образовании и распространении волн на поверхности воды?
2. В каком направлении происходило колебательное движение теннисного мяча: в направлении распространения волны или перпендикулярно ей?

В проведенном эксперименте вы наблюдали, что от точки касания кончика карандаша с водой образовались концентрические водные кольца, которые распространялись по поверхности воды в виде выпуклостей и впадин. В это время наблюдателю кажется, что вода в точке, где кончик карандаша вызывает колебания, распространяется вокруг в виде выпуклостей и впадин. Однако, когда эксперимент был продолжен с теннисным мячом, выяснилось, что мяч не движется с распространяющимися водяными колецями, а только колеблется вверх-вниз, оставаясь на месте.

А что же тогда распространяется по поверхности воды?

Движение, состоящее из выпуклостей и впадин на поверхности воды является результатом колебательного движения частиц (молекул) воды перпендикулярно поверхности воды. Таким образом, колебательные движения, возникшие в определенной точке, передаются соседним частицам воды, в результате чего все новые и новые частицы вовлекаются в колебательное движение.

Таким образом, в распространяющейся волне происходят следующие явления:

- 1) *Колебательное движение частиц среды, в которой возникла волна.* При этом частицы среды совершают колебательные движения вокруг своих положений равновесия, и переноса вещества в волне не происходит.
- 2) *Взаимодействие частиц среды с соседними частицами.* При этом взаимодействия между частицами среды приводят к передаче энергии.

Поэтому волне дают и такое определение:

– При распространении волны происходит перенос энергии и движения, но не перенос вещества.

Виды механических волн

Механические волны по форме бывают двух видов: *поперечные и продольные волны*.

– Если колебания частиц в среде перпендикулярны направлению распространения волны, то такая волна называется поперечной волной.

В поперечной волне среда подвергается деформации и изменяет свою форму вдоль направления колебаний: в среде попеременно повторяются выпуклости и впадины (рис. 4.1).

Для распространения поперечных волн внутри и на поверхности твердых тел необходимо создание между частицами вещества сил, препятствующих изменению формы (деформации) тела. Это в основном сила упругости, существующая в твердых телах. Например, воздействие медиатора или пальца на струны тара, саза, гитары и других музыкальных инструментов создают поперечную волну, распространяющуюся вдоль струны.

Волна, образуемая на поверхности неглубоких и ограниченных по площади жидкостей, также является поперечной волной.

Вы наблюдали это в эксперименте с теннисным мячом. Так теннисный мяч колебался не по поверхности воды, а вверх и вниз вдоль выпуклостей и впадинам, куда он был помещен.

- ПОДУМАЙ
- ОБСУДИ
- ПОДЕЛИСЬ

При распространении волн не происходит перенос веществ. В чем причина этого?

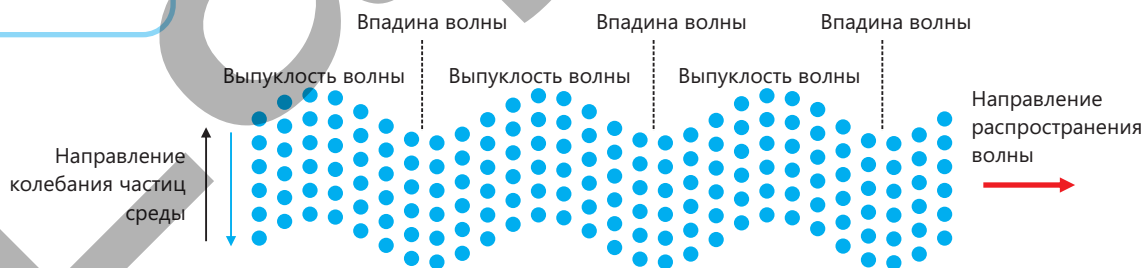
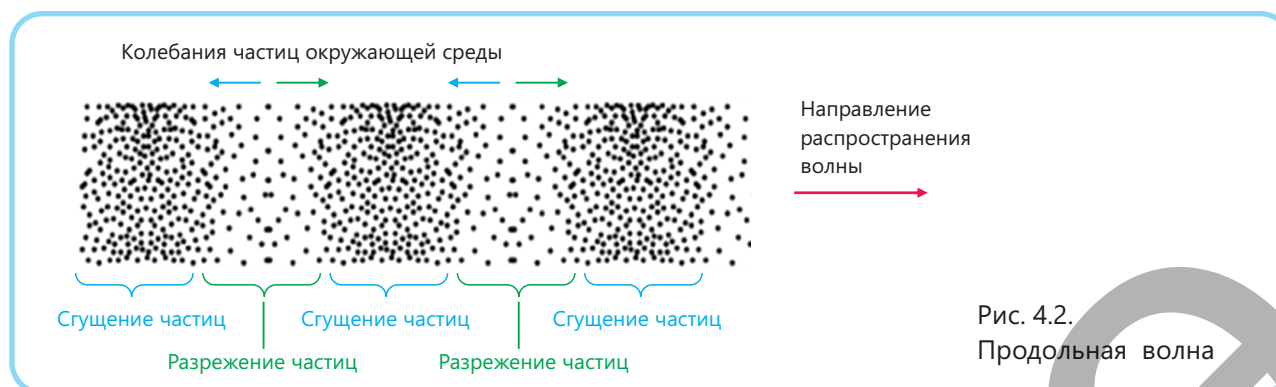


Рис. 4.1.
Поперечная волна

– Если колебание частиц среды параллельно направлению распространения волны, то такая волна называется продольной волной.

В продольной волне чередуются сгущение и разрежение частиц среды. Другими словами, повторяется изменение объема в среде (рис. 4.2).



Продольные волны могут распространяться во всех средах (в твердых телах, жидкостях и газах). Для их продольного распространения необходимо, чтобы между частицами вещества возникли силы, препятствующие изменению объема тела. Это силы давления, которые существуют во всех средах.

Примените полученные знания

Заполните таблицу, поставив знак "+" в соответствующей ячейке в зависимости от того, к какому типу механической волны относится данное свойство.

Свойство	Продольная волна	Поперечная волна
1. Это попеременное повторение сгущения и разрежения частиц среды.		
2. Это попеременное повторение выпуклостей и впадин частиц среды.		
3. Колебание частиц среды параллельно направлению распространения волн.		
4. Колебание частиц среды перпендикулярно направлению распространения волн.		
5. Частицы совершают колебательное движение вперед-назад в среде.		
6. Частицы совершают колебательное движение вверх-вниз в среде.		
7. Она может распространяться во всех упругих средах.		
8. Она может распространяться в твердых телах и по поверхности жидкости.		

Проверьте полученные знания

1. Какое условие должно быть выполнено для возникновения механических волн?

- А) Должно быть только несколько изолированных источников колебания.
- В) Должны быть только изолированные частицы среды.
- С) Должен быть источник колебания и целостная упругая среда.
- Д) Должна быть только упругая среда.
- Е) Должны быть источник колебания и вакуум.

2. Что происходит в процессе распространения механических волн?

- А) Происходит только перенос веществ.
- В) Происходит только перенос энергии.
- С) Происходит только изменение формы и объема среды.
- Д) Происходит перенос энергии, изменение формы и объема.
- Е) Материя переносится, энергия – нет.

3. Какие виды механических волн могут распространяться как в воздухе, так и в земной коре?

4.2 Физические величины, характеризующие волну

Камешек, упавший в пруд, создал на поверхности воды волну, которая быстро распространилась во всех направлениях.



• Как определить скорость распространения волны от центра ее возникновения и время, когда она достигнет берега?

Ключевые слова

частота волны, период волны, амплитуда волны, длина волны, скорость волны

Волна характеризуется различными физическими величинами.

Частота колебаний источника волны

– Частота колебаний источника волны – это частота колебаний частиц среды. Она выражает число колебаний частицы за одну секунду:

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

ν (греч.: ню)

Здесь ν – частота колебаний, N – число колебаний, t – время, за которое эти колебания происходят. Единица частоты в СИ – герц (Гц):

$$[\nu] = 1 \text{ Гц} = \frac{1}{\text{с}}.$$

Волна низкой частоты



Волна высокой частоты

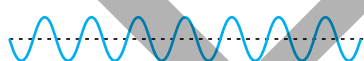


Рис. 4.3.
Отличия поперечных волн по их частотам

На рисунке 4.3 изображены поперечные волны, различающиеся по частоте.

Период колебаний источника волны

– Период колебаний источника волн – это время, затраченное на одно полное колебание частиц среды. Период обозначается буквой T , и его единица измерения в СИ – секунда:

$$[T] = 1 \text{ с}.$$

Существует обратная зависимость между периодом колебаний и частотой, то есть:

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

Амплитуда колебаний источника волны

– Амплитуда колебаний источника волны – это максимальное расстояние, на которое частица среды отклоняется от своего положения равновесия. Амплитуда обозначается буквой A , единица измерения в СИ – метр:

$$[A] = 1 \text{ м.}$$

В поперечных волнах наибольшее смещение частицы соответствует наибольшему расстоянию между ее положением равновесия и выпуклой или впадинной волны (рис. 4.4).

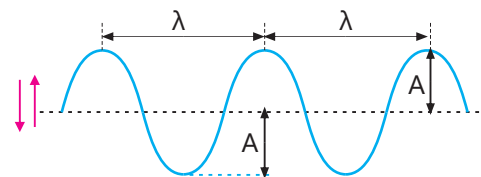


Рис. 4.4.
Амплитуда и длина волны
в поперечных волнах

Длина волны

– Длина волны – это расстояние, на которое распространяется волна за время, равное периоду колебаний в ней.

Длина волны обозначается буквой λ , а ее единица измерения в СИ – метр:

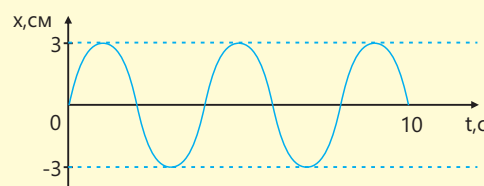
$$[\lambda] = 1 \text{ м.}$$

В поперечной волне длиной волны – это расстояние между двумя соседними выпуклостями или двумя соседними впадинами, а в продольной волне – расстояние между двумя соседними сгущениями или двумя соседними разрежениями (см. рис. 4.4).

λ (греч.: лямда)

- ПОДУМАЙ
- ОБСУДИ
- ПОДЕЛИСЬ

Можно ли по данному графику определить период колебаний, частоту и амплитуду волны? Обоснуйте свой ответ.



Скорость волны

– Скорость волны в поперечных волнах – это скорость движения выпуклостей или впадин в среде, а в продольных волнах – это скорость распространения сгущений или разрежений в среде.

Поскольку волна проходит расстояние до λ за период, равный периоду в упругой среде, ее скорость также может быть выражена соответствующими величинами.

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

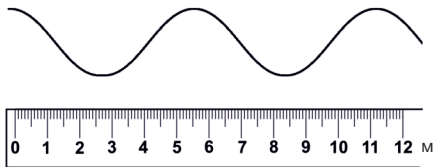
Здесь v – скорость волны, T – период колебаний, ν – частота колебаний.

Как видно из формулы, скорость волны также можно выразить как:

- Скорость волны численно равна отношению длины волны к периоду колебаний.
- Скорость волны численно равна произведению частоты колебаний на длину волны.

С какой частотой распространяется волна?

На рисунке изображена поперечная волна, распространяющаяся вдоль шнура. Скорость распространения волны составляет 54 м/с. Чему равна частота колебаний источника волн?



Обсудите:

1. Какова длина волны, возникающей в шнуре?
2. По какой формуле можно определить частоту колебаний источника волны?

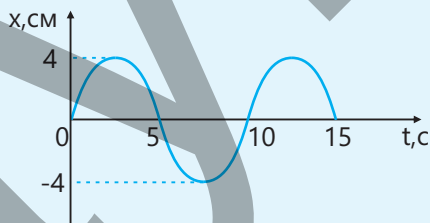
Решение задачи

Волна длиной 2 м распространяется на расстояние 40 м за 10 секунд. Чему равен период колебаний?

Дано	Решение	Вычисления
$\lambda = 2 \text{ м},$ $t = 10 \text{ с},$ $l = 40 \text{ м}.$ $T = ?$	Расстояние, на которое распространяется волна за время t: $l = vt.$ В этом выражении учитывается соответствующая формула для скорости волн: $l = vt = \frac{\lambda}{T} \cdot t.$ Из последнего выражения определяется период: $T = \frac{\lambda t}{l}.$	$T = \frac{2 \cdot 10}{40} = 0,5 \text{ с}$

Примените полученные знания

На основе графика определите амплитуду, период и частоту колебаний в волне.

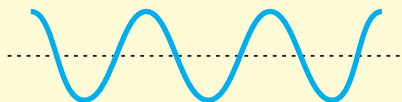


Проверьте полученные знания

1. На рисунке изображена схема поперечной волны. Нарисовав изображение на рабочем листе, укажите амплитуду и длину волны.



2. Нарисуйте данное изображение волны на рабочем листе.



- а) Как можно изобразить волну с такой же частотой, но с большей амплитудой?
- б) Как можно изобразить волну с такой же амплитудой, но с большей частотой?

4.3 Звуковые волны

Речь играет большую роль в формировании и развитии мышления человека. Речь является как средством общения, так и инструментом мышления. Одна из форм речи – устная речь – возможна только посредством звуков.



- Что такое звук?
- Как возникают звуки?

Ключевые слова звуковая волна, слышимый звук, камертон, скорость звука, эхо

Деятельность

Волны, созданные какими колебаниями можно слышать?

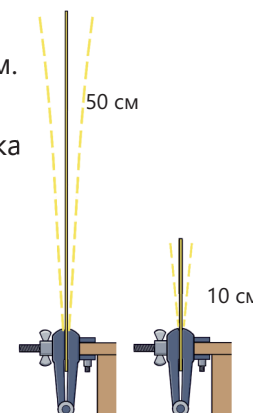
Принадлежности: стальная линейка (две штуки: длиной 50 см и 10 см), зажим.

Ход работы:

1. Прикрепите длинную линейку к зажиму в вертикальном положении и, слегка отогнув её в сторону, отпустите, чтобы она начала колебательное движение.
2. Прикрепите к зажиму короткую линейку и приведите её в колебательное движение, затем наблюдайте за происходящим.

Обсудите:

1. Какую волну создало в воздухе колебательное движение линейки?
2. Звук волны, созданной линейкой какой длины, был услышан? Почему?



Звук

Одним из видов механических волн является звуковая волна. Эти волны, называемые просто **звуком**, также распространяются в упругой среде. Следовательно, поскольку вакуум не является упругой средой, звук там не распространяется.

– Механические волны, обладающие частотой от 16 Гц до 20000 Гц, называются **звуковыми волнами**.

В проведенном эксперименте звук волны, возникшей в воздухе в результате низкочастотного колебания длинной стальной линейки, не был услышан. Поскольку частота создаваемых ею волн была ниже 16 Гц. Однако поскольку колебания короткой линейки создали в воздухе высокочастотную волну (выше 16 Гц), ее звук был услышан.

Знаете ли вы?

Раздел физики, изучающий звук называется акустикой.

Так как же линейка создала звуковую волну в воздухе?

Распространение звуковых волн в воздухе

Когда стальной линейки отклоняется вправо, расстояние между молекулами воздуха с правой ее стороны уменьшается, а с левой стороны – наоборот, увеличивается. По мере колебания линейки сгущение и разрежение молекул воздуха сменяют друг друга, происходит распространение звуковых волн в воздухе (рис. 4.5). Таким образом, звук – это продольная волна, распространяющаяся в воздухе.

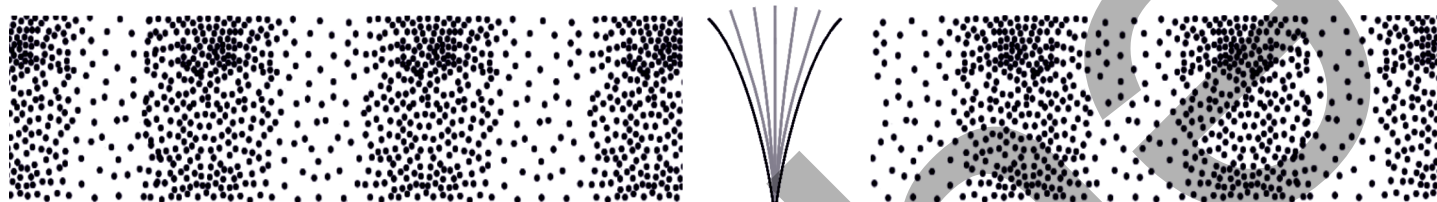


Рис. 4.5.

Звук – продольная волна в воздухе.

При изучении звуковых явлений в качестве источника звука используют инструмент, называемый камертоном (нем. "Kammerton" – комнатный звук) (рис. 4.6, а). Если ударить по одному из плеч камертона он начинает вибрировать и издает чистый, хорошо слышимый звук одной частоты. По этой причине камертон широко применяется при настройке музыкальных инструментов. Для усиления звука, издаваемого камертоном, его прикрепляют к ящику с открытой одной стороной, называемой резонатором (рис. 4.6, б).

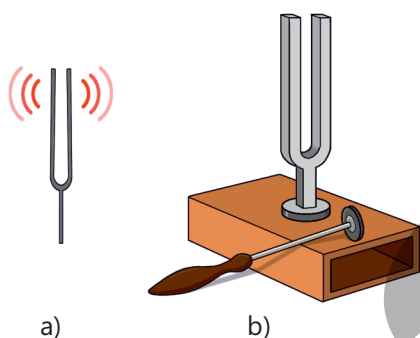


Рис. 4.6.

Камертон

ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ

Если плечи камертона утяжелить, например, приклеив к ним пластилин, изменится ли частота колебаний камертона? Обоснуйте свой ответ.

Скорость звука

Скорость звука – скорость распространения звуковых волн в упругой среде.

Скорость звуковой волны численно равна произведению частоты колебаний на длину волны:

$$v = \lambda \nu .$$

Здесь v – скорость звука, λ – длина волны звука, ν – частота звуковой волны. Скорость распространения звуковых волн зависит от упругости среды. Таким образом, по мере уменьшения расстояния между молекулами вещества их взаимодействие становится более интенсивным, и звуковая волна

распространяется быстрее. Поскольку плотность жидкостей больше плотности газов, звук в жидкости распространяется быстрее, чем в газах.

Плотность твердых веществ больше, чем плотность жидкостей. Поэтому скорость распространения звука в твердых веществах больше, чем в жидкостях. Например, скорость распространения звуковой волны в воздухе составляет 340 м/с, в воде – 1500 м/с, а в стали – 6000 м/с (см. таблицу 4.1).

Эхо

Одним из важных свойств звуковых волн является то, что они отражаются от препятствия.

– *Отражение звуковых волн от препятствия называется эхом.* Например, Ниджат, который зовет своего друга в горной местности, слышит свой собственный голос через несколько секунд – это эхо (рис. 4.7).

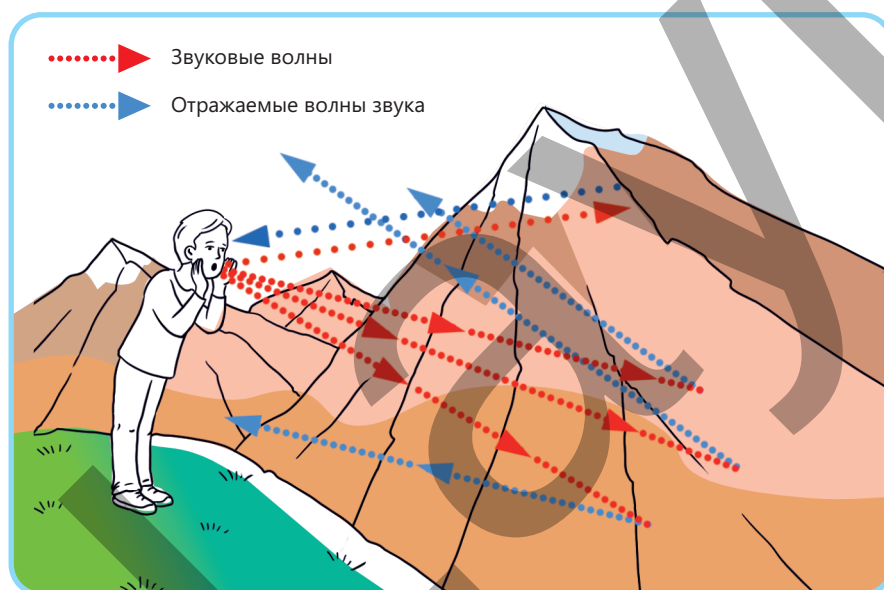


Таблица 4.1.

Скорость звука в различных средах

Вещество	Скорость звука, (м/с)
Воздух (при 15°C)	340
Вода (при 25°C)	1500
Свинец	2160
Медь	4700
Дерево(Дуб)	5000
Стекло	5000÷5500
Алюминий	5100
Сталь	5500÷6100

Рис. 4.7.
Эхо

Свойство звука отражаться широко используется в быту, технике и производстве. Принцип работы устройства под названием эхолот, который используется для измерения глубины морей и океанов, и обнаружения мест скопления рыбы, основан на явлении эха. Таким образом, эхолот, размещенный под корпусом судна, излучает звуковые сигналы. Эти сигналы отражаются от морского дна или косяка плывущих рыб и снова принимаются эхолотом. Расстояние до объекта в воде рассчитывается с учетом скорости распространения звука в воде и времени между моментами отправки и приема сигнала:

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

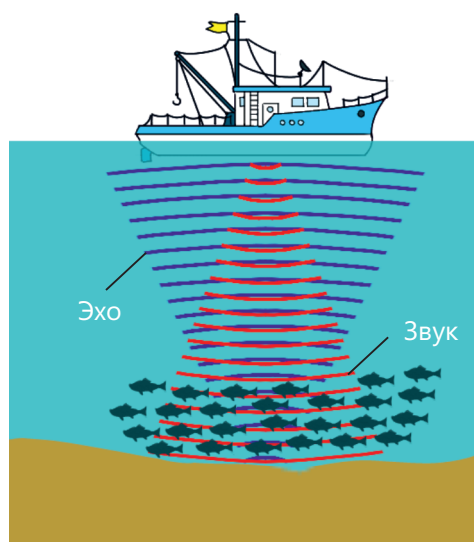


Рис. 4.8.
Звуковая локация

Здесь h – расстояние от корабля до объекта, v – скорость звукового сигнала в воде, t – время прохождения звукового сигнала до объекта в воде и обратно ($t/2$ – время прохождения или возвращения сигнала).

– Метод определения местоположения объектов (расстояния до них) с помощью звуковых волн называется звуковой локацией (или эхолокацией) (рис. 4.8).

Примените полученные знания

Молодая и здоровая пчела во время переноса меда машет крыльями 19 800 раз в минуту, а при свободном полете – 26 400 раз в минуту.



- Какова частота колебания крыльев?
- Будут ли слышны в воздухе звуки, издаваемые крыльями пчелы, несущей мед и летающей свободно?

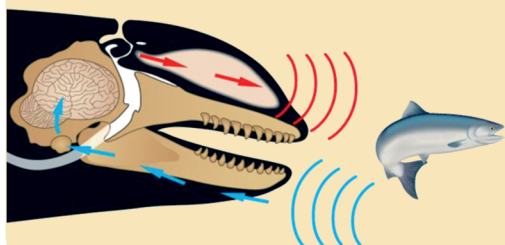
Проверьте полученные знания

- Из средств массовой информации мы часто слышим такую информацию: "На Солнце произошла очередная мощная вспышка. В результате на поверхности Земли ожидается магнитная буря..." Почему мы не слышим звуки взрывов на Солнце или вообще в космосе?
- Молния сопровождается громом. Но почему мы сначала видим молнию, а затем, через несколько секунд слышим гром?



- Во время урагана гром был услышан через 8 секунд после вспышки молнии. На каком расстоянии от наблюдателя ударила молния?
- Эхо в воздухе было услышано через 16 секунд. На каком расстоянии от источника звука находится препятствие? Скорость звука в воздухе составляет 340 м/с.

4.4 Характеристики звука



Дельфины и зубатые киты используют звуковую локализацию как для навигации, так и для поиска добычи. Интересно, что у этих животных нет голосовых связок, но они могут издавать звуки благодаря особым анатомическим органам, называемым "голосовыми губами".

•Почему люди не могут услышать звуки, издаваемые дельфинами и зубатыми китами?

Характеристики звука

При оценке звуков, воспринимаемых ухом, различают следующие характеристики: высота звука (низкий или высокий), тембр (разнообразие звучания), громкость (тихий или громкий звук). Однако все эти особенности зависят от индивидуального восприятия человека и состояния его слухового органа. Поэтому высота, высота тона и громкость звука считаются физиологическими характеристиками звука. А физические характеристики звука – это его частота и амплитуда.

Существует ли взаимосвязь между физиологическими и физическими характеристиками звука?

Ключевые слова

высота звука, громкость звука, высота тона звука, инфразвук, ультразвук

1
Деятельность

Какой камертон звучал громче?

Принадлежности: камертон с резонатором (2 штуки: один большой и тяжелый, другой маленький и легкий), резиновый молоток, микрофон и осциллограф.

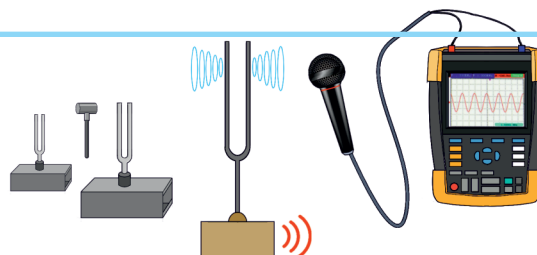
Ход работ:

Этап I

1. Ударьте по большому камертону и послушайте излучаемую им звуковую волну.
2. Ударьте по маленькому камертону и сравните его звук с тем, который издает большой камертон.

Этап II:

1. Подключите микрофон к клеммам "Y" осциллографа. Микрофон преобразует звуковые колебания в колебания электрического тока, а осциллограф преобразует электрические сигналы в видимые сигналы.
2. Поочередно приводите в колебательное движение вилки камертонов (ударом молоточка) и подносите их к микрофону, затем зарисуйте на рабочем листе графики волн, отображаемые на экране осциллографа.



Обсудите.

1. Какой камертон издал более высокий музыкальный тон?
2. В чём заключается разница между графиками на осциллографе, полученными от звуковых тонов, издаваемых камертонами?
3. Что можно сказать о частотах звуковых тонов, издаваемых камертонами?

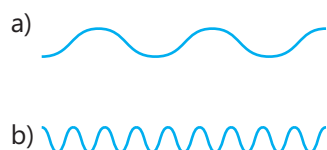


Рис. 4.9. Камертоны с разной частотой колебания издают звуки разной тональности.

Высота тона звука

В ходе деятельности было замечено, что колебания вилок большого камертона создают более низкий звуковой тон. Было обнаружено, что колебание вилок маленького камертона издает более высокий звуковой тон. Графики соответствующих волн также были получены на мониторе осциллографа (рис. 4.9).

Как видно из графиков, в первом случае была получена кривая с большей длиной волны (а), а во втором – кривая с меньшей длиной волны (б). Это означает, что большой камертон издает звук с большим периодом колебаний и низкой частотой, а маленький камертон – звук с меньшим периодом и более высокой частотой. Таким образом, *высота тона звука определяется частотой колебаний источника звука.*

– По мере увеличения частоты колебаний источника звука увеличивается и высота тона звука.

Эффект Доплера

Частота звуковой волны может изменяться в результате движения источника волны относительно наблюдателя (слушателя).

– Явление уменьшения или увеличения частоты волны, воспринимаемой наблюдателем в результате движения источника волны, называется эффектом Доплера.

С эффектом Доплера мы сталкиваемся каждый день. Например, звуковой сигнал, издаваемый покоящейся пожарной машиной, наблюдатели А и В будут слышать с одинаковой громкостью (частотой) (рис. 4.10, а). Однако если машина будет двигаться в сторону наблюдателя В, он услышит звук приближающегося источника громче, а наблюдатель А почувствует, что звук удаляющегося от него источника стал слабее (рис. 4.10, б). Это происходит потому, что каждая последующая волна от приближающегося источника звука как бы начинает распространяться с более близкого источника по сравнению с предыдущей. Поэтому каждая волна достигает наблюдателя за более короткое время, чем предыдущая.



Рис. 4.10. Проявление эффекта Доплера

Знаете ли вы?

Эффект Доплера назван в честь австрийского физика Кристиана Доплера, открывшего его в 1842 г.

Это сокращает время, необходимое волне для достижения наблюдателя (наблюдатель В), что эквивалентно увеличению частоты. При удалении источника волны происходит обратный процесс, то есть каждая последующая волна как будто распространяется от источника на большее расстояние. Это увеличивает время, необходимое для достижения наблюдателя (наблюдатель А). Следовательно это, в свою очередь, равно уменьшению частоты.

Звуки, которые люди не слышат

Звуки различаются по частоте волн. Это звуки, которые человеческое ухо может услышать, и те, которые не может.

– *Слышимые звуки* – это звуковые волны частотой от 16 Гц до 20 000 Гц.

– *Звуки частотой менее 16 Гц и более 20 000 Гц* – неслышимые звуковые волны.

Различают два типа неслышимых звуков: *инфразвук* и *ультразвук*.

– *Инфразвук* – это звуковые волны в диапазоне частот 0,001 Гц–16 Гц.

Естественным источником инфразвука являются метеорологические, вулканические и сейсмические явления. К ним можно отнести извержения вулканов, волны, возникающие в океане, и длинные звуковые волны, вызванные землетрясениями.

Примерами источников инфразвука, вызванных деятельностью человека, являются ракетные удары, взрывы атомных бомб и звук ударных волн, создаваемых двигателем самолета (рис. 4.11). Основным свойством инфразвука является то, что он слабо поглощается в различных средах, благодаря чему может распространяться на большие расстояния. Используя это его свойство можно определять координаты взрывов, волн, вызванных ветрами в океанах, эпицентров (источников) землетрясений и др.

– *Ультразвук* – это звуковые волны частотой выше 20 000 Гц.

Ультразвук широко используется в эхолокации. Многие животные и насекомые очень хорошо слышат ультразвук и даже сами издают такие звуки. Например, установлено, что летучие мыши создают звуковую локацию, испуская ультразвуковые импульсы (сигналы) с частотой 45–90 кГц, благодаря чему точно определяют местоположение препятствий и насекомых. Ультразвуковые технологии широко используются во многих областях. Например, многие заболевания внутренних органов диагностируются с помощью ультразвуковых диагностических исследовательских аппаратов (УЗИ) (рис. 4.12).

инфра (от лат.: – под, низкий)



Извержение вулкана



Волны океана



Волна, создаваемая самолётом



Взрыв атомной бомбы

Рисунок 4.11. Источники инфразвука

ультра (от лат.: – сверх, чрезмерно)

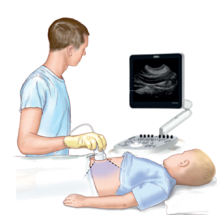
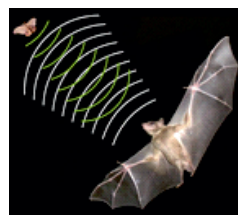


Рис. 4.12. Применение ультразвука

- ПОДУМАЙ
- ОБСУДИ
- ПОДЕЛИСЬ

На каком свойстве звука основано ультразвуковое диагностическое исследование? Объясните свой ответ.

Громкость звука

Если по одному из плеч данного камертона наносить удары различной силы, то какая характеристика его колебаний изменится?

2

Деятельность

Какая характеристика звука изменилась?

Принадлежности: камертон, резиновый молоток, микрофон, осциллограф.

Ход работы:

1. Начните колебания, сначала осторожно постучав по зубцу вилки данного камертона. Поднесите микрофон ближе к камертону и нарисуйте на рабочем листе график (кривую), полученный на осциллографе.
2. Затем приведите тот же камертон в колебательное движение, нанеся более сильный удар, и снова нарисуйте полученную на осциллографе кривую на рабочем листе.

Обсудите:

1. В каком случае камертон звучал громче: когда его приводили в колебание слабой силой или при сильном ударе?
2. Какие различия в характеристиках кривых на осциллографе были замечены в этих случаях?

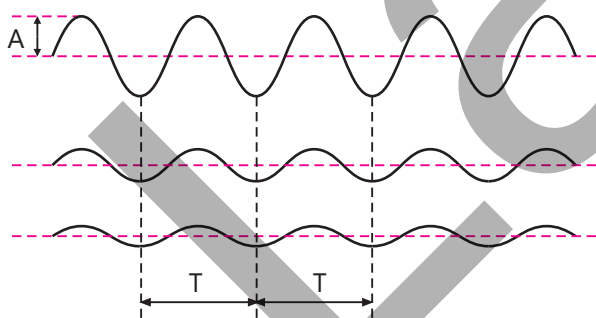


Рис. 4.13.

По мере увеличения амплитуды колебаний громкость звука также увеличивается

Чем сильнее удар по плечу камертона, тем больше амплитуда его колебаний. В результате увеличивается амплитуда колебаний воздуха, а значит, и энергия волны.

По мере увеличения амплитуды колебаний увеличивается и энергия волны, а, следовательно, и громкость звука. При уменьшении амплитуда уменьшается, громкость уменьшается. На рисунке 4.13 изображены графики звуковых волн одинаковой частоты, но разной громкости, полученные на осциллографе.

Здесь колебания с большей амплитудой соответствуют более громкому звуку. Примерами громких звуков являются фейерверки и звук поезда, а примерами тихих – пение птиц и тихая речь. Единицей громкости в СИ является децибел (1 дБ).

Зна-
ете ли
вы?

Сонометр



Децibel назван в честь американского ученого Александра Белла, изобретателя слухового аппарата для людей с нарушением слуха. Звуки выше 70 дБ вредны для человека. Громкость звука измеряется прибором, называемым сонометром.

Примените полученные знания

Механизм физиологического воздействия инфразвука на человека до конца еще не выяснен.

Согласно одной из существующих гипотез, воздействие инфразвука связано с резонансом колебаний в организме человека (явлением, при котором собственная частота колебаний организма совпадает с частотой внешних колебаний). В таблице показаны диапазоны инфразвуковых частот автобусов и поездов. Нигяр чувствовала себя очень дискомфортно во время поездки на автобусе. Однако, несмотря на длительное путешествие поездом по тому же маршруту, она не испытала подобного дискомфорта.

Если известно, что удельная частота организма человека близка к 6 Гц, подтверждает ли этот факт вышеуказанную гипотезу? Обоснуйте свой ответ на примере автобуса и поезда.

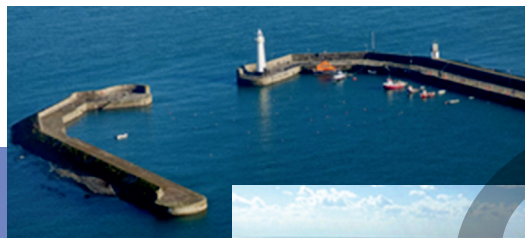
Источник инфразвука	Частота, Гц
Автобус	10-25
Поезд	10 – 16

Проверьте полученные знания

1. Какое насекомое чаще машет крыльями при полете – пчела или комар? Обоснуйте свой ответ.
2. Сильный дождь можно отличить от слабого по звуку, который издают капли, падая на крышу (или навесы окон). Какова физическая основа этого предположения?
3. Почему мы не слышим никакого звука, когда бабочка машет крыльями 8–12 раз в секунду?
4. Ультразвук и инфразвук – это неслышимые звуки.
 - а) Почему человеческое ухо не слышит этих звуков?
 - б) Какой из этих звуков опаснее для организма человека?
 - в) Сигнал от ультразвукового гидролокатора на корабле вернулся через 5 секунд. Если скорость распространения ультразвука – 1500 м/с, какова глубина моря в этом месте?

4.5 Свойства волн

Возле крупных портов, расположенных на побережье океана, сооружаются специальные бухты или волноломы.



- С какой целью сооружаются бухта и волнорез?

Ключевые слова явление дифракции, отражение волн, преломление волн

1

Деятельность

Что происходит, когда волны сталкиваются с препятствием?

Принадлежности: "проектор "волновая ванна" (а – неглубокая лабораторная ванна, оборудованная турником, генератор волн, котоскоп), плоские пластины, вода (1л).

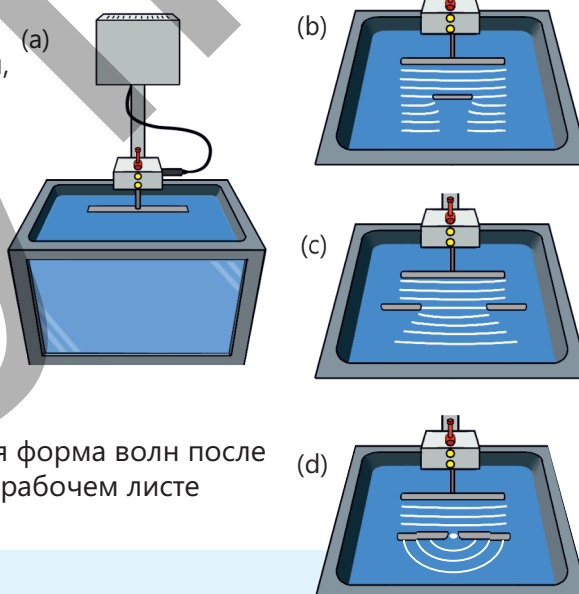
Ход работы:

1. Включите генератор и отобразите на экране волны, создаваемые стержнем на поверхности воды.
2. Поместите плоскую пластину перед возникающей

волной и обратите внимание на то, как препятствие изменяет форму волны (b).

3. Поместите две пластины перед волной, распространяющейся по поверхности воды, так, чтобы между ними образовался определённый зазор. Обратите внимание на изменение формы волны, проходящей через этот зазор (c).

4. Постепенно сужайте зазор и наблюдайте, как изменяется форма волн после прохождения через него (d). Во всех случаях нарисуйте на рабочем листе схему формы волн на поверхности воды.



Обсудите:

1. Какую форму волны создало на поверхности воды колебательное движение горизонтального стержня?
2. Что наблюдалось, когда на пути распространения этих волн ставили препятствие (или зазор)?
3. Как изменилась форма волн, проходящих через зазор, по мере его сужения?
4. Какой вывод можно сделать о свойствах механических волн из деятельности?

Дифракция волны

Для защиты портовых сооружений, судов и яхт от разрушительного воздействия волн в прибрежных зонах в соответствующих местах строят бухты или волноломы. Эти сооружения

играют важную роль в поглощении энергии приближающихся к берегу водных волн, и в уменьшении ущерба, наносимого береговым постройкам и транспортным средствам. Так, прямые водные волны, приближающиеся к берегу, изгибаются при прохождении через узкую щель или препятствие и распространяются за препятствием. В результате образуются волны в виде концентрических полуокружностей, пропорциональных длине волны (рис. 4.14). Это явление, наблюдаемое в водных волнах, называется дифракцией волн.

– Способность волны огибать препятствие и распространяться за ним называется дифракцией.

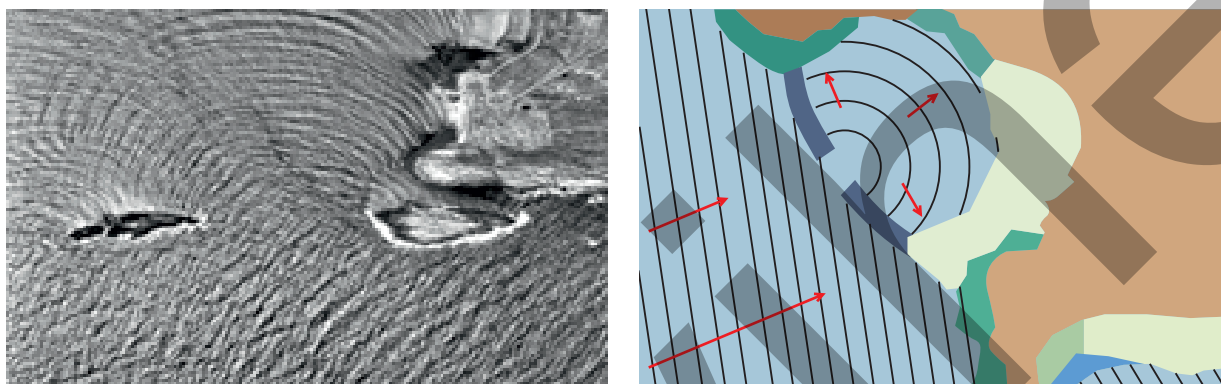


Рис. 4.14.
Дифракция волн, распространяющихся на поверхности воды

• ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ

Когда водяные волны, распространяющиеся в сторону берега, сталкиваются с большой скалой, происходит явление дифракции. Однако при встрече с небольшим камнем, они проходят, как будто перед ними нет препятствия, и продолжают свой путь, т.е. не подвергаются дифракции. Почему?

Звуковая волна также подвергается дифракции, когда встречает на своем пути препятствие. Например, если даже мы не видим человека, стоящего за углом здания, или автомобиль, движущийся за забором, мы можем их слышать. Это происходит потому, что звуковые волны огибают препятствия и происходит дифракция звука (рис. 4.15). Дифракция возникает, когда длина звуковой волны превышает размер препятствия. Низкочастотные звуковые волны имеют довольно большую длину. Например, длина волны звука с частотой 100 Гц составляет 3,37 м, и длина увеличивается по мере уменьшения частоты. Поэтому звуковая волна легко огибает объекты, сравнимые с ней по размерам. Деревья в парке совершенно не мешают нам слышать звуки, потому что диаметр их стволов намного меньше длины звуковой волны.



Рис. 4.15.
Дифракция звука

Отражение и преломление волн

Отражение и преломление волн на границе двух сред – это свойства волн, которые часто наблюдаются в повседневной жизни.

2

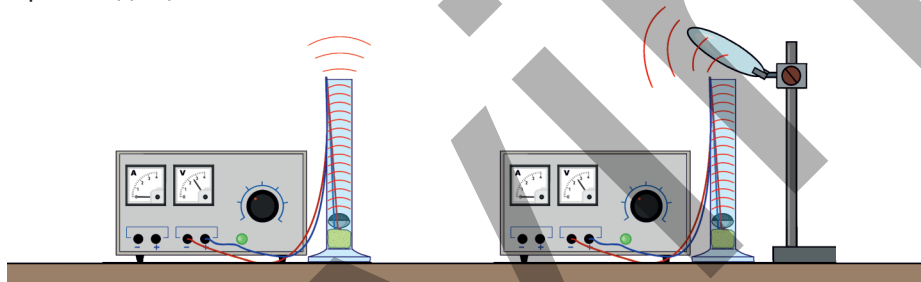
Деятельность

В каком случае звук был слышен более четко и громко?

Принадлежности: высокая мензурка, наушники, губка, выпрямитель, алюминиевая пластина, штатив.

Ход работы:

1. Поместите наушник на кусок губки на дне мензурки мембраной вверх и подключите его провод к клеммам выпрямителя переменного тока.
2. Замкните цепь и подайте на наушник переменное напряжение 4-6 В. В это время обратите внимание на то, как в классе слышен звук, создаваемый вибрирующей мембраной.
3. Поместите алюминиевую пластину, закрепленную на штативе под углом 45° к горизонтали, на мензурку и наблюдайте за происходящим.



Обсудите:

- Когда алюминиевая пластина была размещена над мензуркой, в классе слышался четкий и громкий звук, а при отсутствии пластины – звук был очень слабым (а и б). Почему?

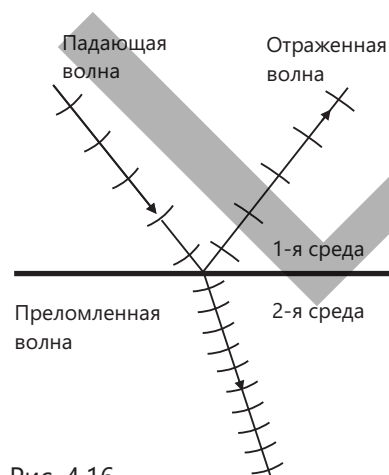


Рис. 4.16.
Отражения
и преломления волн

Звуковые волны, издаваемые мембраной, были отчетливо и громко слышны только после того, как отражались от алюминиевой пластины, размещенной над мензуркой.

– Почему волны отражаются (возвращаются)?

Это происходит потому, что падающая волна достигает препятствия и заставляет его частицы колебаться. Эти частицы превращаются в новый источник волн (рис. 4.16). Часть волн, издаваемых этим источником, распространяется в среде, образующей препятствие. Другая волна возвращается в среду, из которой “пришла” исходная волна (отраженная волна).

Одним из свойств, наблюдаемых у волн, является то, что они меняют направление распространения при переходе из одной среды в другую, то есть преломляются (см.: рис. 4.16).

– В чем причина преломление волны на границе двух сред?

Преломление волн наблюдается при изменении скорости распространения в среде. Так, при переходе волны через границу двух сред с разными скоростями распространения, она изменяет направление путем преломления. Это происходит потому, что волна, например звуковая (поглощаемая поверхностью), проходящая через границу двух сред, заставляет частицы второй среды колебаться. Поэтому частота волны в этой среде такая же, как частота падающей волны, то есть частота волн, проходящих через границу двух сред, не меняется. Однако длина волны, проходящей через границу, изменяется (по формуле $v = v\lambda$), и в результате изменяется и направление распространения волны, т. е. происходит преломление волны.

Примените полученные знания

В бассейне установлен подводный динамик, издающий звук определенной частоты. Часть звуковой волны отражается от нижней поверхности воды, а часть преломляется и переходит в воздух. Как будут меняться скорость, частота и длина волны звука при переходе из воды в воздух? Определите соответствующий характер изменения соответствующей величины:

а) увеличится б) уменьшится в) не изменится

Скорость звука	Частота звука	Длина волны звука

Обсудите:

- В какой среде звуковая волна распространяется быстрее: в воде или в воздухе?
- Как меняется длина волны при переходе из более плотной среды в менее плотную? Обоснуйте свой ответ.
- Как меняется частота волны при переходе из более плотной среды в менее плотную? Обоснуйте свой ответ.

Проверьте полученные знания

1. При каких условиях дифракция волн особенно отчетливо заметна?
2. Приведите примеры дифракции волн, не упомянутые в тексте.
3. Как изменятся частота и скорость звука при переходе звуковой волны из воздуха в воду? Определите соответствующий характер изменения для каждой величины:

Скорость звука	Частота звука

а) увеличится б) уменьшится в) не изменится

4. Летучие мыши используют эхолокацию при полете. Какое физическое явление лежит в основе эхолокации?
5. Если длина звуковой волны при переходе из одной среды в другую увеличится в 3 раза, как изменится громкость звука?

А) увеличивается в 3 раза
В) уменьшается в 3 раза

С) не изменяется
Д) увеличивается в 9 раз

Е) уменьшается в 9 раз

4.6 Электромагнитные волны.

Шкала электромагнитных волн

Ежедневно мы находимся в окружении распространяющихся волн. Эти волны излучаются мобильными телефонами, теле- и радиовышками, модемами в наших квартирах и другим электрооборудованием, которым мы пользуемся.



• Эти волны подобны механическим волнам распространяются только в упругих средах?

Ключевые слова

шкала электромагнитных волн, радиоволны, микроволны, инфракрасные волны, видимые волны, ультрафиолетовые волны, рентгеновские лучи, гамма-излучение

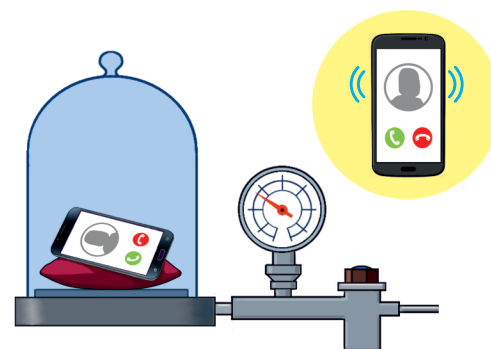
Деятельность

Принимает ли мобильный телефон сигнал в вакууме?

Принадлежности: мобильный телефон (2 шт.), вакуумная камера, небольшая подушечка, насос Камовского.

Ход работы:

1. Поместите один телефон на подушечку в вакуумной камере и закройте стеклянную крышку камеры. Затем позвоните на этот телефон со второго телефона и наблюдайте за происходящим.
2. Постепенно удалите воздух из камеры с помощью насоса и создайте вакуум под крышкой. При этом продолжайте звонить.



Обсудите:

1. Принял ли телефон, находящийся под крышкой, звонки в 1-ом случае?
2. Когда постепенно удаляли воздух и создавали вакуум, продолжал ли телефон под крышкой постоянно принимать звонки? Если да, то был ли слышан звонок?
3. Какие выводы можно сделать из опыта?

Электромагнитные волны в отличие от механических, распространяются как в среде, так и в вакууме. Электромагнитные волны – это распространение колебаний полей в пространстве электрических и магнитных полей путем создания друг друга (рис. 4.17).

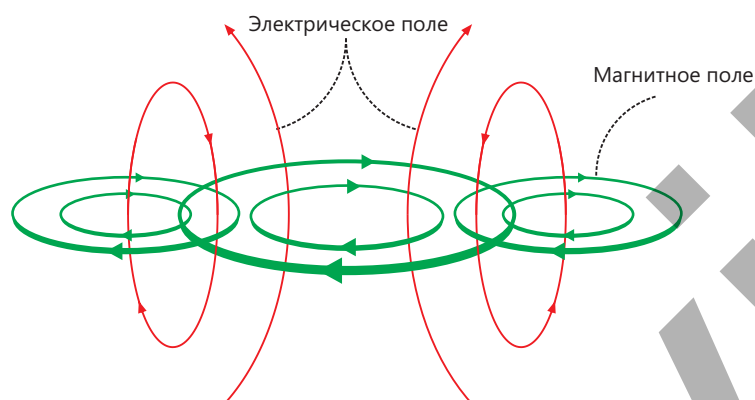
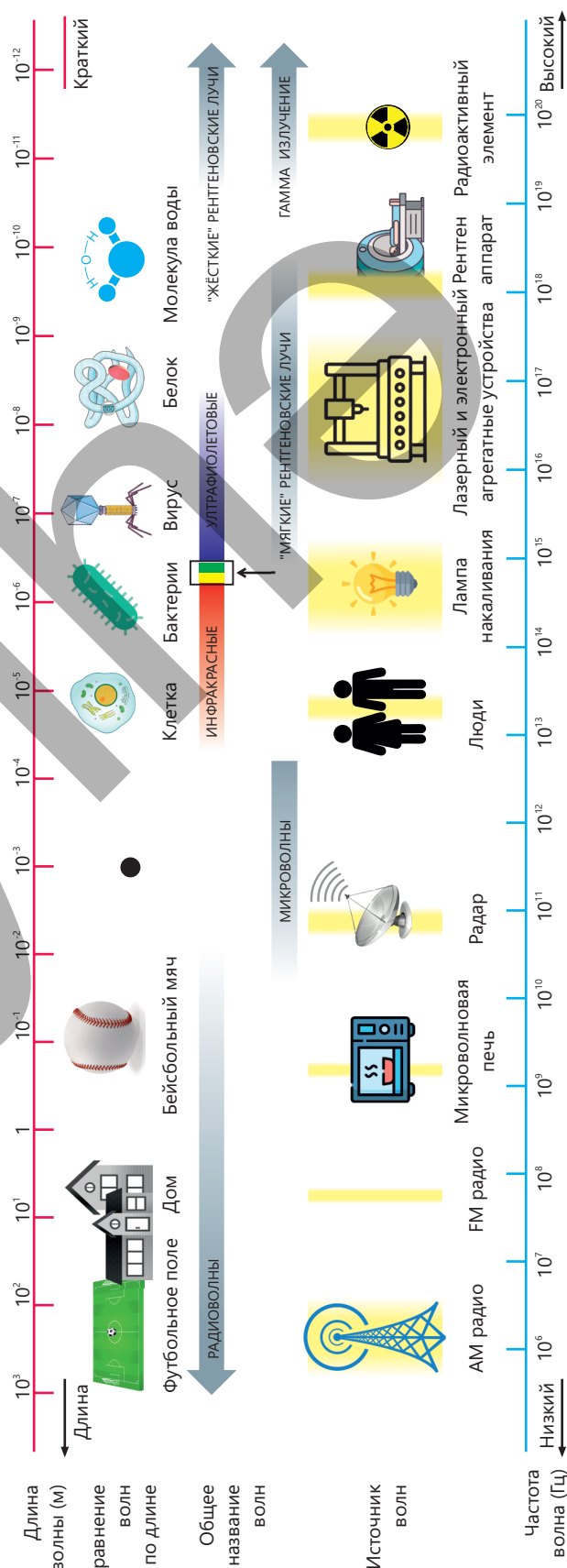


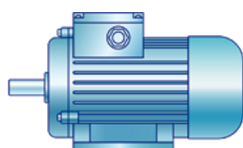
Рис. 4.17. Электромагнитное поле

Эти волны распространяются в вакууме со скоростью света, т.е. со скоростью 300 000 км/с. Скорость света в вакууме – это наибольшая скорость распространения электромагнитной волны. Существуют различные виды электромагнитных волн. Они отличаются друг от друга частотой волны. Электромагнитные волны различных частот проникают в окружающую среду и охватывают все пространство вокруг нас. Эти волны разделены на условные границы по диапазонам частот.

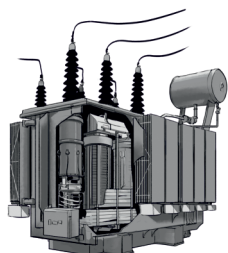
Шкала электромагнитных волн показывает деление этих волн на диапазоны. На схеме 4.1 представлена шкала электромагнитных волн с характеристиками и методами получения в различных диапазонах частот.

Схема 4.1.
Шкала электромагнитных волн





Электродвигатель



Трансформатор

Рис. 4.18.

Применение электромагнитных волн

Низкочастотные электромагнитные волны. Эти волны используются в промышленной электротехнике, при подаче электроэнергии потребителям, в электродвигателях и т.д. (рис. 4.18).



Телерадиостудия

Рис. 4.19.
Радиоволны

Применение радиоволн.

Электромагнитные волны обеспечивают передачу информации по радио и телевидению. В этом процессе звуковые волны (механические волны) преобразуются микрофоном (приемником) в электромагнитные волны и передаются передатчиком на радио- или телевизионные станции. Эти волны затем преобразуются обратно в слышимые звуковые волны (механические волны), которую зрители могут услышать по радио или телевидению (рис. 4.19).

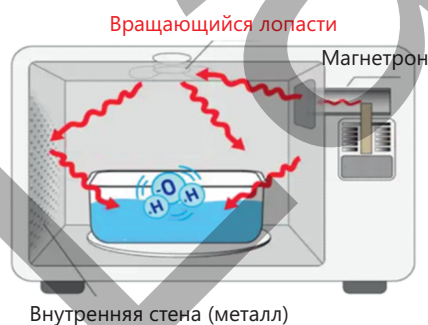


Рис. 4.20.
Микроволновая печь

Применение микроволн.

Микроволны широко используются в быту и современной технике. В быту эти волны применяются в микроволновых печах. Эти печи используются для разогрева пищи. В печи микроволны проходят через специальное устройство, называемое магнетроном. Оно преобразует электрическую энергию в микроволновое излучение. Микроволны нагревают только молекулы воды, заставляя их вибрировать, поэтому они нагревают вещества, содержащие воду (рисунок 4.20). Если сухую бумагу поместить в микроволновую печь, ее температура изменится очень незначительно.

Применение инфракрасных волн.

Инфракрасные волны – тепловое излучение тел. Эти волны используются в приборах ночного видения, пультах дистанционного управления и других технологических устройствах. Например, поскольку тело человека и автомобиль излучают инфракрасные волны, детектор прибора ночного видения принимает эти лучи и создает четкое изображение в темноте (рис. 4.21).



Рис. 4.21.
Прибор ночного видения

Применение видимых волн.

Видимые волны обеспечивает естественное зрение человека. Эти волны попадают в глаз человека, воздействуют на окончания зрительного нерва в сетчатке и создают ощущение зрения в мозгу (рис. 4.22, а). Видимые волны используются в оптических приборах – камерах, телескопах, очках (рис. 4.22, б).

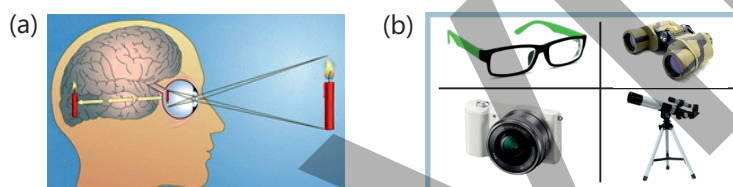


Рис. 4.22. (а) зрение, (б) оптические приборы

Применение ультрафиолетовых волн.

Ультрафиолетовые волны используются для проверки подлинности документов и бумажных денег. Так, на документах или купюрах надписи наносятся специальной невидимой краской. При попадании ультрафиолетового света на эти участки надписи становятся видимыми (рис. 4. 23).



Рис. 4.23.
Ультрафиолетовый детектор

Применение рентгеновских лучей.

Области применения рентгеновского излучения очень широки. К ним относятся медицинские, научные и технологические процессы. Например, рентгенодиагностика играет незаменимую роль в обнаружении переломов костей человека и животных (рис. 4.24).

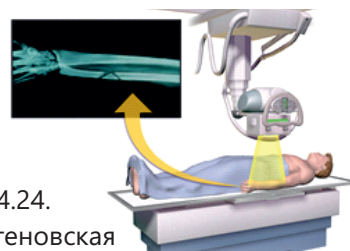


Рис. 4.24.
Рентгеновская
диагностика

Применение гамма-лучей. Это излучение широко используется в различных областях, включая медицину, науку, промышленности и безопасности.

В медицине: диагностика и лечение различных заболеваний. Например, для обнаружения рака обследования внутренних органов и лечения опухолей (рис. 4.25).

В науке: используется для изучения свойств ядерных реакций, исследования радиоактивных изотопов, фотографирования ядер и атомов и т. д.

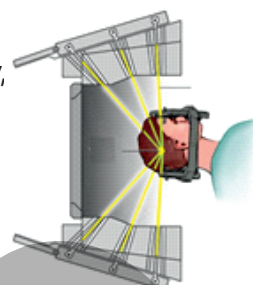


Рис. 4.25.
Лучевая терапия
раковых опухолей

• ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ

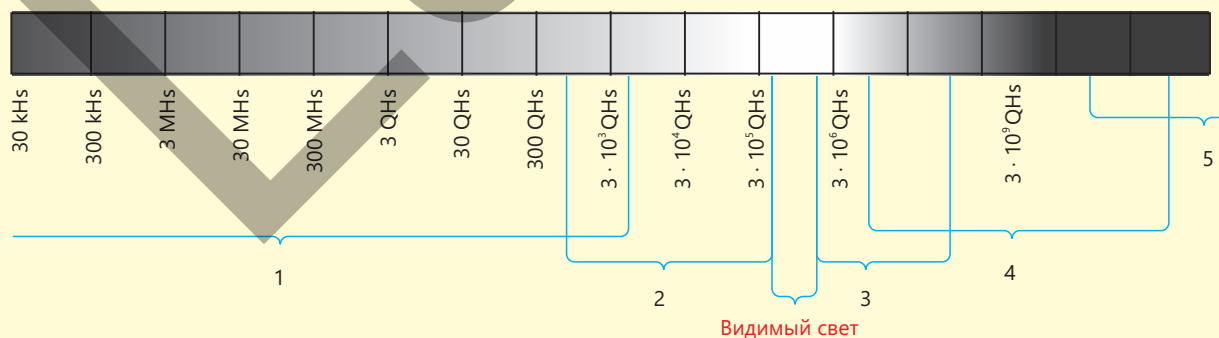
С помощью интернет-ресурсов приведите один пример применения рентгеновского и гамма-излучения.

Примените полученные знания

- У какого из приведённых ниже видов электромагнитного излучения самая короткая длина волны?
 А) Радиоволны В) Видимый свет С) Гамма излучение
 Д) Микроволны Е) Рентгеновское излучение
- На какую длину волны должен быть настроен радиоприёмник, чтобы принимать радиостанцию, вещающую на частоте 500 кГц?

Проверьте полученные знания

- Что демонстрирует шкала электромагнитных волн?
- На рисунке изображена шкала электромагнитных волн:



- Какое из чисел (1-5) соответствует инфракрасному диапазону электромагнитных волн?
- Какое из чисел (1-5) соответствует ультрафиолетовому диапазону электромагнитных волн?
- Какое из чисел (1-5) соответствует радиоволновому диапазону электромагнитных волн?

Наука, технология, жизнь

Электромагнитные волны являются одним из основных инструментов, облегчающих жизнь человека. Так, в настоящее время во многих областях устройства, работающие с электромагнитными волнами, даже заменяют людей. Например, можно привести такие примеры, как беспилотные такси, дроны и некоторые бытовые приборы, такие как «умные» пылесосы.

Беспилотные такси оснащены датчиками со всех сторон. Электромагнитные волны, излучаемые этими устройствами, определяют расстояние между такси и другими телами (например, автомобилями) и регулируют скорость.



Беспилотное такси



“Умный” пылесос

Дроны выполняют такие задачи, как перевозка грузов, организация контроля за большими территориями в целях безопасности и другие. Соответствующие команды дронам передаются дистанционно с помощью мобильного телефона или компьютера.

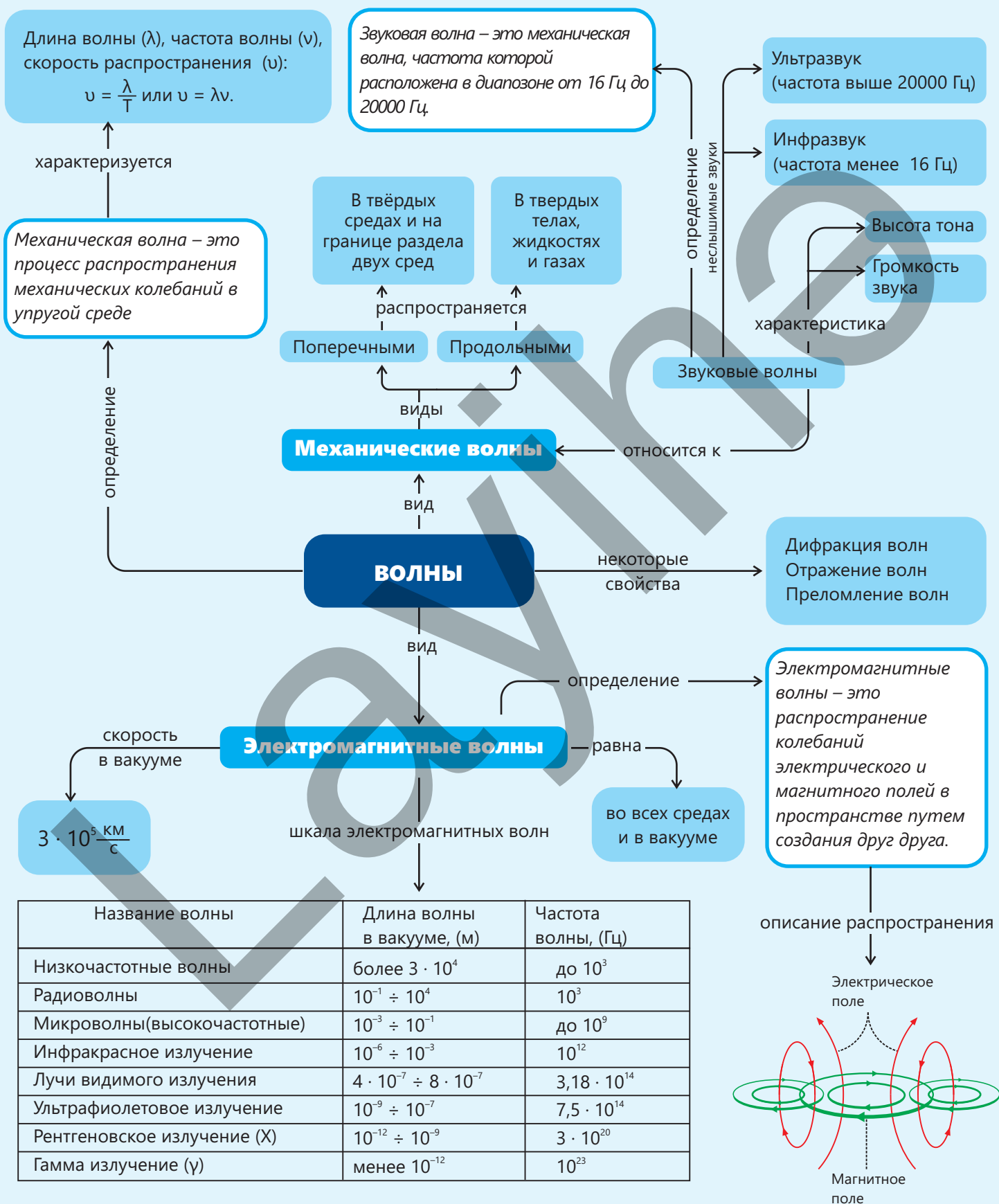


Перевозка грузов



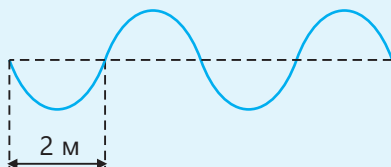
Географическое исследование

Заключение

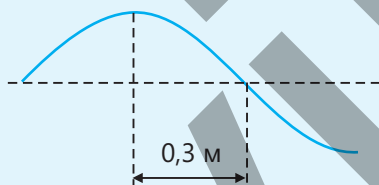


Обобщающие задания

1. Канатоходец заметил, что когда он поставил ногу на канат, возникла волна, изображенная на рисунке. Определите частоту волны, если скорость распространения волны по веревке равна $2,4 \text{ м/с}$.



2. На рисунке изображена часть поперечной волны, распространяющаяся в резиновой ленте с частотой $1,4 \text{ Гц}$. Какова скорость распространения волн?



3. Пчела машет крыльями 600 раз в минуту. Определите период колебания крыльев. Выразите ответ в секундах.

4. Почему поперечные волны не распространяются в газах?

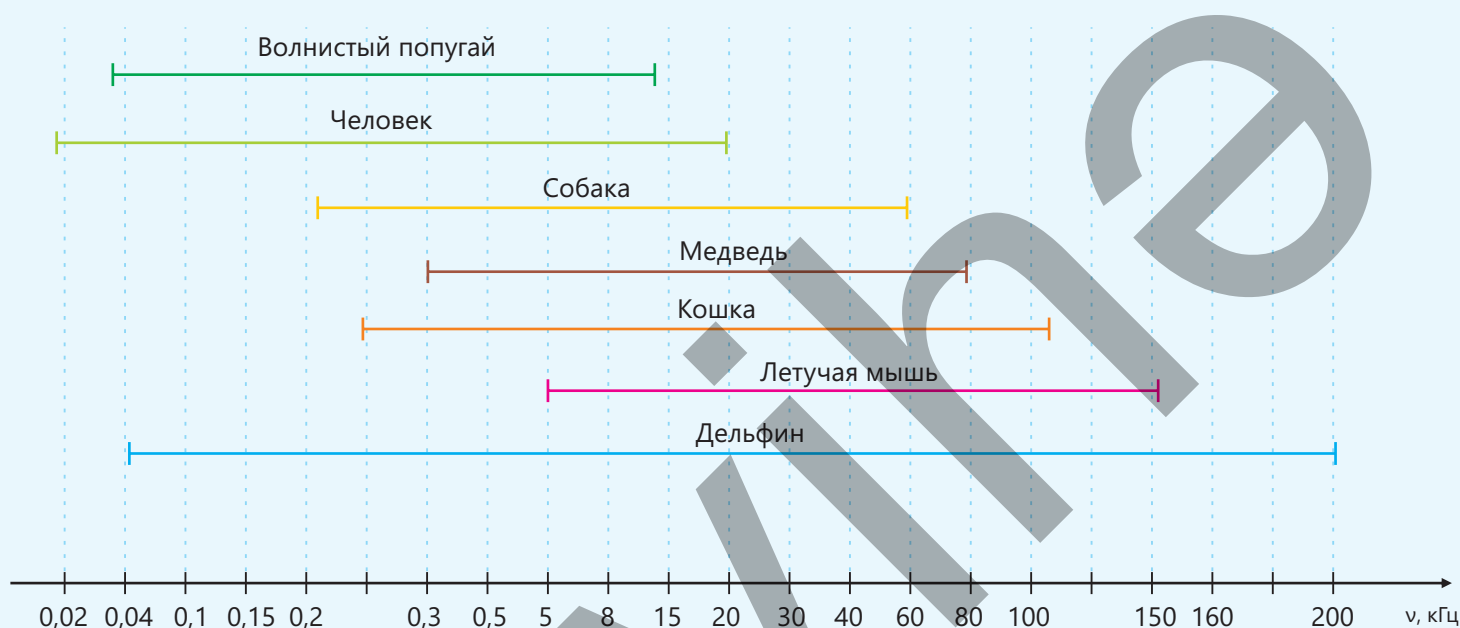
5. В бассейне установлен подводный динамик, издающий звук определенной частоты. Часть звуковой волны отражается от нижней поверхности воды, а часть преломляется и переходит в воздух. Как будут изменяться высота, длина волны и скорость звука при переходе из воды в воздух? Определите характер изменения соответствующей величины:

- а) увеличится
- б) уменьшится
- с) не изменится

Высота тона звука	Длина волны звука	Скорость звука

6. На входе в вертикальную шахту был открыт огонь. Глубина шахты равна 340 м . Через какое время после выстрела звук пули, отраженный от дна шахты, вернется к стрелку? Скорость звука в воздухе принять равной 340 м/с .

7. На рисунке показаны слышимые звуковые диапазоны, инфразвуковые, слышимые звуковые и ультразвуковые диапазоны частот для человека и различных животных.



Выберите два верных утверждения из данного списка, используя информацию представленную на рисунке.

Напишите их номера в своем ответе.

- 1) Длина волны ультразвука больше длины волны инфразвука.
- 2) Среди представленных животных волнистый попугайчик слышит самый широкий спектр звуков.
- 3) Диапазон звуков, слышимых кошкой, смещается в сторону ультразвукового диапазона по сравнению с человеческим диапазоном.
- 4) Звуки частотой 10 кГц относятся к инфразвуковому диапазону.
- 5) Звуковой сигнал длиной волны 3 см в воздухе услышат все представленные животные и человек (скорость звука в воздухе 340 м/с).

8. Радиостанция работает на частоте 12 МГц. Определите длину волны, распространяемых радиоволн ($c = 300000$ км/с).

9. Электромагнитная волна достигает Марса за 3 минуты и 6 секунд. Каково расстояние от Земли до Марса?

раздел

5

Тепловое движение молекул. Внутренняя энергия

Тепловое движение – это беспорядочное движение атомов и молекул внутри тела.

Тепловое движение частиц, составляющих тело, не зависит от того, находится ли само тело в состоянии покоя или движения. Тепловое движение иногда называют **броуновским движением**.

Это движение впервые было обнаружено в 1827 году английским ботаником Робертом Брауном, когда он под микроскопом наблюдал за пылью цветка, находящейся во взвешенном состоянии в воде. Однако Браун не смог объяснить причину, по которой каждая пылька хаотично (беспорядочно) движется в воде.



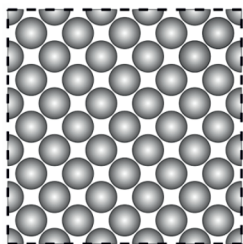
- В 1905 году правильное научное объяснение броуновского движения дал американский физик Альберт Эйнштейн. Он объяснил, что броуновское движение пылцы, находящейся во взвешенном состоянии в воде, вызвано некомпенсированными ударами молекул воды, которые в 1000 раз меньших по размеру, чем сама пыльца.
- 1. Броуновское движение подтвердило правильность каких положений о молекулярном строении вещества?
- 2. Как вы думаете, почему движение атомов и молекул вещества называется тепловым движением?
- 3. Какова энергетическая характеристика теплового движения молекул?

Из раздела вы узнаете

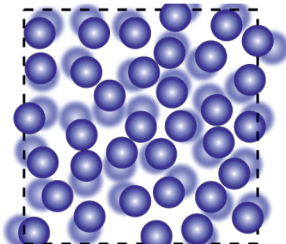
- Явления диффузии и броуновское движение подтверждают основные положения молекулярного строения веществ
- Теплообмен между веществами происходит в результате теплового движения молекул, из которых они состоят
- Теплообмен продолжается до тех пор, пока между веществами не установится тепловое равновесие.
- Температура является мерой средней кинетической энергии молекул
- Энергетическая характеристика атомов и молекул, из которых состоят вещества, – это внутренняя энергия
- Изменение внутренней энергии происходит за счет механической работы и теплопередачи

5.1 Тепловое движение молекул. Температура

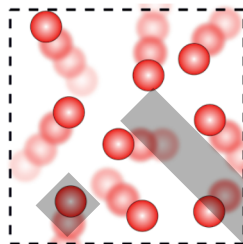
Из предмета “Природа” (5 класс) вы знаете, что все вещества состоят из атомов и молекул. Эти частицы постоянно движутся и взаимодействуют друг с другом.



Твёрдое тело



Жидкости



Газы

- Можно ли рассчитать взаимодействия молекул, образующих вещество?
- Можно ли, как и в механическом движении, точно определить траекторию движения молекул в веществе?

Ключевые слова

тепловое движение, диффузия, Броуновское движение, температура, средняя кинетическая энергия

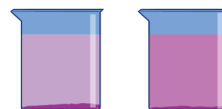
Деятельность

Как происходит диффузия при различных температурах?

Принадлежности: два лабораторных стакана, термометр, пищевой краситель, горячая и холодная вода.

Ход работы:

1. В один лабораторный стакан налейте горячую воду, в другую – холодную.
2. Добавьте в каждую пробирку равное количество пищевого красителя.



Обсудите:

1. Что вы наблюдали, когда бросали крупинки красителя в воду в пробирках?
2. В какой пробирке диффузия произошло быстрее?

В ходе деятельности наблюдалась диффузия пищевого красителя в воде в результате хаотического движения молекул воды. Однако мы не смогли увидеть мельчайшие частицы, из которых состоит вещество, невооруженным глазом. В это время возникает вопрос: “Хаотичное движение молекул через некоторое время полностью прекращается или продолжается непрерывно? Есть ли какое-либо доказательство того, что эти частицы движутся непрерывно и хаотично?” Ответить на эти вопросы удалось на основе исследований английского ботаника Роберта Броуна.

Броуновское движение

Броун обнаружил это движение в 1827 году, когда с помощью микроскопа изучал движение пыльцы в воде. Было установлено, что каждая частица (называемая броуновской частицей) движется по траектории, состоящей из ломаных линий, которая отличается от движения другой броуновской частицы. На рисунке 5.1 представлено изображение траекторий движения трех броуновских частиц, наблюдаемых под микроскопом. Точки на изображении показывают положения частиц через равные промежутки времени.

Броуновское движение можно наблюдать и в газах.

Как можно объяснить броуновское движение?

Этот вопрос можно объяснить на основе молекулярного строения веществ в следующей последовательности:

- 1) вода (газ) состоит из молекул;
- 2) молекулы находятся в непрерывном и хаотичном движении;
- 3) молекулы, двигаясь хаотично, сталкиваются с броуновской частицей;
- 4) поскольку молекулы наносят броуновской частице удары с разных направлений, в разном количестве и с разными силами, броуновская частица движется по сложной траектории, состоящей из ломаных линий (рис. 5.2).

В результате экспериментов установлено, что скорость броуновской частицы зависит от ее массы и температуры жидкости (газа) и вида жидкости. Так, если масса броуновской частицы мала, а температура жидкости (газа) высокая, то и скорость броуновской частицы будет высокой. По аналогичной закономерности скорость движения молекул вещества также зависят от их массы и температуры вещества.

Таким образом, броуновское движение подтверждает следующий научный факт:

- все вещества состоят из атомов и молекул;
- в результате столкновения молекул вещества друг с другом направление их движения постоянно изменяется. Поэтому эти частицы совершают непрерывное хаотичное движение.

Хаотическое движение молекул, из которых состоит тело, называется *тепловым движением*.

– Интенсивность теплового движения молекул зависит от температуры вещества, т. е. чем выше температура вещества, тем быстрее движутся молекулы.

Степень нагретости тел различается по их температурам. Например, температура мороженого ниже температуры воды, а температура меди в жидком состоянии меди, не достигающая температуры отвердевания, выше, чем ее температура в твердом состоянии.

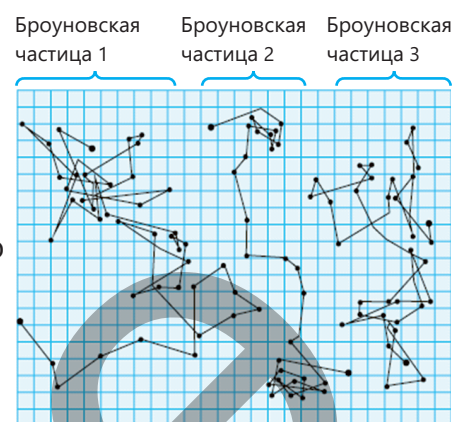


Рис. 5.1. Траектория движения броуновской частицы

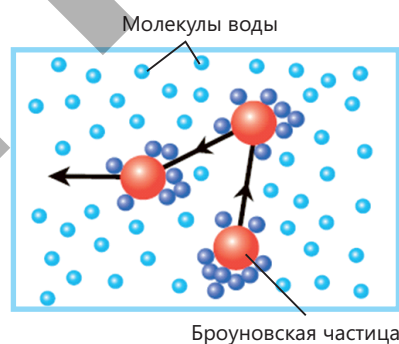


Рис. 5.2. Молекулы воды наносят броуновской частице удары с разных направлений

Зависит ли скорость движения молекул только от температуры?

Установлено, что при нормальных условиях ($p = 760$ мм рт. ст. и температура 20°C) скорости хаотического движения молекул разных веществ также различны.

В таблице 5.1 приведены массовые числа и средние скорости молекул различных веществ. Как видно, с увеличением массового числа молекул их средняя скорость уменьшается. Это связано с тем, что молекулы с большим массовым числом имеют большую массу. Этот результат показывает, что скорость теплового движения зависит не только от температуры, но и от массы молекул.

• ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ

Можно ли точно измерить кинетическую энергию каждой молекулы, составляющей вещество? Обоснуйте свой ответ.

Таблица 5.1.

Вещество	Химический символ	Массовое число	Средняя скорость, м/с
Гелий	He	4	1350
Водяной пар	H ₂ O	18	585
Азот	N ₂	28	470
Кислород	O ₂	32	400
Диоксид углерода	CO ₂	44	370

Знаете ли вы?

Молекулы воды и воздуха являются основными компонентами нашей жизни. В капле воды содержится $\approx 10^{21}$ молекул. Когда человек делает вдох, он вдыхает $\approx 2,5 \cdot 10^{22}$ молекул воздуха. Поскольку примерно 21% воздуха составляет кислород (O₂), при каждом вдохе человек вдыхает $\approx 25 \cdot 10^{21}$ молекул кислорода.

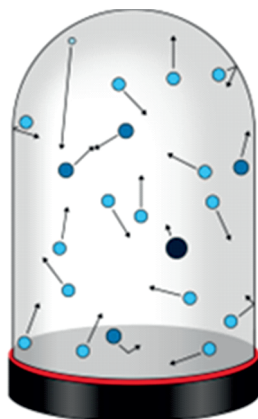
Следовательно, средняя скорость молекул зависит не только от температуры, но и от их массы. Другая физическая величина, зависящая от скорости и массы молекулы, – это кинетическая энергия. Теоретически установлено, что температура тела зависит от средней кинетической энергии составляющих его молекул.

Температура – это мера средней кинетической энергии молекул, составляющих тело.

Когда средняя кинетическая энергия молекул, составляющих тело, велика, его температура также высокая.

Примените полученные знания**Моделирование хаотического движения частиц газа**

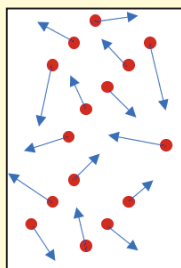
На рисунке тепловое движение четырёх различных газовых частиц, находящихся в закрытом сосуде при определённой температуре, изображено с помощью стрелок. Эти частицы – атомы гелия и аргона, а также молекулы водорода и кислорода.

**Обсудите:**

1. Почему скорость движения различных газовых частиц при одинаковой температуре разная?
2. Если в закрытый сосуд ввести водяной пар, как будут двигаться его молекулы по сравнению с гелием и кислородом?

Проверьте полученные знания

1. На рисунке изображена модель движения молекул газа в герметичном сосуде заданного объема. Если повысить температуру газа, как изменится его давление и скорость движения его молекул?



	Давление газа	Скорость движения молекул газа
A)	не изменится	увеличится
B)	увеличится	уменьшится
C)	увеличится	увеличится
D)	увеличится	не изменится
E)	не изменится	не изменится

2. На рисунке изображены модели молекул газа в цилиндре, оснащённом поршнем, движущемся без трения. Для изменения объёма газа поршень перемещают внутри цилиндра.

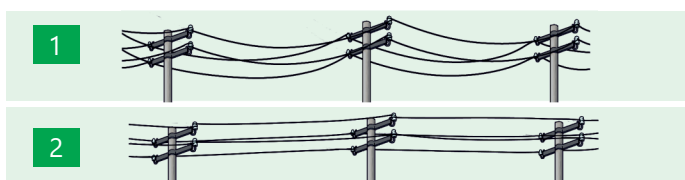
- а) Как тепловое движение молекул газа создает давление в цилиндре?
- б) При нагревании газа в цилиндре поршень смещается наружу. На основе этого выберите 3 верных утверждения из приведенных ниже.



Утверждение	Знак (✓)
Среднее расстояние между молекулами газа увеличивается.	
Общая масса молекул газа остается неизменной.	
Размер молекул газа увеличивается.	
Скорость молекул газа увеличивается.	
Средне кинетическая энергия молекул газа уменьшается	

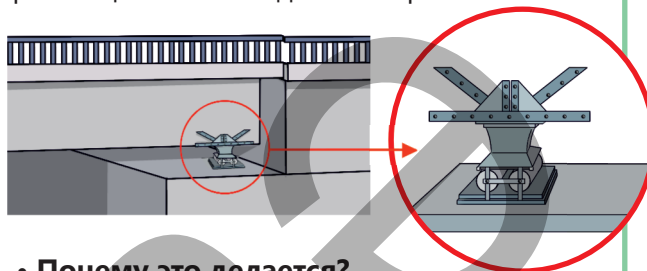
5.2 Тепловое расширение тел

На рисунке изображено положение электрических проводов летом (1) и зимой (2).



• В чем причина различного положения проводов в эти времена года?

Несущие части металлических мостов размещаются на подвижных роликах.



• Почему это делается?

1
Деятельность

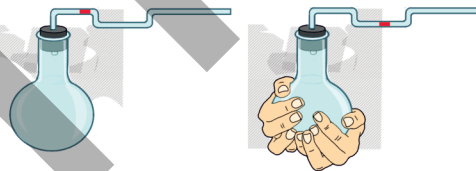
Что приводит в движение каплю в трубке?

Принадлежности: прибор "дилатометр".

Описание прибора: "дилатометр" – состоит из колбы с пробкой. Через пробку проходит изогнутая стеклянная трубка с каплей окрашенной воды внутри.

Ход работы:

1. Нагрейте дилатометр, поддерживая его в ладонях обеих рук и наблюдайте, как капля меняет свое положение в трубке.
2. Поставьте прибор на стол, уберите руки от колбы и проследите, в каком направлении капля меняет положение в трубке.



Обсудите:

1. Почему капля двигалась, когда вы нагревали колбу руками?
2. Почему, когда вы убрали руки от колбы, капля сместилась в противоположном направлении?
3. Какое вещество в ходе эксперимента расширяется при нагревании и сжимается при охлаждении?

Причина плотного и упорядоченного расположения молекул (атомов) твёрдого тела заключается в наличии между ними очень сильных сил притяжения. Поскольку сила взаимного притяжения между молекулами твёрдого тела велика, они колеблются только вокруг своих положений. Молекулы жидкости расположены реже по сравнению с твёрдыми телами. Это связано с тем, что силы притяжения между ними слабее, чем силы между молекулами твёрдых тел. А силы между молекулами газа незначительны по сравнению с силами притяжения между молекулами жидкости (рис. 5.3).

При нагревании тела средняя кинетическая энергия его молекул увеличивается. А увеличение

кинетической энергии увеличивает тепловое движение молекул. При этом объем самих молекул не меняется, но расстояние между ними увеличивается. Например, при нагревании твёрдого тела усиливается вибрация (колебательное движение) его молекул. Эти колебания передаются соседним частицам, и они также начинают колебаться с той же частотой. Таким образом, по мере усиления колебаний молекул они совершают колебательные движения

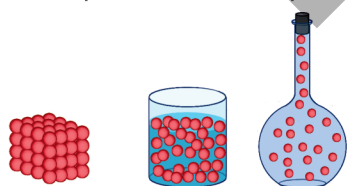


Рис. 5.3. Молекулярное строение твёрдого тела, жидкости и газа

вокруг своих положений с большей амплитудой. В результате расстояние между частицами увеличивается, и происходит объемное расширение твердого тела. При охлаждении тела происходит обратный процесс: средняя кинетическая энергия теплового движения молекул уменьшается.

В результате амплитуды колебательных движений молекул в твердых телах уменьшаются, и молекулы сближаются друг с другом (рис. 5.3). Причина теплового расширения жидкостей и газов также заключается в том, что при увеличении средней кинетической энергии молекулы перемещаются в больший объем.

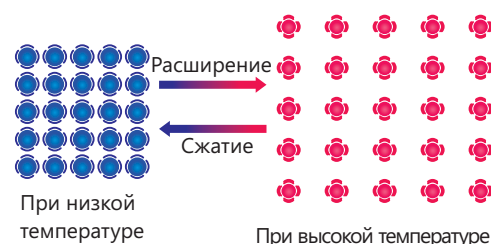


Рис. 5.4. Расширение твердого тела при нагревании и сжатие при охлаждении

• ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ

Почему трубы нефте- или газопроводов на некоторых участках прокладываются в форме буквы "П", а не по прямой линии?



2

Деятельность

Тепловое расширение твердых тел

Принадлежности: прибор линейного расширения, спиртовка (или свеча), зажигалка.

Конструкция прибора линейного расширения. Прибор состоит из трех стрелок разного цвета (белого, красного и синего), шкалы (каждое деление составляет 5°), двух опор (одна из опор снабжена крепежным винтом) и трех металлических стержней (стальных, медных и алюминиевых) одинаковой длины и толщины.

Ход работы:

1. Поместите один из стержней на опоре, закрепите один конец, а другим концом коснитесь соответствующей стрелки.
2. Зажгите спиртовку, нагрейте стержень в течение 1-2 минут и наблюдайте за движением стрелки.
3. Погасите спиртовку и продолжайте наблюдение еще 1-2 минуты.



Обсудите:

1. Как изменялось положение стрелки при нагревании и охлаждении металлического стержня?
2. Какой вывод вы сделали из эксперимента?

Знаете ли вы?

Одним из самых интересных и важных свойств воды, отличающих ее от всех других веществ, является то, что ее твердое состояние (лед) легче жидкого. В морозную погоду (т. е. при температуре ниже 0°C) поверхность воды находится в непосредственном контакте с воздухом. Поскольку воздух очень холодный, тепло сначала начинает уходить с поверхности. Поверхность воды охлаждается, отдавая свое тепло воздуху, а когда достигает 0°C , начинает замерзать и покрываться слоем льда. Этот слой действует как изолятор, предотвращая полное замерзание водоемов и опасность вымирания живых существ. Как вещество с наибольшей плотностью, опускается на дно. Поэтому дно морей, поверхность которых покрыта льдом, всегда остается в жидком состоянии при температуре 4°C , в котором могут жить живые организмы. В зимние месяцы нижние части озер и рек, покрытых льдом, также всегда имеют одну и ту же благоприятную для жизни температуру, т. е. 4°C .

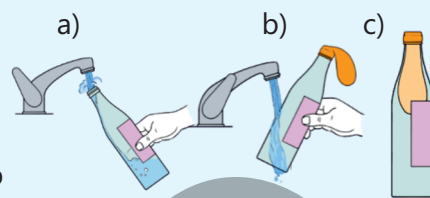
Примените полученные знания

Почему резиновый шар втягивается в бутылку?

Принадлежности: стеклянная бутылка, резиновый шар, горячая и холодная вода, нить.

Ход работы:

1. Наполните бутылку горячей водой (а).
2. Через несколько минут слейте воду и сразу же вставьте в горлышко бутылки резиновый шарик.
3. Держите бутылку под струей холодной воды (б) и наблюдайте, как шарик постепенно втягивается в бутылку (с).



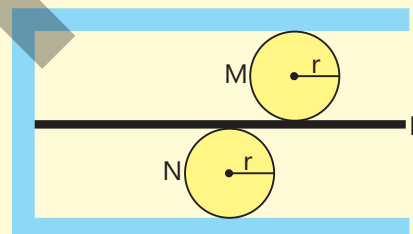
Обсудите:

- Почему резиновый шарик втягивается в бутылку при ее охлаждении? Обоснуйте свой ответ.

Проверьте полученные знания

1. Закрепленный одним концом на стене стержень L расположен между колесами одинакового размера M и N. Какое утверждение верно относительно явления, происходящего при нагревании стержня (расширение колес за счет тепла не учитывается)?

- 1) Колесо M будет вращаться по часовой стрелке.
- 2) Колесо M будет вращаться против часовой стрелки.
- 3) Колесо N будет вращаться по часовой стрелке.
- 4) Колесо N будет вращаться против часовой стрелки.
- 5) Колесо M будет вращаться больше, чем колесо N.

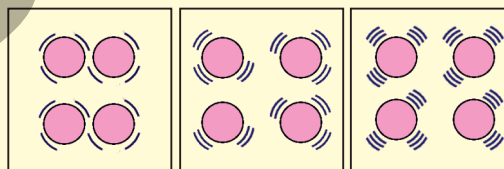


- A) 1, 4 и 5 B) 1 и 4 C) 2 и 4 D) 1, 3 и 5 E) 2, 3 и 5

2. Если тело расширяется под воздействием тепла, как изменяется размер его молекул?

3. На рисунке изображено изменение состояния молекул нагреваемого тела. Какое из приведенных ниже утверждений верно для этого тела?

- 1) Скорость движения молекул увеличивается.
- 2) Расстояние между молекулами увеличивается.
- 3) Линейные размеры молекул увеличиваются.
- 4) Количество молекул увеличивается.
- 5) Линейные размеры молекул не изменяются.



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

5.3 Тепловое равновесие. Температурные шкалы

Ниджат вместе с отцом занимался уборкой в дачном доме. Он положил в багажник автомобиля бутылку с водой, несколько гвоздей и теннисную ракетку. Через 3 часа пребывания автомобиля под солнечными лучами температура внутри достигла 40 °С.

• **Что вы можете сказать о температуре предметов, находящихся в багажнике автомобиля?**

Деятельность

Какое тело холоднее?

Принадлежности: стакан, горячая вода, металлическая и пластиковая ложки примерно одинакового размера, стеклянная и деревянная палочки, электронный термометр.

Ход работы:

1. Налейте в стакан горячую воду выше половины и опустите в него термометр.
2. Поместите ложки и палочки в воду так, как показано на рисунке, и наблюдайте за показаниями термометра.
3. Коснитесь стакана, ложки и палочек по отдельности. Обсудите, какой можете сделать вывод о температуре предметов в воде на основе показаний термометра.



Обсудите:

1. **Что вы можете сказать о температуре тел, помещённых в воду?**
2. **После того, как прикоснуться к каждому из этих тел по отдельности, какое из них покажется вам более холодным?**
3. **Нужно ли касаться каждого тела термометром для определения температуры каждого тела?**

Для того, чтобы ответить на вопросы, нет необходимости измерять температуру каждого предмета по отдельности. Контакт горячей воды со всеми предметами создает тепловое равновесие.

Тепловое равновесие

То, что тела находятся при разных температурах, объясняется тем, что их молекулы имеют разную среднюю кинетическую энергию. Когда тела соприкасаются друг с другом, столкновения между их молекулами вызывают передачу кинетической энергии (тепла) от горячего тела к холодному. Таким образом, в это время между телами происходит теплообмен. В результате теплообмена температура горячего тела начинает понижаться, а температура холодного тела – повышаться. Теплообмен продолжается до тех пор, пока средняя кинетическая энергия молекул обоих тел не сравняется. После этого процесса, который длится определенный период времени, температуры тел сравниваются и устанавливается тепловое равновесие (рис. 5.5).

– *Тепловое равновесие – это состояние, при котором два или более тела достигают одинаковой температуры в результате теплообмена друг с другом.*

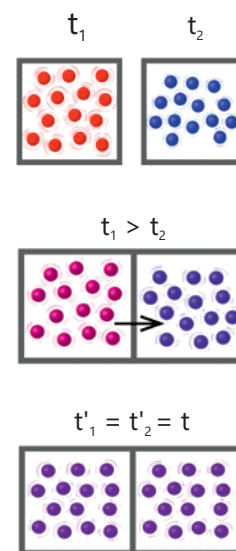
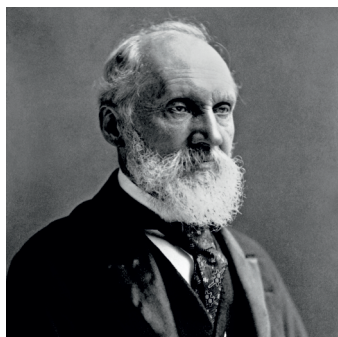


Рис. 5.5.
Возникновение
теплового баланса
между телами

- ПОДУМАЙ
- ОБСУДИ
- ПОДЕЛИСЬ

Можно ли измерить температуру в классе ртутным медицинским термометром?



Уильям Томсон (лорд Кельвин) (1824-1907) – английский физик, один из основателей “Термодинамики”, изучающей тепловые явления.

Температурные шкалы

Температура измеряется с помощью *термометра*. Как и любой измерительный прибор, термометр имеет шкалу и единицу измерения. Для создания шкалы термометра берутся две основные точки отсчета температуры, а расстояние между этими точками делится на равные части и градуируется в соответствии с выбранной единицей температуры. Например, термометр, который мы используем в быту, измеряет температуру в градусах Цельсия (°C). В этой шкале термометра при нормальном атмосферном давлении 0°C соответствует температуре плавления льда, а 100°C – температуре кипения воды. Расстояние между этими основными точками делится на 100, и каждое деление принимается за 1°C. Шкала термометров, используемых в США и некоторых других странах, градуирована в градусах Фаренгейта (°F). По шкале Фаренгейта температура плавления льда соответствует 32°F, а температура кипения воды – 212°F (рис. 5.6). Расстояние между этими основными точками делится на 212, и каждое деление принимается за 1°F. Между шкалами Цельсия и Фаренгейта существует следующая связь:

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

В 1848 году английский физик Уильям Томсон (лорд Кельвин) предложил новую температурную шкалу. Эта шкала называется *абсолютной температурой* или *шкалой Кельвина*. Нулевая точка (0 K) на шкале Кельвина называется *абсолютным нулем* температуры. При температуре абсолютного нуля молекулы вещества прекращают тепловое движение, и их средняя кинетическая энергия становится равной нулю.

Температура, соответствующая абсолютному нулю по шкале Цельсия, равна **-273°C** (точнее **-273,15°C**). По шкале Кельвина температура таяния льда равна 273K, а температура кипения воды – **373K** (см. рис. 5.6). Между температурами, измеренными по шкале Кельвина и Цельсия, существует следующая связь:

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

Единицей абсолютной температуры является основная единица СИ Кельвин (K):

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

Изменение температуры на 1K по шкале Кельвина соответствует изменению на 1°C по шкале Цельсия. Следовательно, разница температур как по шкале Кельвина, так и по шкале Цельсия одинаковая:

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

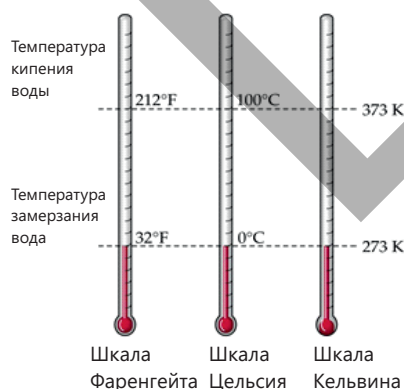


Рис. 5.6.
Температурные шкалы

Знаете ли вы?

Повышение температуры в режиме обогрева кондиционера не приводит к более интенсивной работе устройства. Он всегда работает с постоянной интенсивностью и его основная цель – поддерживать тепловой баланс в помещении. Когда температура достигает заданного уровня, датчики автоматически отключают устройство.

Примените полученные знания

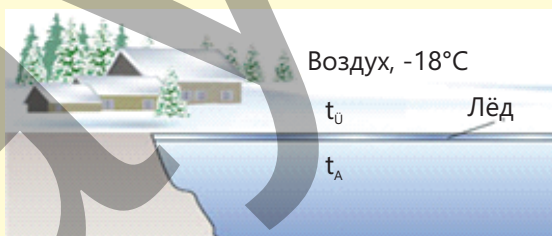
Задача (образец). Температура тела измеряется с помощью термометра, который длительное время находился в помещении с температурой 25°C . После измерения термометр показывает 37°C . Насколько изменилась температура термометра? Рассчитайте это изменение температуры по шкале Цельсия, Фаренгейта и Кельвина.

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

Задача. Нигяр возвращалась с зимних каникул с родителями из Стамбула. На экране в самолете она прочитала, что полет проходит на высоте 10 000 м, а температура за бортом самолета составляет -58°C . Когда самолет приземлился в международном аэропорту Баку, было объявлено, что температура в городе составляет $+12^{\circ}\text{C}$. Нигяр начала в уме подсчитывать разницу температур между температурой в верхних слоях атмосферы и Баку по шкалам Цельсия, Фаренгейта и Кельвина. Можете ли вы помочь Нигяр рассчитать разницу температур?

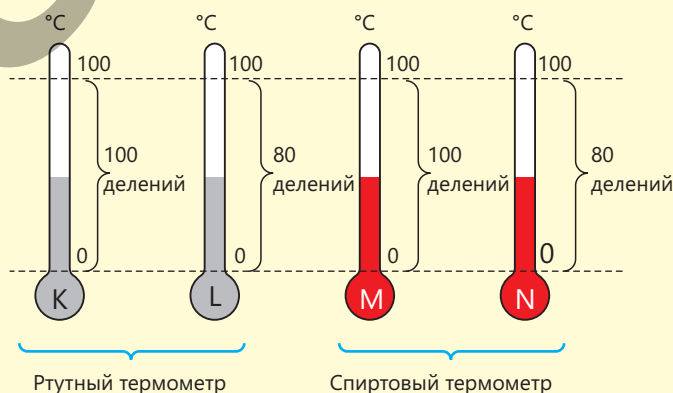
Проверьте полученные знания

1. Поверхность водоема в деревне покрыта толстым слоем льда. Температура воздуха -18°C . Какова температура $t_{\text{в}}$ верхней поверхности ледяного покрова и $t_{\text{д}}$ нижней поверхности?



	$t_{\text{в}}$	$t_{\text{д}}$
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. На рисунке изображены ртутные термометры K и L, спиртовые термометры M и N с разным количеством делений шкалы. Какой из них можно использовать в качестве наиболее чувствительного термометра на полюсах Земли?

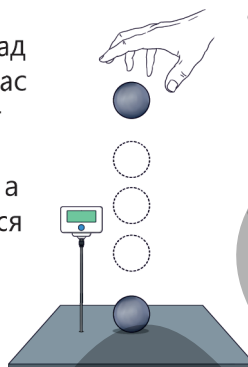


- A) Только N
- B) Только L
- C) Только M
- D) Только K
- E) K и M

Принять во внимание: температура замерзания ртути равна -39°C , а температура замерзания спирта равна -115°C . На Северном полюсе Земли зимой температура равна -40°C , а на Южном полюсе температура равна -62°C .

5.4 Внутренняя энергия. Способы изменения внутренней энергии

Когда стальной шар удерживают на определенной высоте над стальной пластиной, положенной на пол, ему придается запас потенциальной энергии. Когда шар отпускают, его высота от пола постепенно уменьшается, а скорость увеличивается. Соответственно, потенциальная энергия шара уменьшается, а его кинетическая энергия увеличивается. Когда мяч ударяется о пластину, его потенциальная энергия полностью преобразуется в кинетическую энергию. Однако когда мяч ударяется о пластину и останавливается, он также теряет свою кинетическую энергию.



- Куда исчезла механическая энергия шара, когда он упал на поверхность пластины?
- Почему в этом случае повысилась температура как шара, так и пластины?

Ключевые слова внутренняя энергия, способы изменения внутренней энергии, совершение механической работы, теплопередача

Куда исчезла механическая энергия?

После удара о пластину молекулы стального шара, оставшегося на поверхности, “возбуждаются”. Это сопровождается деформацией шара (пластины) и повышением температуры. Повышение температуры означает увеличение средней кинетической энергии молекул, а деформация – изменение межмолекулярных расстояний и взаимодействий. Таким

образом, механическая энергия стального шара не исчезает навсегда, она переходит во **внутреннюю энергию** тела, то есть среднюю кинетическую энергию молекул и потенциальную энергию их взаимодействия.

Внутренняя энергия – сумма средней кинетической энергии движения и потенциальной энергии взаимодействия молекул, составляющих тело.

Внутренняя энергия обозначается буквой U , а ее единица в СИ – джоуль (1Дж). Полная энергия тела – это сумма его механической и внутренней энергии:

$$E_{\text{полн}} = E_{\text{мех}} + U = E_{\text{к}} + E_{\text{р}} + U$$

1

Какая энергия поднимает гирию?

Принадлежности: воздушный насос и его вакуумная камера, сосуд с поршнем, гирия (0,5 кг).

Ход работы:

1. Поместите чашу с поршнем в вакуумную камеру воздушного насоса и положите на него гирию.
2. Постепенно откачайте воздух из вакуумной камеры с помощью насоса и наблюдайте, как поршень вместе с грузом поднимается вверх самостоятельно.



Обсудите:

- За счёт какой энергии поднимается поршень с гирей после удаления воздуха из вакуумной камеры?

От чего зависит внутренняя энергия?

– *Внутренняя энергия зависит от температуры тела.* Чем выше температура тела, тем больше скорость движения (средняя кинетическая энергия) его молекул. При повышении температуры внутренняя энергия тела увеличивается, а при понижении – уменьшается.

– *Внутренняя энергия зависит от агрегатного состояния тела.* В твердом, жидком и газообразном состояниях молекулы тела различаются как по характеру теплового движения, так и по расстоянию между ними. По этой причине различаются как средняя кинетическая энергия, так и потенциальная энергия взаимодействия молекул.

– *Внутренняя энергия зависит от массы тела.* Масса тела определяется общей массой всех его молекул. Поскольку внутренняя энергия представляет собой сумму кинетической и потенциальной энергий всех молекул тела, то при прочих равных условиях (при постоянных значениях температуры и давления) тело с большей массой будет обладать большей внутренней энергией.

Способы изменения внутренней энергии

Внутреннюю энергию тела можно изменить двумя способами. Это методы совершения механической работы и теплопередача.

В повседневной жизни часто можно наблюдать изменение внутренней энергии тела за счет совершения механической работы. Например, когда мы потираем ладони друг о друга или пилим дерево, руки и пила быстро нагреваются из-за механической работы силы трения, в результате чего внутренняя энергия тел увеличивается (рис. 5.7).

– *Когда над телом совершается механическая работа, его внутренняя энергия увеличивается, а когда само тело совершает работу, его внутренняя энергия уменьшается.*

• ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ

Изменение внутренней энергии (ΔU) может быть положительным или отрицательным. В каком случае оно положительное ($\Delta U > 0$), в каком – отрицательное ($\Delta U < 0$)?

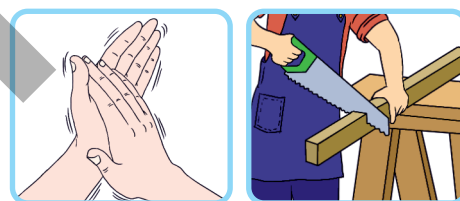


Рис. 5.7. Увеличение внутренней энергии за счет совершения работы

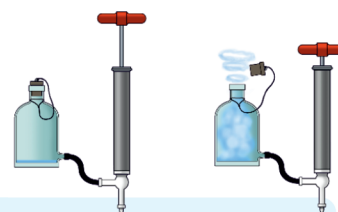
2

Деятельность

Принадлежности: толстостенная стеклянная емкость, резиновая пробка, шланг, воздушный насос, веревка.

Ход работы:

1. Налейте в емкость небольшое количество воды и плотно закройте ее пробкой. Встряхните ее несколько раз, чтобы увлажнить воздух в емкости.
2. Привяжите пробку веревкой к горлышку емкости.
3. Накачайте воздух в емкость и внимательно наблюдайте за происходящим.



Обсудите:

1. За счет работы какого тела пробка вылетела?
2. Почему в емкости образовался туман после того, как вылетела пробка? Что является причиной охлаждения воздуха в емкости?



Рис. 5.8.
Изменение внутренней энергии при теплопередаче

Когда чайник ставят на холодную подставку, через некоторое время вода в нем остывает. А когда чайник нагревают, наоборот, температура воды повышается, и она закипает. Если в стакан с водой бросить кубики льда, вода тоже охлаждается (рис. 5.8). Во всех этих примерах тела находятся в состоянии покоя – механическая работа не совершается. Однако некоторые из них увеличивают свою внутреннюю энергию по мере нагревания, а некоторые уменьшают свою внутреннюю энергию по мере охлаждения.

Таким образом, при соприкосновении двух тел разной температурой между ними происходит теплообмен: тепло передается от тела с более высокой температурой телу с более низкой температурой.

В результате внутренняя энергия тела, отдающего тепло, уменьшается, а у тела получающего тепло, – увеличивается.

Процесс изменения внутренней энергии тела без совершения над ним работы называется *теплопередачей*.

Существует три вида теплопередачи: теплопроводность, конвекция и излучение.

Примените полученные знания

Задача. Вода в лабораторном стакане при температуре 5°C нагревается на газовой горелке. Учитель раздает ученикам следующую таблицу с утверждениями, которые могут быть результатом данного явления, и дает задание: “Если утверждение верное, поставьте знак “√” в соответствующей колонке “В”, если утверждение неверное – в колонке “Н”.

	Утверждение	В	Н
1	Внутренняя энергия молекул воды не меняется		
2	Энергия взаимодействия молекул воды увеличивается		
3	Средняя кинетическая энергия молекул воды увеличивается		
4	Расстояние между молекулами воды уменьшается		
5	Скорость поступательного движения молекул воды уменьшается		



• Как должна выглядеть заполненная таблица?

Проверьте полученные знания

1. В каком из следующих случаев внутренняя энергия тела изменилась за счет механической работы, а в каком – за счет теплопередачи?

- Горячий утюг остыл.
- Гвоздь вбили в доску молотком.
- В чайнике нагрели вода.
- Зрители аплодировали.
- В печи горели дрова.
- Солнце согрело Землю.
- Напильник нагрелся при обработке заготовки.
- Напильник нагрелся от руки мастера.
- Кубик льда бросили в холодную воду.

2. Свинцовый шар массой 10 кг упал с высоты 2,8 м на поверхность бетонной плиты. На сколько джоулей изменилась внутренняя энергия шара (примите во внимание, что внутренняя энергия бетонной плиты не изменяется)?

5.5 Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция и излучение

Температура в квартире равна 20°C . Однако, если прикоснуться к металлической ручке деревянной двери в комнате, то она ощущается холоднее, чем дерево.



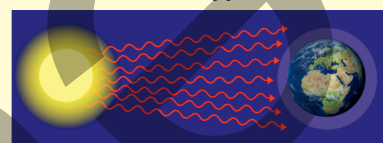
• Почему металлическая ручка при той же температуре ощущается холоднее, чем деревянная дверь?

Когда мы подносим руку над пламенем свечи, чувствуем, как от нее вверх поднимается теплый поток воздуха.



• Как называется процесс переноса тепла потоком воздуха?

Наша планета находится на расстоянии $\approx 1,5 \cdot 10^8$ км от Солнца. Пространство на этом расстоянии почти является вакуумом.



• Как происходит процесс передачи тепла от Солнца к Земле в вакууме?

Ключевые слова теплопроводность, конвекция, перенос вещества, перенос энергии, излучение

1

Деятельность

Каким способом произошло изменение внутренней энергии?

Принадлежности: железный и медный стержень одинакового размера, небольшие гвозди (8-10 шт.), парафин (или пластилин), свеча (или спиртовка), штатив (2 шт.), спички.

Ход работы:

1. Закрепите железный и медный стержни по отдельности на штативе и, оставив между ними одинаковое расстояние, прикрепите гвозди к их поверхности с помощью парафина.
2. Расположите стержни, как показано на рисунке, нагрейте их свободные концы с помощью свечи и наблюдайте за последовательностью падения гвоздей.



Обсудите:

1. Какой способ изменения внутренней энергии произошёл у стержней?
2. Почему гвозди на медном стержне оторвались раньше, чем на железном стержне?

Теплопроводность

В железном стержне атомы совершают колебательные движения вокруг определенных состояний равновесия. Когда нагревается конец стержня, который касается пламени свечи, скорости колебательного движения и амплитуды колебаний

атомов металла увеличиваются. Эти атомы взаимодействуют с соседними атомами и отдают им часть своей энергии. Таким образом, поскольку процесс теплопередачи происходит по всему стержню, он постепенно нагревается. Атомы в металлическом стержне, передавая часть своей энергии, не изменяют своих положений равновесия, и перенос вещества в теле не происходит.

***При теплопроводности переносится только энергия, перенос вещества не происходит.**

Процесс передачи тепловой энергии от более горячей части тела к более холодной части или от более горячего тела к более холодному называется *теплопроводностью*.

• ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ



Есть поговорка: “Длинной кочергой руку не обожжешь”.

• Если кочерга будет долго оставаться в огне, обожжет ли она нашу руку? Почему?

2

Деятельность

Какой это вид теплопередачи?

Принадлежности: лабораторный стакан, холодная вода (1 литр), небольшая глиняная колба, подкрашенная горячая вода (20 мл).

Ход работы:

1. Наполните лабораторный стакан холодной водой выше наполовины.
2. Наполните колбу подкрашенной горячей водой, закройте ее горлышко пальцем и поместите на дно лабораторного стакана с холодной водой.

Откройте горлышко колбы и наблюдайте за происходящим.

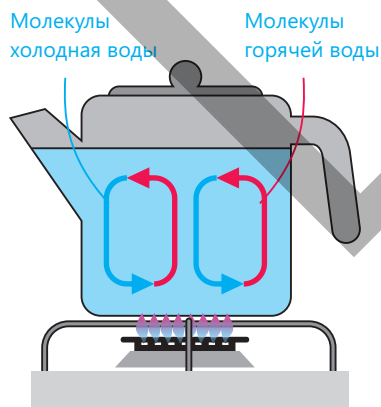


Обсудите:

1. Почему окрашенная горячая вода из колбы поднимается на поверхность холодной воды, как извержение вулкана?

2. Каким способом происходит наблюдаемый вами процесс теплопередачи?

Обоснуйте свой ответ.



Конвекция

В жидкостях и газах теплообмен происходит в результате свободного движения и перемещения молекул. Когда жидкости нагреваются, они расширяются под воздействием тепла. При этом плотность горячей жидкости в нижнем слое уменьшается, а плотность холодной жидкости в верхнем слое остается больше.

Под воздействием силы Архимеда горячая жидкость, имеющая меньшую плотность, поднимается вверх, а холодная жидкость опускается вниз, чтобы заполнить ее место (рис. 5.9).

Рис. 5.9. Конвекция в жидкости

Когда нижняя часть жидкости нагревается и поднимается вверх, возникает поток жидкости, и этот процесс повторяется. В результате внутри жидкости происходит теплообмен по всему объему. Этот процесс, происходящий в жидкостях, также можно применить и газам. Примером этого является отопление комнаты с помощью радиатора отопления в нашей квартире. Таким образом, когда радиатор нагревает воздух, его плотность уменьшается, и горячий воздух поднимается вверх. Так как плотность холодного воздуха больше, он опускается и заполняет место горячего воздуха. При повторении этого процесса в помещении создается поток воздуха, и тепло распределяется по всему помещению (рис. 5.10).

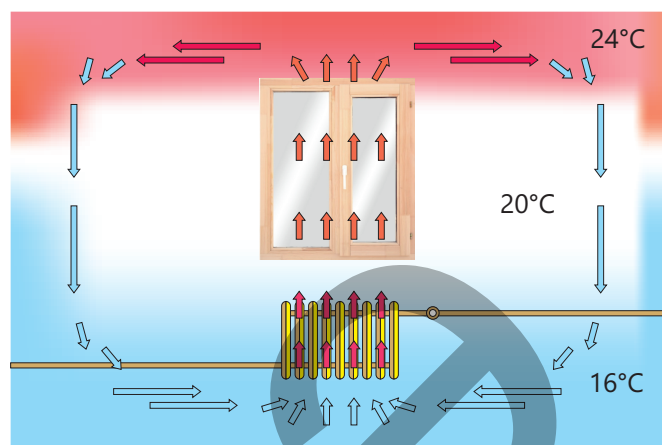


Рис. 5.10.
Конвекция в газах

Процесс передачи энергии потоком жидкости или газа (перенос вещества) называется конвекцией.

*Иногда поток жидкости и газа, возникающий в процессе конвекции, также называется *конвективным течением*. Поскольку молекулы твердых тел не могут свободно менять положения, конвекция в них не происходит.

Излучение

Пространство за пределами атмосферы Земли практически является вакуумом. А в вакууме передача энергии посредством теплопроводности и конвекции невозможна. Поэтому, когда говорят, что от Солнца на Землю поступает огромное количество энергии, мы имеем дело с новым видом теплообмена. Это излучение.

- Излучение – это передача энергии посредством электромагнитного излучения. Электромагнитное излучение отличается от других видов теплопередачи рядом свойств, некоторые из которых вам известны:
- электромагнитное излучение передается как в вакууме, так и в среде;
- скорость распространения электромагнитного излучения в вакууме очень велика и составляет $\approx 3 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{с}}$;
- электромагнитное излучение переносит энергию на очень большие расстояния;
- электромагнитное излучение распространяется во всех направлениях.

Источник излучения может быть *естественным* и *искусственным (созданным человеком)*. Для Земли самым мощным естественным источником излучения является Солнце.

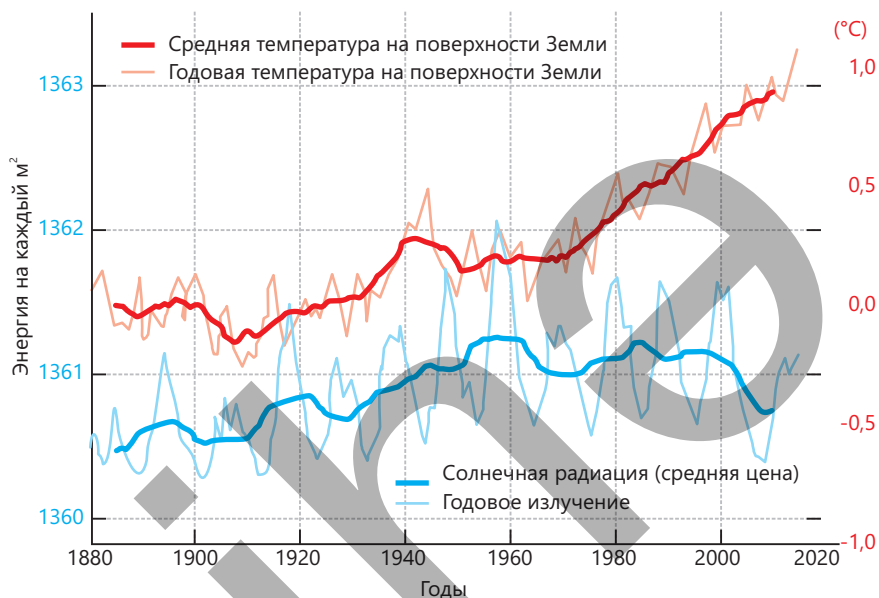
• ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ

Какие еще естественные источники излучения, кроме Солнца, вы можете привести в пример?

Примените полученные знания

Задача. Исследования, проведенные за последние 35 лет, показывают, что, несмотря на уменьшение количества излучаемой энергии, поступающей от Солнца на Землю, средняя температура поверхности Земли увеличилась. Следовательно, на повышение температуры на Земле влияют и другие факторы.

- Какие это факторы и каким образом они способствуют повышению температуры?
- Какими способами тепло передаётся в ледниковые районы в результате повышения температуры в атмосфере Земли?



Проверьте полученные знания

- Для каких целей используется хорошая теплопроводность металлов? Приведите примеры.
- Какие примеры конвекции в природе вы можете привести?
- Вагоны-холодильники и авторефрижераторы, используемые для перевозки скоропортящихся продуктов на дальние расстояния, выделяются светлым цветом. Почему вагоны-холодильники и авторефрижераторы изготавливаются светлого тона?



Наука, технология, жизнь

Солнце – это почти идеальный раскалённый шар плазмы, в котором с помощью миллиардов химических реакций водород превращается в гелий, в результате чего выделяется большое количество тепла.

Вместо того, чтобы быть близко к Солнцу, тепло излучается от него в космос.

Небольшая часть Солнечной энергии (тепла) достигает Земли в виде света. Его основной состав состоит из инфракрасных, видимых и ультрафиолетовых лучей.

Эта передача тепловой энергии называется излучением.

В то время как часть тепловой энергии проникает в атмосферу Земли и достигает поверхности нашей планеты, часть блокируется облаками или отражается от других объектов.

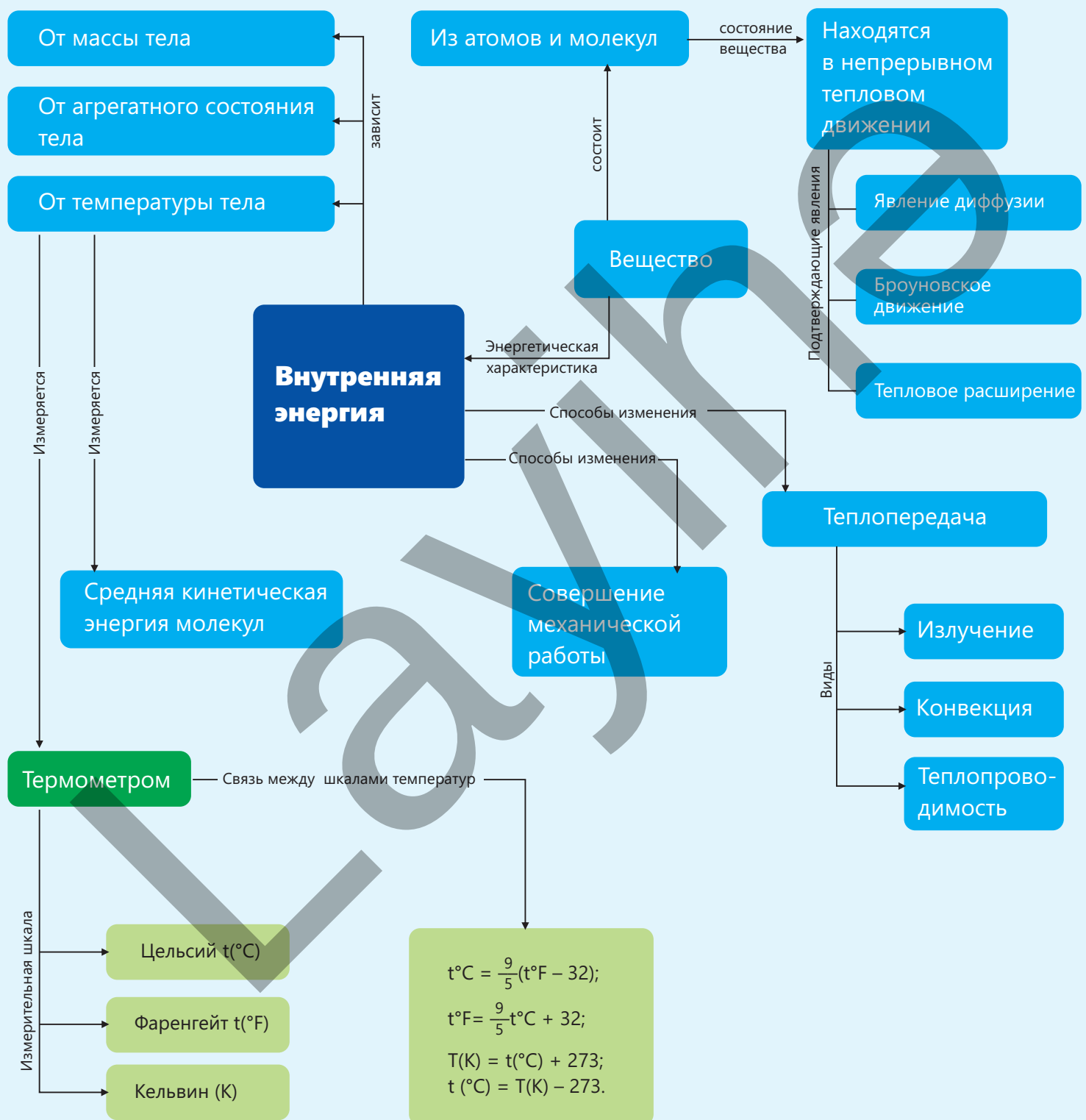
Солнечный свет, достигающий поверхности Земли, нагревает ее.

Ученые из Университета Орегона в США определили, что вся Земля получает в среднем 164 Вт солнечной энергии на квадратный метр в день. Это означает, что вся планета получает от Солнца 84 тераватт энергии ежедневно.



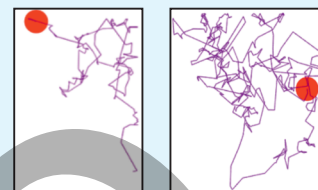
Источник: New-Science.ru <https://new-science.ru/12-primerov-teplovoj-energii-v-povsednevnoj-zhizni/>

Заключение



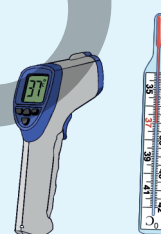
Обобщающие задания

1. 20-секундное движение инородных частиц в сосудах с одинаковым типом и количеством газа описывается программой онлайн-моделирования.



- Какова причина такого движения постороннего тела и как оно называется?
- Хотя на построение обеих траекторий было затрачено одинаковое время, почему длина и форма траекторий различаются?
- Если вместо этой частицы ввести инородную частицу с массой в 2 раза меньшей, чем эта, как изменится ее движение?

2. На рисунке изображены клинический и инфракрасный термометры.



- В чем заключается разница в принципах работы термометров?
- Каковы особые преимущества термометров?

3. На рисунке а изображена биметаллическая пластина, состоящей из полосы алюминия и железа, при комнатной температуре (20°C). Учитывая, что тепловое расширение алюминиевой полосы лучше, чем у железа, при каких температурах биметаллическая пластина может принять форму, показанную на рисунках в и с соответственно?

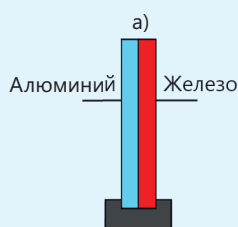
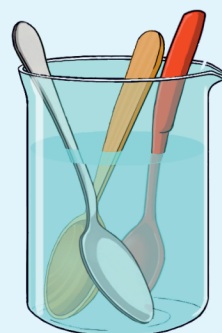


	Рисунок (b)	Рисунок (c)
A)	60°C	5°C
B)	5°C	60°C
C)	60°C	60°C
D)	5°C	5°C
E)	11°C	22°C

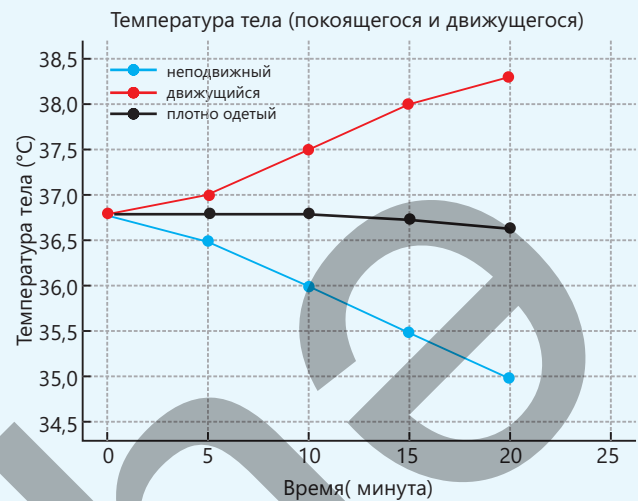
4. Металлические, деревянные и пластиковые ложки погружают в воду температурой 60°C и оставляют на некоторое время.

- Будет ли температура части ложек, опущенной в воду, одинаковой или разной? Объясните причину.
- Как самым простым способом можно определить температуру всех трех ложек?
- Через некоторое время после погружения ложек температура воды снизилась на 20°C . Какова была конечная температура воды в Кельвинах?



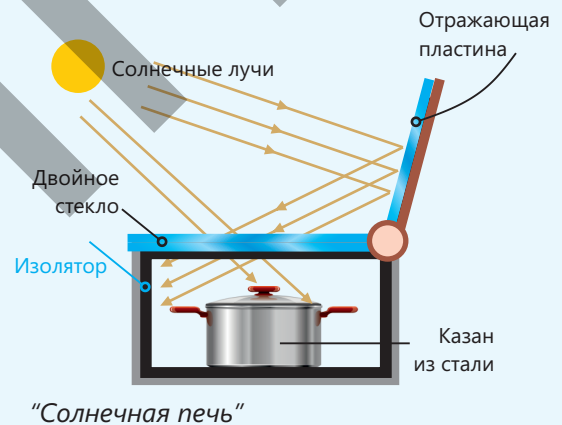
5. На графике температуры и времени показано изменение температуры тела человека в трех различных ситуациях на холодном воздухе. На основе графика ответьте на следующие вопросы.

- Как, по-вашему, толстая одежда влияет на внутреннюю энергию тела?
- Как изменяется температура тела в состоянии покоя и посредством какого процесса происходит обмена энергией с окружающей средой в это время?
- Как изменяется внутренняя энергия тела, когда оно начинает двигаться, и в чем причина этого?



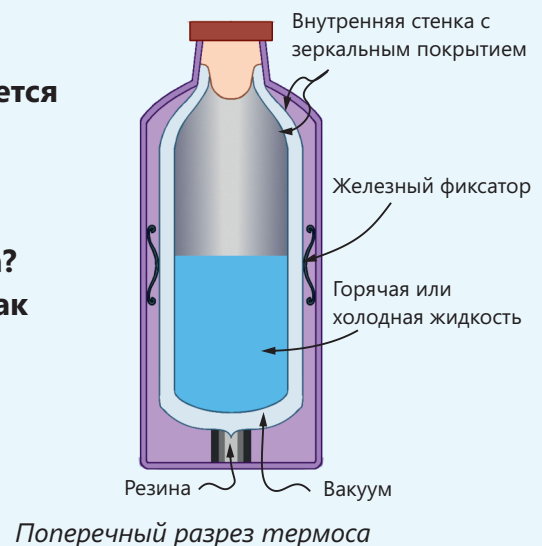
6. "Солнечная печь" используется для нагревания пищи путем фокусировки солнечных лучей на небольшой площади.

- Каким способом передается тепло кастрюле в "солнечной печи"?
- Для предотвращения какого процесса теплопередачи используется теплоизолятор?
- На кастрюлю в "солнечной печи" кладется прозрачная крышка. Какой процесс теплопередачи помогает уменьшить эта крышка?



7. На рисунке изображен поперечный разрез термоса.

- Для каких целей используется термос? Как достигается эта цель?
- Для чего предназначен вакуумный слой внутри термоса?
- В чем причина плотного закрытия крышки термоса?
- Если внутренний слой термоса будет поврежден, как это повлияет на его теплоизоляцию?



раздел

6

Закон сохранения энергии в тепловых явлениях

С начала сознательного использования человеком энергии воды и ветра в водяных и ветряных мельницах до создания машин, работающих на тепловой энергии, прошло много столетий. Паровые котлы, паровые машины, двигатели внутреннего сгорания были созданы в основном за последние два века и положили начало научно-технической революции. Реактивные двигатели и тепловые электростанции были созданы еще в прошлом веке. Тепловые двигатели, широко применяемые в промышленности, сельском хозяйстве, транспорте и энергетике, сформировали новый этап технологической революции.



- Основная цель всех этих технологий – облегчить жизнь и деятельность человека. Например, специалисты подсчитали, что паровая машина мощностью 100 МВт способна выполнить работу примерно 3,6 млн человек, работающих непрерывно в течение 8 часов. Использование экскаваторов, бульдозеров, конвейеров, кранов и других механизмов в строительных работах заменило миллионы рабочих коммунальных служб.
- 1. Какими видами тепловых машин пользуются люди?
- 2. Какой общий физический закон лежит в основе устройства и принципа работы различных типов тепловых машин?
- 3. Какая физическая величина характеризует эффективность этих машин и как ее можно повысить?
- 4. Использование каких видов топлива в тепловых машинах является более экологически эффективным?

Из раздела вы узнаете

- Тепловая энергия, получаемая или отдаваемая телами при теплообмене, измеряется простой формулой
- Тепловые явления подчиняются закону сохранения энергии и имеют практическое применение
- При изменении агрегатных состояний вещества превращение энергии происходит с определенной закономерностью
- В разных теплотехнологических установках используются разные виды топлива, поскольку теплоты сгорания этих топлив также различны
- Внутренняя энергия топлива преобразуется в механическую энергию различными способами, на этом преобразовании энергии основан общий принцип работы тепловых двигателей
- Поскольку использование ископаемого топлива вызывает серьезные экологические проблемы, специалисты работают над способами его замены неисчерпаемыми и возобновляемыми источниками энергии

6.1 Количество теплоты. Удельная теплоемкость

Есть такие тела, которые быстро нагреваются и быстро остывают, а некоторые тела медленно нагреваются и медленно остывают.

- От чего зависит скорость процессов нагревания и охлаждения тела?
- Какой физической величиной измеряется энергия, полученная или отданная телами в процессе теплообмена?

Ключевые слова теплообмен, количество тепла, изменение температуры, удельная теплоемкость, теплоемкость

Деятельность

От чего зависит количество теплоты?

Принадлежности: лабораторный стакан (300 мл, 2 шт., 1 шт. 500 мл), колба (150 мл, 2 шт.), пробка для колбы с отверстием (2 шт.), горячая вода (500 мл), холодная вода (300 г, комнатной температуры), подсолнечное масло (100 мл, комнатной температуры), лабораторный электронный термометр (3 шт.)

Ход работы:

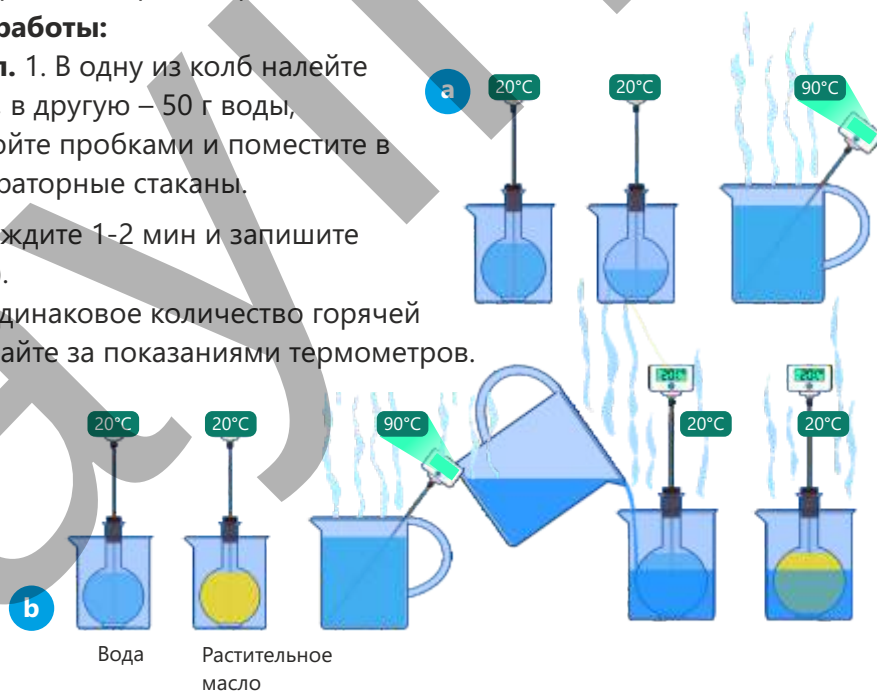
I этап. 1. В одну из колб налейте 100 г, в другую – 50 г воды, закройте пробками и поместите в лабораторные стаканы.

2. Вставьте термометры в колбы, подождите 1-2 мин и запишите начальную температуру жидкостей (а).
3. В лабораторные стаканы налейте одинаковое количество горячей воды температурой 85-90°C и наблюдайте за показаниями термометров.

II этап. 1. В одну из колб налейте 100 г подсолнечного масла, в другую – 100 г воды, закройте пробками и поместите в лабораторные стаканы.

2. Вставьте термометры в колбы, подождите 1-2 минуты и запишите начальную температуру жидкостей.

3. В лабораторные стаканы налейте одинаковое количество горячей воды температурой 85-90°C и через 5 мин запишите показания термометров (б).



Обсудите:

1. Что вы наблюдали при подведении одинакового количества теплоты к воде в колбах: в какой колбе вода начала нагреваться быстрее?
2. Как зависит количество теплоты, сообщаемое данной жидкости для нагрева ее до определенной температуры, от массы этой жидкости?

3. Что вы наблюдали, когда двум разным жидкостям одинаковой массы (подсолнечному маслу и воде) одновременно подводилось одинаковое количество тепла?

4. Что вы наблюдали: от чего еще зависит количество теплоты, передаваемое для нагрева двух различных жидкостей одинаковой массы до одной и той же температуры?

Процесс изменения внутренней энергии, происходящий при теплообмене между телами, характеризуется физической величиной, называемой *количеством теплоты*.

Количество теплоты – это энергия, которую тело получает или отдает при теплообмене.

Количество теплоты обозначается буквой Q , её единицей измерения в СИ является джоуль:

$$[Q] = 1 \text{ Дж}$$

В проведенном эксперименте были установлены две физические закономерности.

I. Несмотря на то, что вода в колбах одновременно получила одинаковое количество тепла, вода с большей массой нагревается меньше, чем вода с меньшей массой.

Следовательно:

– *Количество теплоты, необходимое для нагревания данного тела до определенной температуры, зависит от массы этого тела.*

Это означает, что:

– *Чтобы нагреть тела разной массы до одной и той же температуры, необходимо передать большее количество теплоты телу с большей массой.*

Закономерность соблюдается и в обратном процессе:

– *При охлаждении тел разной массы до одинаковой температуры тело большей массы отдаёт окружающим телам большее количество теплоты.*

II. Чтобы нагреть разные тела одинаковой массы (в опыте было взято 100 г подсолнечного масла и 100 г воды) до одинаковой температуры, необходимо было передать им разное количество теплоты. Это значит, что:

– *Количество теплоты, необходимое для изменения температуры тела, зависит от рода вещества, из которого состоит это тело.*

В продолжение эксперимента рассмотрим ещё один вопрос. Предположим, что два одинаковых сосуда с водой одинаковой массы и начальной температуры (например, $t_0 = 20^\circ\text{C}$) требуется нагреть первую до 60°C , а другую до температуры кипения, т.е. 100°C .

Вопрос

В каком случае требуется большее количество теплоты?

Ответ. Конечно, при нагревании воды от комнатной температуры до температуры кипения требуется большее количество теплоты, так как изменение температуры воды в этом случае больше. То есть:

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

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

Здесь Δ обозначает изменение соответствующей физической величины, то есть изменение температуры (t) в рассматриваемом примере. Таким образом, была также определена и третья закономерность для процесса теплообмена:

Количество теплоты, необходимое для нагревания тела, зависит от изменения температуры этого тела.

Учитывая вышеизложенное, закономерность теплообмена между телами можно обобщить следующим образом:

Количество теплоты, необходимое для нагревания тела (или количество теплоты, выделяющееся при его охлаждении), зависит от массы этого тела, изменения его температуры и рода вещества, из которого состоит тело:

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

Здесь Q – количество теплоты, m – масса тела, t_0 – начальная температура тела, t – конечная температура тела, c – коэффициент пропорциональности, называемый удельной теплоемкостью.

• ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ

Почему при нагревании тела количество полученного им тепла считается положительным, а при охлаждении количество отдаваемого тепла – отрицательным? Объясните свой ответ.

Удельная теплоемкость – физическая величина, численно равная количеству теплоты, необходимому для нагревания вещества массой 1 кг на 1°C (или 1K):

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

Единицей измерения удельной теплоёмкости в СИ является Дж/кг К:

$$[c] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$$

Удельная теплоемкость зависит от рода вещества (см. таблицу 6.1). Физическая величина, равная произведению удельной теплоемкости на массу тела, называется теплоемкостью тела (C) определение жирно:

$$C = cm.$$

Для расчета теплоемкости необходимо количество теплоты, затраченное на нагревание тела, разделить на изменение температуры:

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

Единицей измерения теплоёмкости в СИ:

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

Таблица 6.1. Удельная теплоёмкость некоторых веществ

Вещество	c , Дж/(кг · °С)	Вещество	c , Дж/(кг · °С)	Вещество	c , Дж/(кг · °С)
Золото	130	Сталь	500	Воздух	1000
Ртуть	140	Чугун	540	Растительное масло	1700
Свинец	140	Камень	800	Водяной пар	2000
Олово	230	Стекло	840	Лёд	2100
Серебро	250	Мрамор	840	Керосин	2100
Медь	400	Кирпич	880	Спирт	2500
Железо	460	Алюминий	920	Вода	4200

Примените полученные знания

Учитель дал ученикам 8-го класса – Лейле, Нигяр и Азеру – провести на уроке физики следующий эксперимент:

– Из данного набора металлов выберите такой металлический цилиндр, который можно нагреть от 20°C до 60°C быстрее, используя один и тот же нагреватель (массы цилиндров одинаковы).

Для эксперимента Лейла выбрала стальной цилиндр, Нигяр – алюминиевый, а Азер – медный.

1. Кто из учеников, выбрав правильный металл, выполнил задание быстрее всех, а кто – дольше всех из-за неправильного выбора? Обоснуйте свой ответ.

2. В каком порядке будут происходить скорости охлаждения этих цилиндров при одинаковых условиях от 60°C до 20°C? Почему?

Проверьте полученные знания

1. От чего зависит количество теплоты, которое тело получает при нагревании и отдает при охлаждении?

2. Как зависит удельная теплоемкость вещества от его массы, количества полученной или отданной теплоты и изменения температуры?

3. На что тратится больше энергии: на нагревание алюминиевой кастрюли или находящейся в ней воды, если их массы одинаковы? Обоснуйте свой ответ.

4. Удельная теплоемкость воды составляет $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, льда $2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, водяного пара $2000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.

Какой вывод можно сделать из этого: почему удельная теплоемкость одного и того же вещества в разных агрегатных состояниях различна?

6.2 Закон сохранения энергии в тепловых процессах



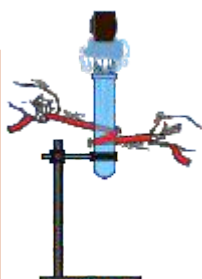
Нагревание сверла

1



Расширение воздуха в колбе

2



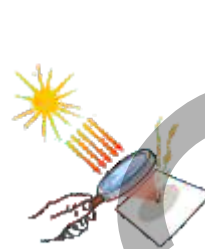
Выталкивание пробки

3



Кипение воды

4



Воспламенение бумаги

5



Остывание пара

6

- Каким способом происходило изменение внутренней энергии различных тел в этих явлениях – сверла, сверлящего дерева, воздуха в колбе, паров спирта в пробирке, выталкивающих пробку, воды в электронагревателе, воспламеняющейся бумаги и охлаждающегося пара?

Ключевые слова

система тел, закон сохранения энергии, установившаяся температура, уравнение теплового баланса

• ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ

– Если внутренняя энергия системы изменяется только в результате совершения механической работы системой над внешними силами, то чему в этом случае равно изменение внутренней энергии системы?
– Если изменение внутренней энергии системы происходит только в результате выделения из этой системы определенного количества теплоты, то чему будет равно изменение внутренней энергии системы?

Изменение внутренней энергии может происходить или за счет совершения механической работы, или при передаче тепла или одновременно при совершении работы и передаче тепла.

– Если изменение внутренней энергии тела или системы, состоящей из нескольких тел, происходит только в результате совершения механической работы (A) над этой системой, то изменение внутренней энергии системы (ΔU) равно совершенной работе:

$$\Delta U = A.$$

– Если изменение внутренней энергии системы происходит только в результате теплопередачи, то изменение внутренней энергии равно количеству переданного системе тепла:

$$\Delta U = Q.$$

– Если изменение внутренней энергии системы происходит одновременно в результате механической работы и теплопередачи, то изменение внутренней энергии системы равно сумме работы, совершенной над системой, и количества теплоты, переданной системе:

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

Это выражение закона сохранения энергии в тепловых процессах.

Чему равно изменение внутренней энергии тел?

Внимательно рассмотрим тепловые явления, описанные в начале темы, и определим, чему равно изменение внутренней энергии соответствующих тел.

Обсудите:

- Как изменилась внутренняя энергия соответствующих тел, изображенных на рисунке? В связи с этим какие утверждения следует записать в пронумерованные пустые ячейки?

При соприкосновении двух тел с разной температурой между ними происходит процесс теплопередачи: горячее тело охлаждается и отдает часть своей внутренней энергии холодному телу, а холодное тело, получая эту энергию, немного нагревается. Теплообмен между телами продолжается до тех пор, пока их температуры не выровняются. Если система, состоящая из этих двух тел, является изолированной системой, если внешние тела не участвуют в теплопередаче (тепло не отдается внешним телам и не принимается от внешних тел), то полная внутренняя энергия системы не изменяется, а сохраняется:

$$U_0 = U_{\text{кон}} \text{ и } U_{\text{кон}} - U_0 = 0. \quad (6.1)$$

Здесь U_0 — начальная внутренняя энергия системы, $U_{\text{кон}}$ — конечная внутренняя энергия системы. Это означает, что количество теплоты (Q_2), отданное горячим телом (или телами) в изолированной системе, равно количеству тепла (Q_1), полученному холодным телом (или телами) в системе:

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

Выражение (6.2) называется *уравнением теплового баланса* и вместе с выражением (6.1) выражает закон сохранения энергии:

Если в изолированных системах между телами происходит только процесс теплопередачи, внутренняя энергия этой системы сохраняется.

В изолированных системах для определения количества теплоты, полученного или отданного телом, а также его удельной теплоемкости, используется прибор, называемый *калориметром*.

Простой лабораторный калориметр состоит из алюминиевого стакана цилиндрической формы. Чтобы изолировать его от теплового воздействия, он помещается на пластиковую (или алюминиевую) подставку внутри более крупного пластикового стакана. Стаканы изолированы друг от друга воздушной прослойкой.

Пластиковый стакан снабжен крышкой с двумя отверстиями для термометра и мешалки (рис. 6.1).

*Калориметр происходит от латинских слов "calor" — тепло и "metreo" — измерять.

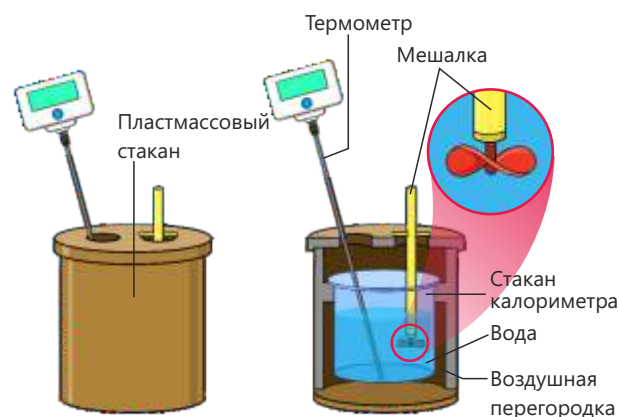


Рис. 6.1. Лабораторный калориметр

Примените полученные знания

Задача 1. (Образец) В стеклянный стакан массой 150 г и начальной температурой 18°C наливают 180 г кипящей воды. Какова будет температура воды и стакана после установления теплового равновесия? Теплообмен с окружающей средой не учитывается.

Дано	Решение
$m_{\text{стакан}} = 150 \text{ г} = 0,15 \text{ кг},$ $m_{\text{вода}} = 180 \text{ г} = 0,18 \text{ кг},$ $t_{\text{стакан}} = 18^\circ\text{C},$ $t_{\text{вода}} = 100^\circ\text{C},$ $c_{\text{стекло}} = 840 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}},$ $c_{\text{вода}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}},$ $\theta = ?$	Обозначим установившуюся температуру теплового равновесия, то есть конечную температуру воды и стекла через θ. В этом случае количество теплоты, которое стеклянный стакан с начальной температурой t_1 получает от кипящей воды при его нагревании до установившегося состояния θ, можно выразить следующим образом: $Q_{\text{стакан}} = c_{\text{стекло}} m_{\text{стакан}} (\theta - t_{\text{стакан}}).$ Количество теплоты, переданное стакану кипящей водой ($t_{\text{вода}} = 100^\circ\text{C}$) при ее охлаждении до установившейся температуры θ равно: $Q_{\text{вода}} = c_{\text{вода}} m_{\text{вода}} (\theta - t_{\text{вода}}).$ Из уравнения теплового баланса получаем: $Q_{\text{вода}} = -Q_{\text{стакан}} \text{ или } c_{\text{вода}} m_{\text{вода}} (\theta - t_{\text{вода}}) = c_{\text{стекло}} m_{\text{стакан}} (t_{\text{стакан}} - \theta).$ Из уравнения определяется установившаяся температура: $c_{\text{стакан}} m_{\text{стакан}} \theta - c_{\text{стекло}} m_{\text{стакан}} t_{\text{стакан}} = c_{\text{вода}} m_{\text{вода}} t_{\text{вода}} - c_{\text{вода}} m_{\text{вода}} \theta$ $c_{\text{вода}} m_{\text{вода}} t_{\text{вода}} + c_{\text{стекло}} m_{\text{стакан}} t_{\text{стакан}} = c_{\text{стекло}} m_{\text{стакан}} \theta + c_{\text{вода}} m_{\text{вода}} \theta$ $\theta = \frac{c_{\text{вода}} m_{\text{вода}} t_{\text{вода}} + c_{\text{стекло}} m_{\text{стакан}} t_{\text{стакан}}}{c_{\text{стекло}} m_{\text{стакан}} + c_{\text{вода}} m_{\text{вода}}}.$
	Вычисления
	$\theta = \frac{4200 \cdot 0,18 \cdot 100 + 840 \cdot 0,15 \cdot 18}{840 \cdot 0,15 + 4200 \cdot 0,18} \cdot \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг}} = 88,3^\circ\text{C}.$
	Ответ: $\theta = 88,3^\circ\text{C}$

θ – от греч.: teta

Задача 2. Лала для приготовления джюшберы наливает в стеклянную кастрюлю массой 1,5 кг и температурой 20°C 1,4 кг кипятка. После установления теплового равновесия температура воды и стеклянной кастрюли составила равной 86°C. Теплообмен с окружающей средой не учитывается.

Обсудите:

Чему численно равна удельная теплоемкость стеклянной кастрюли?

Проверьте полученные знания

1. Почему при соприкосновении двух тел разной температуры между ними возникает тепловое равновесие?
2. В чем заключается физическая сущность закона сохранения энергии между телами в изолированной системе?
3. Какое количество воды с температурой 5°C следует добавить к 40 кг кипятка, чтобы установившаяся температура смеси была 64°C?
4. В керамическую чашку массой 140 г и температурой 20°C налили 234 г кипятка. После достижения теплового равновесия установившаяся температура чашки и воды составила 92°C. Определить удельную теплоемкость керамики (теплообмен с окружающей средой не учитывается).

6.3 Определение удельной теплоемкости твердого тела (практическая работа)

Цель работы: экспериментальное определение удельной теплоемкости металлического цилиндра

Принадлежности: калориметр, лабораторный термометр, весы, разновесы, мензурка, алюминиевые и медные цилиндры, проволока с крючком, вода, салфетка, электрочайник.

Ход работы:

1. Взвесьте на весах массу стакана калориметра. Налейте в него 200 г холодной воды и измерьте ее температуру. Это начальные температуры как воды, так и калориметра.
2. Включите электрочайник и вскипятите в нем воду.
3. Измерьте массу алюминиевого цилиндра на весах, а затем с помощью крючка опустите его в кипящую воду. Подождите некоторое время и быстро извлеките цилиндр из воды, высушите его салфеткой и полностью погрузите в калориметр. Закройте крышку калориметра. Начальная температура цилиндра равна температуре кипящей воды, т.е. 100°C.
4. Перемешивайте воду мешалкой в течение одной минуты и запишите конечную температуру воды, когда показания термометра стабилизируются.
5. Все выражения, полученные в результате измерений, запишите в таблицу, которую вы перенесли на рабочий лист.



№	$m_{\text{тв.т.}}$ (кг)	тв.т., (°C)		$m_{\text{вода}}$ (кг)	$m_{\text{кал}}$ (кг)	$t_{\text{вода}} = t_{\text{кал}}$ (°C)		$c_{\text{вода}}$ ($\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$)	$c_{\text{кал}}$ ($\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$)	$c_{\text{тв.т.}}$ ($\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$)
		нач.	кон.			нач.	кон.			
1		100						4200	920	
2		100						4200	920	

6. С учетом теплообмена между тремя телами (водой, металлическим цилиндром и стаканом калориметра) в процессе эксперимента записывается уравнение теплового баланса: $Q_{\text{вода}} + Q_{\text{кал}} + Q_{\text{с}} = 0$. Где $Q_{\text{тв.т.}}$ – количество теплоты, отданное нагретым твердым телом (металлическим цилиндром), $Q_{\text{вода}}$ – количество теплоты, полученное водой, $Q_{\text{кал}}$ – количество теплоты, полученное калориметром. При погружении в калориметр цилиндра с температурой 100°C, извлеченного из кипящей воды, количество теплоты, полученное водой и стеклом калориметра, будет соответственно равно: $Q_{\text{вода}} = -c_{\text{вода}} m_{\text{вода}} (\theta - t_1)$ и $Q_{\text{кал}} = c_{\text{кал}} m_{\text{кал}} (\theta - t_1)$.

Где t_1 – начальная температура воды и калориметра, θ – установившаяся температура системы. Количество теплоты, отданное алюминиевым цилиндром при охлаждении: $|Q_{\text{тв.т.}}| = c_{\text{тв.т.}} m_{\text{тв.т.}} |(\theta - t_2)|$ или $Q_{\text{тв.т.}} = c_{\text{тв.т.}} m_{\text{тв.т.}} (t_2 - \theta)$.

Где t_2 – начальная температура цилиндра, $c_{\text{тв.т.}}$ – его удельная теплоемкость. Согласно уравнению теплового баланса количество теплоты, отдаваемое цилиндром, равно сумме количеств теплоты, полученных водой и калориметром:

$$c_{\text{тв.т.}} m_{\text{тв.т.}} (t_2 - \theta) = c_{\text{вода}} m_{\text{вода}} (\theta - t_1) + c_{\text{кал}} m_{\text{кал}} (\theta - t_1).$$

Отсюда определяется удельная теплоемкость твердого тела (алюминиевого цилиндра):

$$c_{\text{тв.т.}} = \frac{c_{\text{вода}} m_{\text{вода}} (\theta - t_1) + c_{\text{кал}} m_{\text{кал}} (\theta - t_1)}{m_{\text{с}} (t_2 - \theta)}.$$

Обсудите:

1. Как можно объяснить несоответствие между полученными значениями удельных теплоёмкостей твердых тел с их табличными значениями?
2. К какому результату привел использованный в работе метод определения удельной теплоемкости: к явно завышенному или к явно заниженному значению? Почему?
3. Как влияет значение массы воды, использованной в исследовании, на точность полученных результатов? Обоснуйте свой ответ.

6.4 Изменение агрегатного состояния вещества: плавление и отвердевание

Зимой вода на поверхности водоемов замерзает и превращается в лед. Поверх льда вода находится в виде газа (пара), который окружает нас, а подо льдом вода остается в жидком состоянии. Таким образом, здесь одновременно присутствуют три различных агрегатных состояния воды: твердое (лед), жидкое (вода) и газообразное (водяной пар).



- Как изменяется внутренняя энергия в процессе изменения агрегатного состояния вещества, например, в процессах таяния льда и замерзания воды?
- При какой температуре происходят процессы плавления и отвердевания вещества?

Ключевые слова

агрегатное состояние вещества, плавление, отвердевание (кристаллизация), температура плавления

Деятельность

Таяние льда

Принадлежности: кубики льда, пробирка, штатив с держателем, лабораторный стакан, вода (500 мл), водонагреватель, электронный термометр, секундомер.

Ход работы:

1. Поместите один-два кубика льда с температурой -5°C , взятых из морозильной камеры холодильника, в пробирку и закрепите ее в держателе штатива.
2. Поместите термометр в пробирку, опустите ее в стакан с горячей водой и одновременно запустите секундомер. Следите за показаниями термометром.
3. Запишите температуру и время начала таяния льда в таблице 1 (нарисуйте таблицу на рабочем листе).
4. Когда лед полностью растает и в пробирке останется только вода, запишите показания термометра и секундомера.
5. Продолжайте наблюдение, отмечайте, как изменяется температура воды и время, затраченное на это изменение.



Таблица 6.1.

Время (t, мин)	0	1	2	3	4	5	6	...
Температура (t, $^{\circ}\text{C}$)								

Обсудите:

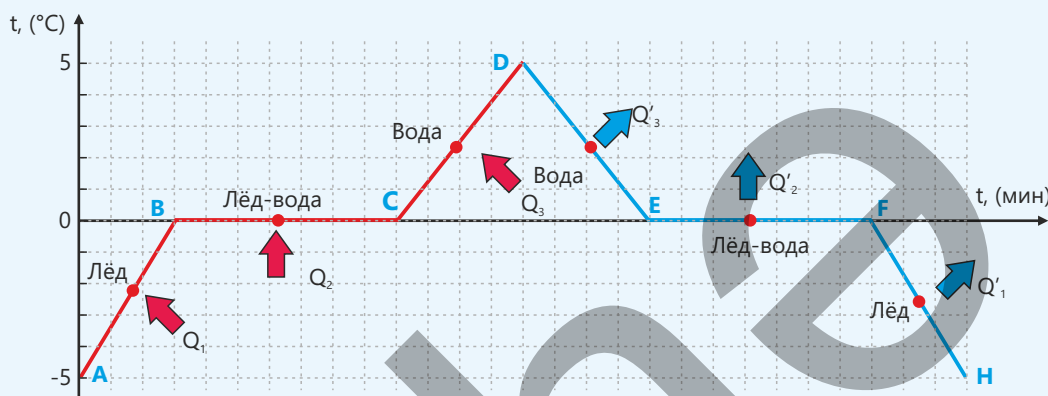
1. При какой температуре лед начал таять?
2. Как изменились внутренняя энергия и температура льда в процессе таяния?
3. Когда в эксперименте температура начала повышаться? Почему?

В процессе теплообмена внутренняя энергия тела изменяется. Чаще всего это связано с изменением температуры тела. Однако агрегатное состояние вещества при этом не меняется. Тем не менее, существуют процессы, при которых, принимая тепло, внутренняя энергия вещества увеличивается, но температура остается постоянной.

Согласно таблице 1, упрощенный график зависимости температуры от времени процесса таяния можно представить следующим образом (рис. 6.2).

Рис. 6.2.

График зависимости температуры льда при плавлении и температуры воды при отвердевании от температуры



- **Часть АВ.** Происходит процесс нагревания льда: кубики льда получают количество теплоты Q_1 от горячей воды. В результате внутренняя энергия льда увеличивается, а его температура повышается от -5°C до 0°C .
- **Часть ВС.** Происходит процесс таяния льда и превращения его в воду: кубики льда получают количество тепла Q_2 от горячей воды. В результате внутренняя энергия тающего льда увеличивается, но температура не меняется. Лед остается при температуре 0°C до тех пор, пока полностью не растает.
 - На что расходуется переданное количество теплоты?
 - Что означает постоянство температуры в процессе таяния?
- **Часть CD.** Происходит процесс нагревания воды: после нагревания до 0°C количество тепла, переданное льду, расходуется на разрушение его кристаллической решетки. Силы притяжения между частицами не могут удержать их в исходном состоянии. В результате нарушается закономерное расположение частиц кристаллического тела, то есть вещество превращается в жидкость. В процессе плавления температура остается постоянной, а значит, кинетическая энергия частиц остается неизменной. Таким образом, как видно из графика, таяние твердого тела – это сложный физический процесс.

Процесс перехода вещества из твердого состояния в жидкое называется *плавлением*.

Многочисленные эксперименты с различными веществами показали, что каждое кристаллическое вещество плавится только при определенной, характерной для него температуре (см. таблицу 6.2).

Температура, при которой плавится кристаллическое вещество, называется *температурой плавления*.

- Если охладить данную жидкость до температуры ее плавления, она перейдет в твердое состояние. Чтобы проверить это, продолжим предыдущий эксперимент, и вынем пробирку из горячей воды и поместим ее в морозильную камеру холодильника. Если мы периодически будем следить за показаниями термометра и состоянием вещества, то получим упрощенный график обратного процесса, т.е. процесса затвердевания, подобный изображенному на рисунке 6.2.
- **Часть DE.** Происходит процесс охлаждения воды до температуры 0°C : из воды выделяется количество теплоты Q'_3 . В это время количество выделенной теплоты равно Q_3 : $|Q'_3| = Q_3$. В результате внутренняя энергия воды уменьшается.
- **Часть EF.** Происходит процесс перехода воды в твердое состояние (лед) при температуре 0°C : несмотря на то, что проходит время, температура не меняется. Из вещества в состоянии вода-лед выделяется количество теплоты Q'_2 . При этом количество выделенной теплоты равно Q_2 : $|Q'_2| = Q_2$. В результате внутренняя энергия вещества уменьшается.

- ПОДУМАЙ
- ОБСУДИ
- ПОДЕЛИСЬ

Почему количество теплоты, выделяющееся при кристаллизации данной массы жидкости, после определения равно количеству теплоты, получаемому тем же веществом такой же массы в процессе перехода из твердого состояния в жидкое?

• **Часть графика FH.** Происходит процесс охлаждения льда (от 0°C до 5°C): лёд выделяет количество теплоты равное Q'_1 . Выделенное тепло равно Q_1 : $|Q'_1| = Q_1$. Внутренняя энергия льда уменьшается.

Процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое называется *отвердеванием* или *кристаллизацией*.

Температура, при которой жидкость отвердевает, называется *температурой отвердевания*.

Таблица 6.2. Температура плавления некоторых веществ при нормальном атмосферном давлении

Вещество	$t_{\text{пл}}, ^{\circ}\text{C}$	Вещество	$t_{\text{пл}}, ^{\circ}\text{C}$	Вещество	$t_{\text{пл}}, ^{\circ}\text{C}$
Водород	-259	Калий	63	Алюминий	660
Кислород	-219	Нафталин	80	Серебро	962
Азот	-210	Натрий	98	Золото	1064
Спирт	-114	Олово	232	Медь	1085
Ртуть	-39	Свинец	327	Сталь	1500
Лёд	0	Янтарь	360	Железо	1539
Цезий	29	Цинк	420	Вольфрам	3387

Примените полученные знания

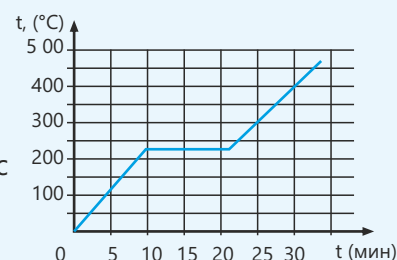
Чтобы исследовать процесс плавления и кристаллизации какого-либо металлического слитка, его нагревают. На рисунке показан график зависимости температуры от времени процесса плавления металлического слитка.

Обратите внимание, что мощность нагревателя постоянна, теплообмен с окружающей средой отсутствует.

а) В каком состоянии находится металл в следующие промежутки времени?

– От 5 до 10 минут? – От 10 до 20 минут? – От 25 до 30 минутами?

б) Что это за металл?

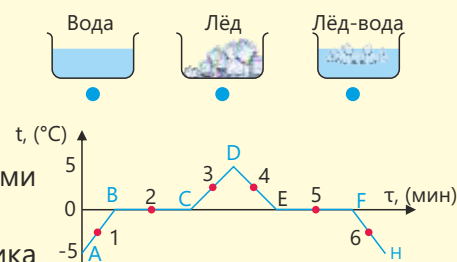


Проверьте полученные знания

На рисунке представлен график зависимости температуры от времени вещества в состояниях воды, льда и лёд-вода, а также в процессах плавления и затвердевания.

а) Определите соответствие между состояниями вещества и красными точками на графике.

б) Какое агрегатное состояние вещества соответствует точкам графика А, В, С, D, E, F и H?



6.5 Изменение агрегатного состояния вещества: испарение и конденсация

Мировой океан, являющийся основной частью водного (гидросфера) слоя нашей планеты, занимает $361,1 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ (70,8 %) поверхности Земли. Круговорот воды в этом слое обеспечивает существование живых существ на Земле.

- На каком физическом явлении основан круговорот воды на нашей планете?
- Почему, несмотря на то что вода во всех реках пресная, вода в морях и океанах солёная?



Ключевые слова круговорот воды, парообразование, испарение, конденсация, кипение, сублимация, десублимация

1
Деятельность

Какое изменение состояния произошло в веществе?

Принадлежности: электрический чайник с 500-700 мл воды, блюдце, металлическая ложка и кубик льда.

Ход работы:

1. Включите электрочайник. Когда вода закипит, поместите ложку с кубиком льда к пару, выходящему из носика чайника, как показано на рисунке.
2. Поместив блюдце под ложку, наблюдайте за происходящим явлением.



Обсудите:

1. Почему на нижней поверхности металлической ложки образовались капли воды?
2. Какое изменение состояния вещества вы наблюдали в ходе эксперимента?

Если вы случайно забудете закрыть крышку флакона духов, то через некоторое время вы обнаружите, что жидкость полностью исчезла. В чем причина такого явления?

Известно, что молекулы веществ находятся в непрерывном движении. Их скорости могут меняться случайным образом. Поэтому кинетическая энергия и энергия взаимодействия молекул также бывают различными. Например, у молекул жидкости с высокой скоростью движения и кинетическая энергия бывает высокой. Такие молекулы могут преодолевать силы притяжения других молекул и покидать жидкость (рис. 6.3). Поскольку среди молекул жидкости всегда есть молекулы с высокой энергией, всегда будут и те, которые покидают жидкость. По этой причине со временем над жидкостью образуется газ (пар) и количество жидкости уменьшается.

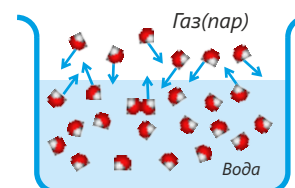


Рис. 6.3.
Парообразование

Процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное (пар) называется *испарением*.

Различают два типа парообразования: *испарение и кипение*.

Испарение

Испарение – явление парообразования, происходящее на свободной поверхности жидкости.

При испарении молекулы с высокой кинетической энергией покидают поверхность жидкости. В результате средняя кинетическая энергия молекул в оставшейся части жидкости уменьшается и жидкость охлаждается. Значит, в процессе испарения внутренняя энергия жидкости уменьшается.

Процесс выхода молекул со свободной поверхности жидкости наружу является испарением этой жидкости.

Испарение происходит при любой температуре жидкости, но его скорость зависит от вида жидкости, площади ее поверхности, температуры жидкости и окружающей среды, воздушных потоков, давления и влажности воздуха. Наряду с выходом молекул с поверхности жидкости происходит и обратный процесс: часть молекул, хаотично движущихся на поверхности жидкости, снова возвращается в жидкость.

Процесс превращения пара в жидкость называется конденсацией.

В процессе конденсации пара выделяется энергия.



2

Деятельность

Процесс испарения в нагреваемой жидкости

Принадлежности: электрический чайник с 1,5-1,8л воды, лабораторный термометр.

Ход работы:

1. Измерьте начальную температуру воды в чайнике и, оставив крышку открытой, включите его.
2. Наблюдайте за изменениями, происходящими в пузырьках, образующихся в процессе нагревания и кипения воды.
3. Следите за показаниями термометра в процессе нагревания и кипения воды.

Обсудите:

1. Почему в процессе нагревания и кипения воды размеры образующихся пузырьков постепенно увеличивались?
2. Какие изменения вы наблюдали в этих пузырьках в процессе кипения воды?
3. Сколько °C показал термометр в процессе кипения воды? Почему показания термометра не изменялись в процессе кипения?

Кипение

Вы уже знаете, что испарение жидкости происходит при любой температуре. Это приводит к её охлаждению. А как будет происходить процесс ее испарения, если нагревать жидкость? В ходе эксперимента, по мере повышения температуры воды, на дне чайника образуется множество мелких пузырьков. Их размеры постепенно увеличиваются, потому что вода испаряется внутри пузырьков, а при нагревании давление пара в пузырьках увеличивается. Пузырьки отрываются от дна и стенок чайника и движутся вверх под действием силы Архимеда.

Когда они достигают поверхности воды, если давление пара внутри пузырька превышает давление воздуха над жидкостью, пузырёк лопается, и пар выбрасывается в атмосферу. В момент этого процесса термометр показывает температуру 100° C. Эта температура не меняется в процессе кипения, так как вся тепловая энергия идет на превращение воды в пар. В воде значительно увеличивается количество пузырьков, поднимающихся вверх по всему ее объему, и лопаясь на поверхности, они выбрасывают находящийся внутри них пар в атмосферу, в результате чего происходит процесс кипения воды.

Кипение – это процесс парообразования, происходящий по всему объёму жидкости.

В процессе кипения температура жидкости не меняется. Температуры кипения различных веществ при нормальном атмосферном давлении различны (см. таблицу 6.3).

Температура, при которой жидкость кипит, называется температурой кипения.

• ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ

В процессе кипения температура жидкости не меняется, но жидкость продолжает получать тепловую энергию от нагревателя. Так на что же расходуется эта энергия?

Испарение твердых тел

Процесс испарения твердых веществ называется сублимацией, а обратный процесс называется десублимацией.

– *Сублимация – это процесс перехода вещества из твердого состояния непосредственно в газообразное.* Например, “сухой лед” (CO_2 в твердом состоянии) испаряется без образования жидкости. Некоторые твердые вещества, такие как нафталин, сублимируются, поэтому мы ощущаем его запах.

– *Десублимация – это процесс перехода вещества из газообразного состояния непосредственно в твердое.* Например, в морозную погоду на оконных стеклах образуется иней. Иней появляется, когда водяной пар в воздухе напрямую превращается в лед.

Таблица 6.3. Температура кипения некоторых веществ при нормальном атмосферном давлении

Вещество	t, °C	Вещество	t, °C
Водород	-253	Ртуть	357
Кислород	-183	Свинец	1740
Эфир	35	Медь	2567
Спирт	78	Железо	2750
Вода	100	Золото	2950

Примените полученные знания

На рисунке изображена схема интересного физического эксперимента. Внимательно изучив изображение, обсудите следующий вопрос.

Обсудите:

• Как можно вскипятить воду в лабораторном стакане при нормальной комнатной температуре. Обоснуйте свой ответ.



Проверьте полученные знания

- От чего зависит количество теплоты, которое получает вещество при испарении и отдает при конденсации?
- Когда вода испаряется, она поглощает тепло из окружающей среды, вызывая ее охлаждение. Основываясь на этом знании, какое из приведенных ниже явлений нельзя назвать результатом испарения жидкости?
 - Ощущения холода у вспотевшего человека.
 - Влага на поверхности продукта, вынутого летом из морозильной камеры холодильника.
 - Наложение влажной марли на лоб больного с высокой температурой.
 - Душный воздух после дождя в жаркий летний день.
 - Запотевание очков при выходе из теплого помещения на холодный воздух.
 - Запотевание очков при входе в теплое помещение с холодной улицы.
 - Ощущение прохлады, при выходе из воды на пляже.

6.6 Количество теплоты, необходимое в процессах изменения агрегатных состояний вещества

На рисунке представлена схема процессов изменения агрегатного состояния вещества.



- При переходе вещества из одного агрегатного состояния в другое, в каких случаях происходит поглощение теплоты, а в каких – ее выделение?
- Как можно определить количество поглощенного (или выделенного) тепла?

Ключевые слова

теплота плавления, удельная теплота плавления, теплота парообразования, удельная теплота парообразования, теплота сгорания, удельная теплота сгорания

Деятельность

При экспериментальном изучении процесса плавления различных веществ одинаковой массы было установлено, что для превращения этих веществ в жидкость требуется разное количество теплоты. Например, для плавления 1 кг льда, требуется 340 КДж, а для плавления 1 кг олова 59 КДж тепла.

Обсудите:

- Какая характеристика вещества определяется количеством теплоты, необходимым для плавления 1 кг вещества при его температуре плавления?

Теплота плавления и отвердевания

Количество теплоты, затраченное на плавление твердого вещества (кристалла), взятого при температуре плавления, называется *теплотой плавления*.

Теплота плавления зависит от массы и вида вещества: $Q = \lambda m$.

Где Q – теплота плавления вещества, m – масса вещества, λ – удельная теплота плавления вещества

(λ – от гр.: lambda)

Удельная теплота плавления вещества – это физическая величина, численно равная количеству теплоты, необходимому для плавления 1 кг кристаллического вещества при температуре его плавления:

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

Удельная теплота плавления зависит от вида вещества (см. таблицу 6.3).

Единица удельной теплоты плавления в СИ:

$$[\lambda] = \frac{[Q]}{[m]} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Количество теплоты, отдаваемое телом в процессе изменения его агрегатного состояния, считается отрицательным. Поэтому при расчете количества теплоты, выделяемой при кристаллизации вещества массой m , используют ту же формулу, но со знаком минус:

$$Q = -\lambda m.$$

- ПОДУМАЙ
- ОБСУДИ
- ПОДЕЛИСЬ

При какой погоде на краях крыш образуются сосульки? Если они образуются в морозную погоду, то откуда берётся вода, а если в солнечную погоду – почему вода замерзает?

Теплота испарения или конденсации

Количество теплоты, необходимое для испарения различных видов жидкостей, также различно.

Количество теплоты, необходимое для превращения жидкости в пар при температуре кипения, называется теплотой парообразования.

Анализ исследования показывает, что теплота парообразования зависит от вида жидкости и ее массы:

$$Q = Lm.$$

Где Q – теплота парообразования, m – масса жидкости, L – удельная теплота парообразования жидкости.

Удельная теплота парообразования жидкости – это физическая величина, используемая для различения теплоты, необходимой для превращения различных жидкостей одинаковой массы в пар.

Удельная теплота парообразования вещества – физическая величина, численно равная количеству теплоты, необходимого для превращения 1 кг жидкости в пар при температуре кипения:

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

Единица удельной теплоты парообразования в СИ:

$$[L] = \frac{[Q]}{[m]} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Количество теплоты, выделяемое при конденсации пара массой m при температуре кипения, определяется по той же формуле, но со знаком минус:

$$Q = -Lm.$$

Таблица 6.4. Удельная теплота плавления некоторых веществ

Вещество	λ , кДж/кг
Ртуть	12
Кислород	14
Свинец	25
Олово	59
Водород	59
Золото	67
Сталь	84
Серебро	87
Цинк	120
Парафин	150
Нафталин	150
Медь	210
Железо	270
Лед	340
Аллюминий	390

Таблица 6.5.

Удельная теплота сгорания
некоторых видов топлива

Топливо	q, Мдж/кг
Порох	3,8
Сухие дрова	11
Торф	14
Сланец (горящая порода)	15
Метанол	23
Спирт	28
Каменный уголь	29
Древесный уголь	31
Бытовой газ	32
Мазут	40
Керосин	41
Дизельное топливо	43
Бензин	44
Пропан	48
Водород	120

• ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ

Где кипящая вода горячее: на уровне моря, на вершине высокой горы или в глубокой шахте? Обоснуйте свой ответ?

Теплота сгорания топлива

В экспериментах, проведенных с целью исследования обмена энергией в процессе изменения агрегатных состояний веществ, использовались различные нагреватели, в том числе спиртовка. Количество теплоты, выделяющееся при сгорании топлива в этих нагревателях, также можно вычислить.

Энергия, выделяющаяся при полном сгорании топлива, называется *теплотой сгорания топлива*.

Теплота сгорания топлива зависит от его массы и вида:

$$Q = qm.$$

Где Q – теплота сгорания топлива, m – масса топлива, q – удельная теплота сгорания топлива. Удельная теплота сгорания топлива – это физическая величина, используемая для различения теплот, выделяющихся при полном сгорании одинаковой массы различных видов топлива.

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

Удельная теплота сгорания топлива – это физическая величина, численно равная количеству теплоты, выделяющемуся при полном сгорании 1 кг топлива.

Единица удельной теплоты сгорания топлива в СИ:

$$[q] = \frac{[Q]}{[m]} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Удельная теплота сгорания топлива зависит от вида топлива. (см. таблицу 6.5).

• ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ

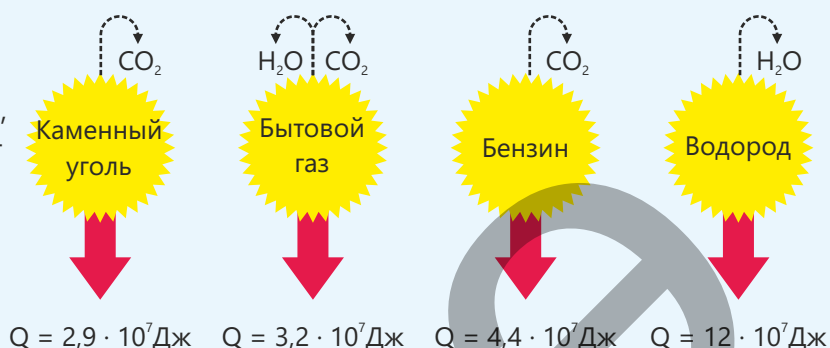
Почему использование бензина в качестве топлива эффективнее пороха, но при этом для снарядов артиллерии гораздо эффективнее использовать порох в качестве взрывчатого вещества, чем бензин?

Примените полученные знания

В быту, производстве и технике используются различные виды топлива. На рисунке показано количество теплоты, выделяющееся при полном сгорании 1 кг каждого из различных видов топлива:

Обсудите:

- Какой из этих видов топлива считается самым перспективным? Почему?

**Проверьте полученные знания**

1. В таблице приведены удельные теплоты плавления и массы чистых веществ L, M, N и O.

Вещество	L	M	N	O
Параметры				
Удельная теплота плавления.	175, 64	22, 86	118, 10	332, 07
Масса (г)	100	100	50	50

Вопрос 1. Если эти вещества нагреть до точки плавления в одном нагревателе, какое из них расплавится быстрее?

- A) Только L
B) Только M
C) Только N
D) Только O
E) M и O

Вопрос 2. Для полного плавления какого вещества потребуется большее количество тепла?

- A) Только L
B) Только M
C) Только N
D) Только O
E) M и O

2. В таблице приведены удельные теплоты парообразования некоторых веществ при температуре кипения и нормальном атмосферном давлении.

Вещество	L, (Дж/г)
Вода	2300
Спирт	900
Эфир	400
Ртуть	300

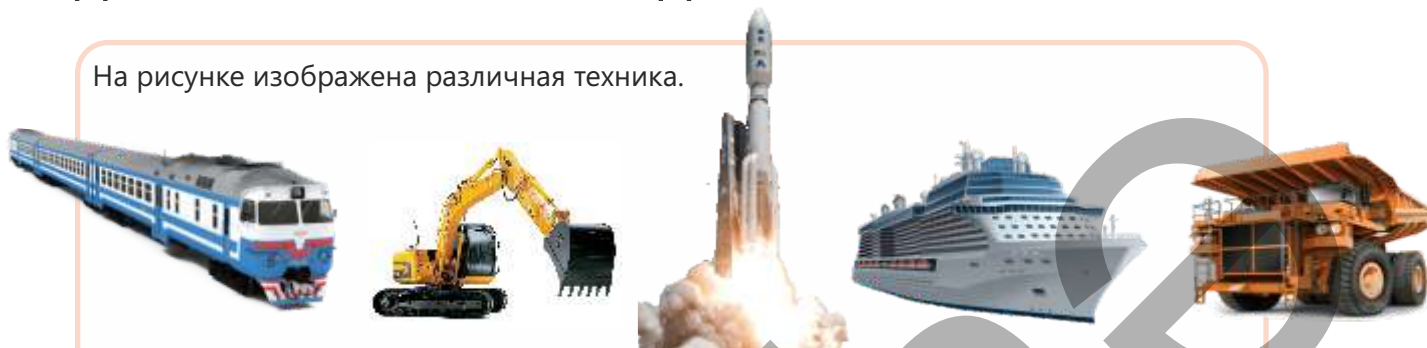
а) Какое вещество, взятое при одинаковой температуре и одинаковой массе, должно получить меньшее количество тепла для полного испарения?

б) Какое вещество, находящееся в газообразном состоянии при температуре кипения выделит больше тепла в окружающую среду при полном переходе в жидкое состояние при той же температуре?

- а – 50 г вода;
б – 150 г ртуть;
с – 200 г спирт;
д – 250 г эфир.

6.7 Тепловой двигатель. Коэффициент полезного действия теплового двигателя

На рисунке изображена различная техника.



- Что приводит в движение эти технологии?
- За счёт каких превращений энергии достигается их движение?

Ключевые слова

тепловой двигатель, нагреватель, рабочее тело, холодильник, коэффициент полезного действия

Деятельность

Какие превращения энергии произошли?

Принадлежности: пробирка, спиртовка, штатив с держателем, пробка, вода (40-50 мл).

Ход работы:

1. В пробирку налейте воду и плотно закройте горлышко пробкой.
2. Закрепите пробирку на штативе, так, как показано на рисунке, и нагрейте в пламени спиртовки. Наблюдайте, что происходит после закипания воды.

Обсудите:

1. Что вы наблюдали после того, как вода в пробирке закипела?
2. Какое превращение энергии произошло в эксперименте?



Машины, преобразующие тот или иной вид энергии в механическую, значительно облегчают жизнь человека. Эти машины обеспечивают движение, транспортировку и подъем грузов, выработку электроэнергии и многие технологические процессы.

Одними из наиболее распространенных таких двигателей являются тепловые двигатели. Именно создание тепловых двигателей дало толчок великому развитию первой промышленной революции. Если бы не были созданы тепловые двигатели, на Земле не было бы современного человеческого общества. Так, если бы не было тепловых двигателей, не было бы автомобилей, самолетов и космических ракет, тепловых электростанций, тракторов и экскаваторов, кораблей и локомотивов, многих других машин и технологических устройств. Знания, полученные вами на

предыдущих уроках, помогут вам понять принцип работы тепловых двигателей, которые являются неотъемлемой частью нашей жизни.

Тепловой двигатель – это устройство, преобразующее внутреннюю энергию топлива в механическую энергию.

Принцип работы тепловых двигателей

Во всех тепловых двигателях существует общая закономерность в их работе. Так, энергия, выделяющаяся при сгорании топлива в тепловой машине или в ядерных реакциях, посредством теплообмена передается определенному газу. Газ также расширяется и совершает механическую работу против внешних сил и приводит в движение какой-либо механизм.

Современная техника в основном использует три типа тепловых двигателей: турбинные, поршневые и реактивные. Тепловые двигатели делятся на два класса: двигатели однократного действия и циклического действия. Примером однократного теплового двигателя является ракета или артиллерийская установка. Так, газ, нагретый до высокой температуры за счет сгорания пороха в артиллерийском устройстве, расширяется и совершает механическую работу, выбрасывая снаряд из ствола устройства под большим давлением (рис. 6.4). Паровые машины и двигатели внутреннего сгорания – это тепловые машины циклического (периодического) действия.

Таким образом, процесс преобразования внутренней энергии в механическую в тепловых двигателях осуществляется тремя его составными частями:

- первая часть называется *нагревателем*. Это высокотемпературный источник тепла. Высокая температура получается в результате сгорания топлива или ядерной реакции;
- вторая часть – *рабочее тело*. Это пар или газ, образующийся в результате сгорания топлива. Газ легко сжимается и расширяется;
- третья часть – *холодильник*. Охлаждающей окружающей средой может быть атмосфера или радиатор.

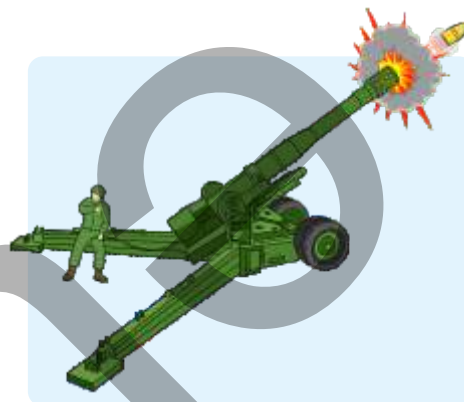


Рис. 6.4.
Работа артиллерийской установки основана на принципе работы теплового двигателя

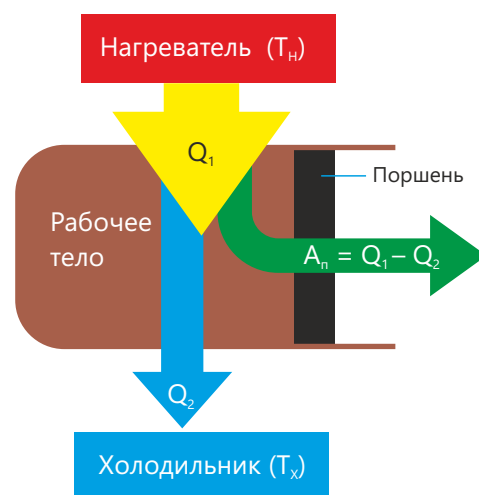


Рис. 6.5.
Схема принципа работы теплового двигателя

Эти части обеспечивают три его последовательных действия двигателя.

1. Нагреватель передает рабочему телу определенное количество тепла Q_1 .
2. Часть этого тепла расходуется на расширение рабочего тела, совершение механической работы (**A**) и приведение в движение подвижных частей двигателя (например, поршня, вала турбины и т.п.)
3. Для обеспечения работы двигателя рабочее тело после каждого расширения возвращать в исходное положение. Для этого рабочее тело должно быть сжато и процесс повторяется. Для сжатия рабочего тела, ему нужно передать определенное количество тепла Q_2 ($Q_2 < Q_1$) от охладителя. Поэтому во всех тепловых двигателях на совершение рабочим телом полезной работы (A_n), расходуется только $(Q_1 - Q_2)$ часть внутренней энергии топлива (рис. 6.5):

$$A_n = Q_1 - Q_2.$$

Таким образом, работа циклического теплового двигателя состоит из повторяющихся *циклов*. Важным принципом, обеспечивающим периодичность работы тепловых двигателей, является то, что температура холодильника всегда должна быть ниже температуры нагревателя. Несмотря на широкое распространение, ни один тепловой двигатель не дает 100% эффективности, то есть невозможно полностью преобразовать внутреннюю энергию в механическую энергию.

цикл (от греч. “киклос” – круг, замкнутый процесс)

Эффективность тепловых двигателей определяется специальной физической величиной – коэффициентом полезного действия (КПД) двигателя.

– КПД двигателя показывает, какая часть общей энергии, отдаваемой нагревателем, расходуется на полезную работу.

Отношение полезной работы, совершаемой двигателем, к количеству тепла, получаемого им от нагревателя, называется коэффициентом полезного действия теплового двигателя.

КПД обычно обозначается греческой буквой **η** (эта). Это безразмерная величина, выражаемая в процентах:

$$\eta = \frac{A_n}{Q_1} \cdot 100\% \text{ или } \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%.$$

Из этих выражений видно, что при работе любого теплового двигателя не вся энергия, передаваемая от нагревателя к рабочему телу, не используется для выполнения механической работы, а лишь ее часть. Поэтому КПД всех тепловых двигателей всегда меньше 1 (меньше 100%).

В связи с этим возникают следующие важные вопросы, имеющие практическое значение:

– Если получить 100% КПД от тепловых двигателей в принципе невозможно, то к какому максимально возможному значению КПД должны стремиться инженеры в тепловых двигателях?

- ПОДУМАЙ
- ОБСУДИ
- ПОДЕЛИСЬ

Что произойдёт, если температура холодильника станет равной температуре нагревателя, Обоснуйте свой ответ

– Какой должна быть максимальная величина КПД, которую можно получить по законам физики?

Законы термодинамики (раздел физики, изучающий тепловые явления) позволили ученым ответить на этот вопрос. Было установлено, что возможное максимальное теоретическое значение КПД теплового двигателя ($\eta_{\max}$) определяется только абсолютными температурами нагревателя T_1 и охладителя T_2 .

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

Примените полученные знания

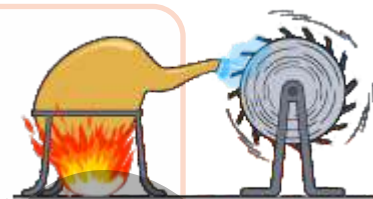
1. Можно ли считать человеческий организм тепловой машиной? Обоснуйте свой ответ.
2. Воздушный поток, поднимающийся от поверхности Земли, представляет собой своего рода тепловой двигатель. Что в этом двигателе играет роль нагревателя, рабочего тела и холодильника?
3. Тепловая двигатель с КПД 45% передает холодильнику 110 кДж тепла за каждый цикл. Сколько тепла получает двигатель от нагревателя в каждом цикле?

Проверьте полученные знания

1. КПД теплового двигателя составляет 48%. Это означает, что из всей энергии, выделяющейся при полном сгорании топлива:
 - А) 48% используется для совершения полезной работы.
 - В) 52% используется для совершения полезной работы.
 - С) 48% превращается во внутреннюю энергию.
 - Д) 48% передается холодильнику.
 - Е) 52% получается от нагревателя.
1. Выберите верные выражения для завершения утверждение: "В тепловом двигателе ..."
 - А) механическая энергия полностью превращается во внутреннюю энергию.
 - В) внутренняя энергия топлива полностью преобразуется в механическую энергию.
 - С) определенная часть внутренней энергии топлива преобразуется в механическую энергию.
 - Д) определенная часть механической энергии преобразуется во внутреннюю энергию топлива.
 - Е) преобразование и сохранение энергии не происходит.
3. Как можно определить механическую работу, совершенную двигателем, если известны количество теплоты, полученное от нагревателя и отданное холодильнику в тепловом двигателе?

6.8 Паровой двигатель

Арабский инженер Таки ад-Дин в 1551 году стал первым изобретателем, который представил проект использования паровой машины в практических целях. Он разработал автоматическое устройство с паровым приводом, предназначенным для непрерывного вращения шампура с мясом на мангале. Устройство состояло из медного котла с трубой, наполненной водой. Котел нагревался на огне, и когда вода в нем закипала, выходящий из бочки пар направляется на диск с лопастями. Пар воздействуя на лопасти, заставлял диск вращаться вокруг своей оси. При этом прикрепленный к оси шампур также вращался над мангалом (предотвращает пригорание шашлыка).



- Можно ли назвать устройство Таки ад-Дина тепловым двигателем?
- Если данное устройство является тепловым двигателем, то что является его нагревателем, рабочим телом и холодильником?

Ключевые слова

паровой двигатель, паровой котел, сопло, паровая турбина

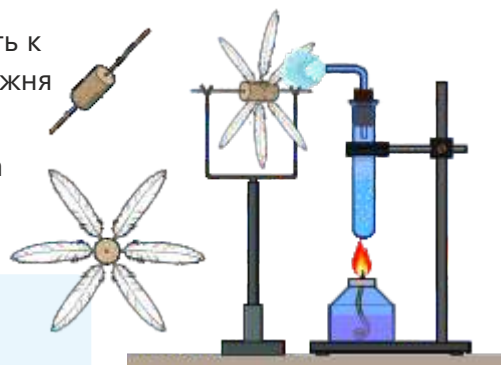
Деятельность

Какие энергетические преобразования произошли в устройстве?

Принадлежности: колба, резиновая пробка с продетой через нее трубкой небольшого диаметра, спиртовка, штатив с держателем, пробка, тонкий металлический стержень, птичьи перья, шило, медная или алюминиевая проволока (50–70 см), вода (70–100 мл).

Ход работы:

1. Наполните колбу водой до половины, плотно закройте горлышко резиновой пробкой, закрепите ее на штативе и нагрейте на пламени спиртовки.
2. Пропустите металлический стержень через пробку. С помощью шила проделайте 6 симметричных отверстий по окружности на поверхности пробки и вставьте туда перья. Вы сделали колесо с 6 лопастями.
3. Сложите медную проволоку вдвое и закрепите сложенную часть к основанию, а концы загните в виде креста. Поместите концы стержня колеса в кресты, чтобы колесо могло свободно вращаться.
4. После того, как вода в колбе закипит, поднесите лопасти колеса ближе к выходящему из трубки пару и наблюдайте за происходящим.



Обсудите:

1. Модель какого устройства вы сделали?
2. Какое преобразование энергии произошло в этом устройстве?

С середины XIX века люди начали использовать силу пара в практических целях. Паровые машины позволили преобразовывать энергию, накопленную в дровах, торфе, каменном угле, нефти и газе, в механическую работу. Это

кардинально изменило облик жизни, дало толчок быстрому развитию науки и технологий, стало основой для развития промышленности и транспорта. В результате в XIX веке произошла техническая революция.

– *Паровая машина – это тепловой двигатель, преобразующий внутреннюю энергию водяного пара в механическую энергию.*

Несмотря на то, что паровой машины представляет собой сложное устройство, как и любой тепловой двигатель, она состоит из 3-х основных частей:

- нагреватель – печь, в которой сжигается топливо;
- рабочее тело – пар;
- Холодильник – конденсатор.

Таким образом, упрощенная схема принципа работы паровой машины выглядит следующим образом (см. рис. 6.6).

Количество теплоты, подаваемого от печи (1), кипятит воду в паровом котле (2). Образующийся пар, проходя по трубе, повторно нагревается в пароперегревателе (3), в результате чего его давление достигает $\approx 3 \cdot 10^7$ Па, а температура – 600°C . Пар ускоряется в трубе, называемой соплом (4), в результате чего внутренняя энергия пара преобразуется в кинетическую энергию струи пара. Струя пара (5), выходящая из сопла, передает часть своей энергии паровой турбине (6) и заставляет ее вращаться с большой скоростью. Определенная часть внутренней энергии пара преобразуется в механическую энергию турбины. Турбина приводит в движение некоторые механизмы, прикрепленные к ее валу (гребные винты, приводящие в движение суда, ротор электрогенератора и т.д.) Оработанный пар охлаждается в специальном устройстве, называемом конденсатором (7). Охлажденный пар конденсируется, превращается в воду и насосом (8) перекачивается обратно в паровой котел. Таким образом, процесс циклически повторяется.

Знаете ли вы?

Современный паровой котел представляет собой сложное устройство размером с 8-9-этажный дом и производит несколько тысяч тонн пара в час. Она снабжает паровую турбину ТЭС и АЭС паром.

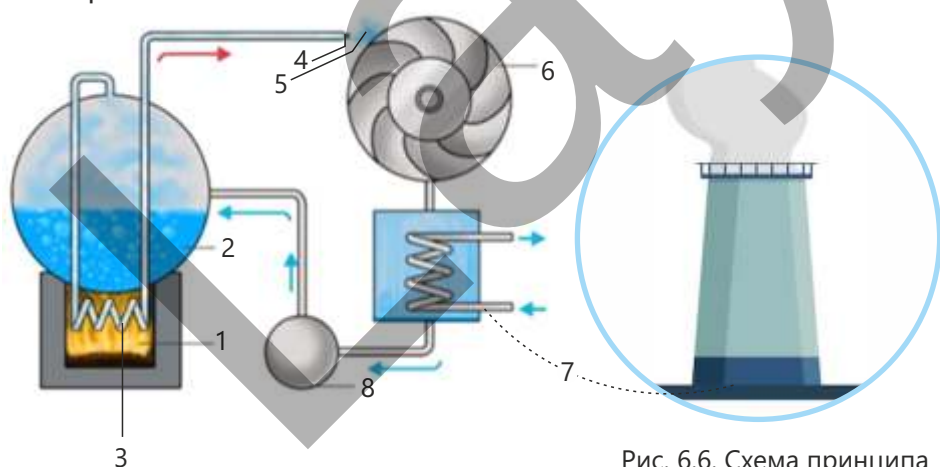


Рис. 6.6. Схема принципа работы парового двигателя

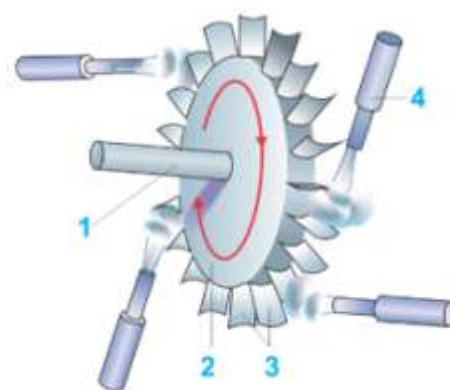


Рис. 6.7. Схема однодисковой паровой турбины

Итак, что такое паровая турбина?

Простейшая паровая турбина представляет собой устройство, состоящее из вала (1), диска (2), насаженного на вал, и лопастей (3), прикрепленных к ободку диска (рис. 6.7).

- ПОДУМАЙ
- ОБСУДИ
- ПОДЕЛИСЬ

1. Можно ли использовать паровую турбину в самолетах? Обоснуйте свой ответ.
2. Можно ли в паровой машине преобразовать внутреннюю энергию пара, выходящего из сопла, непосредственно в электрическую энергию, минуя превращение её в механическую энергию?

Рис. 6.8. Современная паровая турбина



Неотъемлемой частью современных тепловых электростанций являются паровые турбины. Эти турбины состоят из десятков дисков, рядом с каждым из которых расположены несколько сопел (рис. 6.8). Пар, выходящий из сопел, воздействует на лопасти, заставляя диски вращаться с частотой 50 с^{-1} ($3000 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$). КПД паровой турбины находится в пределах 25-40%.

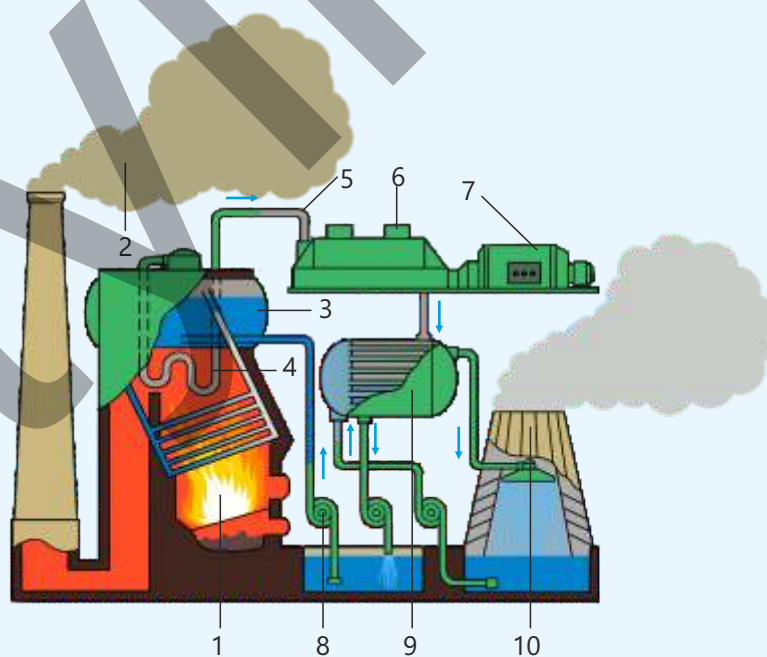
Примените полученные знания

Тепловая электростанция (ТЭЦ)

На рисунке изображена схема угольной ТЭЦ. Исследуйте принцип работы станции исходя из номеров.

Обсудите:

- Какие части соответствуют номерам изображены на ТЭЦ?
- Какие части на ТЭЦ являются нагревателем, рабочим телом и холодильником?
- Какую роль играет дым, выбрасываемый в атмосферу от сжигания угля (2) в глобальном потеплении Земли?



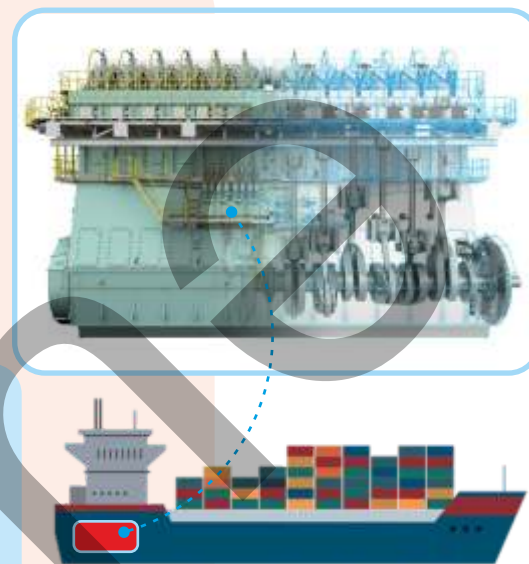
Проверьте полученные знания

1. В паровой машине начальная и конечная температуры пара равны 600°C и 260°C соответственно. Каково максимальное значение КПД двигателя в процентах?
2. "Инженер" любитель утверждает, что может создать паровую машину с максимальным значением КПД, равным 100 %. Какие аргументы можно привести, чтобы опровергнуть это утверждение?
3. Количество тепла, передаваемого в холодильник, в 3 раза больше механической работы, выполняемой паровой турбиной. Определите КПД турбины.

6.9 Двигатель внутреннего сгорания

Самый большой тепловой двигатель был изготовлен в Финляндии в 2006 году. Двигатель Wärtsilä RT-flex96C имеет массу 2300 тонн, длину 27 м и высоту 13,5 м. Он установлен на гигантском судне, способном перевозить 11 000 контейнеров весом по 14 тонн каждый. КПД двигателя, работающего на дизельном топливе, составляет 50%. Это достаточно высокий показатель. Для сравнения скажем, что КПД двигателей, работающих на бензиновом топливе, составляет 20–25%.

- Каков основной принцип работы двигателей, работающих на дизельном и бензиновом топливе?
- Как вы думаете, почему КПД тепловых двигателей, работающих на дизельном топливе, выше, чем у двигателей, работающих на бензине?



Одним из широко используемых в различных транспортных средствах тепловых двигателей является двигатель внутреннего сгорания.

Двигатель внутреннего сгорания – это тепловой двигатель, преобразующая внутреннюю энергию топлива, сгорающего непосредственно в рабочей камере (внутри двигателя) в механическую энергию.

Карбюраторный двигатель

В качестве примера можно рассмотреть упрощенную схему карбюраторного двигателя внутреннего сгорания, используемого в автомобилях. Этот двигатель работает на топливной смеси – капель бензина и воздуха (кислорода), – приготовленной в специальном устройстве, называемом карбюратором.

В двигателе для сгорания топливной смеси используется цилиндр, оснащенный поршнем. Ползунок соединен с поршнем стальным колесом, а с ползуном соединен коленчатый вал. К валу прикреплено металлический маховик (см. рис. 6.11). Таким образом, в результате движения поршня вверх и вниз в цилиндре ползунок заставляет вращаться коленчатый вал (рис. 6.9).

Ключевые слова двигатель внутреннего сгорания, карбюраторный двигатель, дизельный двигатель, четырехтактный двигатель

Знаете ли вы? Первое двигатель внутреннего сгорания был изобретён в 1860 году французским инженером Этьеном Ленуаром (1822–1900).
Немецкий инженер Отто Николаус (1832–1891) разработал более совершенный двигатель внутреннего сгорания в 1876 году – карбюраторный двигатель. В 1897 году немецкий инженер Рудольф Дизель (1858–1913) создал новый двигатель, работающий по усовершенствованному принципу – дизельный двигатель.

Коленчатый вал, вращая ведущие колеса автомобиля, придает ему поступательное движение. Когда поршень движется вверх, он не достигает головки блока цилиндров.

Поэтому между головкой цилиндра и поршнем всегда остается пустое пространство – камера сгорания. Камера сгорания соединена с двумя каналами – впускным и выпускным, снабженными клапанами 1 и 2. Топливная смесь поступает в цилиндр из впускного канала, а отходы сгорания топлива удаляются через выпускной канал. Клапаны открываются и закрываются автоматически в соответствии с заданной последовательностью действий.

I такт называется *тактом всасывания (или впуска)*. Поршень движется вниз. В цилиндре происходит разрежение, впускной клапан открывается, и топливная смесь засасывается в цилиндр. В конце такта впускной клапан закрывается. Выпускной клапан также закрыт.

IV такт называется *тактом выпуска*. Температура и давление расширяющегося газа уменьшаются, поршень движется вверх и выпускной клапан открывается – продукты сгорания выбрасываются из цилиндра в атмосферу. В конце такта выпускной клапан закрывается, и снова начинается первый такт – такт всасывания. В конце такта выпускной клапан закрывается, и снова начинается первый такт – такт всасывания.

II такт называется *тактом сжатия*. Поршень движется вверх, сжимая топливную смесь. Поскольку в процессе сжатия оба клапана закрыты, топливная смесь резко нагревается. В конце этого такта, когда поршень почти достигает верхнего положения, свеча зажигания создаёт электрическую искру, воспламеняющую топливную смесь.

III такт называется *рабочим тактом*. В результате воспламенения образуется газ, являющийся продуктом сгорания. Температура газа повышается до 1600-1800 °С, а его давление – до 100 атмосфер (10 МПа). Высокотемпературный газ быстро расширяется и с большой силой толкает поршень вниз, то есть совершается полезная механическая работа.

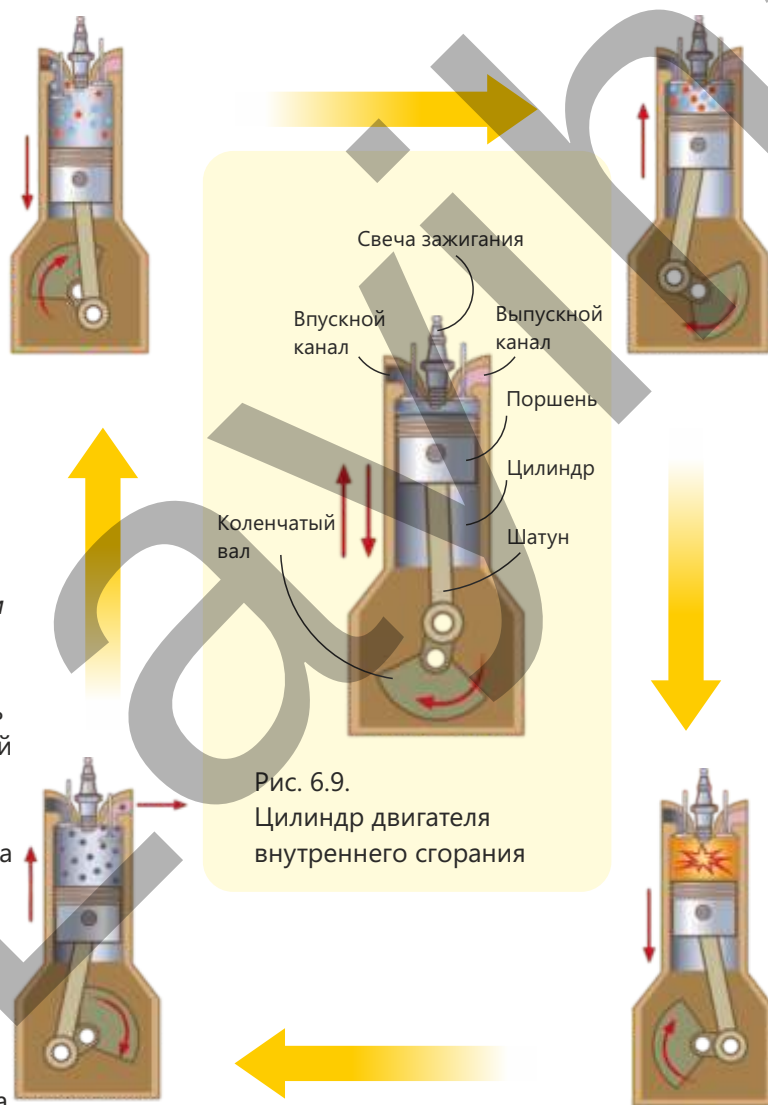


Рис. 6.9.
Цилиндр двигателя
внутреннего сгорания

Рис. 6.10. Принцип работы четырёхтактного карбюраторного двигателя

Помимо клапанов на головке цилиндра расположена еще и свеча зажигания. Ее задача – воспламенить топливную смесь путем создания электрической искры.

В двигателе внутреннего сгорания каждый ход поршня вверх и вниз называется тактом. Один полный цикл работы двигателя происходит за четыре такта. По этой причине такой двигатель называется четырехтактным. Принцип работы четырехтактного карбюраторного двигателя изображен на рисунке 6.11.

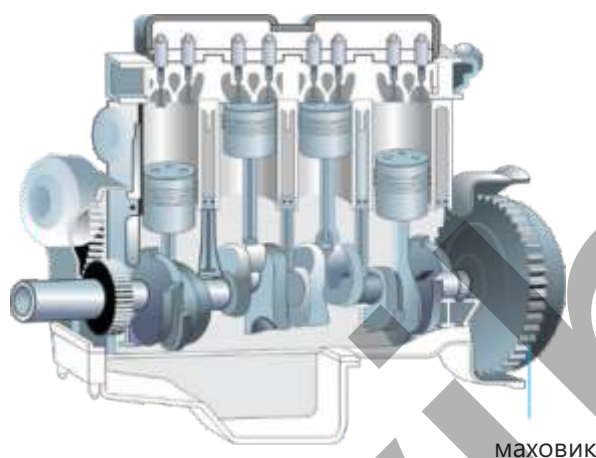


Рис. 6.11.
Четырёхтактный
двигатель

Таким образом, в двигателе внутреннего сгорания нагревателем служит сама топливная смесь; рабочим телом – газ в цилиндре (газ, являющийся продуктом сгорания топлива), который расширяется от тепла и совершает механическую работу; а холодильник – это атмосфера.

В автомобилях в основном используются четырех- или шестицилиндровые двигатели внутреннего сгорания. В каждом из этих цилиндров поршень поочередно передает вращательное движение коленчатому валу (рис. 6.11). Также существуют восьми- и двенадцатицилиндровые автомобильные двигатели с большей мощностью.

- ПОДУМАЙ
- ОБСУДИ
- ПОДЕЛИСЬ

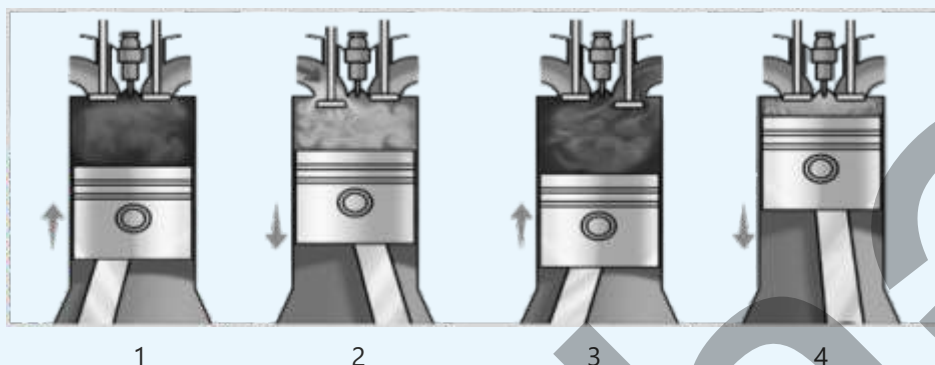
Почему невозможно полностью преобразовать внутреннюю энергию газа, полученную при сгорании топливной смеси в цилиндре карбюраторного двигателя, в механическую энергию? Обоснуйте свой ответ.

Дизельный двигатель

Этот двигатель также четырехтактный. Однако он отличается от карбюраторного двигателя тем, что, во-первых, в цилиндре дизельного двигателя нет свечи зажигания. Во-вторых, на такте всасывания в цилиндр всасывается чистый воздух, а не топливная смесь. Воздух сжимают во II такте, увеличивая его давление в 15-20 раз, а и температура повышается до 800-900°C. В конце этого такта в цилиндр с помощью специального насоса впрыскивается дизельное топливо, и оно сразу воспламеняется под воздействия «горячего» воздуха. Далее происходят следующие такты двигателя – рабочий ход и выпуск. Поскольку сгорание топливной смеси происходит при более высокой температуре и топливо сгорает более полно, КПД дизельных двигателей выше, чем у бензиновых карбюраторных, примерно на 30-35%.

Примените полученные знания

На рисунке показано поперечное сечение цилиндра четырехтактного двигателя. Внимательно рассмотрите рисунок и ответьте на следующие вопросы.



Вопрос 1. Какой цифрой обозначены такты впуска и выпуска?

Вопрос 2. Какой цифрой обозначены такты сжатия и рабочего хода?

Вопрос 3. Что является нагревателем, рабочим телом и холодильником в этом двигателе?

Проверьте полученные знания

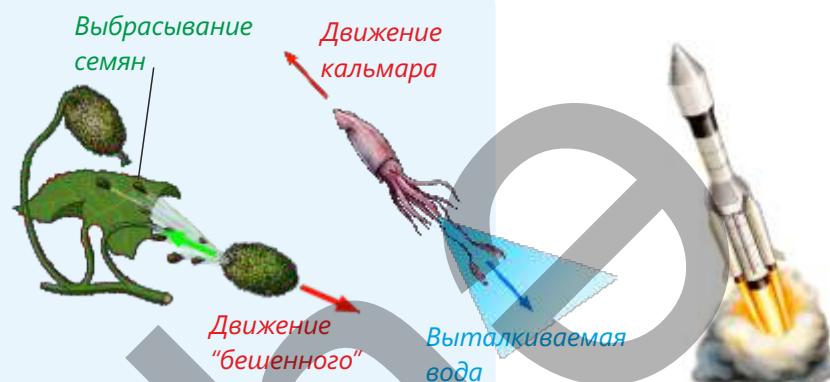
- Когда внутренняя энергия газа в цилиндре двигателя внутреннего сгорания больше:
 - в начале или в конце такта рабочего хода;
 - в конце такта всасывания или в конце такта сжатия? Обоснуйте свой ответ.
- Как изменяется температура газа в рабочем такте двигателя внутреннего сгорания: температура повышается или понижается? Обоснуйте свой ответ.
- Двигатель трактора совершает полезную работу равную 15 МДж. При этом он израсходовал 1,5 кг топлива. Зная, что удельная теплота сгорания топлива равна $42 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$, определите КПД двигателя трактора.

Дано	Решение
$A_n = 15 \text{ МДж} = 15 \cdot 10^6 \text{ Дж};$ $m = 1,5 \text{ кг};$ $q = 42 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 42 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$ $\eta - ?$	$\eta = \frac{A_n}{mq} \cdot 100\%$
	Вычисления
	$\eta = \frac{15 \cdot 10^6 \text{ Дж}}{1,5 \text{ кг} \cdot 42 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} \cdot 100\% = 23,81\%$

- КПД двигателя экскаватора составляет 28%. В процессе работы он сжег 5,6 кг топлива. Зная, что удельная теплота сгорания топлива равна $42 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$, рассчитайте полезную работу, совершаемую двигателем экскаватора.

6.10 Реактивный двигатель

Из предмета "Биология" вы знаете, что такие головоногие моллюски, как осьминог, кальмар и наutilus, обитающие в соленых водоемах, набирают в себя воду и, выбрасывая ее наружу, получают скорость за счет создаваемой воды толкающей силы (см.: "Биология 7", часть II, стр. 20). Некоторые растения тоже способны перемещаться, используя соответствующую технику. при выбрасывании семян «бешеный» огурец (лат.: *Ecballium elaterium*) движется в направлении, противоположном вылетающим семенам. Ракета, выводящая астронавтов в космос, тоже движется по аналогичному принципу.



- Какие сходства есть в движении изображённых на рисунке объектов? Как называется такое движение?
- Масса ракеты, выводящей космический корабль на околоземную орбиту, составляет от 2500 до 3000 тонн.
- Что можно сказать о принципе работы двигателя, приводящего в движение такую огромную ракету?

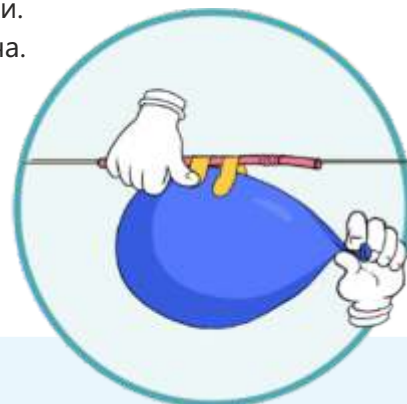
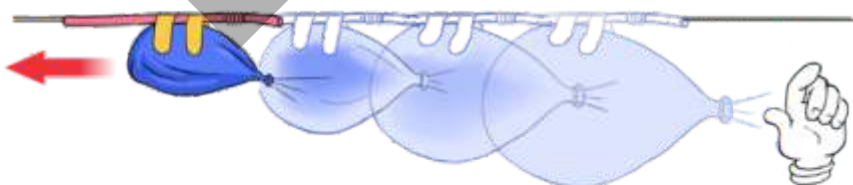
Деятельность

Какое движение вы смоделировали?

Принадлежности: резиновый шарик, леска (удилищная нить, длиной 5-7 м), трубочка (используемая для питья сока), скотч (клеякая лента).

Ход работы:

1. Проденьте леску через трубочку. Затем, протянув ее через комнату, привяжите концы к двум фиксированным точкам, например, подоконнику или краю доски.
2. Надуйте шарик и прикрепите его к трубочке с помощью скотча.
3. Откройте горлышко шарика и наблюдайте за просходящим.



Обсудите:

Что заставляет шарик двигаться?

Реактивное движение – это движение, которое возникает при отделении от тела некоторой его части с определенной скоростью в противоположном по отношению к телу направлении.

Для приведения в движение современных транспортных и технологических средств с помощью реактивного движения используются различные типы реактивных тепловых двигателей. Наиболее распространенными из таких двигателей являются *газовый (воздушный) реактивный тепловой двигатель и ракетный тепловой двигатель.*

Газовый (воздушный) реактивный двигатель

– Газовый (воздушный) реактивный двигатель – двигатель, использующий в своей работе окружающую среду, например, атмосферный воздух.

Конструкция газового двигателя такова, что нет необходимости преобразовывать поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала (рис. 6.12). Так, при работе газового двигателя компрессор сжимает атмосферный воздух, увеличивая его давление в 5-10 раз. В результате повышается и температура воздуха в компрессоре. Нагретый воздух под давлением поступает в камеру сгорания (нагреватель), куда одновременно впрыскивается и топливо (керосин, мазут).



Рис. 6.12. Схема строения и принципа работы газового (воздушного) реактивного двигателя

Примечание. Газовые двигатели широко используются, главным образом, в авиации, поскольку создают большую силу тяги.

В результате сгорания топлива температура воздуха (рабочего тела) повышается до 1500-2200°C. Воздух и другие продукты сгорания, резко расширяясь от высокой температуры, с большой скоростью устремляются к соплу.

Таким образом, внутренняя энергия топлива преобразуется в кинетическую энергию струи продуктов сгорания, которая, в свою очередь, преобразуется во вращательную кинетическую энергию турбины. Часть полученной турбиной механической энергии создает тягу, а оставшая часть (выхлопной воздух и продукты сгорания) выбрасывается в атмосферу через выхлопное сопло со скоростью $\approx 500-800 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. КПД этого реактивного двигателя составляет 25-30%.

• ПОДУМАЙ
• ОБСУДИ
• ПОДЕЛИСЬ

Для работы любого теплового двигателя при сгорании топлива необходим кислород, то есть окислитель. Так как же работают двигатели ракет и космических технологий в среде за пределами атмосферы Земли, где нет кислорода?

Ракетный двигатель

Ракетный двигатель – реактивный двигатель, не использующий в своей работе окружающую среду, например, атмосферный воздух.

Основу ракетной и космической техники составляют жидкостные ракетные двигатели. Такие двигатели несут с собой вместе с топливом окислитель (например, жидкий кислород). В камеру сгорания (нагреватель) двигателя с помощью насосов подаются топливо и окислитель. От воспламенения топливной смеси в камере образуются продукты сгорания, т. е. газы (рабочее тело), при высоком давлении и температуре в камере. Газовая струя с большим давлением выбрасывается из сопла ракеты в атмосферу (охладитель) (рис. 6.13). В результате возникает реактивное действие выбрасываемой газовой массы, то есть на ракету действует большая сила тяги, равная силе реакции газовой струи.

Знаете ли вы?

Основной недостаток ракеты заключается в том, что она требует много топлива.

Большое количество требуемого топлива увеличивает массу ракеты, что затрудняет ее запуск и маневрирование.



Рис. 6.13. Схема принципа работы ракетного двигателя

Примените полученные знания

1. На каком физическом законе основан принцип работы реактивного двигателя?
2. В чем заключаются сходные и отличительные особенности в принципе действия газового и парового двигателей?

Проверьте полученные знания

1. В чем разница между газовым (воздушным) и ракетным реактивными двигателями? Обоснуйте свой ответ.
2. Что приводят в движение реактивные двигатели?

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| 1. Мотоциклы. | A) Только 1 |
| 2. Крузиные лайнеры. | B) Только 1 и 2 |
| 3. Беспилотники. | C) Только 3 |
| 4. Реактивные самолеты. | D) Только 3, 4 и 5 |
| 5. Крылатые ракеты. | E) Только 5 |

3. Как увеличивается тяга реактивного двигателя при изменении температуры и давления окружающей среды?

	Температура	Давление
A)	при уменьшении	при увеличении
B)	при увеличении	при увеличении
C)	при постоянстве	при увеличении
D)	при уменьшении	при постоянстве
E)	при увеличении	при уменьшении

6.11 Тепловые двигатели и экологические проблемы

Азербайджан – страна, где построена первая в мире электростанция гибридного типа. Гибридная электростанция “Гобустан”, запущенная в сентябре 2011 года, производит электроэнергию с помощью ветровых, солнечных и биогазовых установок.



- В чем главное отличие этой станции от тепловых электростанций?
- Почему несмотря на то, что Азербайджан является нефтегазовой страной, строительство таких станций имеет большое значение?

Деятельность

Парниковый эффект

Атмосфера Земли окружает поверхность планеты и защищает ее от высоких температур солнечных лучей. Большая часть энергии, переносимой солнечными лучами, достигающими нашей планеты, проходит через атмосферу.

Земля поглощает часть этой энергии, а оставшуюся отражает обратно от своей поверхности. Часть отраженной энергии поглощается атмосферой. В результате, если бы не было атмосферы, средняя температура воздуха на поверхности Земли и вблизи нее была бы намного выше. Следовательно, атмосфера Земли выполняет роль парника, отсюда и термин “парниковый эффект”. Считается, что парниковый эффект в XXI веке стал более заметным, так как очевиден факт повышения средней температуры атмосферы Земли. Все средства массовой информации часто указывают на увеличение выбросов углекислого газа в атмосферу как на основную причину повышения температуры в XXI веке.

Азер интересуется возможной связью между средней температурой воздуха на Земле и выбросами углекислого газа в атмосферу. Он находит в Интернете следующие два графика, по данному вопросу. На основании этих графиков Азер приходит к выводу, что повышение средней температуры атмосферы Земли действительно связано только с увеличением выбросов углекислого газа. Однако его одноклассница Лала считает, что выводы Азера слишком поспешны. Лала говорит: “Азер, прежде чем делать окончательный вывод, необходимо убедиться, что другие факторы, влияющие на парниковый эффект, остаются стабильными”. Лала внимательно сравнивает два графика и выясняется, что некоторые части графиков не подтверждают вывод Азера.

Ключевые слова

парниковый эффект, углекислый газ, атмосфера Земли, глобальное потепление, парниковые газы



Обсудите:

1. Какие части графиков не подтверждают вывод Азера? Для обоснования своего ответа укажите начало и конец периода, соответствующего ближайшему десятилетию.
2. Интересно, какой продукт сгорания, выброшенный в атмосферу, играет важную роль в глобальном потеплении Земли?

Во времена, когда мощность тепловых электростанций (ТЭЦ) была слабой, а количество автомобилей невелико, негативное воздействие тепловых двигателей не слишком беспокоило человечество. Проблема стала актуальной со второй половины XX века. Так, в результате сжигания каменного угля, газа и мазута в котлах теплоэлектростанций в атмосферу начали выбрасываться огромные количества вредных веществ, что привело к выпадению кислотных дождей вместо обычных. В многомиллионных городах количество людей с заболеваниями лёгких резко возросло из-за выхлопных газов автомобилей, застревающих в пробках (рис. 6.14). В настоящее время человечество столкнулось с более серьезной проблемой. Так, по подсчетам специалистов, за последние 200 лет в результате все более интенсивной работы тепловых двигателей в атмосферу было выброшено триллион (10^{12}) тонн углекислого газа (CO_2). В результате в атмосфере Земли накопилось на 39% больше нормы углекислого газа, который стал основным газом, создающим парниковый эффект вокруг нашей планеты.

Парниковый эффект – это процесс повышения температуры поверхности планеты за счет парниковых газов, которые не позволяют теплу Солнца отражаться от Земли и полностью уходить в космос.

Эксперты Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) определили пять основных загрязнителей, вызывающих парниковый эффект. Это углекислый газ (CO_2), диоксид азота (NO_2), метан (CH_4), озон (O_3) и взвешенные частицы. По сути, эти газы образуют естественное “парниковое покрытие” в атмосфере нашей планеты и способствуют сохранению высокой температуры на ее поверхности. Таким образом, парниковые газы играют важную роль в поддержании температуры, пригодной для жизни на Земле. Без естественного парникового эффекта, средняя температура на нашей планете составляла бы не $+15^\circ\text{C}$, как сейчас, а морозные -20°C (см. рис. 6.15). Быстрый рост количества углекислого газа и других вредных газов в атмосфере привело к утолщению парникового слоя. Таким образом, “зеркальный” эффект, создаваемый парниковым слоем в атмосфере, ускорил процесс возвращения теплового излучения Земли обратно на её поверхность, и в результате произошло глобальное потепление нашей планеты.

Как сказано в программе, принятой на Всемирной конференции COP29 (Конференция Conference of the Parties), прошедшей в Баку в ноябре 2024 года, если мировые лидеры не предпримут меры и не предотвратят загрязнение атмосферы Земли, к концу столетия наша планета потеплеет примерно на 3°C . Это может привести ко многим осложнениям на Земле.

Лесные пожары, оползни, засухи, подъем уровня океанской воды на несколько метров в результате таяния ледников и айсбергов, наводнения, штормы, муссонные



Рис. 6.14. Тепловые двигатели резко увеличивают количество токсичных газов в атмосфере



Рис. 6.15. Парниковый эффект в атмосфере, как естественный, так и вызванный деятельностью человека

Знаете ли вы?

Количество кислорода, потребляемое автомобильным двигателем за 2-3 часа работы, равно количеству кислорода, необходимому человеку для дыхания в течение недели.

- ПОДУМАЙ
- ОБСУДИ
- ПОДЕЛИСЬ

Как, по-вашему, возможно ли полностью предотвратить выбросы углекислого газа (CO_2), диоксида азота (NO_2), метана (CH_4), озона (O_3) и других вредных отходов в атмосферу Земли? Что бы вы предложили для этого?

дожди, жаждой и голод среди людей, что приведет к быстрому уничтожению человечества (рис. 6.16).

На Бакинской конференции было принято решение о том, что единственный способ остановить глобальное потепление – это значительное сокращение добычи ископаемого топлива и его использования в тепловых двигателях. Перед правительствами развитых и развивающихся стран была поставлена задача расширить использование неисчерпаемых и возобновляемых источников энергии (Солнце, ветер, гейзер, биомасса и др.)



Рис. 6.16. Глобальное потепление вызовет серьезные последствия для атмосферы Земли, почвы, океанов и здоровья всех живых организмов.

Примените полученные знания

• Насколько чиста атмосфера города Баку?

В результате практических исследований было установлено, что один легковой автомобиль с карбюраторным двигателем за год поглощает из атмосферы 40 тонн кислорода, а взамен выбрасывает в атмосферу вместе с продуктами сгорания 800 кг угарного газа (CO), 40 кг оксидов азота и 200 кг углеводов. По данным на 2023 год, ежедневно по улицам Баку движется 850 000 легковых автомобилей. Какой вред эти автомобили наносят окружающей среде в течение года?

Обсудите:

- Каково годовое количество кислорода, поглощаемого легковыми автомобилями в городе Баку, а также объем выбрасываемого угарного газа и оксидов азота?
- Что бы вы предложили для снижения этих вредных воздействий автомобилей?

Проверьте полученные знания

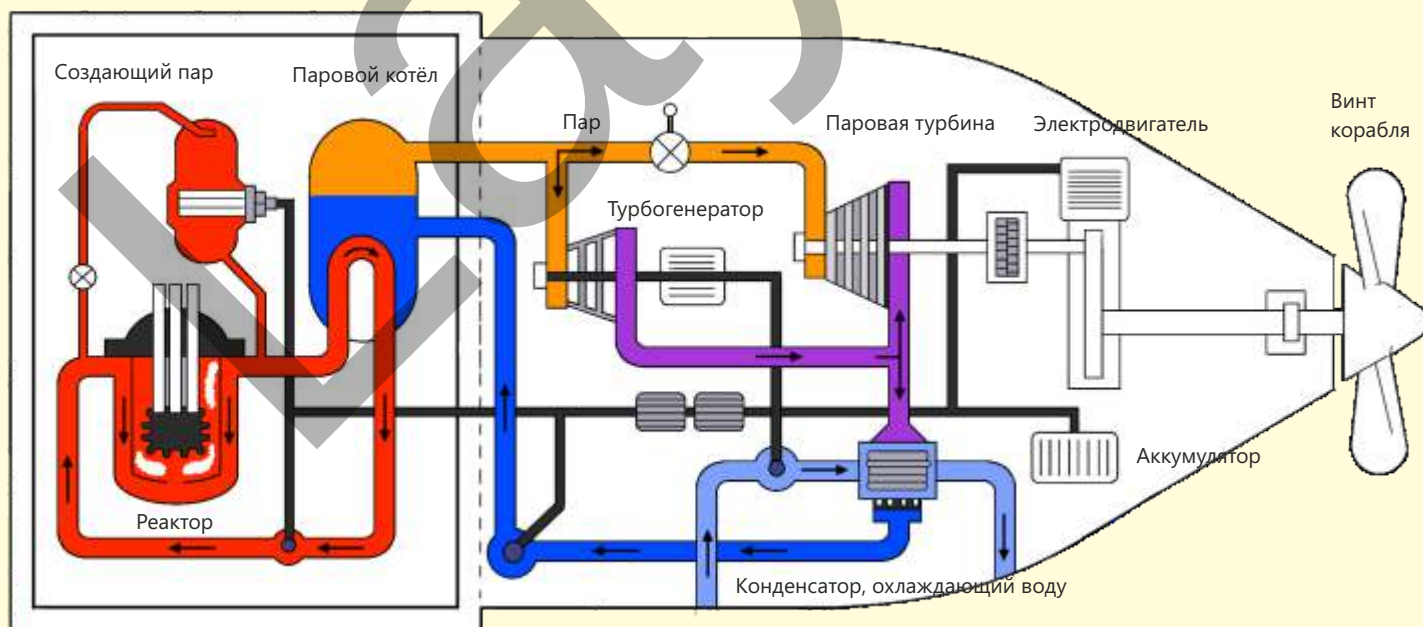
1. Что такое парниковый эффект?
2. Какой парниковый эффект полезен для нашей планеты: вызванный деятельностью человека или естественно сформировавшийся? Объясните свой ответ.
3. Какие автомобильные двигатели (бензиновые или дизельные) выбрасывают в атмосферу относительно меньше парниковых газов? Объясните, почему.
4. Каковы пути решения экологических проблем в многомиллионных городах? Назовите два решения.

Наука, технология, жизнь

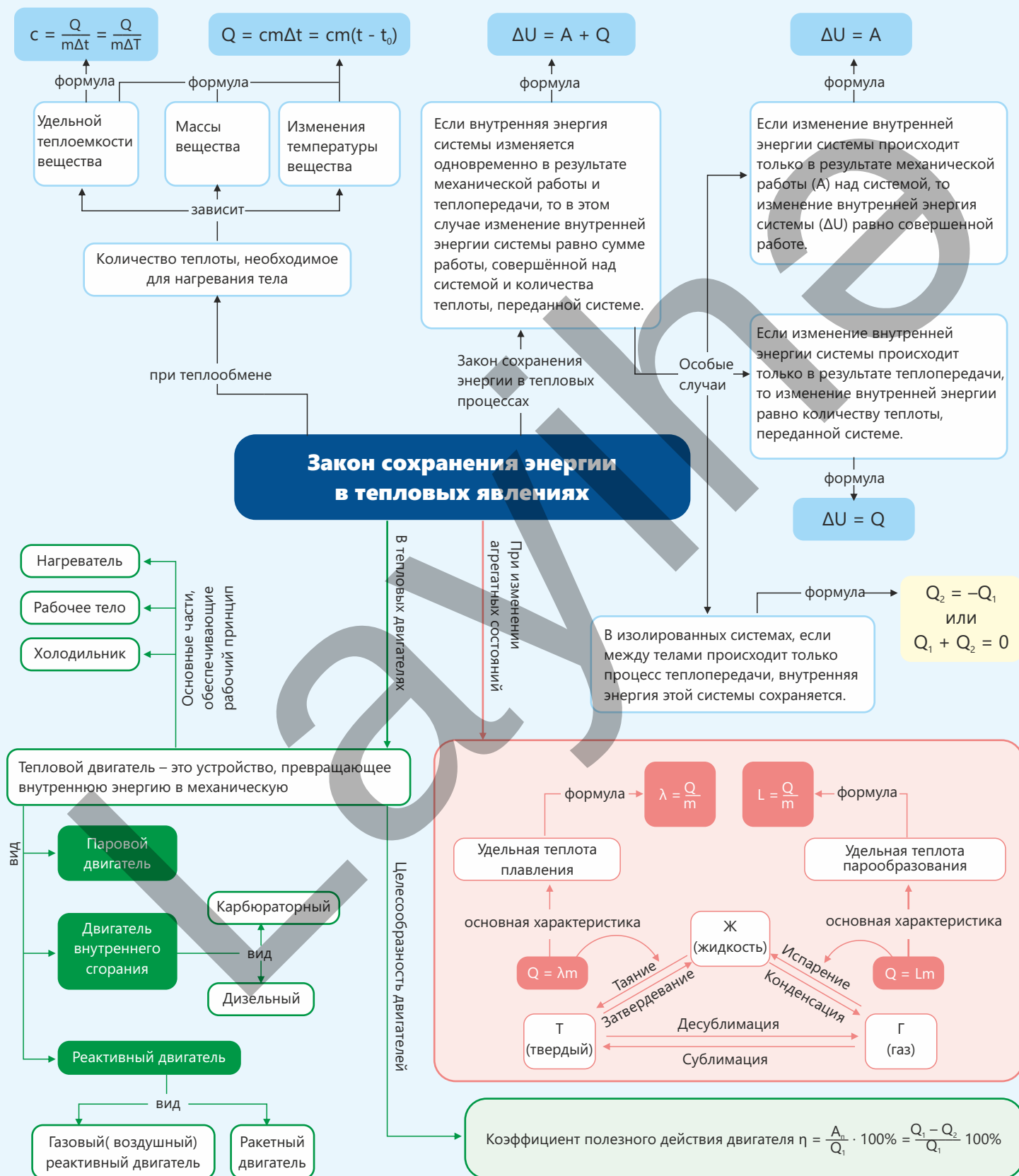
Навигация в Северном Ледовитом океане невозможна без атомных ледоколов. Только эти суда прокладывают путь караванам грузовых кораблей, разламывая лед толщиной 2-2,8 м.



Принцип работы механизмов ледокола схож с обычным пароходом. Так, ядерный реактор кипит воду в паровом котле и превращает ее в пар, а он под высоким давлением вращает турбину. Турбина же, приводя в действие генератор, вырабатывает электроэнергию, которая приводит в действие электродвигатель. Электродвигатель, в свою очередь, приводит в движение гигантские гребные винты ледокола.



Заключение



Обобщающие задания

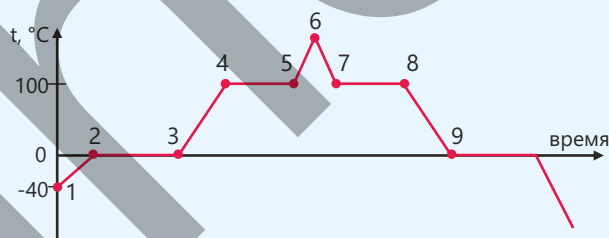
1. Теплообмен.

Система массой 10 кг и начальной температурой 200 К нагревается до температуры 450 К. Удельная теплоемкость системы равна $0,91 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.

- Какое количество теплоты получит система в этом процессе?
- Какое практическое значение имеет определение количества теплоты, отданной в процессе нагревания или выделившейся в процессе охлаждения системы? Приведите пример.

2. Изменение агрегатного состояния вещества. На рисунке представлен график зависимости температуры от времени процесса изменения агрегатного состояния льда с температурой -40°C при его нагревании.

- Что обозначают на графике линии 1 – 2 и 2 – 3?
- Что обозначают на графике линии 3 – 4 и 8 – 9 соответственно?
- Что обозначают на графике линии 4 – 5 и 7 – 8 соответственно?
- Что означают на графике линии 5 – 6 и 6 – 7 соответственно?



- Какому агрегатному состоянию вещества соответствует точка 5 на графике?
- Какому агрегатному состоянию вещества соответствует точка 8 на графике?
- Сколько процессов охватывает тепловое явление, согласно графику?

3. Сколько кг мазута потребуется для обеспечения работы паровой машины мощностью 40 МВт в течение 8 часов? КПД машины составляет 40%. Удельная теплота сгорания мазута составляет 39 МДж/кг.

4. Нагрев печи. Пример.

В некоторых горных селах зимой отапливают дом, сжигая дрова в кирпичных печах. Общая масса кирпичей, из которых построена печь, составляет 100 кг. В процессе нагрева температура печи повышается с 15°C до 75°C . Предположим, что 25% энергии, выделяющейся при сгорании дров, расходуется на нагревание кирпичей.

Вопрос. Сколько дров нужно для нагрева кирпичной печи?

Дано	Решение
Кирпичная печь: $t_1 = 15^\circ\text{C};$ $t_2 = 75^\circ\text{C};$ $m_{\text{кирп.}} = 100 \text{ кг};$ $c_{\text{кирп.}} = 880 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}};$ $q_{\text{дров}} = 10 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$ $m_{\text{дров}} - ?$	Для определения массы дров необходимо знать количество теплоты, выделяющееся при их сгорании: $Q_{\text{дров}} = q_{\text{дров}} m_{\text{дров}}$ Здесь: $m_{\text{дров}} = \frac{Q_{\text{дров}}}{q_{\text{дров}}} \quad (1)$



Количество тепла, необходимое для нагрева кирпичной печи:

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

По условиям задачи 25% энергии, выделяющейся при сгорании кирпичной печи расходуется для отопления. Давайте напишем соотношение:

$$Q_{\text{дров}} - 100\% \text{ в } Q - 25\%$$

Значит:

$$Q_{\text{дров}} = 4Q. \quad (3)$$

Таким образом, учитывая утверждения (1) – (3), можно получить общую формулу для определения массы сгоревших в печи дров:

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

Вычисления

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

Ответ: 2,112 кг

5. В 80-х годах прошлого века в некоторых районах зимой классные комнаты отапливали, сжигая каменный уголь в чугунных печах. Масса печи составляет 20 кг. В процессе нагрева температура печи повышается от 18°C до 88°C. Предположим, что 35% энергии, выделяющейся при сгорании каменного угля, расходуется на нагрев чугунной печи.

- Сколько каменного угля было сожжено для нагрева чугунной печи?
- Что выбрасывается в атмосферу в качестве продукта сгорания при сжигании каменного угля? Насколько экологически эффективно использование этой печи?

6. Заполните обобщающую таблицу.

Тепловой двигатель	Нагреватель	Рабочее тело	Холодильник	КПД	Область применения
Паровой двигатель					
Карбюраторный двигатель					
Дизельный двигатель					
Газовый реактивный двигатель					
Ракетный двигатель					

7. Модель ракеты с запасом топлива 25 г при вертикальном запуске полностью израсходовала топливо, поднявшись на высоту 600 м. Масса поднятого полезного груза составляет 28,3 г. Удельная теплота сгорания топлива модели ракеты составляет 5 МДж/кг. Сопротивление воздуха не учитывается ($g = 10 \text{ Н/кг}$).

Вопрос. Чему равно КПД двигателя модели ракеты?

8. Какой последовательностью цифр на рисунке обозначены такты впуска, сжатия, рабочего хода и выпуска?

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



Отвердевание (или кристаллизация) – процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое.

Броуновское движение – хаотическое движение частиц (пыли, пыльцы, осколков листьев и т.д.), взвешенных в жидкости или газообразной среде в результате случайных столкновений с молекулами этой среды.

Паровой двигатель – тепловой двигатель, преобразующая внутреннюю энергию водяного пара в механическую энергию.

Парообразование – процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное (парообразное) состояние. Существует два вида парообразования: испарение и кипение.

Испарение – процесс выхода молекул со свободной поверхности жидкости.

Теплота парообразования – количество тепла, затрачиваемое на превращение жидкости в пар при температуре кипения. Теплота парообразования зависит от вида и массы жидкости:

$$Q = Lm.$$

Где Q – теплота парообразования, m – масса жидкости, L – удельная теплота парообразования жидкости.

Внутренняя энергия – сумма средней кинетической и потенциальной энергий взаимодействия движения молекул, из которых состоит тело. Внутренняя энергия зависит от температуры, массы и агрегатного состояния тела. Внутренняя энергия может быть изменена двумя способами. Это механическая работа и методы теплопередачи.

Двигатель внутреннего сгорания – тепловой двигатель, преобразующая внутреннюю энергию сгорающего топлива в механическую энергию непосредственно в рабочей камере (внутри двигателя).

Амплитуда колебаний источника волны – максимальное отдаление частиц среды от положения равновесия. Амплитуда обозначается буквой A , единица измерения в СИ – метр:

$$A = 1 \text{ м.}$$

Периодом колебаний источника волн – время, затрачиваемое на одно полное колебание частиц среды. Период обозначается буквой T и его единица измерения в СИ – секунда: $[T] = 1 \text{ с}$. Существует обратная зависимость между периодом колебаний и частотой, т.е.:

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

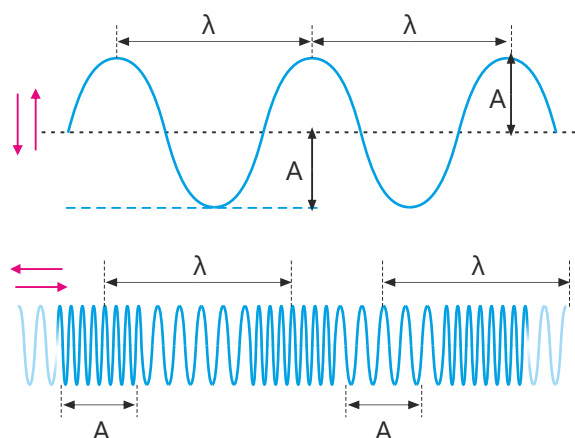
Частота колебаний источника волн – частота колебаний частиц среды. Она представляет собой число колебаний частиц за одну секунду, обозначается буквой ν (греч. ню), а единицей измерения в СИ является герц (Гц):

$$[\nu] = 1 \text{ Гц} = \frac{1}{\text{с}}.$$

Длина волны – расстояние, которое проходит волна за один период колебаний частиц среды.

Длина волны обозначается буквой λ (греч.: лямбда), а ее единицей измерения в СИ является метр:

$$[\lambda] = 1 \text{ м.}$$

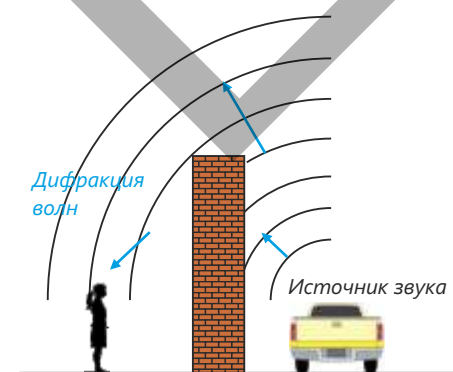
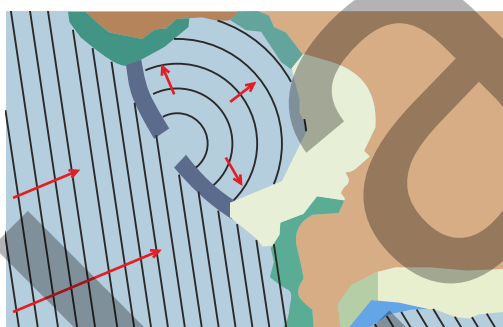
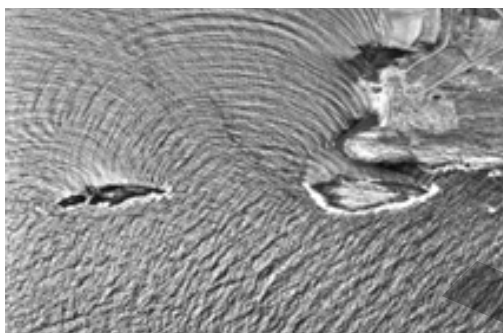


Скоростью волны – скорость движения выпуклостей или впадин в поперечной волне и скорость распространения сгущений или разрежений в продольной волне. Скорость волны численно равна отношению длины волны к периоду колебаний или произведению частоты колебаний на длину волны:

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

Десублимация – процесс непосредственного перехода вещества из газообразного состояния в твердое.

Дифракция – способность волны огибать препятствие.

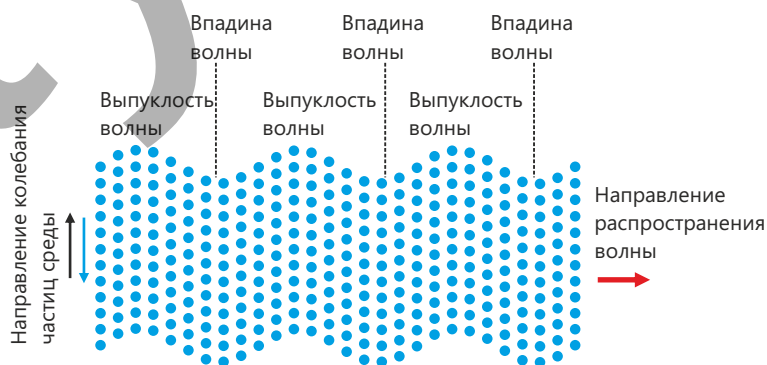


Дифракция звука

Эффект Доплера – физическое явление, связанное с уменьшением или увеличением частоты волны, воспринимаемой наблюдателем, в результате движения источника волны.



Поперечная волна – волна, при которой колебания частиц среды происходят перпендикулярно направлению распространения волны. В поперечной волне среда деформируется, и изменяет свою форму вдоль направления колебаний: в среде попеременно повторяются выпуклости и впадины.



Эхо (или локация) – отражение звуковых волн от препятствия, встречающихся на их пути.

Эхолокация – метод определения местоположения объектов (расстояния до них) с помощью звуковых волн.

Плавление – процесс перехода вещества из твердого состояния в жидкость.

Теплота плавления – количество теплоты, отдаваемое на плавление твердого вещества (кристаллического вещества), взятое при температуре его плавления. Теплота плавления зависит от массы и вида кристаллического вещества:

$$Q = \lambda m.$$

Где Q – теплота плавления вещества, m – масса вещества, λ (греч. лямбда) – удельная теплота плавления вещества.

Удельная теплота парообразования – физическая величина, численно равная количеству теплоты, затраченному на испарение 1 кг жидкости при температуре кипения:

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

Единица измерения удельной теплоты парообразования в СИ:

$$[L] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Удельная теплота плавления – физическая величина, численно равная количеству теплоты, необходимому для плавления 1 кг кристаллического вещества при температуре плавления:

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

Единица измерения удельной теплоты плавления в СИ:

$$[L] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Удельная теплоемкость – физическая величина, численно равная количеству теплоты, необходимому для нагревания вещества массой 1 кг на 1°C (или 1K):

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

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

Инфразвук (лат. "infra" – низкий) – звуковые волны в диапазоне частот 0,001 Гц – 16 Гц.

Парниковый эффект – процесс повышения температуры поверхности планеты из-за парниковых газов, которые не позволяют теплу Солнца отражаться от Земли и полностью уходить в космос.

Тепловое движение – хаотическое (беспорядочное) движение молекул, из которых состоит тело.

Количество теплоты – энергия, получаемая или отдаваемая телом при теплообмене. Количество теплоты обозначается буквой Q , а ее единица измерения в СИ – джоуль:

$$[Q] = 1 \text{ Дж}.$$

Количество теплоты, необходимое для нагревания тела (или количество теплоты, выделяющегося при его охлаждении), зависит от массы этого тела, изменения его температуры и вида вещества, из которого оно состоит:

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

Где Q – количество теплоты, m – масса тела, t_0 – начальная температура тела, t – конечная температура тела, c – коэффициент пропорциональности, который называется удельной теплоемкостью.

Тепловой двигатель – устройство, преобразующее внутреннюю энергию топлива в механическую энергию.

Закон сохранения энергии в тепловых процессах: Если изменение внутренней энергии системы происходит одновременно в результате механической работы и теплопередачи, то изменение внутренней энергии системы равно сумме работы, совершенной над системой, и количества теплоты, подведенной системе:

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

Тепловое равновесие – состояние, при котором два или более тела достигают одинаковой температуры в результате теплообмена друг с другом.

Теплоемкость – физическая величина, численно равная количеству теплоты, затраченному на изменение температуры данного тела на 1°C (или 1K):

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

Теплопередача – процесс изменения внутренней энергии тела без совершения над ней работы. Существует три вида теплопередачи: теплопроводность, конвекция и излучение.

Конденсация – процесс превращения пара в жидкость.

Кипение – процесс парообразования, происходящий по всему объему жидкости. После закипания температура жидкости не изменяется. Температура, при которой жидкость закипает, называется температурой кипения.

Газовый (воздушный) реактивный двигатель – двигатель, использующий для своей работы окружающую среду, например атмосферный воздух.

Механическая волна – процесс распространения механических колебаний в окружающей среде с течением времени.

КПД двигателя — отношение полезной работы, совершаемой двигателем, к количеству теплоты, получаемого им от нагревателя, называемого теплом. КПД обозначается строчной греческой буквой η (эта) и измеряется в процентах:

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

Ракетный двигатель — это реактивный двигатель, который не использует в своей работе окружающую среду, например, атмосферный воздух.

Реактивное движение – движение самого тела в противоположном направлении, когда его часть отделяется от него и движется.

Звуковые волны – механические волны, которые распространяются в упругой среде и создают ощущение звука. Человеческое ухо способно воспринимать звуковые волны только в диапазоне от 16 Гц до 20 000 Гц.

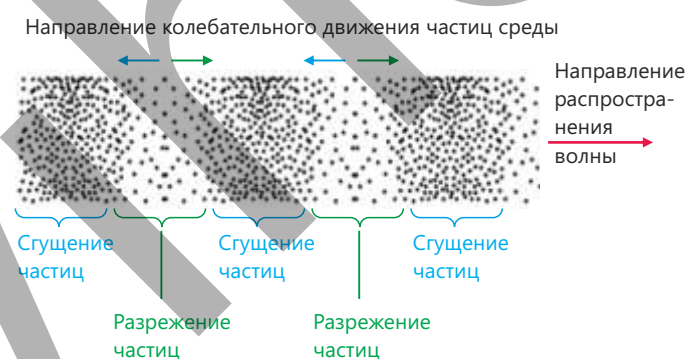
Скорость звука – величина, равная расстоянию, которое звуковые волны проходят за единицу времени:

$$v = \lambda \nu.$$

Сублимация – процесс перехода вещества из твердого состояния непосредственно в газообразное.

Продольная волна – волна, при которой колебательное движение частиц среды происходит параллельно направлению распространения волны. В продольной волне чередуются участки сгущения и разрежения частиц среды.

Ультразвук (от лат. "ultra" – высокий, чрезмерный) – звуковые волны с частотой выше 20 000 Гц.



Удельная теплота сгорания топлива – физическая величина, численно равная количеству теплоты, выделяющемуся при полном сгорании 1 кг топлива.

Единица измерения удельной теплоты сгорания топлива в системе СИ:

$$[q] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Теплота сгорания топлива – это энергия, выделяющаяся при полном сгорании топлива. Теплота сгорания зависит от массы и вида топлива:

$$Q = qm.$$

Где Q – теплота сгорания, m – масса топлива, q – удельная теплота сгорания топлива.