

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova

Ион БОТГРОС

Виорел БОКАНЧА

Владимир ДОНИЧ

ФИЗИКА

*Учебник для **8**-го класса*

Перевод с румынского Галины Лупанчук

CARTIER
e d u c a ț i o n a l

Acest manual este proprietatea Ministerului Educației și Cercetării al Republicii Moldova.
Manualul școlar a fost elaborat în conformitate cu prevederile Curriculumului la disciplină, aprobat prin ordinul Ministerului Educației și Cercetării nr. 1381 din 30 octombrie 2019. Manualul a fost aprobat prin ordinul Ministerului Educației și Cercetării nr. 367 din 25 martie 2024, ca urmare a evaluării calității metodicо-științifice.

CARTIER

Editura Cartier, SRL, str. București, nr. 68, Chișinău, MD2012.
Tel./fax: 022 20 34 91, tel.: 022 24 01 95. E-mail: vanzari@cartier.md
Editura Codex 2000, SRL, Strada Toamnei, nr. 24, sectorul 2, București.
Tel/fax: 210 80 51. E-mail: codex@cartier.ro
cartier.ro
cartier.md

Colecția *Cartier educațional* este coordonată de Livia State

Editor: Gheorghe Erizanu
Lector: Roxana Verba
Coperta: Vitalie Coroban
Design/tehnoredactare: Marina Darii
Prepress: Editura Cartier
Tipărit la Bons Offices

Ion Botgros, Viorel Bocancea, Vladimir Donici
ФИЗИКА, УЧЕБНИК ДЛЯ 8-го КЛАССА
Ediția I, august 2024

© 2024, Editura Cartier, pentru prezenta ediție. Toate drepturile rezervate.
Cărțile Cartier sunt disponibile în limita stocului și a bunului de difuzare.

Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții
Ботгрос, Ион.

Физика: Учебник для 8-го класса/Ион Ботгрос, Виорел Боканча, Владимир Дониц; traducător:
Galina Lupanciuc; Министерство образования и исследований Республики Молдова. – Ed. 1. – [Chișinău]:
Cartier, 2024 (Bons Offices). – 103, [1] p.: il. – (Cartier educațional/colecție coordonată de Livia State,
ISBN 978-9975-79-896-9).
[8400] ex.
ISBN 978-9975-86-781-8.
53(075.3)
Б 860

Учебник является собственностью Министерства образования и исследований Республики Молдова

Школа/Лицей _____
Учебник № _____

Год	Фамилия и имя учащегося, получившего учебник	Учебный год	Состояние учебника	
			при получении	при возвращении
1				
2				
3				
4				
5				

- Преподаватель обязан проверить, правильно ли написаны фамилия и имя учащегося.
- Учащиеся не должны делать пометок на страницах учебника.
- Просим бережно обращаться с полученными вами учебниками.
- Состояние учебника описывается следующими словами: отличное, хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное, плохое.

Дорогие учащиеся!

Данный учебник продолжает ваше знакомство с законами, действующими в мире природы. Из него вы узнаете о многообразии явлений и процессов, происходящих в окружающем мире, многие из которых известны человечеству только благодаря исследованиям в области физики, которая по праву считается фундаментальной наукой. Как показывает жизнь, знание физики необходимо не только специалистам в технических областях, но и всем людям независимо от сферы их деятельности: искусство или политика, бизнес или наука, спорт или коммерция/торговля.

«Физика» как школьный предмет ориентирована прежде всего на интеллектуальное и духовное воспитание учащихся, которые ежедневно сталкиваются с реалиями жизни. Представленные в учебнике задания по анализу и рассмотрению конкретных ситуаций, встречающихся в повседневной жизни, помогут развить навыки научного исследования. Изучая представленные в учебнике сведения, вы узнаете много интересного и полезного при самостоятельном поиске решений проблем, возникающих в различных жизненных ситуациях.

Содержание учебных материалов, представленных в учебнике лаконично и доступно, сопровождается упражнениями и привлекательными иллюстрациями, которые способствуют формированию целостной картины многообразия явлений и процессов, происходящих в природе.

Желаем вам больших успехов!

Авторы



Оглавление

ГЛАВА 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	5
1.1. Колебательное движение. Гравитационный маятник. Лабораторная работа № 1	6
1.2. Свободные колебания. Вынужденные колебания. Полная механическая энергия колебательной системы. Применение	9
1.3. Волновое движение	12
1.4. Звуковые волны. Скорость и громкость звука. Применение	15
Обобщение	19
Суммативное оценивание	22
Дополнение * Лабораторная работа № 2	22
ГЛАВА 2. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ	23
2.1. Строение вещества. Движение молекул. Тепловое равновесие	24
2.2. Удельная теплоемкость. Количество теплоты	29
2.3. Удельная теплота	33
2.4. Производство тепловой энергии. Топливо. Удельная теплота сгорания	39
2.5. Взаимное превращение теплоты и механической работы. Тепловой двигатель	44
2.6. Тепловые двигатели и загрязнение окружающей среды	49
Обобщение	50
Суммативное оценивание	52
Дополнение * Лабораторная работа № 3	53
ГЛАВА 3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. ЭЛЕКТРОКИНЕТИКА	54
3.1. Электрическое напряжение. Вольтметр. Электрическая цепь	55
3.2. Постоянный ток. Сила электрического тока. Амперметр	59
3.3. Электрическое сопротивление. Мультиметр	63
3.4. Закон Ома для участка цепи. Лабораторная работа № 4	67
3.5. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля. Применение. Лабораторная работа № 5	71
Обобщение	74
Суммативное оценивание	76
Дополнение * Закон Ома для полной цепи. Смешанное соединение проводников	77
ГЛАВА 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. МАГНИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА	79
4.1. Магнитное поле. Магнитное поле постоянного электрического тока	80
4.2. Электромагниты и их применение	84
4.3. Электромагнитная сила	87
4.4. Электрические двигатели	91
Обобщение	94
Суммативное оценивание	96
Таблица плотности некоторых веществ	98
Таблица удельного сопротивления некоторых проводников	98
Основные понятия, изученные в курсе физики в 8-м классе	99
Ответы	104

Глава 1

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

1.1. Колебательное движение. Гравитационный маятник.
Лабораторная работа № 1

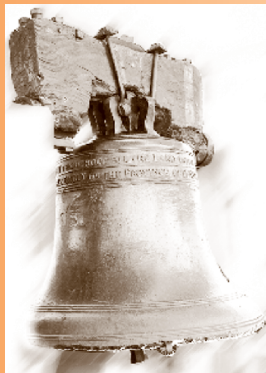
1.2. Свободные колебания. Вынужденные колебания.
Полная механическая энергия колебательной системы.
Применение

1.3. Волновое движение

1.4. Звуковые волны. Скорость и громкость звука. Применение
Обобщение

Суммативное оценивание

*Дополнение: * Лабораторная работа № 2*



Изучив данный раздел, вы сможете:

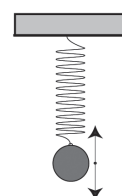
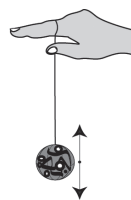
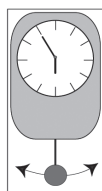
- распознать и качественно описать, основываясь на принципе причинно-следственной связи, некоторые колебательные явления в природе и технике;
- определить обозначения измеряемых физических величин и единицы измерения;
- объяснить и определить условия, при которых возникают и распространяются механические волны;
- определить физические величины (период, частоту);
- объяснить способы вычисления и определения пределов измерений, цены деления приборов и абсолютной погрешности средств измерений;
- объяснить закон сохранения механической энергии;
- выразить и сравнить результаты некоторых измерений, используя соответствующие единицы измерения в Международной системе единиц (СИ) и их преобразования;
- применить изученные формулы физических величин/законов при решении задач/проблемных ситуаций;
- предложить собственный план, содержащий меры по защите от шума.



1.1. Колебательное движение. Гравитационный маятник. Лабораторная работа № 1

Информация

Из ранее изученного вам известно, что тела могут совершать разные виды механического движения: равномерное и неравномерное, прямолинейное, криволинейное. Однако в природе существуют и виды движения, определяемые другими критериями. Например, движение, которое повторяется через равные промежутки времени. Такое движение совершают стрелки часов, Луна вокруг Земли, Земля вокруг Солнца и т. д. Такое движение называют **периодическим**. Можно определить еще один тип движения, который представлен на изображениях ниже – колебательное движение.



Анализ ситуации

- Рассмотрите внимательно изображения, представленные выше.
- Что характерно для движения, совершаемого телами, представленными на изображении?
- Приведите подобные примеры.

Определение

*Повторяющиеся движения тела, которые совершаются периодически и симметрично относительно положения равновесия называют **механическими колебаниями**.*

*Тело, совершающее колебания, называют **осциллятором**, а его движение – **колебательным движением**.*

Эксперимент

1. В вашем распоряжении длинная нить, маленький шарик и штатив.
 - Изготовьте маятник, привязав шарик к нитке, закрепленной на штативе. Такую колебательную систему называют **гравитационным маятником** или **математическим маятником** (рис. 1).
 - Отклоните шарик на 4÷5 см от положения равновесия, таким образом, чтобы нить была натянута. Что происходит после того, как вы отпустите шарик?
 - Опишите движение шарика на протяжении 2÷3 мин.

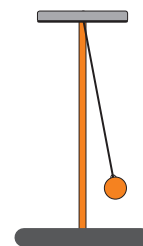


Рис. 1

Дополнение

- *2. В вашем распоряжении пружина, маркированный груз и штатив.
 - Изготовьте маятник, прикрепив к пружине, подвешенной к штативу, маркированный груз. Такой маятник называется **пружинным маятником** – механическая система, совершающая колебания; состоит из невесомой упругой пружины, и тяжелого точечного тела (рис. 2).
 - Оттяните маркированный груз вниз на 2÷3 см от положения равновесия. Что произойдет после того, как вы отпустите маркированный груз?
 - Опишите движение маркированного груза на протяжении 2÷3 мин.

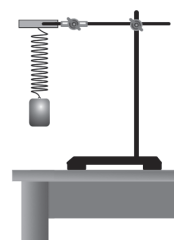


Рис. 2

Определение

Физическая величина, характеризующая положение осциллятора относительно положения равновесия называется **отклонением** от положения равновесия. Отклонение от положения равновесия, обычно обозначаемое буквой x , определяется величиной отклонения (расстоянием) осциллятора от положения равновесия. Максимальное отклонение от положения равновесия называется **амплитудой** (рис. 3, 4).

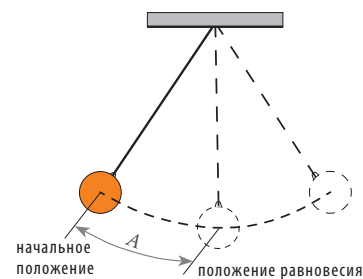


Рис. 3

Амплитуда обозначается буквой A ($A = |x_{max}|$) и измеряется в единицах длины – метрах, сантиметрах и т. д. $[A]_{СИ} = \text{м}$.

Считается, что маятник совершил одно полное колебание, когда шарик (или другое колеблющееся тело) возвращается в исходное положение, после чего движение повторяется. Физической величиной, характеризующей колебательное движение, является **период колебаний**.

Определение

Период колебаний – физическая величина, равная промежутку времени, в течение которого совершается одно полное колебание.

Период обозначается буквой T и измеряется в единицах времени. Для определения периода колебаний нужно измерить промежуток времени t , в течение которого совершались колебания (например, n колебаний), и разделить на количество колебаний n .

$$\text{Период} = \frac{\text{интервал времени}}{\text{количество колебаний}} \quad \text{или} \quad T = \frac{t}{n} \quad (1). \quad [T]_{СИ} = \text{с}.$$

Другой физической величиной, характеризующей колебательное движение, является **частота колебаний**. Частота колебаний обозначается буквой греческого алфавита ν (ню).

Определение

Частотой колебаний называется физическая величина, равная количеству колебаний, совершаемых в единицу времени.

Для определения частоты колебаний необходимо разделить количество колебаний n на интервал времени t , в течении которого осуществлялись эти колебания:

$$\text{Частота} = \frac{\text{количество колебаний}}{\text{интервал времени}} \quad \text{или} \quad \nu = \frac{n}{t} \quad (2).$$
$$[\nu]_{СИ} = \frac{1}{[t]_{СИ}} = \frac{1}{\text{с}} = \text{Гц}$$

Единица измерения частоты колебаний в системе СИ – 1 Гц (Герц).

Определение

1 Гц – частота колебаний тела, совершающего одно полное колебание за одну секунду.

Эта единица измерения названа в честь немецкого ученого **Генриха Герца**. Из формул для вычисления периода (1) и частоты (2) следует зависимость между частотой и периодом:

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (3) \quad \text{или} \quad T = \frac{1}{\nu} \quad (4).$$

Запомните!

Период и частота колебаний – **обратно пропорциональные** физические величины, характеризующие колебательное движение.

Таким образом, если период колебаний маятника увеличивается, частота его колебаний уменьшается. И, наоборот, при увеличении частоты колебаний их период уменьшается.

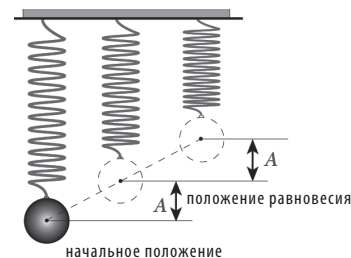


Рис. 4 (Дополнение)

Историческая справка



Генрих Герц (1857 – 1894)

начал свою научную деятельность в 1880 году под руководством знаменитого немецкого физика Г. Гельмгольца, занимаясь исследованием явлений, связанных с электрическими колебаниями. В 1887 году он издает работу «Об очень быстрых электрических колебаниях», в которой описывает способ их получения. В том же году Г. Герц открывает явление взаимодействия света с веществом.

Новые физические
понятия

- колебательное движение;
- осциллятор;
- механическое колебание;
- маятник;
- гравитационный маятник (математический маятник);
- * пружинный маятник;
- амплитуда;
- период колебаний;
- частота колебаний.

Определение периода и частоты колебаний гравитационного маятника

Необходимое оборудование: штатив с муфтой и лапкой, шарик, нить (≈ 1 м), линейка, секундомер.

Ход работы:

- Соберите гравитационный маятник из предоставленного оборудования (рис. 5).
- Отклоните маятник от положения равновесия на малый угол от вертикали (до 5°) и отпустите.
- Измерьте время, в течение которого совершается определенное количество колебаний, например, 20 колебаний.
- Рассчитайте период и частоту колебаний, используя формулы (1) и (2) со стр. 7.
- Проведите эксперимент три раза для разного количества колебаний.
- Данные измерений и вычислений занесите в таблицу.

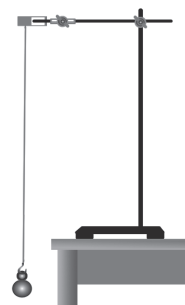


Рис. 5

№	Количество колебаний, n	Общее время колебаний, $t, \text{с}$	Период колебаний, $T, \text{с}$	Частота колебаний, $\nu, \text{Гц}$
1				
2				
3				
Среднее значение				

- Представьте примеры вычисления периода T и частоты ν , определите абсолютную погрешность.

$$a) T_1 = \frac{t_1}{n_1}$$

$$\Delta T_1 = |T_{cp} - T_1|$$

$$b) \nu_1 = \frac{n_1}{t_1}$$

$$\Delta \nu_1 = |\nu_{cp} - \nu_1|$$

$$T_2 = \frac{t_2}{n_2}$$

$$\Delta T_2 = |T_{cp} - T_2|$$

$$\nu_2 = \frac{n_2}{t_2}$$

$$\Delta \nu_2 = |\nu_{cp} - \nu_2|$$

$$T_3 = \frac{t_3}{n_3}$$

$$\Delta T_3 = |T_{cp} - T_3|$$

$$\nu_3 = \frac{n_3}{t_3}$$

$$\Delta \nu_3 = |\nu_{cp} - \nu_3|$$

$$T_{cp} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}$$

$$\Delta T_{cp} = \frac{\Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3}{3}$$

$$\nu_{cp} = \frac{\nu_1 + \nu_2 + \nu_3}{3}$$

$$\Delta \nu_{cp} = \frac{\Delta \nu_1 + \Delta \nu_2 + \Delta \nu_3}{3}$$

- Представьте окончательный результат в виде: $T = T_{cp} \pm \Delta T_{cp}$ и $\nu = \nu_{cp} \pm \Delta \nu_{cp}$
- Сформулируйте выводы.

Проверка
знаний



1. Чем механические колебания отличаются от других видов периодических движений?
2. Из представленных примеров периодического движения выделите колебательные движения: движение маятника часового механизма, движение стрелок часов, движение Луны вокруг Земли, движение поршня работающего насоса при накачивании колеса велосипеда, перемещение точки колеса при его вращении. Аргументируйте свой выбор.
3. Гравитационный маятник совершает 30 колебаний за 60 с. Определите период и частоту колебаний маятника.
4. Определите количество колебаний, совершаемых маятником за 5 с, если частота колебаний маятника $\nu = 4$ Гц.

Дополнение

- *5. Пружинный маятник совершает колебания с частотой 0,25 Гц. Сколько колебаний совершает этот маятник за 10 с?
- *6. Амплитуда колебаний пружинного маятника $A = 4$ см. Частота колебаний $\nu = 2$ Гц. Определите расстояние, пройденное маркированным грузом за 1 мин. Считать значение амплитуды постоянным во времени.

1.2. Свободные колебания. Вынужденные колебания. Полная механическая энергия колебательной системы. Применение

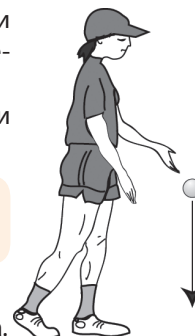
Информация ➤ На предыдущем уроке вы познакомились с колебательным движением и физическими величинами, характеризующими этот вид механического движения: амплитуда, период и частота колебаний.

Далее изучим два типа механических колебаний: **свободные колебания** и **вынужденные колебания**.

Определение ➤ Колебания, совершаемые без действия внешних периодических сил, называют **свободными колебаниями**.

Выразите мнение ➤

- Рассмотрите изображения, представленные справа.
- Сравните движение мячика для пинг-понга с движением баскетбольного мяча.
- Что необходимо предпринять, чтобы мячик для пинг-понга подскочил на такую же высоту, что и баскетбольный мяч?

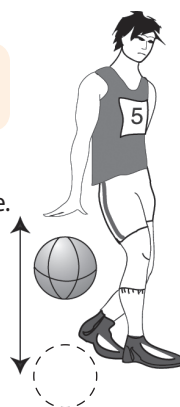


Определение ➤ Колебания, совершаемые под действием внешних периодических сил, называют **вынужденными колебаниями**.

Анализ ситуации ➤

- Приведите примеры вынужденных колебаний.
- Укажите, какая внешняя периодическая сила действует на тело в каждом случае.
- Что произойдет, если действие внешней силы прекратить?

Возникающие в процессе движения силы трения оказывают воздействие на тела, совершающие колебательные движения, в результате чего амплитуда свободных колебаний уменьшается, вплоть до полной остановки тела. Например, колебание маятника, выведенного из положения равновесия, со временем прекращается из-за сопротивления воздуха.



Запомните! ➤ Колебания прекращаются с течением временем из-за потери энергии осциллятором.

Когда силы сопротивления среды малы, замедление движения наблюдается только после того, как маятник совершит несколько колебаний. При этом в течение небольшого промежутка времени замедлением колебаний можно пренебречь.

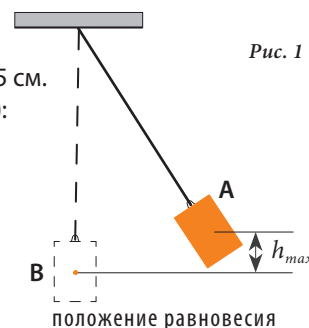
Анализ ситуации ➤ Допустим, гравитационный маятник (рис. 1) начинает совершать колебания в результате отклонения маркированного груза массой $m = 100$ г от положения равновесия до максимальной высоты $h_{max} = 5$ см. Определите потенциальную энергию маятника, используя формулу (1):

$$E_n = mgh_{max} \quad (1)$$

считая $g = 10$ Н/кг.

В момент прохождения маркированным грузом положения равновесия, его скорость $v = 1$ м/с. Определите кинетическую энергию маятника в этом положении, используя формулу (2):

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



В каком положении маркированный груз обладает максимальной кинетической энергией? Почему? Сравните кинетическую энергию с потенциальной энергией маркированного груза на максимальной высоте. Как изменяются значения потенциальной и кинетической энергии при движении тела из начального положения к положению равновесия, из одного положения максимального отклонения в другое?

Новые физические понятия

- свободные колебания;
- вынужденные колебания.

Сформулируйте вывод о сохранении механической энергии колебательной системы, считая ее изолированной.

Запомните!

Полная энергия изолированной колебательной системы не изменяется и равна потенциальной или кинетической энергии, переданной ему при отклонении от положения равновесия.

$$E = mgh_{\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2}.$$

Утверждение справедливо только при условии, что потери энергии настолько малы, что ими можно пренебречь. Во время колебаний происходит непрерывное преобразование механической энергии из одной формы в другую ($E_n \rightleftharpoons E_k$). Полная энергия изолированного осциллятора постоянна во времени: $E = E_k + E_n = \text{const}$.

Колебательное движение применяется в различных сферах человеческой деятельности. Маятники используются в науке и технике. Примером может служить изобретенный французским ученым Леоном Фуко (1819-1868) гравитационный маятник, наглядно демонстрирующий суточное движение Земли вокруг своей оси. Упругий маятник используется в устройствах, предназначенных для регистрации и исследования сейсмической активности Земли. Принцип колебательного движения используется в различных устройствах, таких как: маятниковые часы, насосы, швейные машины, тепловые двигатели, музыкальные инструменты, детские качели, качалки и т.д.

При проектировании различных сооружений (высотных зданий, массивных строений, морских нефтяных платформ, мостов и т.д.) инженеры должны учитывать разрушительное воздействие природных факторов во время стихийных бедствий, когда внезапно возрастает риск нарушения устойчивости конструкций. Действие сильных порывов ветра, волн на море, землетрясений может привести к возникновению вынужденных колебательных движений, способных опасно усиливаться. Поэтому требования к проектированию и строительству различных массивных объектов должны учитывать эти риски и соответствовать техническим стандартам и правилам техники безопасности.

Пример решения задачи

Точечное тело, подвешенное на нити, отклонили от положения равновесия так, что оно поднялось на 5 см выше положения равновесия (рис. 2). Определите скорость свободно движущегося тела в момент прохождения положения равновесия. Потерями энергии пренебречь. Определите значение механической энергии маятника, если масса тела равна 100 г (принять $g = 10 \text{ Н/кг}$).

Дано:	СИ:
$h = 5 \text{ см}$	$= 0,05 \text{ м}$
$g = 10 \text{ Н/кг}$	
$m = 100 \text{ г}$	$= 0,1 \text{ кг}$
$v - ?$	
$E - ?$	

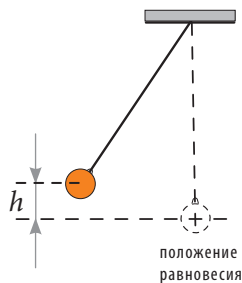


Рис. 2

Решение:

Для решения задачи воспользуемся законом сохранения механической энергии, потери энергии не учитываем. Значит, механическая энергия колебательной системы остается постоянной во времени:

$$E = \text{const}.$$

Таким образом: $E_2 = E_1$ (1 – в начальном положении; 2 – при переходе через положение равновесия)

$$E_1 = E_{n \max} = mgh;$$

$$E_2 = E_{k \max} = \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = mgh \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{2gh}.$$

$$v = v_{\max} = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 0,05 \text{ м}} = 1 \text{ м/с}.$$

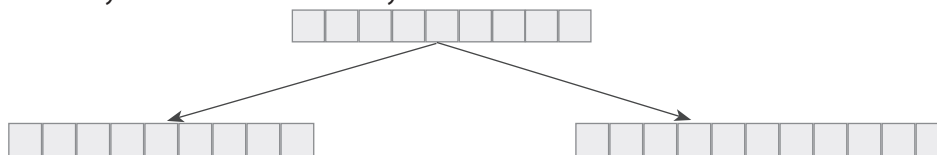
Механическая энергия колебательной системы в условиях данной задачи:

$$E = E_{n \max} = mgh;$$

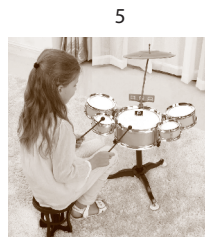
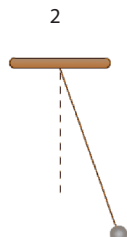
$$E = 0,1 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 0,05 \text{ м} = 0,05 \text{ Дж} = 50 \text{ мДж}.$$

Ответ: $v = 1 \text{ м/с}$; $E = 50 \text{ мДж}$.

1. Заполните пустые клетки новыми изученными понятиями.



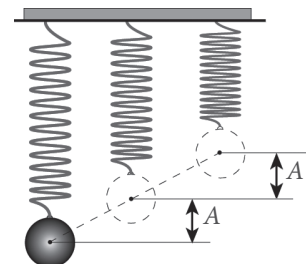
2. Чем отличаются свободные колебания от вынужденных?
3. Приведите по 2-3 примера свободных и вынужденных колебаний.
4. На представленных ниже изображениях определите тела, способные совершать колебания, и сгруппируйте их в две категории в зависимости от типа совершаемых колебаний: свободные или вынужденные. Аргументируйте каждый случай:



5. Приведите примеры механизмов, в которых есть детали, совершающие вынужденные колебания.
6. Опишите преобразования механической энергии при колебаниях гравитационного маятника.
7. Подвешенный на длинной нити шар отклонили от положения равновесия на максимальную высоту $h = 20$ см, затем отпустили. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите скорость шара в момент прохождения положения равновесия. (Принять $g = 10$ Н/кг.)
8. Шарик гравитационного маятника отклонили от положения равновесия, подняв на высоту $h = 10$ см, после чего шарик отпустили. Считая потери энергии пренебрежимо малыми, определите скорость тела на высоте $h_1 = 5$ см? Гравитационное ускорение $g = 10$ Н/кг.
9. Гравитационный маятник вывели из положения равновесия таким образом, что высота над землей точечного тела увеличилась на 7,2 см. С какой скоростью это тело пройдет положение равновесия, если потери энергии незначительны? (Принять $g = 10$ Н/кг.)
10. Опишите процесс изготовления маятника, период колебания которого составит 2 с. Перечислите приспособления, необходимые для изготовления такого маятника.

- *11. Исследуйте действие сил на груз пружинного маятника в процессе совершения колебаний. Для этого нарисуйте маятник в нескольких состояниях, включая состояние равновесия, и укажите силы, действующие на тело в каждом случае. Под действием какой силы груз стремится к возвращению в состояние равновесия?

- *12. Тело, закрепленное на пружине расположенной горизонтально, вывели из положения равновесия и отпустили. С какой скоростью тело проходит положение равновесия, если максимальная потенциальная энергия деформированной пружины $E_{p \max} = 10$ Дж, а масса тела $m = 200$ г?



1.3. Волновое движение

Информация > Вы наверняка замечали, как по гладкой поверхности озера распространяются волны, берущие начало в месте падения камня или в точке колебания поплавок либо других тел.

В дальнейшем мы изучим еще одну форму механического движения.

Начальное возмущение среды происходит под воздействием инородного тела, которое в физике называется источником. В приведенных выше примерах источниками возмущения являются брошенный в воду камень и поплавок.

Определение > **Волновым движением** (или **волной**) называется процесс распространения колебаний в упругой среде.

Эксперимент > **Наблюдение за возникновением волн на поверхности воды**

Используя ванночку с водой, штатив, пружину и металлический шар с крючком, соберите установку, представленную на рис. 1, так, чтобы шар немного касался поверхности воды.

- Выведите шар из положения равновесия и отпустите.
- Посмотрите, что возникает на поверхности воды, во время колебаний шара.

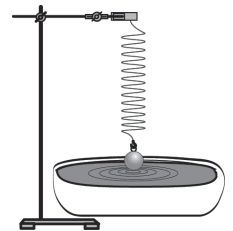


Рис. 1

Помимо поверхностных волн, наблюдаемых на поверхности воды (других жидкостей), существуют и волны, распространяющиеся в различных средах вследствие воздействия упругих сил, возникающих в этих средах при нарушении взаимного положения структурных частиц под действием внешних факторов. В таких средах возмущение передается от одной частицы к другой, вследствие взаимодействия частиц. Такие среды называются упругими, а возникающие волны – **упругими волнами**. В сильно разреженных средах, где взаимодействие между частицами пренебрежимо мало, не возникают упругие силы, посредством которых возмущение передавалось бы от одной частицы к другой.

Запомните! > 1. Механические волны могут распространяться только в упругих средах.
2. Механические волны не могут распространяться в вакууме.

- Эксперимент** >
- Прикрепите упругий шнур к стене и натяните его.
 - Резким взмахом руки (рис. 2, а) создайте кратковременное возмущение на конце шнура.
 - Что вы наблюдаете?
 - Что в данном случае является источником волны?
 - Повторите эксперимент, периодически перемещая конец шнура (рис. 2, б).
 - Что вы наблюдаете? Как движется шнур: вдоль линии распространения волны или поперек направления ее распространения?
 - Происходит ли смещение частиц среды в направлении распространения волны?

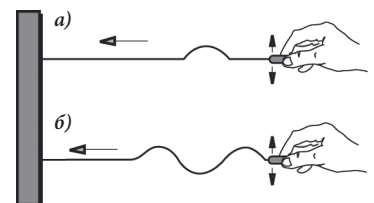


Рис. 2

Запомните! > При распространении механических волн не происходит переноса вещества, а только перенос энергии.

Определение > Расстояние, на которое распространяется волна за время, равное периоду колебаний в ней, называется **длиной волны**.

Новые физические понятия

- волновое движение;
- скорость волны;
- механическая волна (упругая волна);
- длина волны.

Длина волны обозначается буквой греческого алфавита λ (лямбда) и измеряется в единицах длины – метрах, сантиметрах и т. д. $[\lambda]_{\text{СИ}} = \text{м}$.

Согласно приведенному выше определению длина волны $\lambda = v \cdot T$, где v – скорость распространения волны, которая рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{\lambda}{T}.$$

Используя связь между частотой и периодом колебаний $\nu = \frac{1}{T}$, мы получаем следующую формулу для скорости:

$$v = \lambda \cdot \nu \quad (1).$$

Запомните!

Скорость волны равна произведению длины волны на частоту колебаний.

В случае распространения волн по поверхности воды (жидкостей) длина волны равна расстоянию между гребнями двух соседних волн, измеренному вдоль направления их распространения.

Пример решения задачи

Дано:

$$t = 5 \text{ с}$$

$$n = 10$$

$$\lambda = 0,6 \text{ м}$$

$$v = ?$$

Решение:

Длина волны равна расстоянию, пройденному волной за один период:

$$\lambda = v \cdot T, \quad \text{где: } T = \frac{t}{n},$$

$$\text{следовательно: } \lambda = \frac{v \cdot t}{n} \Rightarrow \lambda \cdot n = v \cdot t \Rightarrow v = \frac{\lambda \cdot n}{t}.$$

$$\text{Выполняем вычисления: } v = \frac{0,6 \text{ м} \cdot 10}{5 \text{ с}} = 1,2 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v = 1,2 \text{ м/с}$.

Проверка знаний

1. Что называется механической волной?
2. При каких условиях возникают механические волны?
3. Какие явления способствуют распространению возмущений в упругих средах? Почему механические волны называют упругими?
4. Приведите примеры механических волн.
5. В каком направлении совершаются колебания упругого шнура, вдоль которого распространяются волны? Приведите примеры других способов перемещения частиц среды относительно направления распространения волн.
6. Происходит ли перенос вещества при распространении волн через упругую среду, или только перенос энергии волны? Приведите примеры, поясняющие ответ.
7. Что означает длина волны, какова единица ее измерения в системе СИ?
8. Как зависит длина волны λ от частоты колебаний источника ν ? При уменьшении частоты колебаний увеличится или уменьшится длина волны в данной среде?
9. Лодка качается на морских волнах с частотой 0,5 Гц. Определите скорость распространения волн, если расстояние между двумя соседними гребнями равно 3 м.

10. Пульсирующая волна распространяется по артериям со скоростью 10 м/с, а продолжительность сердечного цикла равна 0,8 с. Определите длину волны и частоту сердечных сокращений (количество ударов в минуту).



11. Рыбак заметил, что поплавков его удочки совершил 10 колебаний за 5 с. Определите скорость распространения волны, если расстояние между двумя соседними гребнями – 1,5 м.

12. Волны распространяются по поверхности озера со скоростью 4 м/с, длина волны равна 2 м. Определите период и частоту колебаний спасательного круга на поверхности воды озера.



13. Лодка качается на волнах с частотой 0,25 Гц. Определите скорость распространения волны, если длина волны равна 4 м.

14. Лодка качается на морских волнах с частотой 0,5 Гц. На какое расстояние распространятся волны за 20 с, если расстояние между двумя соседними гребнями волн равно 6 м?

15. В озеро бросили камень. Было замечено, что образованная от падения камня волна достигла берега за 10 с. Определите, расстояние от берега до места падения камня, если за 2 с произошло 4 всплеска волн о берег, а расстояние между двумя соседними гребнями волн равно 60 см.

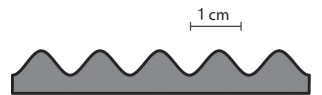
16. Скорость распространения пульсирующей волны по артериям 8 м/с, а частота сердечного цикла равна 1,25 Гц. Определите длину волны и частоту сердцебиений.

17. Лодка качается на волнах, совершая 15 колебаний за 30 с. Определите длину морской волны, если скорость распространения волны 3 м/с.

18. Скорость распространения одной волны в два раза больше другой. Во сколько раз больше частота колебаний второй волны, если ее длина в три раза меньше, чем у первой волны?

19. Лодка качается на морских волнах, совершая 10 колебаний за 20 с. Определите:

- период колебаний лодки;
- частоту колебаний;
- скорость распространения волны, если расстояние между гребнями двух соседних волн – 3 м;
- расстояние, на которое распространится волна за 15 с.



20. Определите длину волны, представленную на рисунке рядом.

21. Спроектируйте установку, с помощью которой можно было бы исследовать распространение волн на поверхности воды в случае, когда на своем пути они встречаются с препятствием. Проведите это исследование: направляя волны к препятствию под разными углами, отследите направление распространения волн после прохождения препятствия. Сформулируйте выводы по результатам наблюдений.

Для выполнения поставленной задачи можно использовать установку, изображенную на рис. 1, стр. 12.

- Дополнение** > *22. Корабль плывет по морю со скоростью 54 км/ч. Расстояние между гребнями волн равно 10 м, а период колебаний равен 2 с. С какой частотой волны будут ударяться о борт корабля, если он будет двигаться:
- а) по направлению распространения волн;
 - б) в направлении, противоположном распространению волн?



1.4. Звуковые волны. Скорость и громкость звука.

Применение

Информация > На предыдущем уроке вы изучили процесс распространения колебаний в пространстве, называемый **волной** или **волновым движением**.

Примером такого движения могут служить волны, распространяющиеся по поверхности стоячей воды, и волны, распространяющиеся вдоль пружины или упругой нити, и т. д.

Эта форма механического движения характеризуется такими физическими величинами как: **длина волны** – расстояние, на которое распространяется волна за время, равное периоду колебаний в ней; **скорость волны** – произведение длины волны на частоту колебаний.

Далее мы проанализируем один из примеров упругой волны – **звуковую волну**.

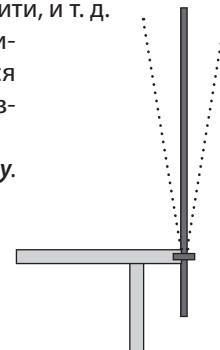


Рис. 1

- Эксперимент** >
- Закрепите металлическую линейку на краю стола (рис. 1).
 - Отклоните верхний конец линейки от положения равновесия и отпустите его. Что вы наблюдаете (слышите)?
 - Повторите эксперимент, изменяя длину верхней части линейки.
 - Сформулируйте выводы.

Определение > Волны, вызывающие слуховые ощущения, называются **звуковыми волнами** или **звуком**.

Очевидно, что звуковые волны образованы определенными источниками колебаний.

Определение > Тела, издающие звуки, называют **источниками звука**.

- Работа в группах** >
- Приведите примеры тел, которые колеблясь, создают звуковые волны.
 - Классифицируйте эти источники на естественные и искусственные.

Но как звук распространяется от источника звука к звуковому приемнику (например, к уху)?

На рис. 2 а) изображен камертон, который используется для настройки музыкальных инструментов. При ударе резиновым молоточком по одной из ветвей камертона, она начинает вибрировать (рис. 2 б), производя сгущение и разрежения воздуха во всех направлениях. Распространение этих возмущений по воздуху является звуковой волной.

Образованная таким образом звуковая волна достигает уха (рис. 3) и вызывает слуховые ощущения.

- Эксперимент** >
- Под стеклянный колокол поместите электрический звонок на упругой опоре (рис. 4). Из-под колокола откачивайте воздух, а звонок подключите к электрической цепи. Будет ли слышен звук звонка при включении? Обоснуйте ответ.

В разных средах звук распространяется с разной скоростью. Например, в воздухе при температуре 16 °С скорость звука равна 340 м/с, а в воде – 1 450 м/с. В стали скорость звука еще выше – 5 000 м/с.

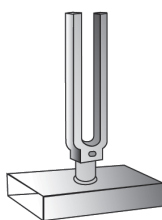


Рис. 2

а)



б)

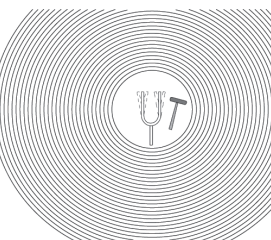


Рис. 3

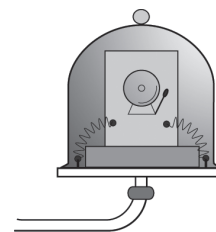


Рис. 4

Историческая справка

Впервые скорость звука в воздухе была определена в 1636 году французским ученым Мареном Мерсенном – одним из преемников Галилео Галилея. При температуре 20 °С скорость звука оказалась равной 343 м/с (в современных единицах измерения).

Скорость звука в жидкостях больше, чем в газах. Скорость звука в воде была определена в 1826 году учеными Жаном-Даниелем Колладоном и Шарлем-Франсуа Штурмом. При температуре 8 °С скорость звука оказалась равной 1 440 м/с.

В 1832 году французский физик Жан-Батист Био определил скорость звука в твердом теле – в чугунной трубе парижского водопровода. Эксперимент заключался в сравнении времени распространения звука в трубе и по воздуху. Оказалось, в чугуне скорость звука в 11,5 раз больше, чем в воздухе.

Запомните!

Звуковые волны могут возникать только в упругой среде.

Звуки отличаются друг от друга определенными характеристиками: **высотой, громкостью** и т. д. **Высота звука** зависит от частоты звуковой волны. Звуки с большими частотами считаются более высокими, а с меньшими частотами – более низкими.

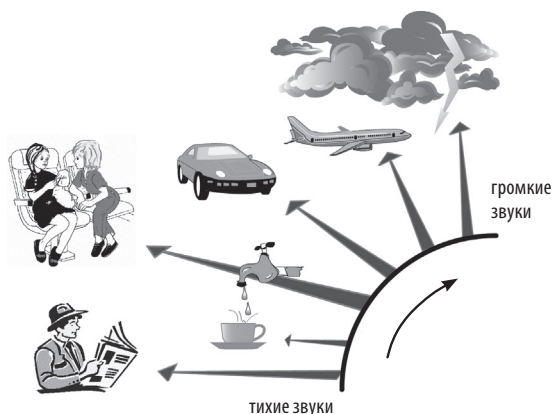
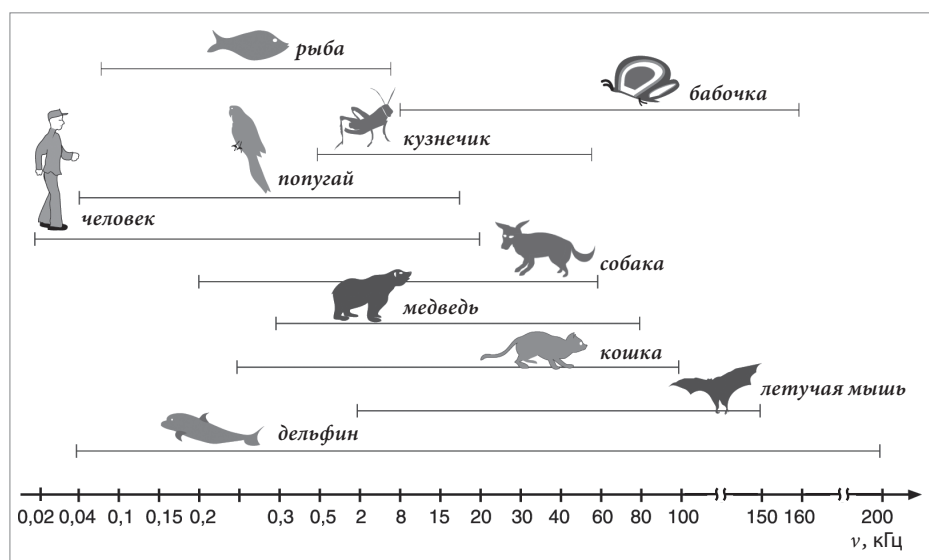
Вывод: Скорость звука зависит от свойств среды, в которой он распространяется.

Человеческое ухо способно воспринимать звуковые волны частотой от 16 Гц до 20 000 Гц.

Определение

Волны с частотой $\nu < 16$ Гц называются **инфразвуком**, а волны с частотой $\nu > 20\,000$ Гц называются **ультразвуком**.

Диапазон частот звуковых волн воспринимаемых животными отличается от диапазона частот, доступных слуху человека (см. изображение ниже).



Одна из характеристик звука – **громкость звука**, зависит от амплитуды колебаний звуковой волны. Амплитуда колебаний определяется энергией, которую источник звука передает частицам среды, а также расстоянием от источника звуковых волн до звукового приемника, свойствами звукопроводящей среды, через которую распространяется звук и т. д.

Обычно человек воспринимает звуки не тихие и не слишком громкие. Минимальная громкость воспринимаемых ухом звуков, и максимальная громкость, которую может вынести человек, зависит как от амплитуды колебаний звуковой волны, так и от частоты колебаний.

Новые физические понятия

- звук;
- звуковая волна;
- источник звука;
- высота звука;
- громкость звука;
- инфразвук;
- ультразвук.

Одна из проблем современного общества – звуковое загрязнение окружающей среды, вызванное **шумом** – несогласованными по частоте громкими звуками, оказывающими вредное влияние на человека. Нормальный звуковой фон безвреден для человеческого организма. А неблагоприятные шумы оказывают негативное влияние на здоровье человека, тяжело поражая слух и нервную систему. Именно поэтому защита населения от шума особенно от уличного, промышленного, а также других видов шума представляет собой важнейшую и особенно актуальную задачу в условиях существования и развития современного общества. Решение этой проблемы осуществляется проектированием и строительством зданий с повышенной звукоизоляцией стен, применением передовых технологий звукоизоляции, которые снижают неблагоприятное воздействие шума и улучшают качество жизни.

Звуки играют жизненно важную роль для всех живых существ и в первую очередь для человека, поскольку значительную часть информации об окружающем мире человек получает благодаря слуху. Установлено, что по природе функционирования органов чувств, слух занимает второе место после зрения по объему воспринимаемой информации. Слуховая система позволяет людям общаться, ориентироваться в окружающем мире, воспринимать музыку, сигналы из мира животных, применять звуковые волны и ультразвук в науке, технике, медицине и т. д.

Применение звуковых волн очень обширно в человеческой деятельности, как и их проявление в природе. Они позволяют людям общаться, слушать музыку, производимую музыкальными инструментами и исполнителями, получать различную информацию о природных явлениях и т. д. Ультразвук широко применяется в медицине: в исследованиях и диагностике, при физиотерапевтическом лечении, основанном на благотворном влиянии ультразвуковых волн на человеческий организм, а также при проведении офтальмологических исследований. Ультразвук применяется и в промышленности, в различных технологических процессах таких, как: обработка деталей, обнаружение дефектов, определение размеров деталей, гидролокация и т. д. Эхолокация с помощью ультразвуковых волн встречается и в мире животных, например, у летучих мышей при ориентации и движении в пространстве.

Подготовка сообщения

Подготовьте сообщение на одну из тем: «Применение ультразвука в повседневной жизни» / «Воздействие звука на живые организмы» / «Музыкальные звуки» / «Эхолокация» / «Ультразвук» / «Формирование безопасного поведения (звуковая защита) при использовании различных источников звука (музыкальных инструментов, радиоприемников, телефонов и т. п.)», следуя инструкциям на стр. 97.

Проверка знаний

1. Что называют звуковыми волнами?
2. В каких средах могут распространяться звуковые волны?
3. В каких средах звук распространяется с большей скоростью? В каких средах – с меньшей скоростью?
4. В каком случае звуковые волны не могут распространяться в воздухе?
5. Каков диапазон частот звуковых волн, вызывающих слуховые ощущения?
6. Что означают понятия *ультразвук* и *инфразвук*?
7. Какие живые существа способны воспринимать ультразвуковые волны и в каком диапазоне частот?
8. Приведите примеры естественных и искусственных источников звука. Сравните звуки, воспроизводимые движением крыльев ласточек, со звуками, издаваемыми колебаниями крыльев шмелей, пчел и комаров. Зная, что частота колебаний крыльев ласточек мала по сравнению с частотой колебаний крыльев комаров, сформулируйте выводы относительно характеристик этих звуков и зависимости от быстроты совершаемых колебаний.

9. Определите диапазон длин волн, воспринимаемых человеческим ухом. Скорость звука в воздухе принять равной 340 м/с.
10. При температуре 20°C скорость звука в воздухе равна 343 м/с. Определите скорость звука в чугуне, если известно, что в этой среде его скорость в 10,5 раз выше, чем в воздухе.
11. Определите длину звуковой волны в воде, если скорость распространения волны равна 1 500 м/с, а частота колебаний волны – 740 Гц.
12. Рассчитайте скорость звука в воде, если колебания с периодом 0,01 с вызывают звуковую волну длиной 14,35 м.
13. По краю металлической трубы длиной 510 м ударили молотком. Наблюдатель, приложив ухо к другому краю трубы, услышал звук в трубе на 1,4 с раньше, чем в воздухе. Чему равна скорость звука, распространяющегося по этой трубе, если в воздухе скорость звука равна 340 м/с?
14. Звук залпа артиллерийского орудия был услышан через 20 с после того, как появилась вспышка. Определите расстояние от наблюдателя до орудия.
15. Частота звуковой волны в воздухе самого низкого мужского голоса составляет 79,1 Гц, а самого высокого женского голоса – 1 360 Гц. Определите длину волн этого голосового диапазона.
16. Во сколько раз изменится длина звуковой волны при переходе из воды в воздух, если скорость распространения звука в воздухе равна 340 м/с, а в воде – 1 500 м/с?
17. Во время грозы мужчина услышал гром через 10 с после вспышки молнии. Как далеко от него произошел электрический разряд?
18. Электрический разряд произошел на расстоянии 1,7 км от наблюдателя. Через какое время он услышит гром?
19. Камертон излучает звуковую волну частотой 440 Гц. Определите длину этих волн:
 - а) в воздухе;
 - б) в воде.
20. Человеческое ухо наиболее чувствительно к звукам с длиной волны от 11,3 см до 22,6 см. Определите частоту волн звукового диапазона.
21. Как изменяются частота, период и длина звуковой волны при переходе из воздуха в сталь? Скорость распространения звуковой волны в стали принять равной 5 000 м/с.
22. Длина звуковых волн одинаковой частоты в воздухе в десять раз меньше, чем в кирпиче. Определите скорость распространения звуковой волны в кирпиче.
23. Стрелок услышал удар пули о мишень спустя секунду после выстрела. Определите расстояние, пройденное пулей, если известно, что скорость пули равна 500 м/с, а скорость распространения звука в воздухе в данных условиях составляет 333 м/с.
24. Изменяется ли скорость звука, издаваемого камертоном, при понижении температуры воздуха? Обоснуйте ответ.
25. Рассмотрите струнные музыкальные инструменты. Зависит ли частота издаваемых звуков, от толщины струн и длины вибрирующей части? Какова зависимость частоты от перечисленных факторов?
26. Исследуйте с помощью различных ресурсов (специальная литература, интернет и др.) классификацию музыкальных звуков по частотам. Подготовьте сообщение по исследуемой теме.



Примечание ➤ В заданиях 15, 17, 18, 19, 20, 22 скорость звука в воздухе принять равной 340 м/с.

Обобщение

В данной главе вы познакомились с колебательным и волновым движениями.

Механические колебания отличаются от других видов движений двумя характерными особенностями: это движения, которые *периодически повторяются* и *происходят симметрично* относительно определенного положения равновесия. Согласно этим критериям колебательное движение совершается, повторяясь за равные или примерно равные промежутки времени последовательно в двух противоположных направлениях.

Различают два типа механических колебаний: **свободные** и **вынужденные** колебания. Свободные происходят под действием внутренних сил, действующих внутри колебательной системы, а вынужденные происходят под действием периодически изменяющихся внешних сил.

Примерами механических колебательных систем, способных совершать свободные колебания, служат гравитационный и пружинный маятники. Гравитационный маятник состоит из длинной невесомой и нерастяжимой нити и тяжелого точечного тела – например, шара. Пружинный маятник состоит из тяжелого точечного тела, закрепленного на упругой пружине. Маятник, который отклонили от положения равновесия, а затем отпустили, совершает повторяющиеся движения около положения равновесия, т.е. совершает свободные механические колебания.

Колебательное движение характеризуется физическими величинами, представленными в этой главе: **период** колебаний T , **частота** колебаний ν и **амплитуда** колебаний A .

- Период колебаний – физическая величина, равная промежутку времени, в течение которого совершается одно полное колебание:

$$T = \frac{t}{n}, \text{ измеряется в секундах (с).}$$

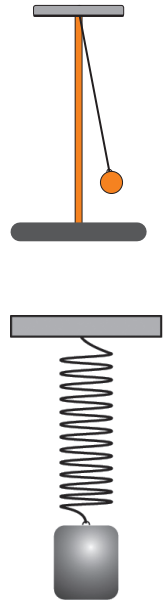
- Частота – физическая величина, равная количеству колебаний, совершаемых в единицу времени: $\nu = \frac{n}{t}$, единица измерения – *Герц* (Гц).
- Физическая величина, характеризующая положение осциллятора относительно его положения равновесия называется отклонением от положения равновесия. Максимальное отклонение от положения равновесия называется **амплитудой** обозначается буквой A . $[A]_{\text{СИ}} = \text{м}$.

Движущийся маятник обладает избытком энергии по сравнению с энергией маятника в состоянии покоя. В колебательном процессе преобразование механической энергии происходит непрерывно из одной формы в другую: потенциальная энергия $E_{\text{п}}$ $\leftrightarrow$ кинетическая энергия $E_{\text{к}}$.

Свободные колебания, совершаемые реальными колебательными системами, например упругим или гравитационным маятником, – это колебания, амплитуда которых уменьшается с течением времени. Это происходит потому, что осциллятор не изолирован идеально от внешней среды, со стороны которой действуют силы трения, направленные противоположно направлению движения. Поэтому механическая энергия колебательной системы непрерывно уменьшается, превращаясь во внутреннюю энергию среды, и колебания постепенно замедляются.

Колебания, совершаемые за счет внешних периодических сил, называются вынужденными колебаниями. Внешние периодические силы совершают механическую работу над колебательной системой, компенсируя потери энергии, вызванные действием сил трения.

В случае, когда силы трения настолько малы, что амплитуда колебаний существенно не уменьшается за определенный интервал времени ($t > T$), можно считать, что колебания совершаются с постоянной амплитудой в течение данного периода, энергия осциллятора остается практиче-



ски неизменной. В этом случае применим закон сохранения механической энергии, считая, что:

$$E_{n\max} = E_{k\max}. \text{ Например, для гравитационного/математического маятника: } mgh_{\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2}.$$

Возмущения, возникающие в **упругой среде**, могут распространяться в этой среде. Например, колебания конца упругой струны могут распространяться вдоль струны, колебания на поверхности воды, возникающие в определенной точке, также распространяются в виде волн по поверхности. Этот процесс возможен благодаря взаимодействию между частицами упругой среды, в которой каждая частица среды, выведенная возмущением из состояния равновесия, приводит в движение соседние частицы. В результате возмущение передается от точки к точке в окружающей среде.

- Процесс распространения колебаний в упругой среде называется **механической волной**.

Механические волны не распространяются в вакууме, а только в упругих средах.

При распространении механических волн не происходит переноса вещества, а только перенос энергии.

- Расстояние, которое волна проходит за время, равное периоду колебаний в ней, называется **длиной волны** (λ). $[\lambda]_{\text{СИ}} = \text{м}$.

Скорость волны равна произведению длины волны на частоту колебаний: $v = \lambda \cdot \nu$.

- Волны, вызывающие слуховые ощущения, называются **звуковыми волнами** или **звуком**.

Звуки отличаются друг от друга высотой, громкостью и другими характеристиками. Высота звука зависит от частоты звуковой волны. Таким образом, звуки с большей частотой являются более высокими, а звуки с меньшей частотой – более низкими.

- Человеческое ухо способно воспринимать звуки частотой от 16 Гц до 20 000 Гц. Звуковые волны с частотой ниже 16 Гц называются **инфразвуком**, а волны с частотой выше 20 000 Гц называется **ультразвуком**.
- Громкость звука зависит от амплитуды колебаний звуковой волны, которая определяется энергией источника звука, свойствами окружающей среды, а также расстоянием от источника звука до звукового приемника.

Звуковые волны имеют важное значение в жизни и деятельности человека. Посредством звуковых волн человек получает информацию о природе и о социальной среде, общается с другими людьми, применяет звуковые волны в разных сферах деятельности: научных исследованиях, промышленности, медицине, музыке и т. д. При этом существование человека достаточно комфортно только при определенной громкости звука, не превышающей допустимых пределов.

Звук также может оказывать негативное влияние на настроение, физическое и психическое состояние человека. Слишком громкий звук может привести к нарушениям нормальной деятельности человеческого организма, оказывая негативное воздействие на центральную нервную систему. Шум, производимый транспортными средствами, различными промышленными объектами, особенно в больших населенных пунктах, является основным источником звукового загрязнения, называемого шумовое загрязнение. Поэтому в случаях осуществления деятельности в условиях с повышенной громкостью, которую невозможно избежать, например, на промышленных предприятиях предусмотрены и внедрены методы защиты персонала, занятого в этих отраслях, с использованием во время работы средств защиты слуховых органов.

Итак, колебательное и волновое движение встречается в разных сферах деятельности человека, в природе и технике. Колебательное и волновое движение лежит в основе различных устройств и машин. Полученные при изучении этого раздела физики знания помогут вам при дальнейшем изучении других видов колебаний и волн.



СУММАТИВНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ

Предлагаемый тест предназначен для определения уровня знаний, усвоенных при изучении данной главы.

I. В заданиях 1–3 дайте краткий ответ.

1. Продолжите утверждения так, чтобы они были верными: **каждое 1 б.**
 - а) Максимальное отклонение осциллятора от положения равновесия называется
 - б) Промежуток времени, за который осуществляется одно полное колебание, называется
 - в) Колебания, происходящие под действием внешних периодических сил, называются
2. Установите (стрелками) соответствие между физическими величинами и единицами измерений: **каждое 1 б.**

Амплитуда колебаний	Гц
Период колебаний	м
Частота колебаний	м/с
	с
3. Определите, истинны или ложны следующие утверждения. Обведите букву И, если утверждение истинно, или Л, если утверждение ложно: **каждое 1 б.**
 - а) Механические волны могут распространяться только в упругих средах. И Л
 - б) Скорость звука в воде меньше, чем в воздухе. И Л
 - в) Частота и период колебаний – обратные величины. И Л

II. В заданиях 4–6 представьте полное решение задач.

4. Определите частоту свободных колебаний двух маятников, если период колебаний одного маятника равен 2 с, а второй маятник совершил 30 колебаний за 15 с. **3 б.**
5. Гравитационный маятник отклонили на некоторый угол, таким образом, что груз массой 50 г поднялся на 5 см выше положения равновесия. Считая, что потери энергии пренебрежимо малы, определите:
 - а) потенциальную энергию груза на максимальной высоте **3 б.**
 - б) максимальную кинетическую энергию **1 б.**
6. Рабочий ударил молотком по железнодорожному рельсу. Его коллега, находившийся на расстоянии 255 м от него, услышал звук, распространившийся по воздуху на 0,7 с позже, чем звук, распространившийся по рельсу. Определите скорость звука в рельсе, если скорость звука в воздухе составляет 340 м/с. **4 б.**

Проект STEM/STEAM Выполните проект по теме: «Защита от шума в повседневной жизни», следуя инструкции на стр. 97.

Дополнение

Лабораторная работа № 2

*Определение длины парты с помощью гравитационного маятника

Цель работы: Применение формул, характеризующих колебательное движение, при определении размеров некоторых тел.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, шарик, нить, секундомер, линейка или рулетка с миллиметровыми делениями.

Содержание и метод выполнения работы: Период колебаний гравитационного маятника зависит от его длины. Чем больше длина маятника, тем больше период колебаний. Исследование зависимости между этими величинами и тщательный анализ, действующих в колебательной системе сил, показывает, что период $T \sim \sqrt{l}$.

Таким образом, периоды колебаний двух маятников разной длины l и l' соотносятся как:

$$\frac{T}{T'} = \frac{\sqrt{l}}{\sqrt{l'}} \quad (1), \quad \text{следовательно:} \quad \frac{l}{l'} = \frac{T^2}{T'^2} \quad (2).$$

Зная длину маятника, например l' , а также периоды колебаний маятника, можно определить длину другого маятника, l :

$$l = \left(\frac{T}{T'} \right)^2 \cdot l' \quad (3).$$

В качестве маятника с индексом ($'$) можно взять гравитационный маятник длиной 1 м, его период равен 2 с. Таким образом, зная значения: $l' = 1$ м и $T' = 2$ с, определив экспериментально T , длину l можно определить, используя соотношение (3).

Порядок выполнения работы:

- Подготовьте нить, протянув ее от одного края парты к другому так, чтобы ее длина была равна длине парты.
- Соберите гравитационный маятник, используя предоставленное оборудование и нить, длина которой равна длине парты.
- Отклоните маятник от положения равновесия на малый угол от вертикали (до 5°) и отпустите.
- Измерьте время, в течение которого совершается определенное количество колебаний, например, $n = 20$ колебаний.
- Проведите эксперимент три раза для разного количества колебаний.
- Рассчитайте период колебаний по формуле: $T = \frac{t}{n}$.
- Вычислите длину маятника (равную длине парты) по формуле (3).
- Данные измерений и вычислений занесите в таблицу.

№	n	t , с	T , с	l , м	Δl_{cp} , м
1					
2					
3					
среднее значение:					

- Представьте примеры вычислений и определите погрешности.

$$\begin{aligned} l_1 &= & \Delta l_1 &= |l_{cp} - l_1| \\ l_2 &= & l_{cp} &= \frac{l_1 + l_2 + l_3}{3} & \Delta l_2 &= |l_{cp} - l_2| & \Delta l_{cp} &= \frac{\Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3}{3} \\ l_3 &= & \Delta l_3 &= |l_{cp} - l_3| \end{aligned}$$

- Представьте окончательный результат в виде: $l = l_{cp} \pm \Delta l_{cp}$
- Определите длину парты прямым измерением и сравните ее с результатом, полученным в результате эксперимента.
- Сформулируйте выводы.

Глава 2

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

2.1. Строение вещества. Движение молекул.

Тепловое равновесие

2.2. Удельная теплоемкость. Количество теплоты

2.3. Удельная теплота

2.4. Производство тепловой энергии. Топливо.

Удельная теплота сгорания

2.5. Взаимное превращение теплоты и механической работы. Тепловой двигатель

2.6. Тепловые двигатели и загрязнение окружающей среды

Обобщение

Суммативное оценивание

Дополнение: * Лабораторная работа № 3



Изучив данный раздел, вы сможете:

- определить, каким символом обозначается и какой единицей измеряется физическая величина;
- рассказать о принципе работы тепловых двигателей, электродвигателей;
- определить и выбрать средства измерения;
- объяснить с физической точки зрения некоторые явления, изучаемые в рамках других школьных предметов;
- выразить и сравнить результаты измерений, используя соответствующие единицы измерения в Международной системе единиц (СИ), выполнить их преобразование;
- применить изученные формулы физических величин/законов при решении задач/проблемных ситуаций;
- заполнить таблицу данными;
- рассказать о результатах выполненных измерений.



2.1. Строение вещества. Движение молекул. Тепловое равновесие

Информация

В 7-м классе вы узнали, что физическое тело относительно точки отсчета может находиться в одном из двух механических состояний: состоянии движения или состоянии покоя. Механическое состояние физического тела характеризует его внешнее поведение в целом. В 5-м, 6-м и 7-м классах на уроках познания мира, физики, химии вы узнали, что в природе все тела состоят из веществ, которые, в свою очередь, можно разделить на маленькие частицы, сохраняющие физические свойства веществ и называемые в науке *молекулой*. Молекулы, считаются малыми физическими телами, находятся на определенном расстоянии друг от друга, постоянно, хаотично движутся и взаимодействуют (притягиваются или отталкиваются). Движение молекул подтверждает диффузия – явление взаимного проникновения молекул одного вещества в промежутки между молекулами другого вещества. При повышении температуры диффузия происходит быстрее, что доказывает зависимость скорости молекул от температуры.

Таким образом, физическое тело, находящееся в состоянии движения или покоя, одновременно находится и в так называемом *тепловом состоянии*, характеризующимся температурой.

Запомните!

Тепловое состояние физического тела характеризует его **внутреннее состояние** и определяется физической величиной, называемой **температурой**.

Температуру тела измеряют с помощью термометров или датчиков температуры (рис. 1).



Рис. 1

Практическая работа

- Измерьте температуру воды в сосуде (см. рис. 2).
- Опишите в тетради способ измерения температуры, используя известные вам ключевые понятия: **тепловой контакт** и **тепловое равновесие**.
- Объясните принцип работы термометра, опираясь на знания, приобретенные вами ранее.

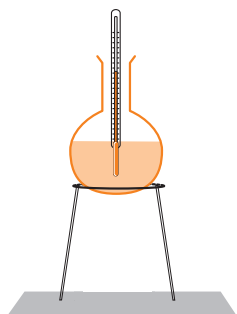


Рис. 2

Определение

Физическая величина, характеризующая тепловое состояние тела, предмета или системы физических тел, находящихся в тепловом равновесии, называется **температурой**. Переход физического тела из одного состояния теплового равновесия в другое называется **тепловым процессом**.

Историческая справка

Слово *термометр* происходит от греческих слов *thermos* (теплый) и *metron* (измерять). Первое устройство для определения температуры было изобретено в 1597 году **Галилео Галилеем (1564–1642)** и называлось *термоскопом*. У термоскопа Г. Галилея отсутствовала шкала, и поэтому можно было отмечать лишь сам факт понижения или повышения температуры. Первые температурные шкалы появились в начале XVII века. В 1701 году **Исаак Ньютон (1642–1727)** описал 12-ти градусную шкалу: температура, равная 0 градусов, соответствовала температуре таяния льда, а 12 градусов – температуре тела здорового человека.

В настоящее время существуют различные температурные шкалы: Цельсия ($^{\circ}\text{C}$), Кельвина (K), Фаренгейта ($^{\circ}\text{F}$) и Реомюра ($^{\circ}\text{R}$). В повседневной жизни чаще применяют шкалу Цельсия.

Температурная шкала шведского ученого Андерса Цельсия содержит две реперные точки (точки, на которых основывается шкала измерений): 0° – температура таяния льда и 100° – температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении.

Английский ученый У. Томсон (Кельвин) ввел так называемую абсолютную шкалу температур. Начало отсчета этой шкалы (0) называется «абсолютным нулем» и соответствует состоянию вещества, когда тепловое движение молекул прекращается. Единица измерения температуры по шкале Кельвина равна одному градусу по шкале Цельсия.

В Международной системе единиц абсолютная температура является фундаментальной физической величиной и измеряется в Кельвинах. $[T]_{\text{СИ}} = \text{K}$

Соотношение между температурой по шкале Кельвина и температурой по шкале Цельсия:

$$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273,15 \quad (1).$$

Эксперимент

I. Эксперимент № 1

- Подготовьте для нагревания стеклянный сосуд с водой (200÷300 мл) (рис. 2).
- Измерьте начальную температуру воды в сосуде.
- В течение 8-10 минут нагревайте воду в сосуде на пламени спиртовки.
- Наблюдайте за изменением температуры воды во время теплового процесса нагревания. Измерьте конечную температуру воды.
- Объясните результаты эксперимента.

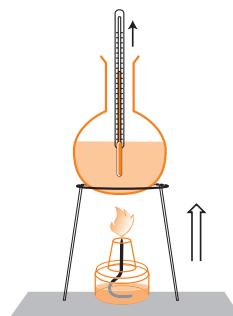


Рис. 2

Вывод: В тепловом **процессе нагревания** температура тела повышается.

II. Эксперимент № 2

- Температуру нагретой воды примите за начальную температуру.
- Затушите пламя спиртовки, прекратите процесс нагревания воды в сосуде (рис. 3).
- В течение 10÷15 минут наблюдайте за изменением температуры воды в тепловом процессе охлаждения.
- Объясните результаты эксперимента.

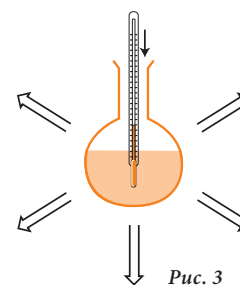


Рис. 3

Вывод: В тепловом **процессе охлаждения** температура тела понижается.

Запомните!

Тепловое состояние физического тела характеризуется его температурой, которая является мерой средней кинетической энергии молекул, из которых оно состоит.

Из изученного в 7-м классе раздела физики «Механические явления» вам известно, что физические тела (макроскопические тела), находящиеся в движении, обладают кинетической энергией (энергией движения). Потенциальной энергией обладают тела, находящиеся на определенной высоте над земной поверхностью (потенциальной энергией или энергией взаимодействия тела и Земли).

Частицы, из которых состоят физические тела, молекулы и атомы также считаются физическими телами, которые обладают как кинетической (движение), так и потенциальной (взаимодействие) энергиями. Кинетическая и потенциальная энергии молекулы очень малы, поскольку мала масса молекулы. Но энергия всех молекул, составляющих физическое тело (макротело), достаточно велика, поскольку количество молекул огромно.

Знаете ли вы, что...

Песчинка массой 1 мг содержит около 10^{19} молекул.

Определение

Энергия движения и взаимодействия частиц, из которых состоит физическое тело, называется **внутренней энергией тела**.

Новые физические понятия

- внутреннее состояние;
- теплопередача;
- температура;
- количество теплоты;
- тепловой процесс;
- внутренняя энергия.

Внутреннюю энергию тела обозначают буквой U . $[U]_{\text{СИ}} = \text{Дж}$

О величине внутренней энергии тела можно судить по величине его температуры. Внутренняя энергия тела увеличивается с увеличением температуры, поскольку увеличивается скорость движения частиц, а значит, увеличивается и их кинетическая энергия. И, наоборот, с понижением температуры тела уменьшается и его внутренняя энергия.

Вывод:

- Внутренняя энергия тела, как и температура, является физической величиной, характеризующей тепловое состояние тела.
- Изменение внутренней энергии тела зависит только от его теплового состояния: начального (U_1) и конечного (U_2).

Определение

Процесс изменения внутренней энергии тела, в результате получения или потери теплоты называется **передачей теплоты** или **теплопередачей**. Физическая величина, характеризующая изменение внутренней энергии тела в процессе теплопередачи, называется **количеством теплоты**.

Количество теплоты обозначается буквой Q . Единицей измерения количества теплоты в системе СИ является Джоуль (Дж). $[Q]_{\text{СИ}} = \text{Дж}$

Таким образом, при передаче теплоты от одного тела к другому происходит изменение внутренней энергии тела. Внутренняя энергия тела увеличивается за счет количества теплоты, полученного от другого тела. Таким образом, можем записать:

$$U_2 - U_1 = Q \quad (2).$$

Примеры решения задач

1. Определите абсолютную температуру тел, если температура тел по шкале Цельсия: $t_1 = 32^\circ\text{C}$, $t_2 = 0^\circ\text{C}$, $t_3 = -30^\circ\text{C}$.

Дано:

$t_1 = 32^\circ\text{C}$	
$t_2 = 0^\circ\text{C}$	
$t_3 = -30^\circ\text{C}$	
$T_1 - ?$	
$T_2 - ?$	
$T_3 - ?$	

Решение:

Применим формулу, устанавливающую связь между абсолютной шкалой температур и шкалой температур по Цельсию (формула (1), стр. 25):

$$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$

$$T_1 = 32^\circ\text{C} + 273,15 \text{ K} = 305,15 \text{ K},$$

$$T_2 = 0^\circ\text{C} + 273,15 \text{ K} = 273,15 \text{ K},$$

$$T_3 = -30^\circ\text{C} + 273,15 \text{ K} = 243,15 \text{ K}.$$

Ответ: $T_1 = 305,15 \text{ K}$; $T_2 = 273,15 \text{ K}$; $T_3 = 243,15 \text{ K}$.

2. Температура газа увеличилась от 20°C до 100°C . Определите изменение абсолютной температуры газа.

Дано:

	СИ
$t_1 = 20^\circ\text{C}$	$T_1 = 293,15 \text{ K}$
$t_2 = 100^\circ\text{C}$	$T_2 = 373,15 \text{ K}$
$\Delta T - ?$	

Решение:

Изменение абсолютной температуры равно разнице между его конечным и начальным значением:

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$T_1(\text{K}) = t_1(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$

$$T_2(\text{K}) = t_2(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$

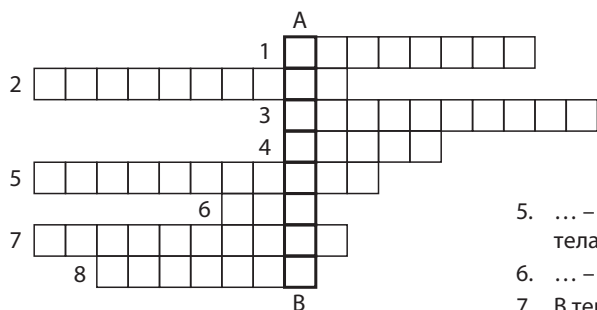
$$\Delta T(\text{K}) = t_2(^{\circ}\text{C}) + 273,15 - t_1(^{\circ}\text{C}) - 273,15$$

или: $\Delta T(\text{K}) = t_2(^{\circ}\text{C}) - t_1(^{\circ}\text{C})$

$$\Delta T = (100 - 20)\text{K} = 80 \text{ K}$$

Ответ: $\Delta T = 80 \text{ K}$.

- Объясните, что означает понятие *внутреннее состояние тела*. Какими физическими величинами оно характеризуется?
- Что мы называем *температурой*? Что такое *тепловой процесс*?
- Опишите процесс измерения температуры, используя понятия: *тепловой контакт* и *тепловое равновесие*.
- Определите понятие *внутренняя энергия*.
- Определите связь между понятиями: *внутренняя энергия, передача тепла и количество теплоты*.
- Составьте по одному предложению, используя понятия: температура, тепловой процесс, внутренняя энергия, передача тепла и количества теплоты.
- Объясните математическую зависимость между *изменением внутренней энергии* тела и *количеством теплоты, получаемого или отдаваемого телом*.
- Назовите единицы измерения внутренней энергии и количества теплоты в системе СИ?
- Приведите 3-4 примера увеличения внутренней энергии тел за счет передачи теплоты.
- Выполните преобразования в единицы СИ:
а) $73\text{ }^{\circ}\text{C}$; б) $320\text{ }^{\circ}\text{C}$; в) $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Разгадайте кроссворд. Правильно ответив на восемь вопросов, в столбце АВ получите наименование изученного физического явления. Опишите это явление.



- Молекулы, непрерывно и хаотично ...
- В тепловом процессе ... температура тела увеличивается.
- Молекула – это самая маленькая частица, которая сохраняет ... свойства вещества.
- В твердом агрегатном состоянии вещества всегда сохраняют собственную ... и объем.
- ... – это физическая величина, характеризующая тепловое состояние тела или системы тел, находящихся в тепловом равновесии.
- ... – занимает весь предоставленный объем.
- В тепловом процессе ... температура тела уменьшается.
- Единица температуры по шкале Кельвина соответствует одному градусу по шкале ...

- Два одинаковых термометра: один, установленный в помещении, показывает $+18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а установленный снаружи термометр показывает $-18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Как изменятся показания термометров, если поменять их местами?
- Предположим, что четыре тела с температурами $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$ привели в тепловой контакт. Что можно сказать о значении температуры t теплового равновесия, установившейся в системе тел, по сравнению с начальными температурами тел: t_1 и t_4 ?
- Какой физической величиной является температура: векторной или скалярной?
- Рассмотрите внимательно изображение.
 - Объясните тепловой процесс нагревания термометра при измерении температуры ребенка.
 - Как изменяется тепловое состояние организма человека во время заболевания (при повышении температуры тела)? Сформулируйте выводы.
- Объясните принцип работы жидкостного термометра.
- Предположим, одно тело нагревают, а другое охлаждают. Определите взаимосвязь между понятиями: *изменение температуры, изменение внутренней энергии и количества теплоты*. Объясните взаимосвязь понятий для каждого процесса, приведите примеры из повседневной жизни.



18. Известно, что в холода многие животные спят, свернувшись калачиком. Почему?

19. Сосуд с холодной водой поместили в сосуд с горячей водой. Количество воды в сосудах одинаковое. Как и сколько времени будет изменяться внутренняя энергия воды в каждом сосуде? Обоснуйте ответ.

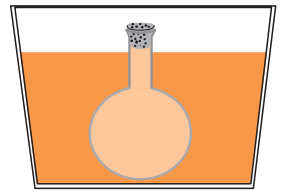


Рис. 4

20. Плотно закрытую стеклянную колбу опустили в сосуд с горячей водой (рис. 4). Как изменится кинетическая и потенциальная энергия взаимодействия молекул воздуха в колбе? Как изменится внутренняя энергия воздуха в колбе? Обоснуйте ответ.

21. На рис. 5 показан график изменения температуры воды массой 50 г в зависимости от времени. Опишите тепловые процессы, происходящие на каждом участке графика.

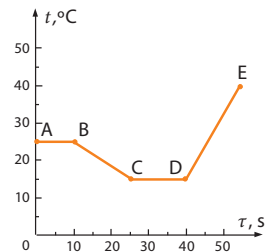


Рис. 5

22. Для измерения температуры воды в нее опустили термометр. В каком случае термометр получает, а в каком отдает воде количество теплоты?

23. В каком случае внутренняя энергия тела больше: при -10°C или при 5°C ? Обоснуйте ответ.

24. Уровень воды в двух сообщающихся сосудах одинаков, но температуры разные (рис. 6). Как с течением времени изменится уровень воды в этих сосудах по сравнению с первоначальным уровнем в следующих случаях:

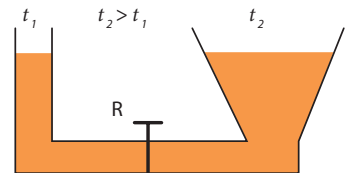


Рис. 6

- клапан R закрыт;
- клапан R открыт?

25. Выполните экспериментальное исследование тепловых процессов нагревания и охлаждения воды, используя следующее оборудование: стеклянный сосуд с водой ($m = 100 \div 150$ г), спиртовка, термометр лабораторный, подставка для сосуда.

- Запишите начальную температуру воды в сосуде.
- Нагревайте сосуд с водой над пламенем спиртовки в течение 10 мин.
- Погасите пламя спиртовки и дайте воде в сосуде остыть в течение 10 мин.
- Измеряйте температуру воды в процессе нагревания и охлаждения через промежутки времени, равные одной минуте.
- Занесите полученные результаты измерений в заранее подготовленную таблицу.
- Постройте в одной системе координат графики зависимости температуры воды от времени нагревания и охлаждения.
- Проанализируйте полученные графики, сравнив их.
- Сформулируйте соответствующие выводы.

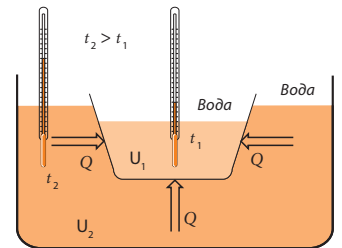


Рис. 7

26. Проведите опыты, представленные на рис. 7 и рис. 8 а, б.

- Опишите процесс изменения внутренней энергии воды в каждом сосуде (рис. 7 и 8), используя изученные физические понятия: *тепловое состояние, тепловой контакт, тепловое равновесие, температура, передача тепла*.
- Как изменится внутренняя энергия в каждом случае.
- Сформулируйте соответствующие выводы.

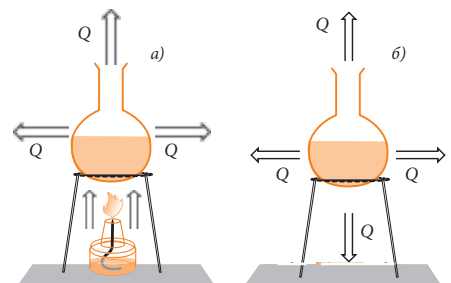


Рис. 8

2.2. Удельная теплоемкость. Количество теплоты

Информация ➤ На предыдущем уроке мы изучили физические величины, характеризующие тепловое состояние физического тела, такие как внутренняя энергия тела и температура. Определили взаимосвязь внутренней энергии и температуры тела. Изменение внутренней энергии происходит за счет передачи теплоты: внутренняя энергия тела увеличивается, когда оно получает определенное количество теплоты Q , и уменьшается, когда оно передает некоторое количество теплоты Q другому телу.

Далее мы экспериментально определим, от каких физических величин зависит количество теплоты Q , получаемое или отдаваемое физическим телом.

Эксперимент

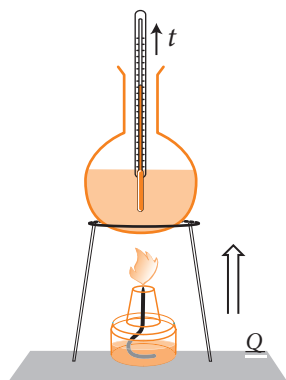


Рис. 1

I. Эксперимент № 1

- Нагревайте сосуд с водой над пламенем спиртовки в течение нескольких минут, таким образом, чтобы его температура увеличилась на $4 \div 5^\circ\text{C}$ (рис. 1).

Вывод: *В воде в сосуде передано незначительное количество теплоты, поэтому и температура изменилась незначительно.*

- Продолжайте нагревать сосуд с водой до температуры $40 \div 50^\circ\text{C}$.
- Сравните количество теплоты, переданное воде.

Запомните!

Изменение температуры тела Δt зависит от величины полученного или переданного количества теплоты Q . Между этими физическими величинами существует прямая зависимость:

$$\Delta t \sim Q.$$

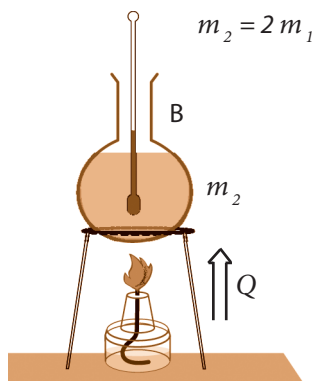
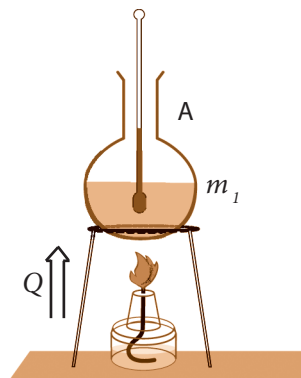
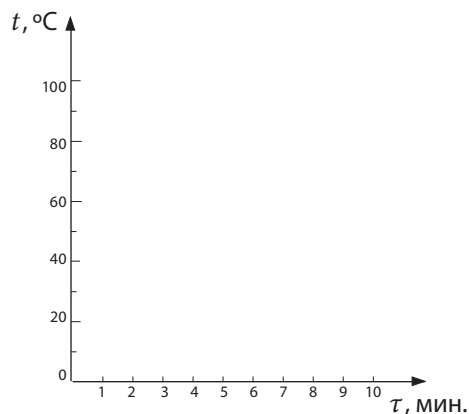


Рис. 2, A и B

II. Эксперимент № 2

- Налейте воду объемом 100 см^3 и 200 см^3 в два одинаковых сосуда A и B соответственно.
- Измерьте начальную температуру воды в сосудах.
- Нагревайте сосуды с водой на двух одинаковых спиртовках в течение 5 минут (рис. 2).
- Занесите в таблицу измеренную температуру воды в сосудах через промежутки времени, равные одной минуте.
- Постройте график зависимости температуры воды от времени для каждого сосуда.
- Сформулируйте выводы.

Время τ (мин.)	Температура t ($^\circ\text{C}$)	
	Сосуд A ($m_1 = 100\text{ г}$)	Сосуд B ($m_2 = 200\text{ г}$)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		



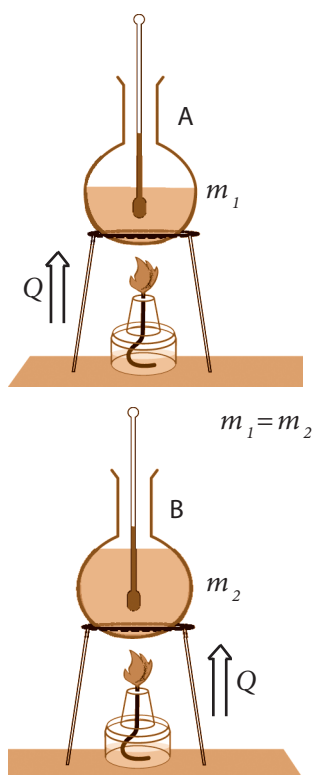


Рис. 3, А и В

Запомните!

Изменение температуры Δt тела зависит от массы тела. Между этими физическими величинами существует обратно пропорциональная зависимость, т.е. $\Delta t \sim 1/m$.

III. Эксперимент № 3

- В два одинаковых сосуда А и В налейте в равном количестве ($m_1 = m_2$) воду и растительное масло.
- Измерив начальную температуру масла и воды, нагревайте сосуды с помощью двух одинаковых спиртовок в течении 5 минут (рис. 3).
- Запишите в таблицу, аналогичную предыдущей, данные измерений температуры масла и воды, выполненные через промежутки времени равные одной минуте.
- Постройте график зависимости температуры от времени для воды и масла в сосудах в одной системе координат.
- Сформулируйте соответствующий вывод.

Запомните!

Изменение температуры Δt тела зависит от природы вещества.

Определение

Физическая величина, равная полученному или переданному количеству теплоты, затраченному на изменение температуры единичной массы тела на один градус, называется **удельной теплоемкостью**.

Удельная теплоемкость обозначается буквой c , характеризует тепловые свойства вещества, из которого состоят тела, и является **постоянной величиной (константой)** для данного вещества.

Вывод: Изменение температуры тела зависит от следующих физических величин:

- количества теплоты, принимаемого или передаваемого телом, Q ;
- массы тела, m ;
- удельной теплоемкости вещества, c .

Учитывая, что изменение температуры по абсолютной шкале ΔT численно совпадает с изменением температуры Δt по шкале Цельсия, используемой в повседневной жизни, единицей измерения температуры будем считать $[\Delta t] = ^\circ\text{C}$.

Анализируя зависимость между этими величинами, можно записать математическое выражение для количества теплоты Q , полученного или переданного телом при изменении его температуры в интервале Δt :

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t \quad (1).$$

Соотношение (1) представляет собой формулу для вычисления количества теплоты в процессе нагревания или охлаждения тела. Из соотношения (1) получаем выражение для определения удельной теплоемкости вещества c :

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t} \quad (2).$$

Согласно выражению (2) единицей измерения удельной теплоемкости является $[c] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Значения удельной теплоемкости некоторых веществ представлены в таблице:

Вещество	Алюминий	Сталь	Железо	Медь; Цинк	Серебро; Олово	Свинец; Ртуть	Золото
Удельная теплоемкость c (Дж/(кг · °C))	920	500	460	380	250	140	130
Вещество	Вода	Спирт	Глицерин	Ацетон	Нефть; лед	Бензин	Подсолнечное масло
Удельная теплоемкость c (Дж/(кг · °C))	4185	2482	2430	2180	2090	1880	1700

Проанализировав результаты эксперимента № 2, приходим к выводу, что для нагревания до одинаковой температуры двух тел, состоящих из одного и того же вещества, но различающихся по массе, необходимо разное количество теплоты.

В этом случае говорят, что тело обладает определенной *теплоемкостью*, которая зависит от массы тела и удельной теплоемкости вещества, из которого оно состоит.

Определение

Физическая величина, равная количеству теплоты, затраченному на изменение температуры тела на 1°C называется **теплоемкостью**.

Новые физические понятия

- **удельная теплоемкость;**
- **теплоемкость;**
- * **калориметрическое уравнение;**
- **калориметрия.**

Теплоемкость обозначают буквой C и определяется она соотношением:

$$C = \frac{Q}{\Delta t} \quad (3).$$

Используя выражение (1) для количества теплоты Q , установим связь между теплоемкостью C и удельной теплоемкостью c :

$$C = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta t}{\Delta t} = c \cdot m; \quad C = c \cdot m \quad (4).$$

Единица измерения теплоемкости:

$$[C] = \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}.$$

На практике определяют количество теплоты (полученной или переданной) в тепловом процессе или определяют удельную теплоемкость при идентификации веществ.

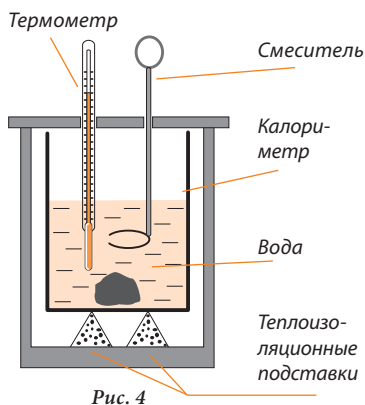


Рис. 4

Запомните!

Раздел физики, изучающий различные методы и инструменты, используемые при определении количества теплоты Q и удельной теплоемкости c , называется **калориметрией**.

Прибор, применяемый для экспериментального измерения количества теплоты, поглощаемой или отдаваемой телами, или для определения удельной теплоемкости, называется **калориметром**.

С помощью калориметра в лабораторных условиях получают хорошую теплоизоляцию. (рис. 4).

Калориметр обеспечивает передачу тепла между телами, помещенными в него, но минимизирует передачу тепла во внешнюю среду. Тела, помещенные в калориметр, считаются изолированными от внешней среды.

Пример решения задачи

Алюминиевому телу массой 500 г и температурой 20°C передано количество теплоты, равное 46 кДж. Определите, до какой температуры нагрелось тело?

Дано:	СИ
$m = 500 \text{ г}$	$= 0,5 \text{ кг}$
$c(\text{Al}) = 920 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$	
$t_1 = 20^\circ\text{C}$	
$Q = 46 \text{ кДж}$	$= 46 \cdot 10^3 \text{ Дж}$
$t_2 = ?$	

Решение:

Применим выражение для количества теплоты, полученного телом:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t,$$

где: $\Delta t = t_2 - t_1,$

$$Q = c \cdot m (t_2 - t_1) \Rightarrow t_2 = \frac{Q}{c \cdot m} + t_1$$

Вычисляем: $t_2 = \frac{46 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{920 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 0,5 \text{ кг}} + 20^\circ\text{C} = 120^\circ\text{C}.$

Ответ: $t_2 = 120^\circ\text{C}$

1. Перечислите физические величины, от которых зависит изменение температуры тела.
2. Как зависит изменение температуры физического тела от изменения его внутренней энергии?
3. Два металлических тела, одно из алюминия, другое – из меди, одинакового объема получают одинаковое количество теплоты. Температура какого тела изменится больше? Аргументируйте ответ.
4. Какое количество теплоты Q выделится при охлаждении на 25°C воды массой 120 кг ?
5. Какое количество теплоты потребуется для нагревания от 18°C до 43°C глицерина массой 80 г ?
6. Два тела одинаковой массы – одно из меди, другое – из железа – получили одинаковое количество теплоты Q . Какое из них нагреется до более высокой температуры? Почему?
7. Какое количество теплоты потребуется для нагревания от -8°C до 0°C куска льда массой 3 кг ?
8. Даны три одинаковых сосуда А, В и С, изготовленные из разных материалов: металла (А), стекла (В) и пластика (С), а также три одинаковых лабораторных термометра (рис. 5). В сосуды наливают равное количество горячей воды нагретой до $50 \div 60^\circ\text{C}$.

а) Исследуйте экспериментально процесс установления теплового равновесия в каждом сосуде, измеряя температуру через равные интервалы времени (например, через 3 мин.).

б) Занесите в подготовленную таблицу полученные результаты измерений.

в) Постройте в одной системе координат графики зависимости температуры воды от времени для каждого сосуда.

г) Сравните графики процесса охлаждения и сделайте выводы об установлении теплового баланса/равновесия и изменении внутренней энергии воды в каждом сосуде.

д) Опишите изученный экспериментально процесс установления теплового баланса/равновесия.

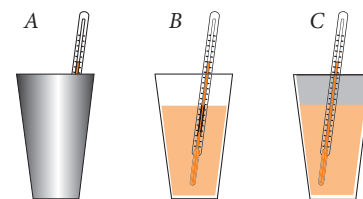


Рис. 5

Дополнение

В тепловом процессе передачи теплоты от горячего тела к холодному телу в калориметре количество отдаваемой горячим телом теплоты ($Q_{\text{отданное}}$) численно равно количеству теплоты, полученного холодным телом (водой), калориметром, мешалкой и термометром ($Q_{\text{полученное}}$), т.е.:

$$Q_{\text{полученное}} = |Q_{\text{отданное}}| \quad \text{или} \quad Q_{\text{полученное}} = -Q_{\text{отданное}} \quad \text{или} \\ Q_{\text{полученное}} + Q_{\text{отданное}} = 0 \quad (5).$$

Это соотношение называется **калориметрическим уравнением**.

- *9. В железный сосуд массой 5 кг налили воду массой 10 кг . Какое количество теплоты необходимо передать сосуду с водой, чтобы температура изменилась от 20°C до 80°C ?
- *10. В алюминиевую кастрюлю массой 250 г налили $3,5\text{ л}$ воды. Определите количество теплоты, полученное от пламени горелки при повышении температуры сосуда с водой от 20°C до 60°C ?
- *11. Имея в наличии следующие материалы и инструменты: 500 см^3 горячей воды, нагретой до температуры $70 \div 80^\circ\text{C}$, 500 см^3 холодной воды при температуре $18 \div 25^\circ\text{C}$, два одинаковых градуированных сосуда, два одинаковых лабораторных термометра, стеклянный сосуд объемом 500 см^3 , проведите эксперимент, сравнив отданное и полученное количество теплоты при смешивании воды различной температуры.
 - а) Исследуйте 3 случая, смешивая: 1) 100 см^3 холодной воды со 100 см^3 горячей воды; 2) 100 см^3 холодной воды и 200 см^3 горячей воды; 3) 200 см^3 холодной воды и 100 см^3 горячей воды.
 - б) Разработайте план проведения эксперимента.
 - в) Вычислите для каждого случая количество теплоты, отданное горячей водой ($Q_{\text{отданное}}$), и количество теплоты, полученное холодной водой ($Q_{\text{полученное}}$), по формуле (1).
 - г) Сравните для каждого случая $Q_{\text{отданное}}$ и $Q_{\text{полученное}}$.
 - д) Сформулируйте выводы.

2.3. Удельная теплота

Информация

На предыдущем уроке мы изучили и объяснили механизмы протекания тепловых процессов нагревания или охлаждения на основе понятия «дискретная структура вещества», используя новые понятия: *тепловое состояние, тепловой контакт, тепловое равновесие, теплота, количество теплоты, температура, внутренняя энергия, удельная теплоемкость, теплоемкость и передача тепла.*

Помимо тепловых процессов нагревания и охлаждения, в повседневной жизни мы сталкиваемся с различными превращениями агрегатных состояний вещества. Переход вещества из одного агрегатного состояния в другое – это тоже тепловой процесс, который так же можно объяснить на основе «дискретной структуры вещества».

Примером перехода вещества из одного агрегатного состояния в другое может служить изменение агрегатного состояния воды на нашей планете при смене времен года.

Исследуем экспериментально агрегатное превращение веществ.



Эксперимент

I. Эксперимент № 1

- Нагрейте сосуд со льдом на водяной бане (рис. 1), измерьте начальную температуру льда ($t < 0^\circ\text{C}$).
- Наблюдайте за изменением температуры:
 - в процессе нагревания льда;
 - при появлении первых капель воды;
 - в процессе перехода воды из твердого агрегатного состояния в жидкое агрегатное состояние.
- Сформулируйте выводы.
- Продолжайте нагревать сосуд с водой до $85 \div 90^\circ\text{C}$.
- Сформулируйте соответствующие выводы.

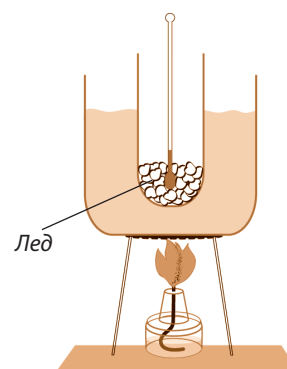


Рис. 1

Поскольку за каждую единицу времени происходит передача веществу одинакового количества теплоты, то изменение температуры за время проведения эксперимента можно представить графически как зависимость температуры от времени (рис. 2). Количество теплоты, переданное данному телу от источника теплоты:

Q_1 – нагревание льда до температуры таяния;

Q_2 – таяние льда;

Q_3 – нагревание воды, полученной при таянии льда.

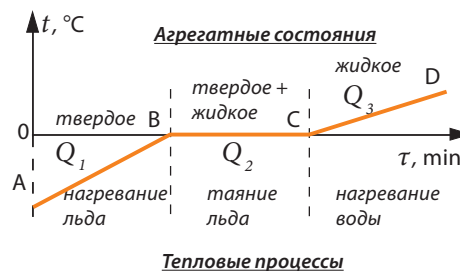


Рис. 2

Определение

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

Процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое называется **затвердеванием/кристаллизацией**.

Вывод: В данном эксперименте количество теплоты, передаваемое от пламени спиртовки, затрачивается на **два различных тепловых процесса:**

- повышение температуры льда или воды;
- изменение агрегатного состояния вещества при постоянной температуре.

В таблице представлена температура плавления некоторых веществ при нормальном давлении:

Вещество	Ртуть	Лед	Свинец	Цинк	Алюминий	Латунь	Серебро	Золото	Медь	Железо
Температура плавления, °С	–39	0	327	430	660	900	960	1063	1083	1535



Плавление и затвердевание – два обратных тепловых процесса. Кристаллическое вещество плавится (затвердевает) при **постоянной** температуре, называемой **температурой плавления (затвердевания)**.

Что происходит в процессе таяния льда или затвердевания воды?

В ходе эксперимента вы заметили, что в процессе таяния льда (отрезок ВС, рис. 2) пламя спиртовки непрерывно нагревало сосуд с водой, а следовательно, и лед в сосуде. Лед получал теплоту непрерывно. Это тепло расходовалось исключительно на увеличение внутренней энергии льда. Увеличение потенциальной энергии частиц связано с разрушением кристаллической решетки. Таким образом, вода переходит из твердого состояния в жидкое состояние. Для того чтобы растопить большую массу льда, необходимо большее количество теплоты.



Физическая величина, равная количеству теплоты, затраченному на плавление единичной массы твердого вещества при температуре плавления, называется **удельной теплотой плавления вещества**.

Удельную скрытую теплоту плавления обозначают буквой $\lambda_{пл}$ (лямбда).

Из определения следует: $\lambda_{пл} = Q/m$.

Единица измерения удельной теплоты плавления в системе СИ следует из определения:

$$[\lambda_{пл}]_{СИ} = \frac{[Q]_{СИ}}{[m]_{СИ}} = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Удельная теплота плавления некоторых веществ представлена в таблице:

Вещество	Алюминий	Лед	Железо	Медь	Цинк	Серебро	Золото	Свинец	Ртуть
Удельная теплота плавления, (10^5 Дж/кг)	3,9	3,3	2,7	2,1	1,2	0,87	0,67	0,25	0,12

Количество теплоты, **поглощаемой** при **плавлении** некоторой массы m вещества при температуре плавления, определяется соотношением:

$$Q = \lambda_{пл} \cdot m \quad (1).$$

Этим же соотношением определяется количество отдаваемой теплоты при **затвердевании** некоторой массы m вещества.



При **плавлении** тело **поглощает** теплоту, а при **затвердевании** – **выделяет** теплоту во внешнюю среду.

Таким образом, при затвердевании количество теплоты, отдаваемое телом, отрицательно и численно равно количеству теплоты, полученному телом при плавлении.

II. Эксперимент № 2

- Накапайте пипеткой несколько капель спирта на стеклянную пластинку (рис. 3).
- Опишите, что происходит с каплями спирта в течении 3÷5 мин.

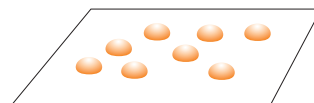


Рис. 3

Определение

Совокупность молекул вещества, покидающих жидкость (воду), называют **паром**. Переход вещества из жидкого состояния в газообразное (парообразное) состояние называется **парообразованием**. Парообразование, происходящее только со свободной поверхности жидкости, называется **испарением**. Парообразование, происходящее по всему объему жидкости, называется **кипением**.

Новые физические понятия

- плавление;
- кипение;
- затвердевание;
- испарение;
- парообразование;
- конденсация;
- удельная теплота плавления;
- удельная теплота парообразования.

Удельная теплота парообразования жидкости определяется аналогично удельной теплоте плавления.

Определение

Физическая величина, равная количеству теплоты, затраченной на парообразование единичной массы жидкости при постоянной температуре, называется **удельной теплотой парообразования**.

Удельную теплоту парообразования обозначают буквой λ_n и рассчитывают по формуле:

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

В системе СИ удельную теплоту парообразования измеряют в Дж/кг.

Вещество	Вода	Спирт	Эфир	Ртуть
Удельная теплота парообразования, (10^5 Дж/кг)	23	9,0	4,0	3,0

III. Эксперимент № 3

- Налейте воду в стеклянную колбу и нагрейте ее на пламени спиртовки (рис. 4).
- Наблюдайте за показаниями термометра и за процессом нагревания воды до 100°C (при нормальном давлении).
- Опишите процесс.
- Сформулируйте выводы.

Изменение температуры воды в стеклянной колбе в ходе этого эксперимента можно представить графически (рис. 5).

- Аккуратно установите на колбу с кипящей водой стеклянную пластину.
- Что вы заметили?
- Сформулируйте вывод.

Определение

Переход вещества из газообразного состояния в жидкое агрегатное состояние называется **конденсацией**.

При конденсации теплота выделяется, поэтому количество теплоты отрицательно и численно равно количеству теплоты, полученному данным веществом при парообразовании.

Запомните!

Испарение и конденсация являются обратными тепловыми процессами.

Температура кипения жидкостей различается и зависит от внешнего давления. В таблице представлена температура кипения некоторых жидкостей при нормальном давлении:

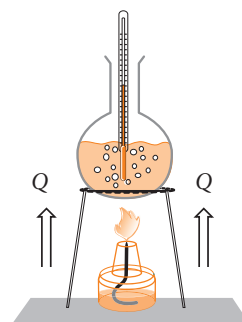


Рис. 4

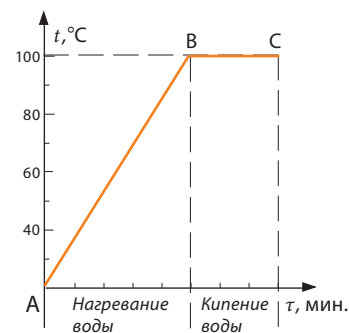


Рис. 5

Вещество	Эфир	Спирт	Вода/Молоко	Ртуть	Золото	Свинец	Медь	Железо
Температура кипения, °C	35	78	100	357	1530	1740	2567	2750

Узнайте больше!

Как происходит процесс кипения?

При нагревании на дне сосуда с жидкостью и на его внутренних стенках появляются мелкие пузырьки, которые с повышением температуры увеличиваются в объеме, так как воздух и водяной пар в них расширяются. Увеличиваясь в объеме, в соответствии с законом Архимеда пузырьки поднимаются к поверхности воды и, соприкасаясь с воздухом, лопаются. Водяные пары выходят из пузырьков наружу.

Пример решения задачи

Воду массой 50 г при температуре 20°C нагрели до температуры кипения и превратили в пар. Определите количество теплоты, полученное водой.

Дано:	СИ
$m = 50 \text{ г}$	$= 0,050 \text{ кг}$
$t = 20 \text{ °C}$	
$c = 4185 \text{ Дж/кг °C}$	
$\lambda_n = 23 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$	
$t_k = 100 \text{ °C}$	
$Q = ?$	

Решение:

Общее количество теплоты Q , полученное водой, расходуется на нагревание до температуры кипения t_k и для последующего парообразования воды:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

$$\text{где: } Q_1 = c \cdot m (t_k - t),$$

$$Q_2 = \lambda_n \cdot m$$

$$\text{Таким образом: } Q = c \cdot m (t_k - t) + \lambda_n \cdot m$$

$$\text{или: } Q = [c (t_k - t) + \lambda_n] \cdot m$$

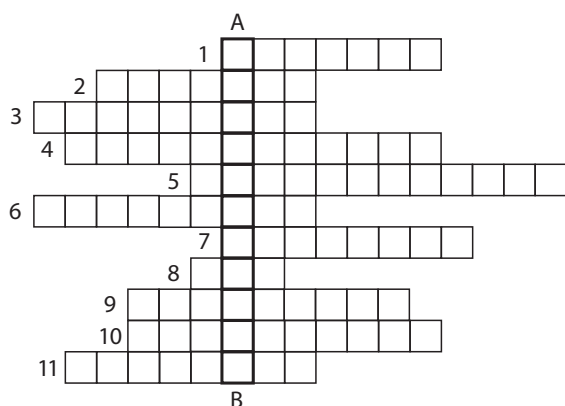
$$\text{Вычисления: } Q = [4185 \text{ Дж/(кг °C)} \cdot (100 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) + 23 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}] \cdot 0,050 \text{ кг} = 131\,740 \text{ Дж.}$$

$$\text{Ответ: } Q = 131\,740 \text{ Дж.}$$

Проверка знаний

1. Дайте определение тепловым процессам: *плавления* и *затвердевания*.
2. На что затрачивается количество теплоты, получаемое твердым телом при плавлении?
3. Что называют *удельной теплотой плавления*?
4. Запишите математическое выражение для удельной теплоты плавления вещества. В каких единицах в системе СИ измеряют удельную теплоту плавления.
5. Дайте определение тепловым процессам: *парообразование*, *испарение*, *кипение* и *конденсация*.
6. Что мы называем *удельной теплотой парообразования*?
7. Напишите математическое выражение для удельной теплоты парообразования. В каких единицах в системе СИ измеряют удельную теплоту парообразования.
8. Чем отличаются тепловые процессы *испарения* и *кипения*?
9. Что происходит с внутренней энергией льда при его таянии, а с внутренней энергией воды при затвердевании?
10. Почему свинец можно расплавить на огне газовой плиты, а железо нельзя?
11. Почему тесто или мягкая глина при нагревании затвердевают, но не плавятся?
12. Какое количество теплоты потребуется для превращения в жидкость 1 кг алюминия и 1 кг меди при температуре плавления?

13. Разгадайте кроссворд. Правильно ответив на вопросы, в столбце АВ вы получите наименование изученного физического явления. Опишите это явление.



1. ... – это процесс парообразования, протекающий по всему объему жидкости.
2. При плавлении тело поглощает ...
3. Процесс перехода из твердого агрегатного состояния в жидкое называется ...
4. ... – это процесс перехода из жидкого агрегатного состояния в твердое.
5. ... – это количество теплоты, необходимое для изменения температуры тела на один градус.
6. ... происходит со свободной поверхности жидкости.
7. Масса или объем не влияют на ... испарения жидкости.
8. ... – совокупность молекул данного вещества, покидающих жидкость.
9. Переход физического тела из одного состояния теплового равновесия в другое называется тепловым ...
10. Физическая величина, характеризующая изменение внутренней энергии тела в процессе теплопередачи, называется ... теплоты.
11. При отвердевании вещество ... теплоту в окружающую среду.

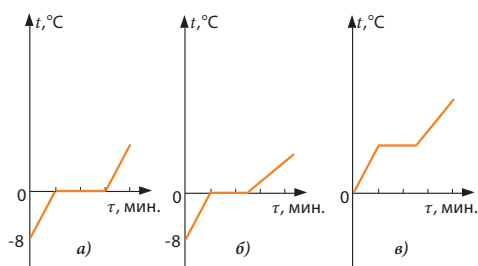


Рис. 6

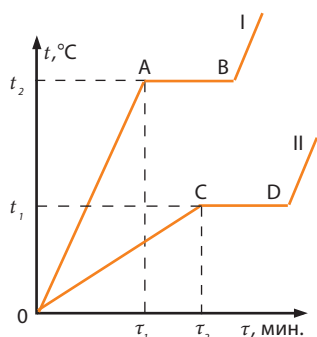


Рис. 7

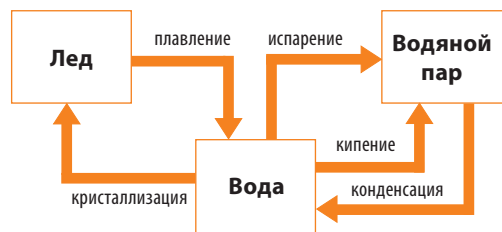


Рис. 8

14. Сосуд со льдом при температуре -8°C нагревают на водяной бане. На каком из графиков (рис. 6) представлен процесс нагревания льда и полученной воды?
15. Какое количество теплоты необходимо для превращения в газообразное состояние 15 г воды; 12 г спирта; 10 г эфира, при температуре кипения?
16. Какое количество теплоты потребуется для превращения в пар 20 г воды, взятой при температуре 10°C ?
17. В двух одинаковых сосудах находится равное количество различных жидкостей, которые нагревают на двух одинаковых спиртовках. По графикам (рис. 7) сравните температуры кипения, удельную теплоемкость и удельную теплоту парообразования этих жидкостей.
18. Опишите тепловые процессы, происходящие при изменениях агрегатных состояний воды, используя схему (рис. 8).
19. Два одинаковых сосуда А и В, содержащие одинаковое количество льда при 0°C в сосуде А и воды при 0°C в сосуде В (рис. 9), нагревают на одинаковых спиртовках.

а) Постройте в одной системе координат графики зависимости температуры от времени для каждого сосуда за время таяния льда.

б) Опишите, какие процессы происходят в этих сосудах в первые минуты нагревания.

в) На что потрачено количество теплоты, полученное сосуда А и В во время горения спиртовок?

г) Как изменилась внутренняя энергия льда и воды за этот промежуток времени?

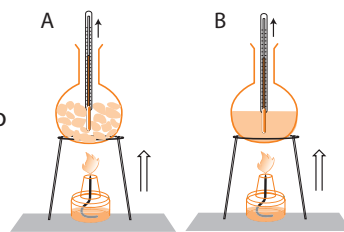


Рис. 9

Дополнение *20. Рассчитайте количество теплоты, необходимое для протекания тепловых процессов, представленных на графике отрезками АВ, ВС и CD (рис. 10), если масса льда равна 0,5 кг.

Практическая работа

Количественное исследование процесса испарения

Цель: Определить зависимость скорости испарения жидкости (воды) от следующих параметров:

- температуры жидкости;
- площади поверхности соприкосновения с воздухом;
- массы (или объема) жидкости;
- природы жидкости;
- скорости движения воздуха над поверхностью жидкости.

Необходимое оборудование и материалы: три стеклянные емкости (две из которых одинаковые), холодная вода и вода комнатной температуры (по 500 см³), два одинаковых лабораторных термометра, весы, маркированные грузы, растительное масло (100 см³).

Порядок выполнения работы:

- Разработайте план исследования, распределите обязанности в группе.
- Используйте таблицу, представленную ниже.
- Проанализируйте выполненные эксперименты.
- Сформулируйте выводы.
- Представьте результаты исследований.

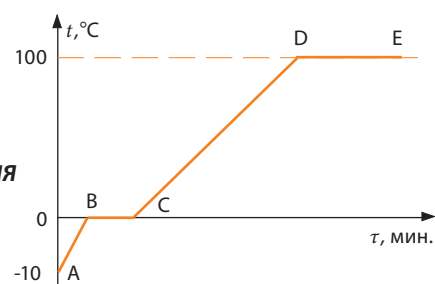


Рис. 10

№	Изменяющиеся параметры	Неизменные параметры	До эксперимента	После эксперимента
1.	Температура воды	2; 3; 4; 5		?
2.	Площадь поверхности соприкосновения с воздухом	1; 3; 4; 5		?
3.	Масса (или объем) воды	1; 2; 4; 5		?
4.	Скорость движения воздуха над поверхностью жидкости	1; 2; 3; 5		?
5.	Природа жидкости	1; 2; 3; 4		?

Практическая работа

Качественное исследование процесса испарения

Цель: Исследовать зависимость скорости испарения жидкости (воды) от параметров, определенных в предыдущем исследовании.

Необходимое оборудование и материалы: три пипетки, вода, спирт и растительное масло, три стеклянные пластинки, спиртовка, подставка для пластин, лист бумаги формата А4.

Порядок выполнения работы:

- Разработайте план исследования.
- Проведите эксперимент по исследованию влияния определенных параметров на скорость испарения жидкости.
- Представьте краткое описание выполненных наблюдений.

2.4. Производство тепловой энергии. Топливо.

Удельная теплота сгорания

Информация

Из недавно изученного, а также из личного опыта, вам известно, что для нагревания чего-либо требуется тепло (тепловая энергия). Производство тепла было и остается одной из насущных проблем, влияющих на существование цивилизации на планете Земля. Примером тому может служить удовлетворение насущных потребностей человека: приготовление пищи, отопление помещений, в которых он проживает, учится или работает. Исходя из этих жизненных потребностей, человечество изобрело различные способы получения тепла, но наиболее распространенным из них является *горение*.

На уроках «Познания мира» в 5-м классе и «Химии» в 7-м классе вы познакомились с *органическими веществами*, которые состоят из молекул, содержащих атомы углерода (С). При горении атом углерода (С) присоединяет два атома кислорода (О), содержащиеся в воздухе, и вместе они образуют молекулу углекислого газа (CO_2), выделяя при этом теплоту.

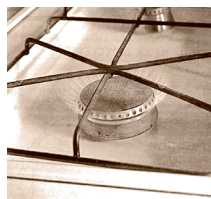
Запомните!

Вещества, при сгорании которых выделяется теплота, называют **топливом**.

С древних времен человек использует процесс горения топлива для производства теплоты. Изначально в качестве топлива использовалась *древесина*. Затем, начиная с 18 века, во времена промышленной революции в качестве основного вида топлива стали использовать *уголь*. В последнее время в мире наблюдается снижение использования угля, ему на смену пришли *нефть* и *природный газ*. Сырая нефть представляет собой сложную смесь, но путем перегонки из нее получают различные *газы* (метан, пропан, бутан), *бензин*, *керосин*, *дизельное топливо* и *мазут*.

Горючий природный газ находится в земной коре под высоким давлением и содержит метан. По сравнению с жидким и твердым топливом, использование природного газа обладает рядом преимуществ:

- его можно транспортировать по трубопроводам;
- можно регулировать интенсивность его горения;
- выделяемые продукты горения минимальны.



Запомните!

Горение органического топлива – это химическая реакция образования молекул углекислого газа (CO_2) с выделением теплоты.

Процесс горения топлива возможен и без участия газообразного кислорода. Например, в двигателях космических кораблей, помимо смеси *спирта* и *кислорода*, используются и более эффективные виды топлива: *керосин + азотная кислота*, *анилин + азотная кислота* и т. д.

Какое количество теплоты выделяется при полном сгорании одинакового количества различных видов топлива?

Известно, например, что нефть является топливом лучшим, чем древесина. Это означает, что если полностью сгорит одинаковое количество нефти и дров, в первом случае выделяется большее количество теплоты. Для сравнения количества теплоты, полученного при сгорании одинаковой массы различных видов топлива, используется физическая величина, называемая *удельной теплотой сгорания топлива*.

Определение

Удельной теплотой сгорания топлива называется физическая величина, численно равная количеству теплоты, выделяемому при полном сгорании 1 кг топлива.

Удельная теплота сгорания топлива обозначается буквой q и является физической величиной, характеризующей топливо.

Если при сжигании топлива массой m получено количество теплоты Q , удельная теплота сгорания равна:

$$q = \frac{Q}{m} \quad (1).$$

Единицу измерения удельной теплоты сгорания в системе СИ находят из формулы (1):

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

В таблице представлены значения удельной теплоты сгорания некоторых видов топлива.

Топливо	Сухое дерево	Торф	Спирт	Каменный уголь	Древесный уголь	Дизельное топливо	Природный газ	Нефть	Бензин	Керосин
Удельная теплота сгорания топлива, q (10^7 Дж/кг)	1,0	1,4	2,7	2,7	3,4	4,2	4,4	4,4	4,6	4,6

Для экономного и разумного использования топлива и тепла рассмотрим возможные способы передачи теплоты.

Анализ ситуации

- Рассмотрите внимательно источники тепла, изображенные на рисунке 1 а, б, в.
- Опишите способы передачи теплоты от этих источников.



Рис. 1 а)



б)



в)

Исследуем экспериментально рассмотренные способы передачи тепла.

Эксперимент

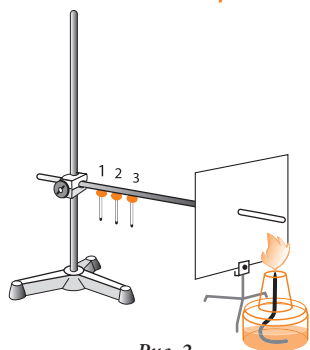


Рис. 2

1. Эксперимент № 1

- Закрепите на штативе металлический стержень, прикрепите к стержню с помощью воска или пластилина три спички на расстоянии 1,5 см друг от друга (рис. 2).
- Нагрейте свободный конец стержня на пламени спиртовки. С помощью секундомера установите время нагревания.
- Проанализируйте наблюдения и сформулируйте выводы.

Определение

Процесс передачи теплоты от нагретых участков тела к холодным, обусловленный движением и взаимодействием частиц, называют **теплопроводностью**. Вещества, хорошо проводящие теплоту, называют **проводниками тепла (теплопроводниками)**. Вещества, плохо проводящие теплоту, называют **изоляторами тепла (теплоизоляторами)**.

Как правило, жидкости и газы плохо проводят тепло.

Как происходит передача теплоты в таких веществах?

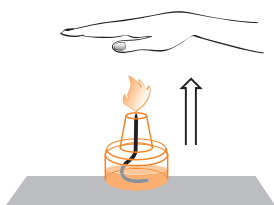


Рис. 3

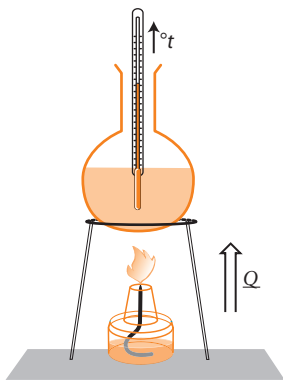


Рис. 4

Новые физические понятия

- топливо;
- излучение;
- удельная теплота сгорания;
- проводник теплоты;
- теплопроводность;
- теплоизолятор;
- конвекция.

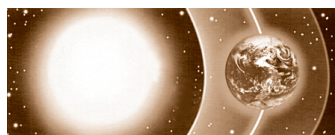


Рис. 5

II. Эксперимент № 2

- Расположите руку на безопасном расстоянии над пламенем горелки спиртовки или свечи (рис. 3).
- Вторую руку расположите рядом (правее или левее) на той же высоте.
- Каким образом тепло передается по воздуху?
- Сформулируйте выводы.

III. Эксперимент № 3

- Поместите несколько кристалликов перманганата калия (марганцовки) (KMnO_4) на дно стеклянной колбы с водой. Установите стеклянную колбу с водой над пламенем спиртовки (рис. 4).
- Что происходит спустя несколько минут после начала нагревания?
- Каким образом передается тепло в этом случае?
- Сравните способы передачи теплоты в воде и в воздухе.
- Сформулируйте выводы.

Определение

Передача теплоты, осуществляемая формирующимися в неравномерно нагретых жидкостях или газах потоками (струями), называется **конвекцией**.

Слово **конвекция** происходит от латинского *convectio*, что означает **перенос**.

Запомните!

При конвекции перемещение вещества происходит за счет уменьшения плотности жидкости или газа при повышении температуры.

Мы экспериментально изучили два способа передачи теплоты: теплопроводность и конвекцию. Оба способа возможны только при наличии вещества, так как передача тепла происходит в веществе.

Закономерно возникает вопрос: возможна ли передача тепла от одного тела к другому, когда вещество между ними отсутствует?

Известно, что в межпланетном пространстве Солнечной системы и во Вселенной почти не существует вещества. Это пространство очень разрежено и называется **вакуумом** (космическим вакуумом). В этом случае тепло передается **излучением** – еще одним способом передачи тепла.

Запомните!

В вакууме теплота передается **излучением**.

Этот вид теплопередачи характерен для любой газообразной среды.

Проверка знаний

1. Какие вещества называют **топливом**?
2. Дайте определение **удельной теплоты** сгорания топлива.
3. При каких условиях в жидкостях возникает конвекция?
4. Запишите математическое выражение для определения удельной теплоты сгорания топлива и определите единицу ее измерения в системе СИ.
5. Перечислите способы передачи тепла? Дайте определение каждого способа передачи тепла.
6. Какие вещества называют **проводниками тепла** и **теплоизоляторами**?
7. Приведите 3-4 примера из повседневной жизни, когда тепло передается излучением.
8. Назовите 4-5 видов топлива, которые используются для обогрева помещений, и расположите их в порядке роста удельной теплоты сгорания.

9. Установите соотношение между удельной теплотой сгорания и удельной теплоемкостью топлива, если количество теплоты, полученное при сгорании 1 кг этого топлива, равно количеству теплоты, необходимому для увеличения температуры на 1 °С этого же топлива массой 1 кг.
10. Какое количество теплоты выделяется при полном сгорании 50 кг природного газа? Сколько зимних дней этим количеством газа можно обогревать помещение, если для ежедневного обогрева помещения необходимо количество теплоты $Q = 2,5 \cdot 10^8$ Дж?
11. Приведите 4-5 примеров изменения внутренней энергии тел при различных способах передачи тепла.
 - Сравните изменение внутренней энергии тел.
 - Какова длительность процесса изменения внутренней энергии в каждом случае?
 - Сформулируйте выводы.
12. Объясните, почему металлический стержень невозможно удержать в руке в случае, когда свободный конец стержня нагревается от пламени горелки, а кусок дерева можно свободно держать в руке, даже если он загорается?
13. Почему зимой мокрые пальцы легко прилипают к металлическим телам и не прилипают к деревянным?
14. В каком доме теплее зимой и прохладнее летом: в доме с глиняными стенами или в доме с железобетонными стенами? Обоснуйте ответ.
15. В бумажную коробку наливают воду и держат коробку над пламенем спиртовки или свечи. Почему бумага не загорается? Проведите эксперимент и обоснуйте ответ.
16. Почему жидкости и газы нагревают снизу? Применимо ли это условие для твердых тел? Обоснуйте ответ.
17. Почему в неотапливаемых помещениях прежде всего замерзают ноги?
18. Какие из следующих утверждений верны?
 - а) одеяло нас согревает;
 - б) одеяло нагревается от нас.
19. При какой температуре металл и дерево дают нам при прикосновении ощущение одинакового теплового состояния?
20. Какая почва быстрее нагревается на солнце: влажная или сухая? Обоснуйте ответ.
21. Почему человек не ощущает холод на воздухе при температуре 20 °С, а в воде при температуре 25 °С ему прохладно?
22. Почему оконное стекло, как правило, начинает покрываться льдом снизу?
23. Почему проволоку можно нагревать над пламенем горелки только до определенной температуры? Проведите эксперимент и обоснуйте ответ.
24. Обычно самая высокая температура воздуха приходится не на полдень, а на вторую половину дня. Почему?
25. Планета Земля непрерывно излучает энергию в космическое пространство. Почему Земля не замерзает?
26. Сколько времени можно отапливать помещение, сжигая 700 кг сухих дров, если для ежедневного обогрева в среднем за день необходимо количество теплоты, равное 250 МДж?
27. Какое количество теплоты выделится при полном сгорании топлива, состоящего из смеси 3,5 л спирта и 2,0 л бензина?
28. Определите количество воды, которое можно нагреть от 20 °С до кипения, используя топливо, представленное в предыдущей задаче.
29. Какое количество спирта требуется сжечь для нагревания от 25 °С до 60 °С воды объемом 3,5 л, если все количество теплоты, выделившееся при сгорании спирта, идет на нагревание воды?



30. При сжигании 200 г топлива выделилось 5,4 МДж тепла. Какое топливо сожгли?
31. Эскимосы строят свои жилища (иглу) из льда. Объясните, почему внутри этих жилищ температура намного выше, чем на открытом воздухе?



32. Имея в распоряжении лабораторные весы и две одинаковые спиртовки, проведите эксперимент по изучению способа передачи теплоты по воздуху.
- Уравновесьте чаши весов.
 - Расположите горящую спиртовку под одной из чаш весов.
 - Что вы наблюдаете?
 - Расположите горящую спиртовку под второй чашей весов.
 - Что вы теперь наблюдаете?
 - Погасите спиртовки. Опишите свои наблюдения?
 - Сформулируйте выводы.

33. Подготовьте сообщение на тему:

Механизм передачи тепла способом теплопроводности и конвекции

План выполнения работы:

- Выберите дополнительные ресурсы (интернет, специализированную литературу, др.) по теме.
- Отберите материал по исследуемой теме.
- Проанализируйте отобранную информацию и проверьте ее достоверность (проконсультируйтесь с учителем).
- Постарайтесь найти различные источники информации.
- Оцените проделанную работу.

Примечание > Используйте знания о внутренней энергии, температуре, расстоянии между молекулами, тепловом расширении и т. д.

34. Имея в распоряжении следующее оборудование и инструменты: два лабораторных штатива, спиртовка, проволока (стальная, алюминиевая и медная, одинаковые по длине, но разные по толщине) исследуйте зависимость скорости теплопроводности от следующих факторов:
- толщины металла;
 - разновидности металла.
- Разработайте план исследования, взяв за основу эксперимент № 1 на стр. 40.
 - Проведите исследование.
 - Сформулируйте соответствующие выводы о зависимости скорости теплопроводности от разновидности металла и его толщины.
 - Предложите эксперимент по исследованию теплопроводности стекла, дерева и материалов из пластмассы.

2.5. Взаимное превращение теплоты и механической работы. Тепловой двигатель

Информация

Тепловые процессы, происходящие в природе или в быту, сопровождаются изменением температуры и соответственно изменением внутренней энергии тел (систем тел) в результате передачи определенного количества теплоты Q .

Для экономии тепловой энергии необходима эффективная изоляция источников тепла и системы тел, участвующих в теплообмене. Примером такой теплоизоляции может служить *термос* (рис. 1)

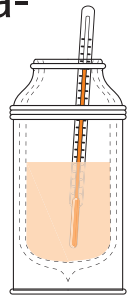


Рис. 1

Узнайте больше!

Термос, благодаря особенностям своей конструкции, а именно – двойной вакуумной стенке, обеспечивает тепловую изоляцию содержащихся в нем тел. Двойная стенка является практически совершенным теплоизолятором, поскольку представляет собой *адиабатную* оболочку. В переводе с древнегреческого *adiabatos* означает «непроходимый».

Анализ ситуации

Рассмотрите изображения на рис. 2 и 3.

На рисунках представлены два одинаковых калориметра. Вода в калориметрах, имея одну и ту же температуру, допустим, 20 °С, представляет собой адиабатически теплоизолированное тело.

В калориметр на рис. 2 опускают тело, нагретое до 30 °С, а в калориметр на рис. 3 помещают лопасти вращающегося устройства, совершающие механическую работу.

- Что происходит с внутренней энергией воды в каждом из этих калориметров? Остается она постоянной или изменяется?
- Какое различие между этими способами изменения внутренней энергии?
- Сформулируйте выводы.

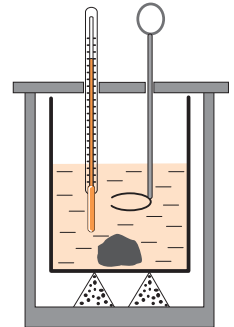


Рис. 2

Запомните!

Внутреннюю энергию тела можно изменить двумя способами:

- **теплопередачей;**
- **совершая механическую работу над телом.**

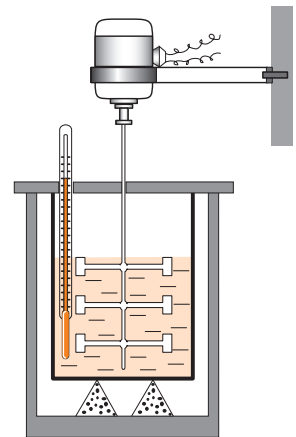


Рис. 3

В 7-м классе вы узнали, что работа постоянной силы, действующая на физическое тело, перемещающая его в направлении своего действия, определяется выражением: $A = F \cdot d$. Также известно, что физическое тело, находящееся в состоянии движения или такое же тело, поднятое на определенную высоту над поверхностью Земли, приобретает способность совершать механическую работу, выражаемую физической величиной, называемой механической энергией. Энергия, приобретаемая движущимся телом, называется *кинетической энергией*, уравнение: $E_k = \frac{mv^2}{2}$ (или *энергией движения*); энергия, которой обладает тело благодаря положению относительно поверхности Земли (или другого тела) называется *гравитационной потенциальной энергией* $E_n = mgh$ (или *потенциальной энергией*).

Механическая работа, как и механическая энергия, в системе СИ измеряется в Джоулях (Дж). Как определить механическую работу, совершенную над водой в калориметре (рис. 3)?

Лопасты, зафиксированные на оси двигателя, вращаясь, взаимодействуют с водой. При этом благодаря силе трения вода нагревается. Известно, что механическая работа, совершенная электродвигателем, определяется по формуле: $A = N \cdot \tau$, где N – мощность двигателя, которая обычно указана на его корпусе, а τ – время, в течение которого изменяется внутренняя энергия воды в сосуде. Таким образом, механическая работа A , совершаемая лопастями

над адиабатно изолированной в калориметре водой (рис. 3), равна изменению внутренней энергии воды $U_2 - U_1$, то есть $A = U_2 - U_1$. Изменение внутренней энергии воды (нагревание воды) определяется по увеличению ее температуры и измеряется термометром. Следовательно: $U_2 - U_1 = Q$, где $Q = c \cdot m \cdot \Delta t$.

Вывод: Механическая энергия электродвигателя преобразуется движущимися лопастями во внутреннюю энергию воды.

В некоторых случаях имеет место обратный процесс, то есть преобразование внутренней энергии (количества теплоты Q) в механическую энергию (совершение работы A).

Эксперимент

- Закрепите на подставке тонкостенную латунную трубку (рис. 4).
- Налейте в трубку немного эфира и закройте резиновой пробкой.
- Обмотайте трубку тонким шнуром, как показано на рисунке, и несколько раз резко потяните шнур в одну сторону, а затем в другую.
- Что произошло через определенный промежуток времени?
- Объясните эксперимент.

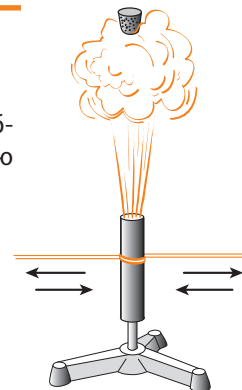


Рис. 4



Рис. 5

В последние столетия человечество занимала проблема использования теплоты, произведенной в результате сжигания топлива, для совершения механической работы. При каких условиях может быть совершена механическая работа за счет внутренней энергии тела?

Известно, что некоторая сила выполняет механическую работу, если тело под ее действием перемещается. Предположим, что в цилиндре с поршнем находится газ (рис. 5). В этом случае, если давление газа больше атмосферного давления, хаотическое движение молекул газа в цилиндре приводит к перемещению поршня. Расширяясь, газ увеличивается в объеме. Следовательно, сила, с которой газ действует на поршень, совершает положительную работу, так как направление действия силы и направление перемещения совпадают.

Запомните!

При расширении газ совершает механическую работу за счет внутренней энергии.

Человек всегда стремился сконструировать устройства, превращающие теплоту в механическую работу.

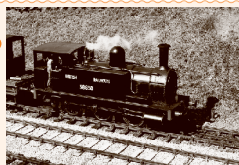
Определение

Устройство, в котором теплота, выделенная при сгорании топлива, превращается в механическую работу, называют **тепловым двигателем**.

Количество теплоты, необходимое для функционирования теплового двигателя и осуществления механической работы, может быть получено различными способами:

- преобразованием воды в пар с дальнейшим использованием внутренней энергии пара;
- прямым сгоранием топлива с дальнейшим использованием внутренней энергии газов, образовавшихся при сгорании.

Историческая справка



В первых тепловых машинах, построенных в начале XVIII века, использовали давления пара, который получали при нагревании воды, сжигая уголь или дрова. Поэтому они были названы паровыми тепловыми машинами. Эти машины были очень объемными, тяжелыми и малоэффективными.

Совершенствование тепловых двигателей происходило постепенно. В современных тепловых двигателях используют энергию сгорания топлива: бензина или солярки. Удельная теплота сгорания у этих видов топлива больше, чем у угля. Работа таких двигателей основана на силах давления, которое оказывают газы, получаемые в результате сгорания. Эффективность тепловых двигателей в несколько раз больше паровых. Работа теплового двигателя с искровым зажиганием горючей смеси может происходить в четыре «такта» и в два «такта» (рис. 6).

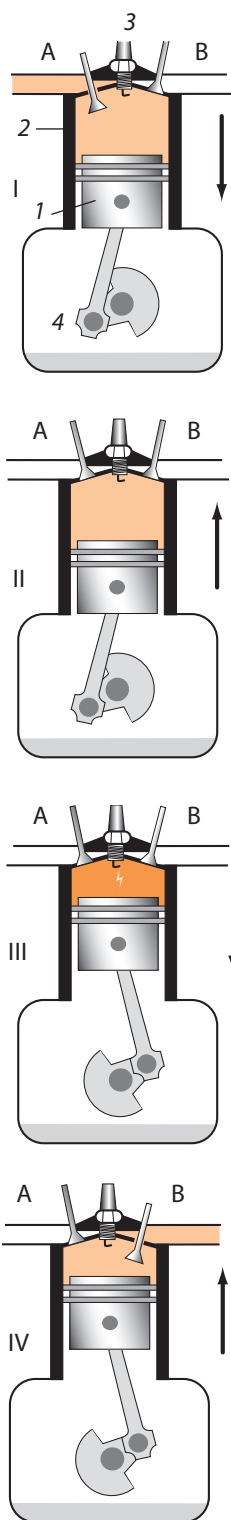


Рис. 6

Обсудите совместно с соседом по парте четыре «такта» работы двигателя с искровым зажиганием горючей смеси (рис. 6).

I. Впуск: при движении поршня вниз через впускной клапан А в цилиндр попадает горючая смесь бензина и воздуха. Клапан В при этом закрыт.

II. Сжатие: двигаясь вверх, поршень сжимает горючую смесь, находящуюся в цилиндре (клапаны А и В закрыты).

III. Зажигание и расширение: искра, произведенная свечой зажигания (3), воспламеняет горючую смесь: газы, образованные при сгорании, оказывают давление на поршень и толкают его вниз. Именно на протяжении этого такта совершается **механическая работа** за счет внутренней энергии сгорающих газов.

IV. Выпуск: поднимаясь вверх, поршень выталкивает продукты сгорания через выпускной клапан (В), и затем через выхлопную трубу. С помощью шатуна и маховика (4) повторяющееся возвратно-поступательное движение поршня преобразуется во вращательное движение вала двигателя.

Четырехтактный цикл непрерывно повторяется в процессе работы двигателя. Для равномерного вращения вала, на который действуют шатун и маховик, соединяют несколько цилиндров (4, 6, 8 или 12). Таким образом, в каждом интервале времени, равном 4-й (6-й, 8-й, 12-й) части полного оборота, хотя бы один цилиндр находится в состоянии рабочего хода – III такте.

Представленный двигатель представляет собой двигатель с искровым зажиганием. Так как топливо сгорает внутри него, его называют **двигателем внутреннего сгорания**.

Еще один тип двигателя внутреннего сгорания – дизельный двигатель, работает на дизельном топливе (солярке).

Тепловые двигатели, например, двигатель с искровым зажиганием или дизельный двигатель, отличаются не только своей конструкцией, но и эффективностью, характеризуемой **коэффициентом полезного действия (КПД)**.

Что представляет собой КПД теплового двигателя?

Из ранее изученного, вам известно, что для характеристики эффективности работы механизма или двигателя, используется понятие коэффициент полезного действия η , определяемый соотношением:

$$\eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{потребленная}}} \quad \text{или} \quad \eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{потребленная}}} \cdot 100\%.$$

Таким образом, коэффициент полезного действия определяет, какую часть от общей потребленной работы $A_{\text{потребленная}}$ составляет полезная работа $A_{\text{полезная}}$.

Известно, что при сгорании топлива, например, в печи или в газовой плите, часть произведенной теплоты передается окружающему воздуху. То есть из количества теплоты $Q_{\text{общ.}}$, полученного при полном сгорании топлива, только часть передается нагреваемому телу (например, помещению, отапливаемому батареей, или воде в чайнике).

Если обозначить эту часть количества теплоты как **полезную теплоту** – $Q_{\text{полезное}}$, то соотношение $Q_{\text{полезное}}$ к количеству теплоты $Q_{\text{общ.}}$, произведенному определенным устройством при полном сгорании топлива, представляет собой **тепловой коэффициент полезного действия** этого устройства.

Обозначив тепловой КПД буквой греческого алфавита (η (эта)), получаем:

$$\eta = \frac{Q_{\text{полезное}}}{Q_{\text{общ.}}} \quad \text{или} \quad \eta = \frac{Q_{\text{полезное}}}{m \cdot q} \quad (1).$$

Так как $Q_{\text{полезное}}$ – это только часть $Q_{\text{общ.}}$, следовательно $Q_{\text{полезное}} < Q_{\text{общ.}}$ и, следовательно, $Q_{\text{полезное}} / Q_{\text{общ.}}$ всегда меньше единицы, т. е. $\eta < 1$.

Если в тепловом двигателе при сжигании топлива выделилось количество теплоты $Q_{\text{общ.}}$, а A – работа, совершаемая этим двигателем, то $\eta = A / Q_{\text{общ.}}$ представляет собой КПД двигателя.

**Пример
решения задачи**

Сила тяги трактора во время вспашки земли равна 42 кН, КПД двигателя равен 40%. Определите количество израсходованного трактором дизельного топлива при перемещении на расстояние, равное 4 км. Удельная теплота сгорания дизельного топлива $q = 4,2 \cdot 10^7$ Дж/кг.

Дано:	СИ:
$\eta = 40\%$	0,40
$F = 42$ кН	$= 42 \cdot 10^3$ Н
$d = 4$ км	$= 4 \cdot 10^3$ м
$q = 4,2 \cdot 10^7$ Дж/кг	
$m - ?$	

Решение:

Согласно определению КПД теплового двигателя:

$$\eta = \frac{Q_{\text{полезное}}}{Q_{\text{общ.}}}, \quad \text{а в данном случае: } \eta = \frac{A}{Q_{\text{общ.}}},$$

где: $A = F \cdot d, \quad Q = q \cdot m.$

Следовательно: $\eta = \frac{F \cdot d}{q \cdot m}, \quad \Rightarrow m = \frac{F \cdot d}{q \cdot \eta}.$

Итак: $m = \frac{42 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot 4 \cdot 10^3 \text{ м}}{0,40 \cdot 4,2 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}} = 10 \text{ кг}.$

Ответ: $m = 10$ кг.

**Проверка
знаний**

1. Назовите способы изменения внутренней энергии.
2. Что мы называем *тепловым двигателем*?
3. Напишите математическое выражение для определения КПД теплового двигателя и объясните, от каких физических величин зависит КПД теплового двигателя.
4. Почему термос и калориметр изготавливают в форме цилиндра, а не параллелепипеда?
5. Объясните нагрев пилы при резке металлической детали. Какие преобразования происходят?
6. Нож при заточке нагревается. То же самое произойдет, если нож подержать над пламенем. Чем отличается изменение внутренней энергии в этих тепловых процессах?
7. Объясните, почему шины автомобиля сильно нагреваются при резком торможении? Какие преобразования и в каком порядке происходят?
8. Обычно мы «дуем» на руки, когда руки потеют, и когда замерзают. Объясните механизм протекания тепловых процессов.
9. После сильного шторма вода в море теплее, чем до него. Почему? Аргументируйте ответ.
10. Для ежедневного обогрева помещения необходимо затратить количество теплоты, равное $25 \cdot 10^7$ Дж. Какая масса природного газа расходуется ежедневно, если КПД печи равен 35%?
11. Для обогрева помещения в зимний день необходимо затратить количество теплоты, равное 300 МДж. Какое количество сухой древесины потребуется? Сравните полученный результат с массой масла, которым можно заменить древесину, считая потери теплоты незначительными.
12. Какое количество теплоты и двуокиси углерода (CO_2) выделяется при сжигании 50 т торфа, если в результате этого процесса в двуокись углерода превращается 0,5% продуктов сгорания?
13. Если металлический провод быстро сгибать на одном и том же участке длины, этот участок нагревается. Объясните превращения, происходящие в этом тепловом процессе.
14. Для ежедневного обогрева помещения необходимо количество теплоты, равное $13,5 \cdot 10^7$ Дж. Какая масса угля расходуется ежедневно, если КПД печи 40%?
15. Определите КПД теплового двигателя, совершающего механическую работу 72 450 кДж, потребляющего 7,5 л бензина?
16. Какую механическую работу совершит тепловой двигатель с коэффициентом полезного действия $\eta = 30\%$, если израсходует 6 кг дизельного топлива?

**Новые физические
понятия**

- калориметр;
- тепловой двигатель;
- превращение внутренней энергии;
- коэффициент полезного действия теплового двигателя.

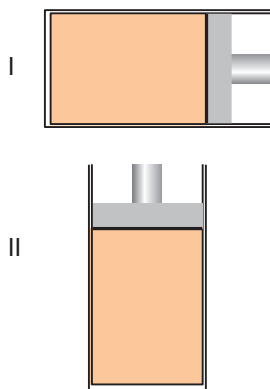


Рис. 7

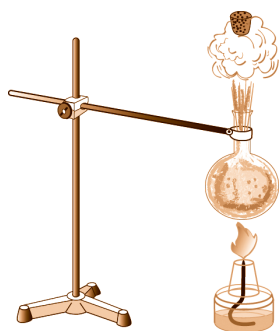


Рис. 8

17. В цилиндре под поршнем находится газ. В каком положении, первом или втором, понадобится большее количество теплоты для нагревания газа до определенной температуры (рис. 7)?

Начальная температура в цилиндрах одинакова.

18. Проведите эксперимент, представленный на рис. 8.

- Опишите в тетради тепловые процессы, которые происходят от начала горения спирта в спиртовке до вылета пробки.
- Каковы этапы процесса передачи и превращения теплоты Q , происходящие при горении?
- Представьте краткое описание процесса преобразования тепла в механическую работу.
- Сформулируйте выводы.

19. Имея в распоряжении два одинаковых металлических шарика, исследуйте процесс превращения потенциальной энергии в кинетическую, а затем в механическую работу и, соответственно, в изменение внутренней энергии при их падении:

- первый – на глинистую почву;
- второй – на металлическую пластину.

а) Шары массой $m = 200$ г падают с одной и той же высоты $h = 2$ м.

б) Проанализируйте процесс превращения потенциальной энергии шаров в кинетическую энергию при свободном падении.

в) Вычислите величину кинетической энергии шаров в точке падения.

г) Исследуйте процесс взаимодействия шариков с глинистым грунтом и металлической пластиной соответственно.

д) У какого шарика изменение внутренней энергии больше?

е) Представьте аргументированные ответы и сформулируйте выводы.

Дополнение

- *20. Трактор расходует 5 кг дизельного топлива на 3 км пашни. Какова сила тяги двигателя, если КПД – 35%? Удельная теплота сгорания дизельного топлива $q = 4,2 \cdot 10^7$ Дж/кг.

- *21. Какую массу воды можно нагреть от 20 °С до кипения с помощью горелки, в которой сжигают 200 г керосина, если КПД равен 12%?

- *22. На пламени плиты нагрели 2,5 л воды от 25 °С до кипения. Какую массу природного газа использовали, если в атмосферу выделилось 75% теплоты?

- *23. Сколько солярки израсходовал в течение часа дизельный двигатель с КПД, равным 28%, и полезной мощностью, равной 75 кВт?

- *24. Определите КПД дизельного двигателя мощностью 84 000 Вт, если за один час он потребляет 20 кг дизельного топлива.

- *25. Автомобиль с дизельным двигателем, двигавшийся со средней скоростью 72 км/ч, израсходовал 22,5 кг дизельного топлива за 2,5 часа. Какова сила тяги двигателя, если КПД равен 40%?



Подготовка сообщения

Подготовьте сообщение на одну из тем: «Использование тепловых двигателей и влияние на окружающую среду», / «Защита окружающей среды» / «Меры предосторожности при нагревании и использовании горячих тел, защита от ожогов» / «Меры предосторожности при использовании ртутного термометра: опасность отравления парами ртути и экстренные меры защиты при повреждении термометра» / «Техника пожарной безопасности при использовании топлива (особенно в быту): причины возникновения пожаров и меры предосторожности» / «КПД тепловых двигателей» / «Топливо», следуя инструкциям на стр. 97.

2.6. Тепловые двигатели и загрязнение окружающей среды

Тепловые двигатели преобразуют в механическую работу только часть количества теплоты (около 20-40%), произведенной при сгорании топлива. Оставшаяся часть произведенного тепла выделяется в окружающую среду и накапливается в земной атмосфере. При сгорании топлива в большом количестве образуется диоксид углерода CO_2 и другие токсичные вещества, быстрое накопление которых в атмосфере ведет к увеличению температуры в планетарном масштабе, так называемому «парниковому эффекту».

Парниковый эффект – это природное явление, которое состоит в уменьшении теплоотдачи со стороны земной атмосферы, проявляется в удержании солнечной энергии на поверхности Земли. Солнечные лучи, попадающие на Землю, поглощаются частично земной поверхностью, а частично отражаются в атмосферу (рис. 1). Увеличение концентрации углекислого газа CO_2 в атмосфере нарушает тепловое равновесие Земли и как следствие вызывает *глобальное потепление* атмосферы, что, в свою очередь, ведет к *глобальным изменениям климата*.

Последствия парникового эффекта:

- значительная разница дневных и ночных температур;
- изменения в смене времен года;
- увеличение засушливых периодов;
- усиление сезонных дождей, приводящих к наводнениям;
- таяние ледников;
- повышение уровня Мирового океана.

Негативное воздействие на окружающую среду проявляется деструктивным влиянием на флору и фауну, оказываемое токсичными газами, выделяющимися при сжигании топлива, используемого в тепловых двигателях, а также в технологических процессах на промышленных предприятиях.

Технико-экономической проблемой использования тепловых двигателей является низкая эффективность (КПД $\approx 30\%$). Известно, что топливо, используемое в работе двигателей внутреннего сгорания транспортных средств, импортируется Республикой Молдова по довольно высоким ценам, устанавливаемыми поставщиками. Низкая эффективность (КПД) означает, что более половины топлива, потребляемого двигателем, не используется, так как большая часть тепла, выделяющегося при сгорании топлива, попадает с выхлопными газами в атмосферу, которая нагревается, а окружающую среду отравляют продукты сгорания.

Проблема загрязнения окружающей среды тепловыми двигателями представляет собой серьезную опасность для современного мирового сообщества, поскольку все чаще происходят катаклизмы, вызванные глобальным потеплением. Необходимы срочные меры, которые предстоит предпринять международному сообществу по снижению разрушительного воздействия продуктов сгорания органического топлива путем замены на экологическое топливо, по повышению эффективности тепловых двигателей, по снижению количества токсичных выхлопных газов, выбрасываемых в окружающую среду, и другие эффективные меры.

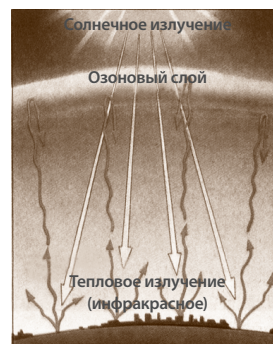
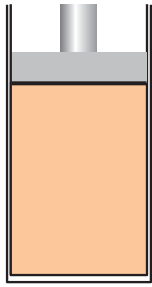


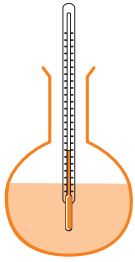
Рис. 1



Обобщение



а)



б)



в)

Рис. 1

Газ в цилиндре под поршнем, жидкость в стеклянном сосуде или младенец и др. (рисунок 1 а, б, в) – физические тела, находящиеся в состоянии покоя или движения. Одновременно эти тела находятся в определенном *тепловом состоянии*, которое выражает *внутреннее состояние* тела.

Внутреннее состояние физического тела определяется его *температурой*. **Температура** – физическая величина, характеризующая тепловое состояние тела или системы тел в тепловом равновесии. **Тепловое равновесие** – это внутреннее состояние тела, при котором температура не изменяется. При переходе тела (системы тел) из одного состояния теплового равновесия в другое, говорят, что происходит **тепловой процесс**.

При повышении температуры тела (системы тел) тепловой процесс называется **нагреванием**, и, наоборот, при снижении – тепловой процесс называется **охлаждением**.

Внутреннее состояние тела характеризуется **внутренней энергией**, которая определяется суммой кинетической энергии молекул, их потенциальной энергии (взаимодействия) и внутренней энергии самих молекул*. Внутренняя энергия тела (системы тел) не зависит от его механического состояния: покоя или движения. *Внутренняя энергия* обозначается буквой U . $[U]_{\text{СИ}} = \text{Дж}$.

Процесс изменения внутренней энергии тела без совершения механической работы называется **теплообменом** или **теплопередачей**.

Физическая величина, характеризующая изменение внутренней энергии тела (системы тел) в процессе передачи теплоты называется **количеством теплоты**.

Количество теплоты обозначается буквой Q . В результате передачи количества теплоты Q внутренняя энергия тела изменяется $\Delta U = U_2 - U_1 = Q$, где U_1 – начальное значение внутренней энергии, U_2 – конечное значение внутренней энергии тела. $[Q]_{\text{СИ}} = \text{Дж}$.

Количество теплоты, полученное или отданное телом, приводит к изменению его температуры и, соответственно, изменяется внутренняя энергия тела, что выражается уравнением: $Q = c \cdot m \cdot \Delta t$, где m – масса тела, c – удельная теплоемкость вещества, из которого состоит тело, а Δt – изменение температуры тела.

Удельная теплоемкость вещества – это физическая величина, равная количеству теплоты, полученному или отданному телом, затраченному на изменение температуры тела единичной массы на один градус. $[c] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

Все физические тела обладают определенной теплоемкостью.

Теплоемкость обозначается буквой C . Она зависит от массы тела и удельной теплоемкости вещества. Теплоемкость определяется выражением: $C = \frac{Q}{\Delta t} = c \cdot m$. $[C] = \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}$.

Вещества, из которых состоят природные тела, могут находиться в одном из следующих состояний: *твердое, жидкое или газообразное*, называемые **агрегатными состояниями вещества**.

Переход вещества из одного агрегатного состояния в другое – тепловой процесс.

- Процесс перехода вещества из твердого агрегатного состояния в жидкое называется **плавлением**.
- Процесс перехода вещества из жидкого агрегатного состояния в твердое называется **затвердеванием/кристаллизацией**.

Плавление и затвердевание – взаимообратные тепловые процессы.

Количество теплоты, необходимое для того, чтобы расплавить единичную массу твердого тела при температуре плавления, называется **удельной теплотой плавления**.

Примечание ➤ * Более детально внутреннюю энергию вы изучите в старших классах.

Она обозначается буквой $\lambda_{пл}$ и определяется соотношением: $\lambda_{пл} = \frac{Q}{m}$. $[\lambda_{пл}] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

При плавлении вещества массой m поглощается количество теплоты $Q = \lambda_{пл} \cdot m$. Такое же количество теплоты выделяется при затвердевании/кристаллизации вещества массой m .

- Процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное (парообразное) состояние называется **парообразованием**.
- **Парообразование**, происходящее только на свободной поверхности жидкости, называется **испарением**.
- **Парообразование**, происходящее по всему объему жидкости, называется **кипением**.
- Процесс перехода вещества из газообразного агрегатного состояния в жидкое называется **конденсацией**.

Испарение и конденсация – взаимобратные тепловые процессы.

Количество теплоты, затраченное на парообразование жидкости единичной массы при температуре кипения, называется **удельной теплотой парообразования**.

Она обозначается буквой λ_n и определяется соотношением: $\lambda_n = \frac{Q}{m}$. $[\lambda_n] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

В тепловых процессах, протекающих в природе, количество теплоты может быть передано тремя способами: **теплопроводностью**, **конвекцией** и **излучением**.

Теплопроводностью называют передачу тепла от более нагретых участков тела к менее нагретым участкам тела, вследствие движения и взаимодействия частиц вещества, из которого состоит тело. **Вещества**, хорошо проводящие тепло, называются **проводниками тепла (термопроводниками)**. **Вещества**, которые плохо проводят тепло, называются **теплоизоляторами (термоизоляторами)**.

Как правило, теплопроводность выше у твердых тел (веществ), особенно у металлов. Жидкости и газы плохо проводят тепло. Передача тепла в жидкостях и газах происходит путем **конвекции**.

Конвекция – это передача тепла, осуществляемая потоками неравномерно нагреваемых жидкостей или газов.

Тепловое излучение – это способ теплопередачи, который может протекать в вакууме. С помощью теплового излучения может передаваться тепло от огня в камине, от электронагревателя.

Для получения тепла, используемого в промышленности и домашнем хозяйстве, для движения автомобилей и получения электрической энергии и т. п., используются вещества, называемые **топливом**.

Топливо – это вещество или смесь веществ, которые при сгорании выделяют определенное количество теплоты. Важной характеристикой топлива является **удельная теплота сгорания**.

Удельной теплотой сгорания топлива называется физическая величина, численно равная количеству теплоты, выделенному при полном сгорании 1 кг топлива.

Удельная теплота сгорания топлива обозначается буквой q и определяется из соотношения:

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

Внутренняя энергия тела может изменяться не только при «**теплопередаче**», но и при «**совершении механической работы над телом**». Преобразование теплоты в механическую работу лежит в основе принципа действия **теплового двигателя**.

Тепловым двигателем называется устройство, в котором теплота, выделившаяся при сгорании топлива, превращается в механическую работу.

Тепловые двигатели различаются как по конструкции, так и по эффективности, или **коэффициентом полезного действия (КПД)**.

Коэффициентом полезного действия теплового двигателя называется соотношение между работой, совершенной газом, и количеством теплоты, полученным при сгорании топлива.

Тепловой коэффициент полезного действия (КПД) обозначается буквой η и определяется из соотношения:

$$\eta = \frac{Q_{\text{полезное}}}{Q_{\text{общ.}}} = \frac{Q_{\text{полезное}}}{m \cdot q},$$

где $Q_{\text{полезное}}$ – количество теплоты, переданное телу, а $Q_{\text{общ.}}$ – количество теплоты, полученное при полном сгорании топлива.

СУММАТИВНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ

Предлагаемый тест предназначен для определения уровня знаний, усвоенных при изучении данной главы.

I. В заданиях 1–3 представьте краткий ответ.

1. Продолжите утверждения так, чтобы они были верными: каждое 1 б.
 - а) Кристаллическое вещество плавится при температуре.
 - б) Переход вещества из одного состояния теплового равновесия в другое называется
 - в) Четыре такта работы теплового двигателя с искровым зажиганием:
 - г) Соотношение между количеством теплоты и количеством теплоты определяют тепловой коэффициент полезного действия.
2. Установите (стрелками) соответствие между физическими величинами и единицами измерений: каждое 1 б.

Внутренняя энергия	Дж/°C
Удельная теплоемкость	МДж/кг
Теплоемкость	Дж/(кг · °C)
	Дж
3. Определите, истинны или ложны утверждения. Если утверждение истинно обведите букву И, или букву Л, если утверждение ложно: каждое 1 б.
 - а) Парообразование, происходящее по всему объему жидкости, называется испарением. И Л
 - б) Изменение внутренней энергии тела зависит только от его теплового состояния: начального и конечного. И Л
 - в) Количество теплоты, необходимое для нагревания тела, обратно пропорционально массе топлива. И Л

II. В заданиях 4–7 представьте полное решение задач.

4. Для того, чтобы перевести тело массой 2 кг из твердого агрегатного состояния в жидкое при неизменной температуре было израсходовано количество теплоты, равное $5,4 \cdot 10^5$ Дж. Определите удельную теплоту плавления вещества, из которого изготовлено тело. 3 б.
5. КПД теплового двигателя равен 25%. Двигатель передает охладителю количество теплоты, равное 240 кДж. Определите работу, совершенную двигателем. 4 б.
6. Какое количество тепла потребуется для нагревания воздуха в помещении размерами 3 х 4 х 2,5 м от 10 °C до 25 °C? ($c_{\text{воздуха}} = 1000 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)}$, $\rho_{\text{воздуха}} = 1,29 \text{ кг/м}^3$). 3 б.
7. При полном сгорании топлива массой 6 кг выделились 22 800 кДж теплоты.
 - а) Определите удельную теплоту сгорания топлива. 3 б.
 - б) Какую массу льда, взятого при температуре плавления, можно превратить в воду. ... 2 б.

Проект STEM/STEAM

Выполните проект по одной из тем: «Снижение загрязнения окружающей среды, вызванного использованием тепловых двигателей и/или сжиганием топлива»/«Альтернативные источники энергии», следуя инструкциям на стр. 97.

Дополнение

Лабораторная работа № 3

*Определение удельной теплоемкости вещества

Цель работы: Определить удельную теплоемкость твердого тела.

Оборудование: калориметр, весы, лабораторный термометр, твердое тело, набор гирь, сосуды с водой из-под крана, спиртовка

Содержание и метод выполнения работы: Для определения удельной теплоемкости вещества (твердого тела) поступают следующим образом: в калориметр массой m_1 и удельной теплоемкостью c_1 наливают воду массой m_2 и удельной теплоемкостью c_2 , далее в воду опускают горячее твердое тело массой m и удельной теплоемкостью c , которую требуется определить. Температура калориметра и воды t_1 , температура твердого тела t_2 ($t_1 < t_2$). В системе из трех тел устанавливается тепловое равновесие с конечной температурой t , описываемое калориметрическим уравнением: $|Q_{\text{отданое}}| = Q_{\text{полученое}}$

$Q_{\text{отданое}}$ количество теплоты, отданное воде и калориметру твердым телом $Q_{\text{полученое}} = Q_1 + Q_2$ количество теплоты, полученное соответственно калориметром и водой.

Итак: $|Q_{\text{отданое}}| = Q_1 + Q_2$, где:

$$Q_{\text{отданое}} = c \cdot m \cdot (t - t_2), \quad Q_{\text{отданое}} < 0, \text{ поскольку } t < t_2;$$

$$Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot (t - t_1), \quad Q_1 > 0, \text{ так как } t > t_1;$$

$$Q_2 = c_2 \cdot m_2 \cdot (t - t_1), \quad Q_2 > 0, \text{ так как } t > t_1.$$

Применяя приведенные выше соотношения, теплоемкость твердого тела c определяем

по формуле:

$$c = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)(t - t_1)}{m(t_2 - t)}.$$

Порядок выполнения работы:

1. С помощью весов, определите массу чаши калориметра (m_1), воды, налитой в калориметр (m_2), и твердого тела (m).
2. Налейте воду в один из сосудов, поместите в него твердое вещество и нагрейте воду на пламени спиртовки до температуры кипения ($t_2 = 100^\circ\text{C}$).
3. Измерьте начальную температуру воды (t_1) в калориметре.
4. Опустите горячее (осторожно!!!) твердое тело в воду в калориметре.
5. Дождитесь установления теплового равновесия трех тел, измерьте температуру воды (t).
6. Рассчитайте удельную теплоемкость твердого тела.
7. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

c_1 , Дж/(кг·°C)	c_2 , Дж/(кг·°C)	m_1 , кг	m_2 , кг	m , кг	t_1 , °C	t_2 , °C	t , °C	c , Дж/(кг·°C)	$c_{\text{таб.}}$, Дж/(кг·°C)

8. Сравните полученное значение удельной теплоемкости с табличным значением $c_{\text{таб}}$ удельной теплоемкости для данного вещества.
9. Сформулируйте выводы.

Глава 3

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. ЭЛЕКТРОКИНЕТИКА

3.1. Электрическое напряжение. Вольтметр.
Электрическая цепь

3.2. Постоянный ток. Сила электрического тока. Амперметр

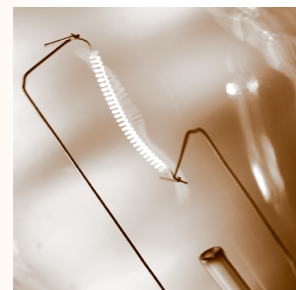
3.3. Электрическое сопротивление. Мультиметр

3.4. Закон Ома для участка цепи.
Лабораторная работа № 4

3.5. Работа и мощность электрического тока. Закон
Джоуля. Применение. Лабораторная работа № 5
Обобщение

Суммативное оценивание

*Дополнение: * Закон Ома для полной цепи.
Смешанное соединение проводников*



Изучив данный раздел, вы сможете:

- *определить, каким символом обозначается и какой единицей измеряется физическая величина;*
- *определить и выбрать средства измерений;*
- *измерить физические величины (силу электрического тока, электрическое напряжение, электрическое сопротивление и мощность электрического тока);*
- *распознать электромагнитные явления, наблюдаемые в природе и технике;*
- *объяснить с физической точки зрения некоторые явления, изучаемые в рамках других школьных предметов;*
- *объяснить: закон Ома для участка цепи, закон Джоуля;*
- *представить и сравнить результаты некоторых измерений, используя соответствующие единицы измерения в СИ, выполнить их преобразование;*
- *применить изученные формулы физических величин/законов при решении задач/ проблемных ситуаций.*

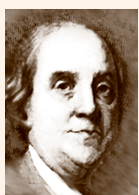


3.1. Электрическое напряжение. Вольтметр. Электрическая цепь

Способы электризации и взаимодействие наэлектризованных тел вы изучили в 6-м классе. Известно, что степень электризации тела характеризуется физической величиной называемой *электрическим зарядом* (обозначают буквой q , единица измерения *Кулон*), то есть: чем выше степень электризации тела, тем больше величина его электрического заряда. Помимо этого, наэлектризованные тела способны взаимодействовать: заряженные одноименными электрическими зарядами (положительными или отрицательными) тела *отталкиваются*, и наоборот, заряженные разноименными электрическими зарядами – *притягиваются*.



Историческая справка

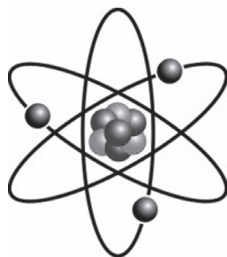


Бенджамин Франклин

Понятие электрический заряд, ввел в физику выдающийся американский ученый и политик **Бенджамин Франклин (1706 – 1790)**. Его исследования электрических явлений привели к созданию первой теории электричества (середина XVIII века). Б. Франклин продемонстрировал, что разряд электрической искры и электрические разряды в атмосфере, молния и гром, представляют собой одно и то же явление, но в разных масштабах.

Информация

В истории физики существовали различные теории, объясняющие механизм электризации тел. Например, в XVIII веке считалось, что существуют «электрические флюиды», поглощаемые телом. При соприкосновении «флюиды» могут проникать в тела. Таким образом, тела с избытком «флюидов» считались *положительно* заряженными, а тела с недостатком «флюидов» – *отрицательно* заряженными.



Согласно современным научным представлениям носителями электрического заряда являются элементарные частицы вещества. Действительно, молекулы, как мельчайшие частицы, которые характеризуют общие свойства вещества, состоят из атомов, а атомы, в свою очередь, состоят из *положительно заряженного ядра*, вокруг которого движутся *отрицательно заряженные электроны*. Именно электрон является носителем отрицательного электрического заряда, величина которого считается наименьшей/элементарной $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Поэтому тела с излишками электронов заряжены *отрицательно*, а тела, испытывающие недостаток электронов, заряжены *положительно*. Нейтральные тела содержат одинаковое количество электрических зарядов обоих знаков.

Анализ ситуации!

- Рассмотрите внимательно изображение (рис. 1).
- Объясните механизм электризации двух тел при трении.

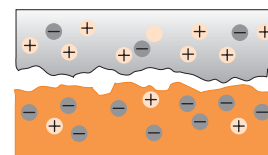


Рис. 1

Запомните!

При электризации трением тела приобретают одинаковые по величине, но противоположные по знаку заряды.

Это объясняется тем, что *суммарный электрический заряд* $q = N \cdot e$ электронов, переходит от одного тела к другому, в результате чего тело приобретает отрицательный заряд той же величины, что и электрический заряд тела, отдавшего электроны и ставшего положительно заряженным. Следовательно, электрический заряд системы тел сохраняется.

Это утверждение называется **законом сохранения электрического заряда**.

Практическая работа

- Зарядите одноименными зарядами металлическую сферу, установленную на изолирующей опоре, и легкий шарик, подвешенный на изолированной нити (система, называемая электростатическим маятником) (рис. 2).
- Перемещайте нить с шариком на разные расстояния от сферы (положения 1, 2 и 3). Обратите внимание, что в каждом случае на шарик действует сила, которая уменьшается по мере увеличения расстояния между наэлектризованными телами.

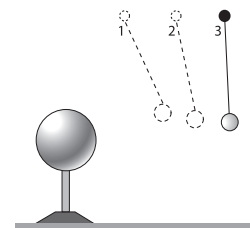


Рис. 2

В 7-м классе вы изучили понятие механическая работа. Механическая работа совершается, когда некоторая сила, действуя на тело, приводит его в движение, перемещает его.

Какая работа совершалась при перемещении электрического заряда?

Анализ ситуации!

- Электрон притягивается к положительно заряженному шару (рис. 3), перемещается из положения 1 в положение 2.
- Выполняется ли механическая работа при перемещении носителя заряда?



Рис. 3

Работа, совершаемая по перемещению электрического заряда, характеризуется физической величиной, называемой **электрическим напряжением**.

Определение

Электрическое напряжение – физическая величина, равная отношению работы, совершаемой при перемещении точечного заряда, к величине этого заряда.

Напряжение обозначают буквой U .

Из определения следует, что напряжение можно вычислить, разделив работу A на электрический заряд q , протекающий на данном участке цепи.

$$\text{Значит: } U = \frac{A}{q} \quad (1).$$

Единицей измерения электрического напряжения является вольт (обозначение В). $[U]_{\text{СИ}} = \text{В}$



Рис. 4

Определение

1 В – напряжение, при котором для перемещения электрического заряда в 1 Кл между двумя точками совершена работа в 1 Дж.

$$\text{Итак, согласно (1) } 1 \text{ В} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}}.$$

Единица измерения электрического напряжения «Вольт» увековечила имя итальянского ученого Алессандро Вольты, который посвятил свою жизнь изучению электрических явлений.

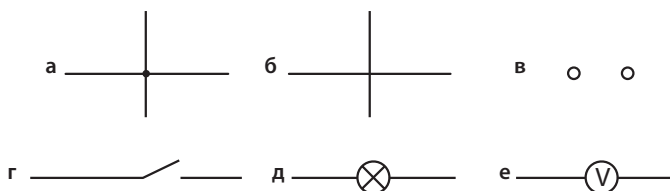
Электрическое напряжение измеряют вольтметром (рис. 4) или датчиком напряжений (рис. 5).

Соединение устройств в электрических цепях представляют графически на специальных чертежах, называемых электрическими схемами/цепями. Приборы и элементы цепи на схемах представлены условными обозначениями. Некоторые из них изображены на рис. 6.

Например, вольтметр на электрических схемах обозначают в виде круга, в котором записывают букву V (рис. 6, е).



Рис. 5



- а. Подключение/соединение проводов.
- б. Пересечение проводов без соединения.
- в. Клеммы/контакты подключения.
- г. Выключатель.
- д. Электрическая лампочка.
- е. Вольтметр.

Рис. 6

Историческая справка



Алессандро Вольт

Алессандро Вольт (1745 – 1827) – знаменитый итальянский физик. Является автором изобретения, названного в его честь в 1796 году. В основу этого открытия легла идея, заимствованная им у соотечественника, врача Луиджи Гальвани, который заметил (1786 г.) сокращение мышц при препарировании лягушки. Вольт экспериментально доказал, что причиной возникающего эффекта являются два различных металла, которые замыкались благодаря жидкости, содержащейся в мышцах лягушки. Алессандро Вольт ввел два разных металла в слабый кислотный раствор, создав, таким образом, первый гальванический элемент (1799). Это изобретение по праву сравнимо по значимости только с изобретением, десятки лет спустя, ядерного реактора, введенного в эксплуатацию 2 декабря 1942 года в Чикаго, США.

Запомните!

Вольтметр подключают параллельно к тому участку, на котором измеряют напряжение, с учетом полярности (рис. 7).

Эксперимент

Измерение электрического напряжения

Необходимое оборудование: вольтметр, две низковольтные лампы на подставке, источник питания, соединительные провода, выключатель.

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь, представленную на рис. 7, лампы соедините последовательно, а вольтметр параллельно участку цепи, на котором измеряем напряжение (рис. 7).
 - Измерьте напряжение на разных участках электрической цепи.
 - Сформулируйте вывод о соотношении напряжений для каждого случая.

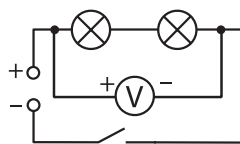
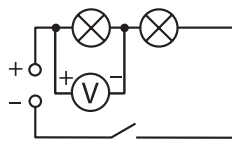
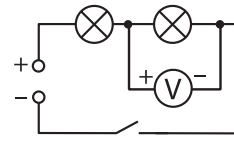


Рис. 7

а)



б)



в)

2. Соберите электрическую цепь, представленную на рис. 8, лампы соедините параллельно.
 - Измерьте напряжение на разных участках электрической цепи.
 - Сформулируйте вывод.

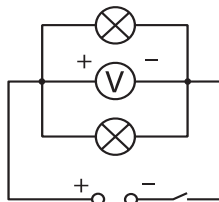
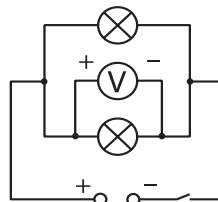
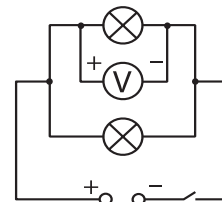


Рис. 8

а)



б)



в)

Запомните!

При **последовательном** соединении двух потребителей электрического тока общее напряжение равно сумме напряжений на каждом участке электрической цепи.

$$U = U_1 + U_2$$

При **параллельном** соединении двух потребителей электрического тока общее напряжение равно напряжению на каждом потребителе.

$$U = U_1 = U_2$$

Узнайте
больше!

Датчик (от латинского *sensus* – ощущение) представляет собой устройство, способное регистрировать физическую величину, преобразуя полученную информацию в электрический сигнал. Сигнал передается на компьютер, планшет или другое электронное устройство на котором установлено программное обеспечение. С помощью программного обеспечения, полученная с датчика информация обрабатывается и представляется в таблицах, графиках и т. д.

Точность измерений, производимых с помощью датчиков гораздо выше, чем с помощью классических устройств (ошибки считывания значений исключены), помимо этого, измерения можно проводить с определенной частотой, в средах, где наличие измерителя недопустимо и т. д.

Проверка
знаний

1. На рис. 9 изображены траектории движения двух капель масла, падающих рядом с заряженной сферой. Определите:

- а) знаки зарядов на каплях;
б) у какой из капель заряд меньше.

Нарисуйте в тетради траектории движения капель в случае, если они будут обладать электрическими зарядами противоположного знака.

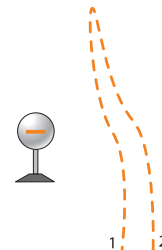


Рис. 9

2. К концам проводника подключили вольтметр. Какое напряжение он показывает, если при прохождении через проводник электрического заряда в 2 Кл, совершена работа 6 Дж?
3. Две лампы соединили последовательно. Напряжение на первой лампе 6,3 В, а на второй – 4 В. Определите общее напряжение, поданное на соединение ламп?
4. На рис. 10 изображена шкала вольтметра. Определите:

- а) цену деления прибора;
б) значение напряжения, регистрируемое вольтметром;
в) максимальное и минимальное значение напряжения, которое можно измерить вольтметром;
г) работу, совершаемую при прохождении электрического заряда 5 Кл через вольтметр.

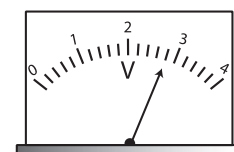


Рис. 10

5. На контакты лампы подали напряжение 4 В, определите совершенную работу, если через участок нити накаливания лампы электронами переносится общий заряд, равный 3 Кл?
6. На концы проводника подали напряжение 1,5 В, определите электрический заряд, перенесенный по проводу, если совершенная работа равна 12 Дж.
7. Через поперечное сечение двух проводников перенесен одинаковый электрический заряд. Работа, совершаемая во втором проводнике, в 3 раза меньше, чем в первом. На какой проводник подали более высокое напряжение? Во сколько раз?
8. Сколько электронов прошло через поперечное сечение нити накаливания лампы, на которую подано напряжение 200 В, если совершенная работа равна 1 кДж?

9. Объясните механизм «электростатической» покраски, представленный на (рис. 11). Изготовьте такое устройство.
10. На тонких нитях подвешены две одинаковые бусины. На одну из них подали заряд. Как можно идентифицировать заряженную бусину, не имея под рукой специальных приборов?

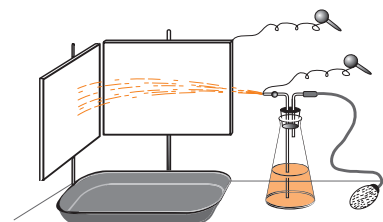


Рис. 11

11. Передайте заряд на электрометр без касания (влиянием). На каком этапе электризации в стержне электрометра появится электрический ток?
12. В вашем распоряжении заряженный электрометр и металлический проводник. Что нужно предпринять, чтобы в проводнике появился электрический ток?
13. Как можно зарядить два электрометра зарядами противоположного знака, имея в наличии эбонитовую палочку, шерстяную ткань и проводник с изолированной ручкой?
14. Предложите конструкцию устройства для отбора семян злаков с помощью электризации.
15. Выполнив отбор материала, подготовьте сообщение об использовании электризации для фильтрации дыма.

3.2. Постоянный ток. Сила электрического тока. Амперметр

На предыдущих уроках вы узнали, что наэлектризованные тела способны действовать с некоторой силой на другие электрически заряженные тела.

Также вам известно, что электрические проводники – это вещества, в которых свободные носители электрического заряда могут перемещаться. Примеры таких веществ – *металлы*.

Для практического применения явления важно знать, как ведут себя свободные электроны в металлическом проводнике, к концам которого приложено электрическое напряжение.



Историческая справка

Передача электризации от одного тела к другому по металлическим проводам установлена в 1720 году английским ученым **Стивеном Греем (1670–1736)**. Именно он классифицировал вещества на проводники и изоляторы. Стивен Грей также обнаружил способ электризации **влиянием**.

Эксперимент

- На рис. 1 изображен металлический проводник с изолированной ручкой; он соединяет две сферы с зарядами противоположного знака.
- Как поведут себя свободные электроны в проводнике? В каком направлении будут двигаться свободные электроны под действием электрической силы?

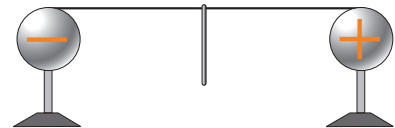


Рис. 1

Определение

Упорядоченное движение свободных заряженных частиц называется **электрическим током**.

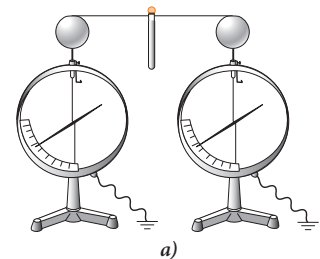
Познавайте

1. Найдите значения слова «ток» в толковом словаре.
2. Какое из значений используется в физике?

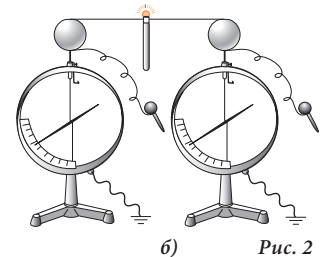
Возникновение электрического тока в проводнике, к которому приложено электрическое напряжение, подтверждается следующим экспериментом.

Эксперимент

- Зарядите два электрометра зарядами противоположного знака.
- Соедините сферы электрометров проводником на изолированной ручке, снабженным электрической лампочкой (рис. 2, а).
- Что вы наблюдаете?
- Соедините сферы электрометра с контактами электрической машины (рис. 2, б).
- Повторите эксперимент, непрерывно заряжая сферы.
- Сформулируйте выводы.



а)



б)

Рис. 2

Запомните!

Для получения **постоянного электрического тока** в проводнике необходимо, чтобы совершалась работа по перемещению электрического заряда.

Работу по перемещению заряда осуществляют с помощью специальных устройств, называемых **источниками электрического тока**.

Существуют различные источники электрического тока. Общим для всех является то, что в каждом источнике тока совершается работа по разделению отрицательно заряженных частиц от положительно заряженных. Разделенные заряды накапливаются на полюсах/контактах источника тока. Таким образом, каждый источник тока имеет два полюса: *положительный* и *отрицательный*.

Среди источников постоянного тока широкое распространение получили гальванические элементы. Один из них – элемент Лекланше (рис. 3).

Он состоит из цинкового цилиндрического сосуда (1), в котором находится графитовый стержень (2) и проводящая жидкость – раствор хлорида аммония (NH_4Cl) (3). Стержень находится в сосуде, заполненном двуокисью марганца (4). При взаимодействии хлорида аммония с цинком, последний заряжается отрицательно, а стержень положительно. Если соединить графитовый стержень и цинковый сосуд проводником, как показано на рис. 2, свободные электроны в проводнике начнут упорядоченно двигаться. Итак, в образованной электрической цепи появляется электрический ток.

Запомните!

За **направление** электрического тока принято считать направление, противоположное движению отрицательно заряженных частиц, то есть направление движения положительно заряженных частиц.

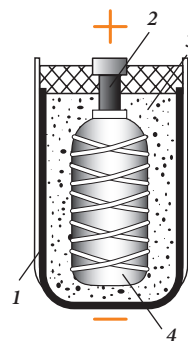


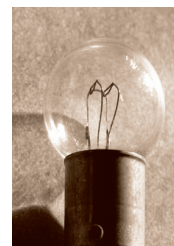
Рис. 3

Иначе говоря, ток переносится по проводнику от положительного полюса источника тока к отрицательному.

Далее мы будем изучать электрический ток, направление которого не изменяется; он называется **постоянным электрическим током**.

Для передачи электроэнергии от источника электрического тока потребителю, например лампочке, полюса источника тока присоединяют/подключают проводящими проводами к клеммам лампочки.

Свечение/Яркость лампы, включенной в такую цепь, зависит от количества заряженных частиц, которые проходят через нить накаливания лампы, и величины электрического заряда.



Определение

Физическая величина, численно равная электрическому заряду, протекающему через поперечное сечение проводника за единицу времени, называется **силой электрического тока**.

Силу электрического тока обозначают буквой I . Итак, чтобы определить силу тока, необходимо вычислить соотношение между электрическим зарядом q и временем t , за которое заряд протекает через поперечное сечение проводника.

$$I = \frac{q}{t} \quad (1).$$

Единицей измерения силы электрического тока в системе СИ является Ампер (А), который является основной единицей СИ. Единица измерения силы электрического тока названа в честь выдающегося французского ученого Андре Мари Ампера. $[I]_{\text{СИ}} = \text{А}$

Историческая справка

Андре Мари Ампер (1775–1836) – французский физик, математик, химик и философ. Ввел в физику понятие электрического тока. В 1820 г. Ампер начинает исследования и изучение явлений взаимодействия электрического тока с магнитами. Создает первые приборы для измерения силы электрического тока: амперметры и гальванометры, а также публикует гипотезу о природе магнетизма.



Андре Мари Ампер

Из соотношения (1) следует:

$$q = I \cdot t \quad (2).$$

Определим единицу измерения электрического заряда в системе СИ – Кулон (Кл).

$$[q]_{\text{СИ}} = \text{Кл}$$

Определение **>** **1 Кл** – электрический заряд, проходящий за единицу времени (1 с) через поперечное сечение проводника, при силе тока равной 1 А.

Итак: $1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}.$

Силу электрического тока измеряют **амперметром** (рис. 4) или с помощью датчика измерения силы тока (рис. 5). Амперметр на электрических схемах обозначают в виде круга, в котором записывают букву **А** (рис. 6).

Запомните! **>** Амперметр подключают в электрическую цепь **последовательно**, соблюдая полярность.

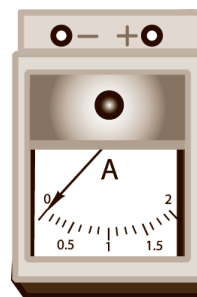


Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

Измерение силы тока

Необходимое оборудование: амперметр, две лампочки на подставке, источник тока, соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь, представленную на рис. 7, потребители тока подключите последовательно (рис. 7).
 - Измерьте силу тока на разных участках электрической цепи.
 - Сформулируйте соответствующий вывод о величине силы тока.

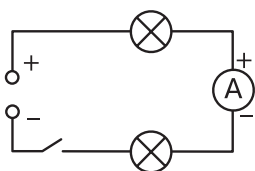
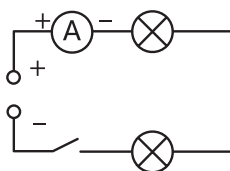
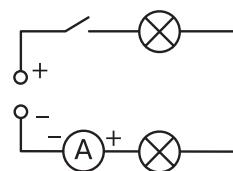


Рис. 7

а)



б)



в)

2. Соберите электрическую цепь, представленную на рис 8, потребители тока подключите параллельно.
 - Измерьте силу тока на разных участках электрической цепи.
 - Сформулируйте вывод о соотношении силы тока на разных участках электрической цепи.

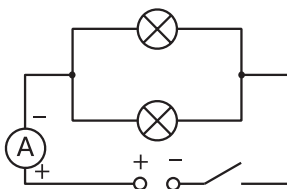
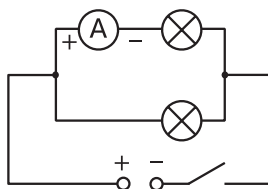
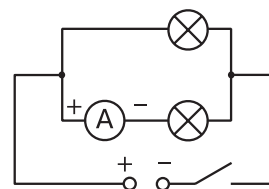


Рис. 8

а)



б)



в)

Запомните!

При **последовательном** соединении двух потребителей сила тока одинакова на каждом потребителе. $I_1 = I_2 = I$ (3)

При **параллельном** соединении двух потребителей сила тока на неразветвленном участке цепи равна сумме силы токов на каждом разветвлении цепи. $I = I_1 + I_2$ (4)

Проверка знаний

1. Объясните принцип работы электрометра, используя материал, изученный в курсе физики за 6 класс.
2. В каком из проводников на изолированной ручке появится электрический ток при соединении сфер электрометров (рис. 9)?

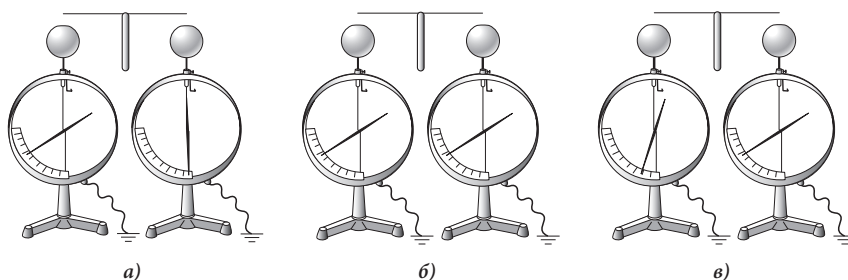


Рис. 9

Новые физические понятия

- электрический ток;
- постоянный электрический ток;
- источники электрического тока;
- направление электрического тока;
- сила электрического тока.

3. Можно ли считать электрическим током:
 - а) электрическую искру между полюсами электрической машины;
 - б) атмосферный электрический разряд;
 - в) падение заряженных капель воды?
4. За 2 минуты через поперечное сечение проводника прошел заряд 4,8 Кл. Определите силу тока.
5. Переведите в основные единицы системы СИ: 300 мкА; 0,1 кА; 50 мА; 4 нКл.
6. За какой промежуток времени через поперечное сечение проводника проходит электрический заряд 2,4 Кл при силе тока 0,2 А?
7. Определите величину электрического заряда, протекающего через поперечное сечение проводника за 1 час, при силе тока 2 А.
8. Определите силу тока в проводнике, если за 1 мс через поперечное сечение проводника прошло $3 \cdot 10^8$ электронов.
9. Амперметр показывает силу тока 3 А. Сколько электронов за 2 с прошло через поперечное сечение участка электрической цепи? Заряд электрона $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ С.
10. Как изготовить гальванический элемент, имея в распоряжении цинковую пластину, медную проволоку и лимон?
11. Почему амперметр включают в электрическую цепь последовательно?
12. Сила тока на неразветвленном участке цепи при параллельном соединении трех одинаковых потребителей (рис. 10) равна 1,5 А. Определите силу тока в каждом разветвлении электрической цепи.

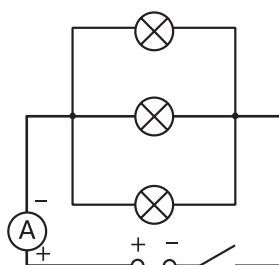


Рис. 10

3.3. Электрическое сопротивление. Мультиметр

На предыдущем уроке вы познакомились с особенностями устройства источников электрического тока, которые являются источниками электроэнергии. Также составляющими элементами электрической цепи являются **потребители** электроэнергии: лампы, двигатели, электрические звонки и другие приборы. Передача электроэнергии от источника к потребителям осуществляется **проводами**, соединяющими полюса источника тока с клеммами потребителя (рис. 1).

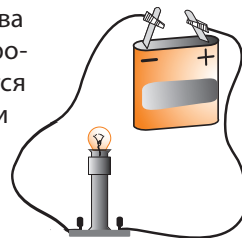


Рис. 1

Запомните! Источник электрического тока, потребитель и выключатель, соединенные между собой проводами, являются составляющими элементами **простейшей электрической цепи**.

На рис. 2 представлена простейшая электрическая цепь. Схема простейшей электрической цепи, изображенной на рис. 2, представлена на рис. 3. В электрической цепи на рис. 2, источником тока является батарея гальванических элементов, обозначение которой в схеме представлено на рис. 4 б.

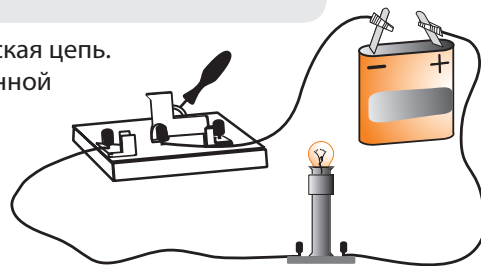


Рис. 2

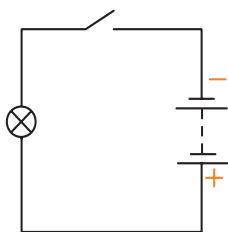


Рис. 3

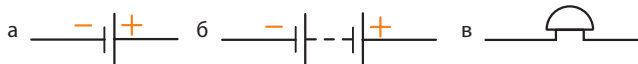


Рис. 4

- а. Гальванический элемент или аккумулятор.
б. Батарея гальванических элементов.
в. Электрический звонок.

Проанализируем особенности движения электрически заряженных частиц по металлическому проводнику, т.е. особенности протекания электрического тока по проводнику.

- Эксперимент**
- Соберите электрическую цепь, показанную на рис. 5.
 - Замкните цепь и запишите значение силы тока. Обратите внимание на яркость лампочки.
 - Повторите эксперимент, заменив медный провод С на провод из никелина N таких же размеров.
 - Опишите свои наблюдения.

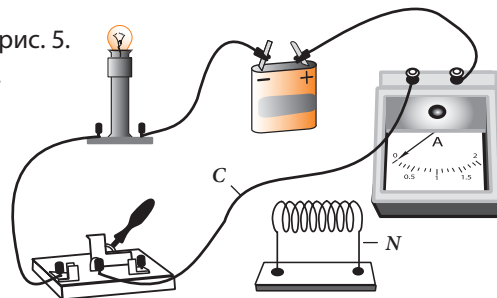
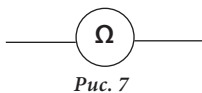
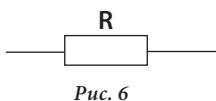


Рис. 5

Запомните! Каждый проводник в той или иной степени препятствует прохождению электрического тока.

Определение Физическая величина, характеризующая свойство проводника противодействовать прохождению электрического тока, называется **электрическим сопротивлением**.



Электрическое сопротивление обозначают буквой R и измеряют в *Омах* (читается: Ом); символ – Ом (или Ω – буква греческого алфавита омега); $[R]_{\text{СИ}} = \text{Ом}$. Электрические цепи могут содержать элементы – устройства с определенным электрическим сопротивлением, называемые **резисторами**. На схеме обозначение резистора представлено в виде прямоугольника (рис. 6).

Электрическое сопротивление измеряется *омметром*. Омметр обозначают в виде круга, в который вписывают букву Ω (рис. 7). Омметр подключают к устройству, сопротивление которого измеряют.

Определение

1 Ом – сопротивление проводника, к концам которого приложили напряжение 1 В и по которому течет ток силой 1 А.

Новые физические понятия

- простейшая электрическая цепь;
- ом;
- электрическое сопротивление;
- удельное сопротивление;
- резистор;
- мультиметр.

Электрическое сопротивление возникает в результате взаимодействия электронов, направленно движущихся по проводнику, с ионами кристаллической решетки проводника. В результате через поперечное сечение проводника проходит меньшее количество электронов. Таким образом, уменьшается электрический заряд, перемещаемый за единицу времени, или, иначе говоря, уменьшается сила тока.

Физики установили, что электроны во всех веществах одинаковы, а ионы кристаллической решетки отличаются размерами и плотностью расположения. Именно по этой причине одинаковые проводники, изготовленные из различных металлов, обладают различным сопротивлением. Сопротивление проводника зависит и от геометрических параметров проводника: длины и площади поперечного сечения.

Запомните!

Электрическое сопротивление проводника прямо пропорционально длине проводника и обратно пропорционально площади поперечного сечения.



Математически это утверждение можно представить следующим образом:

$$R \sim \frac{l}{S} \quad (1).$$

Эксперимент, представленный на рис. 5, показал, что электрическое сопротивление зависит от материала, из которого изготовлен проводник. Физическая величина, характеризующая зависимость сопротивления проводника от вещества, из которого он изготовлен, является постоянной величиной, называется **удельным сопротивлением** и обозначается ρ (ρ) – буквой греческого алфавита.

$$[\rho]_{\text{СИ}} = \Omega \cdot \text{м} = \text{Ом} \cdot \text{м}$$

Тогда соотношение (1) можно представить в виде:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2).$$

Применение

Мультиметр

Измерить сопротивление можно с помощью **цифрового мультиметра**. (рис. 8). Это прибор, с помощью которого можно измерить значения таких физических величин как: электрическое сопротивление, напряжение, сила тока и т. д. Значение измеряемой величины отображается на экране.



Рис. 8

Для измерения мультиметром DT9205A (рис. 9) сопротивления или напряжения подключите черный кабель к клемме «Com» (1), а красный кабель к «ВΩ» (2). С помощью поворотного переключателя (3) выставьте максимальное значение измеряемой величины. В случае сопротивления сектор «Ω» (4) содержит следующие значения: 200 Ом, 2 кОм, 20 кОм, 200 кОм, 2 МОм, 20 МОм, 2000 МОм. Например, если резистор, предположительно, обладает сопротивлением 3 кОм, то устанавливаем – 20 кОм. Если измеряем силу постоянного тока, выбираем сектор «А–» (5). Не прикасайтесь пальцами к токоведущим частям проводов!



Рис. 9

Реостат

С помощью **реостата** (рис. 10) можно преобразовывать сопротивление участка электрической цепи, изменяя длину проводника. Условное обозначение реостата представлено на рис. 11.

Характерной особенностью этого устройства является то, что провод намотан на изолирующий цилиндр. В качестве контакта служит ползунок С, который может перемещаться по металлическому стержню Т, обеспечивая контакт между стержнем и проводом.

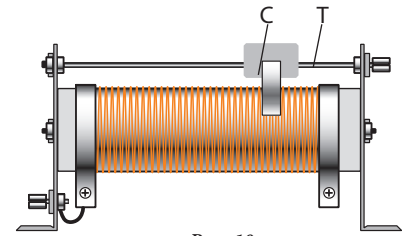


Рис. 10

Практическая работа

- Нарисуйте реостат, подключенный в простую электрическую цепь.
- Представьте на рисунке «путь», пройденный током в следующих случаях:
 - ползунок находится в левой части цилиндра;
 - ползунок находится посередине цилиндра;
 - ползунок находится в правой части цилиндра.
- Сравните принцип работы изученного (ползункового) реостата с рычажным реостатом (рис. 12).

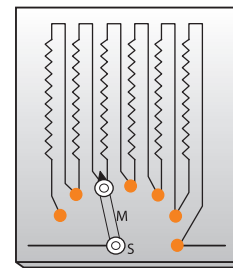


Рис. 12

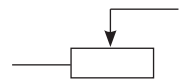


Рис. 11

Пример решения задачи

Определите площадь поперечного сечения медного проводника длиной 100 м и сопротивлением $R = 0,1 \Omega$.

Дано:	СИ
$l = 100 \text{ м}$	
$R = 0,1 \Omega$	
$\rho = 0,017 \mu\Omega \cdot \text{м}$	$= 0,017 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{м}$
$S = ?$	

Решение:

Сопротивление проводника: $R = \rho \frac{l}{S}$ (1)

Из (1) выразим S : $S = \rho \frac{l}{R}$,

Выполняем вычисления:

$$S = 0,017 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{м} \cdot \frac{100 \text{ м}}{0,1 \Omega} = 0,017 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 17 \text{ мм}^2.$$

Ответ: $S = 17 \text{ мм}^2$.

Проверка знаний

- Объясните причину возникновения электрического сопротивления.
- Во сколько раз увеличится/уменьшится сопротивление проводника при:
 - уменьшение длины проводника в 2 раза;
 - увеличении площади поперечного сечения в три раза?
- Определите сопротивление медного провода ($\rho_c = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{м}$) длиной 200 м и площадью поперечного сечения, равной 2 мм^2 .

4. Как будут меняться показания амперметра (рис. 13) при движении ползунка реостата:
 а) вправо; б) влево?
5. Нарисуйте схему электрической цепи, состоящей из батареи гальванических элементов, выключателя, лампочки и вольтметра так, чтобы вольтметр измерял напряжение:
 а) на лампочке, б) на батарее.

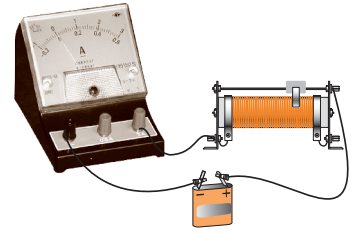


Рис. 13

- В каком случае вольтметр покажет большее напряжение?
6. На рис. 14 представлена схема электрической цепи, состоящей из источника тока, на котором напряжение равно 4,5 В, выключателя, двух лампочек и двух вольтметров. Соберите представленную электрическую цепь с помощью электронных ресурсов моделирования электрических схем (TinkerCad, Phet Colorado). Какое напряжение покажут вольтметры: а) при замыкании цепи? б) в случае, если сначала лампочка B_1 выйдет из строя, затем лампочка B_2 ?
7. Определите материал, из которого изготовлен проводник длиной 5 м, площадью поперечного сечения 1 мм² и сопротивлением 2 Ом.

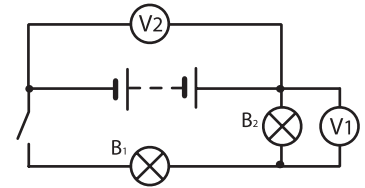
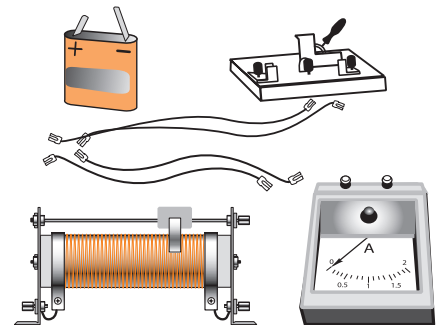


Рис. 14

8. Определите длину провода, изготовленного из константана, сопротивлением 1 Ом и площадью поперечного сечения 1 см².
9. Два медных проводника одинаковой длины: площадь поперечного сечения одного из проводников – 1 мм², а другого – 5 мм². Определите, сопротивление какого проводника меньше и во сколько раз?
10. Какую площадь поперечного сечения должен иметь медный проводник длиной 1 км для того, чтобы его сопротивление было таким же, как сопротивление железного проводника, площадь поперечного сечения которого – 0,25 мм², а длина в два раза больше?
11. Нарисуйте схему электрической цепи, позволяющей определить сопротивление лампы, с помощью вольтметра и амперметра.
12. Реостат, цилиндр которого имеет наружный диаметр 1,5 см, состоит из 50 витков никелинового провода площадью поперечного сечения 0,5 мм². Определите максимальное сопротивление реостата.
13. Определите массу алюминия, необходимую для изготовления проводника длиной 1000 м и сопротивлением 2,5 Ом.

14. Определите площадь поперечного сечения и длину медного проводника, если его сопротивление $R = 1$ Ом и масса 20 г.
15. Определите массу никелевого проводника площадью поперечного сечения 0,3 мм², необходимого для изготовления резистора сопротивлением 5 Ом.
16. Имея в наличии батарею гальванических элементов, лампу на подставке, выключатель и соединительные провода:



- а) соберите простейшую электрическую цепь;
 б) измените последовательность подключения лампы и выключателя;
 в) сформулируйте соответствующие выводы.
17. Имея в наличии батарею гальванических элементов, реостат с ползунком, амперметр, переключатель, соединительные провода:
- а) соберите электрическую цепь, представленную на рис. 15;
 б) замкните электрическую цепь с помощью выключателя и снимите показания амперметра;
 в) повторите эксперимент, медленно увеличивая, а затем уменьшая сопротивление реостата;
 г) сформулируйте вывод.

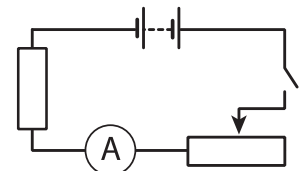


Рис. 15

3.4. Закон Ома для участка цепи.

Лабораторная работа № 4

Вы изучили физические величины, характеризующие электрический ток: сила тока, напряжение, электрическое сопротивление. Далее выявим зависимость между этими величинами.

Определим зависимость силы тока на участке цепи от напряжения, поданного на этот участок и от его сопротивления.

Практическая работа

Исследуем зависимость силы тока от напряжения, имея в распоряжении батарею гальванических элементов, амперметр, вольтметр, проводник из никелина, соединительные провода, переключатель,

Порядок выполнения работы:

- Собираем электрическую цепь по схеме, представленной на рис. 1.
- Замыкаем электрическую цепь и снимаем показания амперметра и вольтметра.
- Повторяем эксперимент, увеличивая напряжение. Для этого подключаем последовательно к источнику тока еще один элемент.
- Результаты измерений записываем в таблицу.

Сопротивление никелинового проводника не изменялось. Варьировались лишь сила тока, проходящего через проводник, и напряжение на его концах. При увеличении напряжения в электрической цепи сила тока в цепи также увеличивается.

Из курса математики вам известно о величинах прямо пропорциональных и обратно пропорциональных.

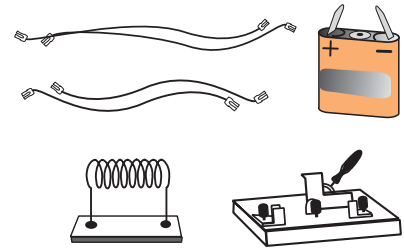
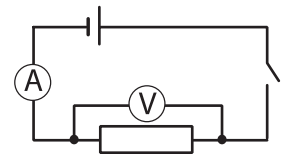


Рис. 1



Запомните!

Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению, приложенному к концам этого участка цепи.

В математической форме это утверждение можно представить следующим образом:

$$I \sim U \quad (1)$$

Исследуем зависимость силы тока от сопротивления участка цепи при постоянном напряжении.

Практическая работа

Исследуем зависимость силы тока от сопротивления участка цепи, имея в распоряжении: батарею гальванических элементов, магазин резисторов, реостат, вольтметр, амперметр, переключатель, соединительные провода.

- Собираем электрическую цепь из устройств, представленных на рис. 2. Реостат и магазин сопротивлений соединяем последовательно, а вольтметр подключаем параллельно магазину сопротивлений.
- Замыкаем цепь и устанавливаем с помощью реостата начальное напряжение 2 В.
- Снимаем показания амперметра. Записываем значения силы тока и сопротивления в таблицу.
- Повторяем эксперимент, изменяя сопротивление с помощью магазина сопротивлений.

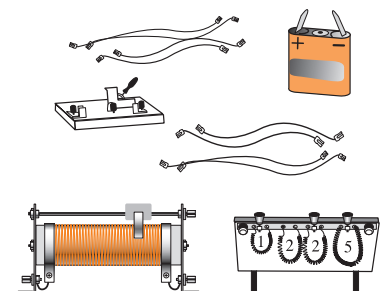


Рис. 2

Если напряжение на концах участка цепи поддерживать неизменным, то:

- 1) при увеличении сопротивления участка цепи сила тока уменьшается;
- 2) при уменьшении сопротивления участка цепи сила тока увеличивается.

В математике такую зависимость называют **обратно пропорциональной**.

Историческая справка



Георг Ом

Зависимость силы тока от напряжения приложенного к участку цепи и от сопротивления исследовал в 1827 г. немецкий ученый **Георг Симон Ом (1787–1854)**. Полученная закономерность названа в честь ученого **Законом Ома для участка цепи**.

Запомните!

Сила тока на участке цепи обратно пропорциональна сопротивлению этого участка.

В математической форме это утверждение можно представить следующим образом:

$$I \sim \frac{1}{R} \quad (2)$$

Запомните!

Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению, приложенному к концам этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.

$$I = \frac{U}{R} \quad (3)$$

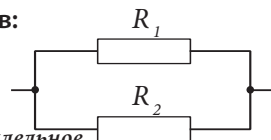
Закон Ома для участка цепи является одним из фундаментальных законов физики. Этот закон справедлив для металлических проводников, на которые подается не очень высокое напряжение.

Применим закон Ома для определения сопротивления проводников, соединенных последовательно или параллельно.

Соединение проводников:



а) последовательное



б) параллельное

Соединение проводников:

последовательное

$$U = U_1 + U_2$$

$$U = I \cdot R$$

$$IR = I_1 R_1 + I_2 R_2$$

$$I_1 = I_2 = I$$

$$IR = IR_1 + IR_2$$

$$IR = I(R_1 + R_2)$$

$$R = R_1 + R_2 \quad (4)$$

параллельное

$$I = I_1 + I_2,$$

$$I = \frac{U}{R},$$

$$\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}.$$

$$U_1 = U_2 = U,$$

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}.$$

Выносим за скобки общий множитель:

$$U \frac{1}{R} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

после сокращения, получаем:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (5)$$

Новые физические понятия

- закон Ома для участка цепи;
- полное сопротивление.

Запомните!

При последовательном соединении проводников общее сопротивление равно сумме сопротивлений всех проводников.

При параллельном соединении проводников величина, обратная величине общего сопротивления равна сумме обратных величин сопротивлений каждого проводника.

Определение электрического сопротивления

Цель работы: определить электрическое сопротивление резистора.

Необходимое оборудование и материалы: источник тока, резистор, вольтметр, амперметр, реостат, соединительные провода.

Содержание и метод выполнения работы: Согласно закону Ома для участка цепи $I = \frac{U}{R}$, следовательно, можно получить расчетную формулу для определения сопротивления $R = \frac{U}{I}$.

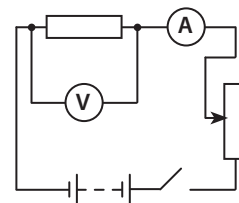


Рис. 3

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь (рис. 1).
2. Измерьте силу тока и напряжение на резисторе, изменяя три раза позицию ползунка реостата.
3. Вычислите значения сопротивления резистора R ; среднее значение сопротивления и абсолютные погрешности.
4. Данные измерений и вычислений занесите в таблицу.
5. Представьте примеры вычислений, конечный результат и сформулируйте соответствующие выводы.

Таблица. Результаты выполненных измерений и вычислений

№	U , В	I , А	R , Ом	ΔR , Ом
1				
2				
3				
Среднее значение:				

Представьте примеры вычисления сопротивления R , определите абсолютную погрешность.

$$R = \frac{U}{I}$$

$$\Delta R = |R_{cp} - R|$$

$$R_{cp} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}$$

$$\Delta R_{cp} = \frac{\Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3}{3}$$

Представьте окончательный результат в виде:

$$R = R_{cp} \pm \Delta R_{cp} = (\text{-----} \pm \text{-----}) \text{ Ом}$$

Сформулируйте выводы.

1. Определите общее сопротивление электрической цепи, состоящей из двух резисторов $R_1 = 6 \text{ Ом}$ и $R_2 = 12 \text{ Ом}$, соединенных параллельно.

Дано:

$$R_1 = 6 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 12 \text{ Ом}$$

$R = ?$

Решение:

Определим общее сопротивление двух параллельно соединенных проводников по формуле:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (1);$$

Из (1) выражаем R .

Сначала находим общий знаменатель:

$$\frac{1}{R} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 \cdot R_2} \quad (2), \quad \text{где:} \quad R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_2 + R_1} \quad (3);$$

Подставляем числовые значения в (3) и вычисляем:

$$R = \frac{6 \text{ Ом} \cdot 12 \text{ Ом}}{12 \text{ Ом} + 6 \text{ Ом}} = \frac{72 \text{ Ом}}{18 \text{ Ом}} = 4 \text{ Ом}.$$

Ответ: Общее сопротивление цепи $R = 4 \text{ Ом}$.

2. В электрической цепи, представленной схематично на рис. 4, сопротивление $R_1 = 200 \text{ Ом}$, показания вольтметра – 100 В, показания – амперметра A – 1,5 А. определите сопротивление второго резистора и показания амперметров A_1 и A_2 .

Дано:

$$R_1 = 200 \text{ Ом}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

$$I = 1,5 \text{ А}$$

$$R_2 - ?$$

$$I_1 - ?$$

$$I_2 - ?$$

Решение:

При параллельном соединении проводников:

$$U_1 = U_2 = U.$$

Для определения силы тока через резистор R_1 , применим закон Ома:

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U}{R_1} = \frac{100 \text{ В}}{200 \text{ Ом}} = 0,5 \text{ А}.$$

При параллельном соединении проводников: $I = I_1 + I_2$,

откуда: $I_2 = I - I_1 = 1,5 \text{ А} - 0,5 \text{ А} = 1 \text{ А}.$

Применим закон Ома для участка цепи, содержащего резистор R_2

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2},$$

$$\text{получим: } R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U}{I_2} = \frac{100 \text{ В}}{1 \text{ А}} = 100 \text{ Ом}.$$

Ответ: $I_1 = 0,5 \text{ А}$, $I_2 = 1 \text{ А}$, $R_2 = 100 \text{ Ом}.$

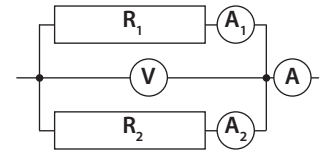


Рис. 4

Проверка
знаний

- Каковы будут показания амперметра в электрической цепи, представленной на схеме рис. 5, если показания вольтметра – 3 В, а сопротивление резистора $R = 2 \text{ Ом}$?
- По спирали электроплиты сопротивлением 250 Ом проходит электрический ток силой 2 А. Определите напряжение, поданное на электроплиту.
- Цепь состоит из двух параллельно соединенных проводников с сопротивлением 5 Ом и 10 Ом. Нарисуйте схему электрической цепи и определите общее сопротивление цепи.
- Цепь состоит из 30 одинаковых электроламп, соединенных последовательно. Определите сопротивление одной лампы, если известно, что общее сопротивление цепи равно 120 Ом.
- Проводник сопротивлением 30 Ом разрезали пополам. Полученные проводники расположили рядом как один проводник. Во сколько раз изменилось сопротивление полученного проводника? Обоснуйте ответ.
- Определите сопротивление лампы, если сила тока, проходящего через лампу равна 0,25 А при напряжении 3,5 В.
- Определите напряжение на концах никелевого проводника длиной 10 м, площадью поперечного сечения 1 мм², если сила тока, проходящего через проводник, равна 0,1 А.
- Во сколько раз уменьшится сопротивление батареи, составленной из трех одинаковых резисторов, соединенных последовательно, при параллельном соединении?
- Соберите электрическую цепь, состоящую из гальванического элемента и трех ламп, две из которых включены параллельно, а третья – последовательно первым двум. Измерьте силу тока на разных участках цепи. Нарисуйте схему электрической цепи для каждого случая.
- Представьте схему сборки электрической цепи для создания елочной гирлянды так, чтобы если одна лампочка выйдет из строя, остальные продолжают светить.
- Имея в распоряжении лампу, рассчитанную на напряжение 3,5 В, проволоку известного сопротивления и диаметра, а также линейку, предложите план сборки электрической цепи, питающей лампу от источника тока 5 В. Нарисуйте схему электрической цепи и опишите элементы электрической цепи.

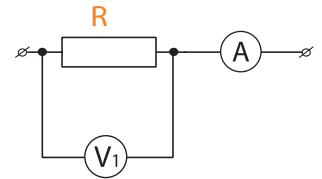


Рис. 5

3.5. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля. Применение. Лабораторная работа № 5

Информация

Из определения силы электрического тока следует:

$$q = I \cdot t \quad (1).$$

Из выражения для электрического напряжения можно определить работу, совершаемую на участке цепи, которую еще называют работой электрического тока:

$$A = U \cdot q \quad (2).$$

Подставив выражение q из (1) в (2), получим расчетную формулу для определения работы электрического тока:

$$A = U \cdot I \cdot t \quad (3).$$

Из курса физики за 7 класс вам известно определение механической мощности:

$$P = \frac{A}{t} \quad (4), \quad [P]_{\text{СИ}} = \text{Вт}.$$

Следовательно, мощность электрического тока на данном участке равна:

$$P = \frac{U \cdot I \cdot t}{t} = U \cdot I \quad \text{или} \quad P = U \cdot I \quad (5).$$



Запомните!

Мощность постоянного электрического тока определяется произведением напряжения на силу тока.

Из формулы $P = U \cdot I$ следует, что: $1 \text{ Вт} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А}$.

Мощность электрического тока можно определить с помощью вольтметра и амперметра.

Лабораторная работа № 5

Определение мощности электрической лампы

Оборудование: батарея гальванических элементов, низковольтная лампа на подставке, вольтметр, амперметр, реостат, соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь по схеме, представленной на рис. 1.
2. Замкните электрическую цепь, снимите показания приборов и запишите в таблицу.
3. Вычислите мощность тока, проходящего через лампу, и занесите результат в таблицу.
4. Вычислите работу электрического тока A , совершенную за 24 ч.
5. Рассчитайте стоимость электроэнергии p , потребленной лампой за этот интервал времени. ($p_0 = 3 \text{ лей/кВт}\cdot\text{ч}$).
6. Повторите действия, описанные в пунктах 2–5, для двух различных позиций ползунка реостата.
7. Занесите полученные результаты в таблицу.
8. Представьте примеры вычислений, конечный результат и сформулируйте соответствующие выводы.

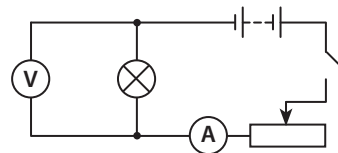


Рис. 1

Таблица. Результаты выполненных измерений и вычислений

U , В	I , А	P , Вт	t , с	A , Дж	p , лей

Представьте примеры вычислений:

$$P = U \cdot I \quad A = P \cdot t \quad p = p_0 \cdot A$$

Представьте окончательный результат в виде:

$$P = \dots \text{ Вт}; \quad A = \dots \text{ Дж} = \dots \text{ кВт}\cdot\text{ч}; \quad p = \dots \text{ лей}.$$

Сформулируйте выводы.

Эксперимент

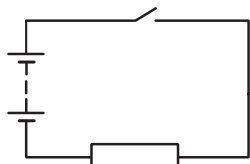


Рис. 2

Историческая справка

Явление нагревания проводников электрическим током, названное тепловым действием тока, обнаружено в 1801 году английским ученым Хамфри Дэви. Он подключил полюса батареи элементов Вольта к тонкой платиновой нити. Провод накалился до покраснения.

Новые физические понятия

- **мощность электрического тока;**
- **закон Джоуля.**

- В схеме электрической цепи, представленной на рис. 2, в качестве проводника используется нихильевая проволока спиральной формы, закрепленная на подставке, а в качестве источника тока – батарея гальванических элементов.
- При замыкании цепи наблюдается нагревание провода.

Причиной нагревания проводника, по которому идет ток, является взаимодействие свободных электронов металла с ионами кристаллической решетки. В результате этого взаимодействия электроны передают часть своей энергии ионам кристаллической решетки. Экспериментально доказано, что в неподвижных металлических проводниках вся работа тока направлена на увеличение внутренней энергии. Таким образом, количество теплоты, выделенное проводником, будет равно работе электрического тока.

То есть: $Q = A$ или $Q = U \cdot I \cdot t$ (6).

Из закона Ома для участка цепи выражаем электрическое напряжение.

$$U = I \cdot R \quad (7).$$

Подставив в (6) выражение U из (7), получим:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad (8).$$

Запомните!

Количество теплоты, выделяемое проводником, по которому протекает электрический ток, равно произведению квадрата силы тока на сопротивление проводника и на время протекания тока.

Это утверждение известно как **закон Джоуля**, а формула (8) представляет математическое выражение этого закона.

Вам уже известно, что количество теплоты в системе СИ измеряют в Джоулях (Дж), $[Q]_{\text{СИ}} = \text{Дж}$.

На практике для измерения электроэнергии используется альтернативная системе СИ единица измерения – киловатт · час (кВт · ч).

Определение

Киловатт-час – единица измерения, равная количеству энергии, потребляемой (производимой) устройством мощностью один киловатт в течение одного часа.

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3\,600\,000 \text{ Дж} = 3,6 \text{ МДж}.$$

Соблюдение правил безопасности при использовании электроприборов

Электрические устройства обеспечивают наш комфорт и помогают получить множество преимуществ, если при их использовании соблюдать правила безопасности:

1. Перед подключением устройства к источнику электрического тока:
 - убедитесь в исправности устройства;
 - проверьте целостность проводов и розетки, к которой вы хотите подключить устройство.
2. С максимальной осторожностью используйте электрические устройства в помещениях, где есть источник воды: на кухне и в ванной, потому что вода является хорошим проводником электричества.
3. Покупайте бытовую технику только у официальных дилеров и изучайте внимательно паспорт приобретенного электроприбора, так как он может содержать ценные инструкции и точные указания, предупреждающие о правилах безопасности при использовании электроприбора.

Меры предосторожности от поражения электрическим током в различных ситуациях

1. Во избежание возможного короткого замыкания, которое может привести к возгоранию, не перегружайте розетку, подключая одновременно несколько бытовых приборов к одному источнику электроэнергии.
2. Не используйте подручные или самодельные электроприборы для обогрева помещения, воды или приготовления пищи. Не используйте удлинители с поврежденным изоляционным слоем.
3. Не протягивайте токоведущий кабель под ковром, под ножками мебели, за отопительной батареей и следите за тем, чтобы провод не перекручивался и не собирался в петли. Эти действия могут повредить защитное покрытие, что может создать опасность поражения электрическим током.

Применение

Принцип работы лампы накаливания основан на применении теплового действия электрического тока.

- Ознакомьтесь с устройством лампы накаливания и цоколя (рис. 5).
 - Почему инертные газы закачивают в стеклянную колбу под низким давлением?
 - Почему нить лампы изготовлена из вольфрама?
 - Изобразите на рисунке направление тока в цоколе лампы.
- Исследуйте применение теплового действия электрического тока на примере таких устройств, как: электрическая сеть, утюг, электрическая печь, плавкий предохранитель и т. д., по плану:
 - назначение устройства;
 - особенности конструкции;
 - принцип работы;
 - пределы использования;
 - правила техники безопасности.

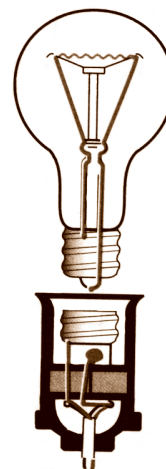


Рис. 5

Пример решения задачи

Для экономии электроэнергии решили приобрести 6 светодиодных ламп по 9 Вт вместо 6 ламп накаливания мощностью 100 Вт. Определите количество дней, за которые окупятся вложения, если стоимость лампы накаливания составляет 18,3 лей, а стоимость светодиодной лампы – 79 лей. Лампы, в среднем, работают 5 часов в день. Считать стоимость электроэнергии 3 лея за 1 кВт·ч.

Дано:

$$n = 6$$

$$P_1 = 100 \text{ Вт}$$

$$P_2 = 9 \text{ Вт}$$

$$p_1 = 18,3 \text{ лей}$$

$$p_2 = 79 \text{ лей}$$

$$t = 5 \text{ ч}$$

$$p_0 = 3 \text{ лей/(кВт·ч)}$$

$$N - ?$$

Решение:

Определяем электрическую энергию, потребляемую каждой лампой в течение суток:

$$E_1 = P_1 \cdot t = 100 \text{ Вт} \cdot 5 \text{ ч} = 500 \text{ Вт·ч}$$

$$E_2 = P_2 \cdot t = 9 \text{ Вт} \cdot 5 \text{ ч} = 45 \text{ Вт·ч}$$

Сэкономленная энергия при замене одной лампы за сутки:

$$\Delta E_1 = E_1 - E_2 = 500 \text{ Вт·ч} - 45 \text{ Вт·ч} = 455 \text{ Вт·ч}$$

При замене 6 лампочек экономия в день составит:

$$\Delta E = n \cdot \Delta E_1 = 6 \cdot 455 \text{ Вт·ч} = 2730 \text{ Вт·ч} = 2,73 \text{ кВт·ч}$$

Стоимость электроэнергии, сэкономленной за сутки, составит:

$$p = p_0 \cdot \Delta E = 3 \text{ лея/(кВт·ч)} \cdot 2,73 \text{ кВт·ч} = 8,1 \text{ лей}$$

Вложения при замене 6 лампочек:

$$\Delta p = n \cdot (p_2 - p_1) = 6 \cdot (79 \text{ лей} - 18,3 \text{ лей}) = 6 \cdot 60,7 \text{ лей} = 364,2 \text{ лей}$$

Таким образом, вложения окупятся через:

$$N = \frac{\Delta p}{p} = \frac{364,2 \text{ лей}}{8,19 \text{ лей}} \approx 44,5 \text{ дня.}$$

Ответ: Вложения окупятся через $\approx 44,5$ дней.

Проверка знаний

- Определите работу, совершаемую электрическим током, если по проводнику при напряжении 30 В протекает заряд 75 Кл.
- Лампа подключена в цепь напряжением 220 В и силой тока 0,5 А. Определите работу, совершенную электрическим током, протекающим через электрическую лампу за 5 мин.
- Определите мощность электрического тока в лампе, подключенной к напряжению 220 В, если сопротивление нити накала лампы 484 Ом.
- Динамо-машина велосипеда генерирует электрический ток для лампочки. Сила тока равна 0,28 А. Определите напряжение на лампочке и мощность динамо-машины, если за 3 ч электрический ток совершил работу 6,72 Вт·ч.
- Рассчитайте сумму, необходимую для оплаты электроэнергии, потребляемой лампой мощностью 60 Вт, которая включена 6 часов в день в течение месяца (30 дней) по тарифу 3 лей/(кВт·ч).

Обобщение

Тела могут быть наэлектризованы. В результате электризации они взаимодействуют с другими телами.

Электрический заряд – физическая величина, характеризующая состояние наэлектризованности тела. Обозначают буквой q . Единицей измерения электрического заряда является Кулон (Кл).

Физическая величина, численно равная работе сил, приложенных для переноса заряда 1 Кл между двумя точками называется **электрическим напряжением**. Обозначают буквой U . Единица измерения – Вольт (В).

$$U = \frac{A}{q} \quad [U]_{\text{СИ}} = \text{В}$$

Напряжение измеряют **вольтметром** или **датчиком напряжения**.

Упорядоченное движение свободных заряженных частиц называется **электрическим током**. За направление электрического тока принимается направление движения положительно заряженных частиц. Другими словами, электрический ток течет по проводнику от положительного полюса (+) к отрицательному полюсу (–). Электрический ток, направление которого не изменяется с течением времени, называется **постоянным электрическим током**.

Для получения в проводнике электрического тока необходимо совершение работы **источником тока**. В источниках постоянного тока происходит разделение отрицательно заряженных частиц от положительно заряженных.

Для передачи энергии источника электрического тока потребителю, например электрической лампе, полюса источника тока соединяют с потребителем соединительными проводами. Физическая величина, численно равная электрическому заряду, проходящему через поперечное сечение проводника за одну секунду, называется **силой тока**. Обозначают буквой I . Единица измерения – Ампер (А).

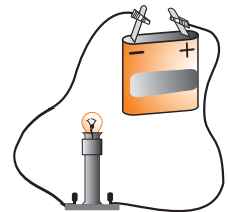


Рис. 1

$$I = \frac{q}{t} \quad [I]_{\text{СИ}} = \text{А}$$

Силу электрического тока измеряют **амперметром**.

Для подключения и отключения потребителя от источника тока используется **выключатель**.

Источник электрического тока, потребитель, выключатель и соединительные провода составляют **простейшую электрическую цепь**.

Для графического изображения и лучшего понимания способа подключения приборов и устройств к электрической цепи используются специальные рисунки, называемые электрическими схемами. Приборы и другие элементы цепи обозначаются условными знаками (рис. 2).

Примеры:

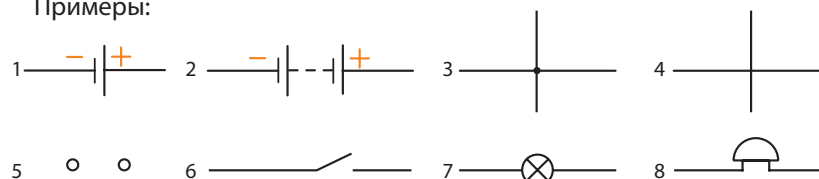


Рис. 2

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. Гальванический элемент или аккумулятор. | 5. Клеммы (зажимы) для подключения. |
| 2. Батарея гальванических элементов. | 6. Переключатель. |
| 3. Соединение проводов. | 7. Электрическая лампа. |
| 4. Пересечение проводов без соединения. | 8. Электрический звонок. |

Каждый проводник в той или иной степени противодействует электрическому току. Физическая величина, характеризующая свойство проводника противодействовать электрическому току, называется **электрическим сопротивлением**. Обозначают буквой R . Единица измерения – Ом (Ом). Сопротивление измеряется *омметром*.

Электрическое сопротивление зависит от длины проводника, от площади его поперечного сечения и природы вещества, из которого изготовлен проводник.

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad [R]_{\text{СИ}} = \text{Ом},$$

где ρ – **удельное сопротивление**, постоянная величина для определенного вещества.

Сопротивление участка цепи изменяют с помощью **реостата**.

Причиной существования электрического сопротивления является взаимодействие электронов, движущихся направленно по проводнику, с ионами кристаллической решетки. В результате взаимодействия внутренняя энергия проводника увеличивается. Он нагревается. Явление называется **тепловым действием** электрического тока.

Количество теплоты, отдаваемое проводником, равно **работе, совершаемой током**.

$$Q = U \cdot I \cdot t \quad \text{или} \quad Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad (1) \quad [Q]_{\text{СИ}} = \text{Дж}$$

Выражение (1) представляет собой **закон Джоуля**.

Физическая величина $P = U \cdot I$ называется **мощностью электрического тока**.

Как и механическая мощность $[P]_{\text{СИ}} = \text{Вт}$.

Тепловое действие электрического тока применяют в различных устройствах: лампы накаливания, плавкий предохранитель, электрическая сеть, утюг, электрическая печь и т. д.

Зависимость силы электрического тока на участке цепи от напряжения, поданного на концы цепи, и сопротивления определяется **законом Ома для участка цепи**.

$$I = \frac{U}{R}$$

Подготовьте сообщение

Подготовьте сообщение на одну из тем: «Правила безопасности и предупреждение поражения электрическим током в различных ситуациях (в школе, дома)» / «Лампа накаливания» / «Безопасность предохранителей» / «Применение электрического тока в медицине» / «Электрические цепи в быту», следуя инструкции на стр. 97.

Проект STEM/STEAM

Разработайте проект «Экономия электроэнергии», следуя инструкции на стр. 97.

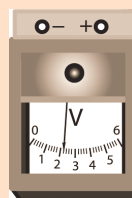
СУММАТИВНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ

Предлагаемый тест предназначен для определения уровня знаний, усвоенных при изучении данной главы.

I. В заданиях 1–3 представьте краткий ответ.

1. Продолжите утверждения так, чтобы они были верными: каждое 1 б.
 - а) Направленное движение свободных заряженных частиц называется электрическим
 - б) Напряжение – физическая величина, определяющая при перемещении заряда, равного 1 Кл, между двумя точками цепи.
 - в) Электрическое сопротивление характеризует свойство проводника протеканию электрического тока.
2. Установите (стрелками) соответствие между физическими величинами и единицами измерений: каждое 1 б.

Электрическое сопротивление	Ом м
Работа электрического тока	кДж
Мощность электрического тока	кВт
Удельное сопротивление	Ом
	мВ



3. Рассмотрите изображение:
Определите значение напряжения, показываемое вольтметром 2 б.

II. В заданиях 4–6 представьте полное решение задач.

4. Определите длину провода с удельным сопротивлением $150 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, площадью поперечного сечения $4 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$, необходимого для изготовления резистора сопротивлением 75 Ом 3 б.
5. Электрический заряд, равный 5 Кл проходит через поперечное сечение проводника за 3 с. Определите силу тока в проводнике 2 б.
6. Электроплиту подключают к источнику тока напряжением 220 В. За 20 минут электроплита выделяет количество теплоты, равное 1,05 МДж. Определите силу тока и мощность электроплиты 5 б.

*Закон Ома для полной цепи. Смешанное соединение проводников

На рисунке 1 представлена замкнутая электрическая цепь, состоящая из резистора R и источника постоянного тока. Назначение источника тока заключается в поддержании постоянного напряжения U на полюсах источника тока. При наличии напряжения в резисторе R появляется постоянный электрический ток.

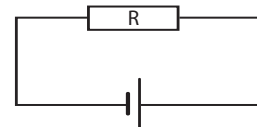


Рис. 1

Возникает вопрос: почему избыток электронов не проходит через источник от клеммы «-» к клемме «+»? Это получится объяснить, если предположить, что внутри источника существуют сторонние силы (иной природы, неэлектрической), ориентированные противоположно силам, действующим на заряд.

Определение >

Электродвижущая сила (ЭДС) – физическая величина, равная отношению работы сторонних сил, необходимой для перемещения положительного электрического заряда внутри источника тока от одного полюса к другому, к величине этого заряда.

Электродвижущую силу обозначают буквой $\mathcal{E}$. Согласно определению:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{cm}}{q}, \quad [\mathcal{E}]_{СИ} = В,$$

где A_{cm} – работа сторонних сил, а q – величина переносимого положительного электрического заряда.

Источники постоянного электрического тока могут различаться, но общим для всех источников постоянного тока является то, что в любом источнике постоянного тока совершается работа по разделению отрицательно заряженных частиц от положительно заряженных, которые накапливаются на полюсах: отрицательном и положительном.



Химические источники электрического тока позволяют получать ЭДС до 2 В. При этом химические реакции могут быть обратимыми и необратимыми. Например, в гальванических элементах, состоящих из цинковых и медных пластин, погруженных в раствор серной кислоты, медный электрод постепенно растворяется и, таким образом, химическая реакция становится необратимой. В аккумуляторах химические реакции обратимы: использованный электрод восстанавливается в результате подзарядки устройства.



Предположим, что в электрической цепи, представленной на рис. 1, через поперечное сечение проводника проходит электрический заряд q за время t . Тогда работа сторонних сил:

$$A_{cm} = q \cdot \mathcal{E} \quad (6).$$

По формуле $I = \frac{q}{t}$ получаем: $q = I \cdot t$ (7).

Подставив (7) в (6), получим формулу для определения работы сторонних сил:

$$A_{cm} = I \cdot \mathcal{E} \cdot t \quad (8).$$

При этом во внешней и внутренней цепи выделяется количество теплоты Q , которая согласно закону Джоуля равна:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t + I^2 \cdot r \cdot t = I^2 \cdot t \cdot (R + r) \quad (9),$$

где r – внутреннее сопротивление источника тока.

Согласно закону сохранения энергии:

$$A_{cm} = Q \quad (10).$$

Подставив (8) и (9) в (10), получим:

$$I \mathcal{E} t = I^2 \cdot t \cdot (R + r), \quad \text{откуда:} \quad I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \quad (11).$$

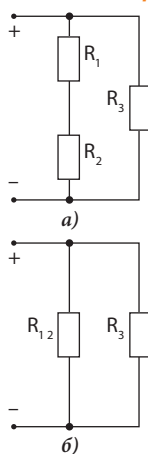
Формула (11) представляет собой математическое выражение **закона Ома для полной цепи**.



Запомните!

Сила тока в цепи определяется отношением ЭДС к полному сопротивлению цепи.

Пример решения задачи



Дано:

$$R_1 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 5 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 30 \text{ Ом}$$

$$R = ?$$

Сопротивление резисторов, представленных на схеме, равно $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 5 \text{ Ом}$ и $R_3 = 30 \text{ Ом}$. Определите общее сопротивление цепи.

Решение:

В схеме (рис. 2, а) два резистора (R_1 и R_2), соединенные последовательно, включены параллельно резистору R_3 . Такое соединение называется смешанным. Для определения общего сопротивления упростим эту схему: Резисторы R_1 и R_2 (одинаковое соединение) будем считать одним резистором с сопротивлением:

$$R_{12} = R_1 + R_2 = 10 \text{ Ом} + 5 \text{ Ом} = 15 \text{ Ом}.$$

Полное сопротивление упрощенной цепи (рис. 2, б) найдем из выражения (1)

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_3} \quad (1) \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{R_3 + R_{12}}{R_{12} \cdot R_3};$$

$$\text{Общее сопротивление цепи: } R = \frac{R_{12} \cdot R_3}{R_3 + R_{12}} \Rightarrow$$

$$R = \frac{15 \text{ Ом} \cdot 30 \text{ Ом}}{30 \text{ Ом} + 15 \text{ Ом}} = \frac{450 \text{ Ом}}{45 \text{ Ом}} = 10 \text{ Ом}.$$

Ответ: Общее сопротивление цепи $R = 10 \text{ Ом}$.

Проверка знаний

Новые физические понятия

- электродвижущая сила (ЭДС);
- внутреннее сопротивление источника;
- закон Ома для полной цепи.

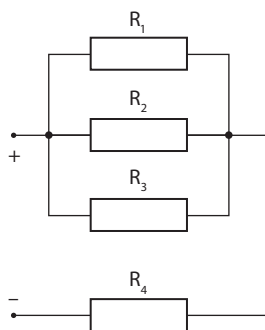


Рис. 3

1. Для разделения зарядов +8 Кл и –8 Кл сторонние силы совершили работу 12 Дж. Определите электродвижущую силу источника тока.
2. В генераторе, с ЭДС, равной 2 В, заряд 450 Кл переносится от одного полюса источника тока к другому. Какую работу в этом случае выполняют сторонние силы?
3. К источнику тока с ЭДС, равной 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключают реостат сопротивлением 5 Ом. Определите силу тока в цепи и падение напряжения на резисторе.
4. ЭДС источника тока составляет 12 В, а его внутреннее сопротивление – 0,5 Ом. При каком внешнем сопротивлении цепи сила тока будет равна 2 А?
5. ЭДС источника постоянного тока равна 24 В. При подключении к внешнему сопротивлению 10 Ом, ток в цепи составил – 2 А. Определите сопротивление источника тока.
6. Напряжение на зажимах источника тока равно 4 В при замкнутой внешней цепи, а сопротивление внешней цепи в 4 раза больше, чем внутреннее сопротивление источника. Определите ЭДС источника тока?
7. Если к гальваническому элементу подключить потребитель сопротивлением $R_1 = 7 \text{ Ом}$, амперметр показывает силу тока $I_1 = 1,5 \text{ А}$. Если подключить другой потребитель, сопротивлением $R_2 = 4 \text{ Ом}$, тогда сила тока в цепи $I_2 = 2,4 \text{ А}$. Определите ЭДС гальванического элемента.
8. Аккумулятор с ЭДС – 6 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом питают внешнюю цепь с сопротивлением 2,8 Ом. Какое количество теплоты выделится за 5 мин во внешней цепи?
9. Сопротивления резисторов, представленных на схеме рис. 3, имеют значения: $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $R_3 = 6 \text{ Ом}$, $R_4 = 5 \text{ Ом}$. Определите общее сопротивление цепи.
10. Батарея резисторов состоит из двух резисторов сопротивлением 2,5 Ом, соединенных последовательно, и третьего резистора сопротивлением 5 Ом, подключенного параллельно первым двум. Определите общее сопротивление батареи.

Глава 4

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. МАГНИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

4.1. Магнитное поле. Магнитное поле постоянного электрического тока

4.2. Электромагниты и их применение

4.3. Электромагнитная сила

4.4. Электрические двигатели

Обобщение

Суммативное оценивание



Изучив данный раздел, вы сможете:

- определить, каким символом обозначается и какой единицей измеряется физическая величина;
- графически изобразить: электромагнитную силу, направление вектора магнитной индукции;
- распознать электромагнитные явления, наблюдаемые в природе и технике;
- объяснить с физической точки зрения некоторые явления, изучаемые в рамках других школьных предметов;
- изготовить электромагнит;
- применить изученные формулы физических величин/законов при решении задач/проблемных ситуаций;
- предложить собственный план действий по использованию электрических/электромагнитных устройств.

4.1. Магнитное поле. Магнитное поле постоянного электрического тока

В 6-м классе вы изучали магниты, взаимодействие магнитных полюсов и свойство магнитов притягивать железосодержащие тела. Все эти взаимодействия относятся к области магнитных явлений.

Историческая справка



Вильям Гилберт

Магнитные и электрические явления были известны с античных времен, примерно с VI века до н.э. Прошло много столетий, прежде чем в XVI веке появилась первая научная работа, посвященная магнитным явлениям «О магните, магнитных телах и большом магните – Земле». Ее автор **Вильям Гилберт (1544 – 1603)**, врач английского королевского двора, описал около 600 экспериментов, связанных с магнитными явлениями. Он продемонстрировал существование двух неразделимых полюсов магнита, изучил их взаимодействие, а также поведение магнитной стрелки вблизи намагниченной сферы. Таким образом, проведя аналогию с поведением магнитной стрелки компаса относительно полюсов Земли, Вильям Гилберт продемонстрировал, что наша планета является огромным магнитом.

Но какова природа магнитного поля? Чем порождается магнитное поле? Ответы могут быть получены с помощью экспериментальных исследований.

Эксперимент

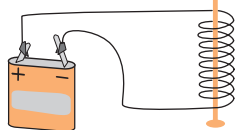


Рис. 1

- Намотайте 50÷60 витков изолированного медного провода диаметром ≈ 1 мм на стальной гвоздь длиной 10÷15 см.
- Подключите концы провода к источнику тока напряжением 4,5 В (рис. 1).
- Поднесите к одному из концов гвоздя небольшие железные предметы (гвозди, скрепки и т.д.). Опишите наблюдения?

Под действием электрического тока гвоздь приобрел свойство притягивать предметы, содержащие железо. Свойство притягивать железосодержащие тела гвоздь сохраняет даже спустя некоторое время после прекращения подачи электрического тока.

В следующем опыте исследуйте действие металлического проводника, по которому течет электрический ток, на магнитную стрелку.

Практическая работа

Необходимое оборудование: источник постоянного тока, прямолинейный проводник с большим поперечным сечением, переключатель, магнитная стрелка, расположенная на вертикальной опоре, реостат, соединительные провода.

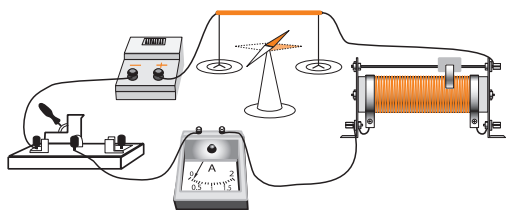


Рис. 2

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь, представленную на рис. 2, убедитесь, что все элементы электрической цепи в рабочем состоянии.
2. Поместите магнитную стрелку рядом с электрическим проводником. Наблюдайте за магнитной стрелкой:
 - при разомкнутой электрической цепи;
 - магнитная стрелка ориентирована в направлении Юг-Север Земли.
3. Замкните электрическую цепь с помощью выключателя.
 - В проводнике появляется электрический ток.
 - Что происходит в этом случае с магнитной стрелкой?
4. Повторите эксперимент, изменив направление электрического тока в цепи на противоположное. Опишите наблюдения.

Запомните!

Прямолинейный проводник, по которому проходит электрический ток, оказывает определенное воздействие на магнитную стрелку. Направление, оказываемого действия изменяется с изменением направления электрического тока в проводнике.

Определение

Форма существования материи, посредством которой осуществляются магнитные взаимодействия, называется **магнитным полем**.

Вокруг проводника с током возникает магнитное поле. А поскольку электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц, то можно предположить, что магнитное поле порождается движущимися электрически заряженными частицами. Магнитное поле также существует вокруг постоянного магнита, оно проявляется по воздействию на магнитную стрелку (рис. 3). Но порождается магнитное поле движущимися электронами, которые входят в состав атомов магнита.

Существование магнитного поля вокруг проводника с током представляет собой **магнитное действие** электрического тока. Впервые его заметил датский ученый, физик Ханс Кристиан Эрстед (1777-1851), который и считается автором открытия.

Следующий эксперимент, который подтверждает существование магнитного поля вокруг проводника с током, выполним с помощью железных опилок. Намагничиваясь в магнитном поле, опилки ведут себя как магнитные стрелки.

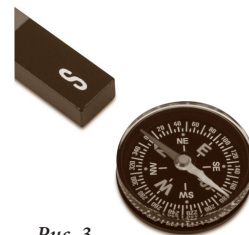


Рис. 3

Практическая работа

1. Соберите цепь, представленную на рис. 4. Прямолинейный проводник установите вертикально, пропустив через плоскость изолирующей пластины (например, из органического стекла или картона).
2. Равномерно насыпьте железные опилки на пластину вокруг вертикально расположенного проводника.
3. Замкните электрическую цепь и слегка постучите пальцем по пластине.
4. Поместите 3-4 магнитные стрелки на пластину в разных точках вокруг проводника.
 - Как располагаются магнитные стрелки?
5. Повторите эксперимент, изменив направление электрического тока в проводнике.
 - Что в этом случае происходит с железными опилками?
 - А с магнитными стрелками?
- Сформулируйте соответствующие выводы.

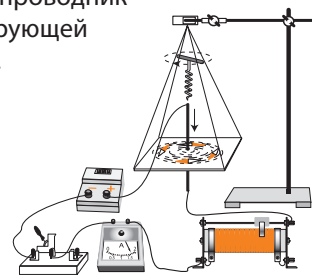


Рис. 4

Определение

Линии, вдоль которых ориентируются железные опилки, называются **силовыми линиями магнитного поля**.

На рис. 5 изображены силовые линии магнитного поля постоянного магнита. Замкнутые линии ориентированы от северного полюса к южному полюсу. Линии магнитного поля вокруг прямолинейного проводника, по которому протекает ток, представляют собой замкнутые кривые линии вокруг проводника с током, ориентированные в определенном **направлении**. Направление силовых линий зависит от направления электрического тока, создающего магнитное поле.

Железные опилки позволяют визуализировать конфигурацию линий магнитного поля. Полученное изображение называется **спектром магнитного поля**.

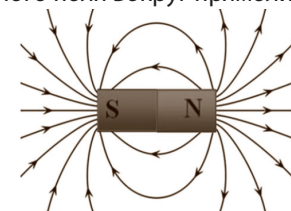


Рис. 5

Запомните!

Силовые линии магнитного поля, образующиеся вокруг прямолинейного проводника с электрическим током, имеют форму концентрических кругов с центром в проводнике. Направление линий магнитного поля в определенной точке пространства определяется северным полюсом магнитной стрелки, находящейся в этой точке.

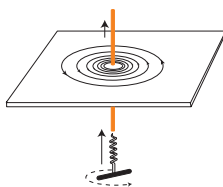


Рис. 6



Рис. 7

Направление силовых линий магнитного поля по отношению к направлению электрического тока можно определить другим способом. Для этого воспользуемся **правилом буравчика/правого винта**.

Запомните!

Направление силовых линий магнитного поля электрического тока совпадает с направлением вращения ручки буравчика, движущегося вдоль прямолинейного проводника по направлению электрического тока в проводнике (рис. 6).

Направление силовых линий также можно определить с помощью правила правой руки (рис. 7).

Запомните!

Направление силовых линий магнитного поля электрического тока совпадает по направлению с расположением четырех пальцев правой руки при охвате проводника таким образом, чтобы большой палец указывал направление тока в прямолинейном проводнике.

Для усиления магнитного поля проводник наматывают на каркас, который может быть цилиндрической или другой формы.

Определение

Провод, намотанный на цилиндрический (или другой формы) каркас называется **катушкой**. Катушка, состоящая из одного слоя витков, называется **соленоидом**.

Практическая работа

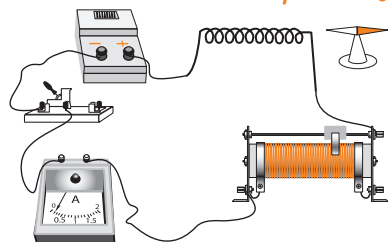


Рис. 8

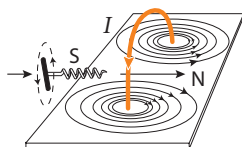


Рис. 9

1. Соберите установку, представленную на рис. 2, заменив линейный проводник соленоидом (рис. 8).
 - Исследуйте магнитное поле соленоида с помощью магнитной стрелки, располагая магнитную стрелку в различных положениях рядом с соленоидом.
 - Опишите наблюдения и проанализируйте поведение магнитной стрелки.
2. Повторите эксперимент, изменив направление электрического тока в соленоиде. Проанализируйте поведение магнитной стрелки в этом случае.
3. Сравните поведение магнитной стрелки в выполненном исследовании в случае включения в электрическую цепь:
 - линейного проводника;
 - соленоида.

Запомните!

Соленоид, по которому протекает электрический ток, подобен **магниту**. **Магнитные полюса** соленоида меняются при изменении направления электрического тока.

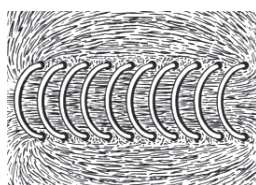


Рис. 10

В соленоиде, по которому протекает электрический ток, магнитное поле образуется в каждом витке. Спектр магнитного поля витка (проводника в форме круга), по которому протекает ток, представлен на рис. 9. Внутри каждого витка силовые линии магнитного поля имеют одинаковое направление. Поэтому магнитное поле катушки сильнее, чем линейного проводника. Магнитное поле соленоида создается магнитными полями каждого витка катушки. Таким образом, результирующее магнитное поле усиливается с увеличением числа витков (рис. 10).

Определение

Физическая величина, характеризующая интенсивность действия магнитного поля в данной среде, называется **магнитной индукцией**.

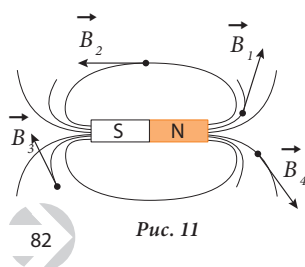


Рис. 11

Магнитная индукция – векторная величина, обозначается буквой $\vec{B}$. Этот вектор расположен по касательной к силовой линии магнитного поля, в любой точке (рис. 11).

Проверка
знаний

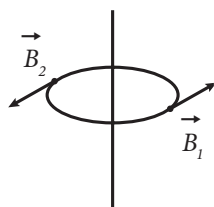


Рис. 12

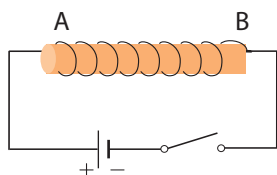


Рис. 13

Новые физические
понятия

- магнитное действие электрического тока;
- силовые линии магнитного поля;
- катушка;
- спектр силовых линий магнитного поля;
- соленоид;
- правило правой руки;
- магнитная индукция.

1. Что представляет собой магнитное поле?
2. Как можно графически представить магнитное поле?
3. Охарактеризуйте силовые линии магнитного поля.
4. Сформулируйте правило правой руки.
5. Определите сходство и различие магнитного поля прямолинейного проводника и кругового проводника с электрическим током?
6. Определите направление электрического тока, протекающего по проводнику, если известно направление вектора магнитной индукции (рис. 12).
7. На концах соленоида одинаковые «южные» магнитные полюса. Могут ли оба полюса быть «северными»? Обоснуйте ответ.
8. Через соленоид пропускают электрический ток (рис. 13). Определите полюса соленоида.
9. Определите направление электрического тока в соленоиде и полюса источника тока (рис. 14), если северный полюс расположен внизу соленоида.
10. Витки в соленоиде A (рис. 15) намотаны по часовой стрелке, а в соленоиде B – наоборот. Определите полюса каждого соленоида.
11. Определите направление электрического тока в соленоиде, изображенном на рис. 16?

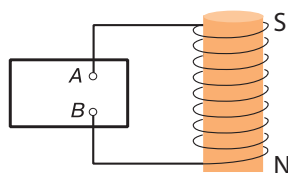


Рис. 14

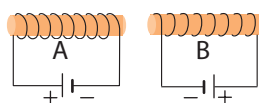


Рис. 15

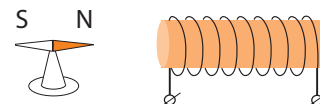


Рис. 16

12. Определите полюса соленоида на рис. 17, направление электрического тока, показано на рисунке.
13. К соленоиду, подвешенному на двух тонких проводниках, поднесли постоянный магнит (рис. 18). Что произойдет с соленоидом, если через него пропустить электрический ток?
14. Определите магнитные полюса никелевого стержня CD (рис. 19).

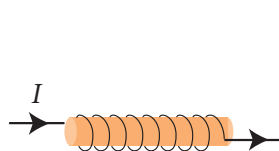


Рис. 17

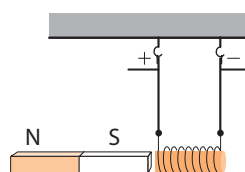


Рис. 18

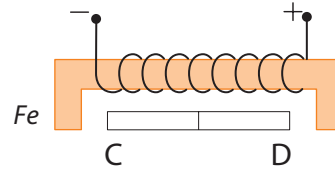


Рис. 19

15. Допустим, что в вашем распоряжении имеется источник постоянного электрического тока, полюса которого не отмечены знаками «+» и «-». Предложите способ определения полярности источника тока, а также укажите необходимые для этого приборы и материалы. Проверьте предложенный способ экспериментально.
16. Эксперименты показывают, что вне кругового проводника с током магнитная индукция $\vec{B}$ меньше, чем во внутреннем пространстве кругового проводника. Объясните это явление, изобразив силовые линии поля и направление вектора $\vec{B}$ внутри и вне кругового проводника.
17. Объясните, как следует намотать изолированный медный проводник на цилиндрический каркас, чтобы при прохождении постоянного электрического тока катушка не создавала магнитное поле.

4.2. Электромагниты и их применение

Информация

Электромагнитные взаимодействия нашли широкое применение в различных устройствах, приборах, машинах и промышленных объектах. Рассмотрим некоторые из них: электромагниты и электрические двигатели.

На предыдущем уроке вы познакомились с характеристиками магнитного поля, созданного прямолинейным проводником или катушкой, через которые пропускают электрический ток. Вы убедились, что магнитное поле катушки с током более мощное, чем магнитное поле прямолинейного проводника с током, так как значение физической величины, характеризующей интенсивность действия магнитного поля катушки/соленоида больше. Величина **магнитной индукции** ($\vec{B}$) возрастает с увеличением количества витков в катушке.

Рассмотрим практическое применение катушки с током.

Практическая работа

Необходимое оборудование: источник постоянного тока, катушка, динамометр, железный диск с крючком, железный сердечник, переключатель, штатив, реостат, амперметр, соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь, представленную на рис. 1.
 - Замкните электрическую цепь с помощью выключателя (при этом, железный сердечник не используем).
 - Подвесьте железный диск к динамометру.
 - Определите положение диска относительно полюса катушки, таким образом, чтобы сила притяжения, измеряемая динамометром, была минимальна.
2. Повторите эксперимент, вставив в катушку железный сердечник.
 - Как изменилась сила притяжения?

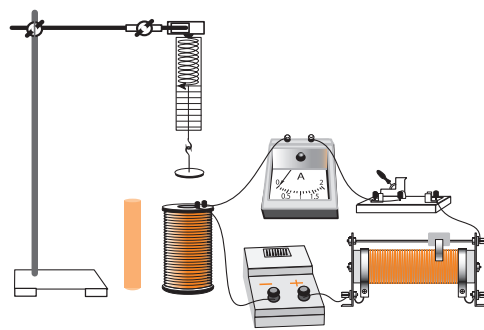


Рис. 1

Вывод: Сила притяжения катушки с железным сердечником, по которой течет электрический ток, больше, чем без сердечника.

Определение Система (устройство), состоящее из катушки с железным сердечником, по которой протекает электрический ток, называется **электромагнитом**.

Историческая справка

- В сентябре 1820 г. французский физик **Доминик Франсуа Араго (1786 – 1853)** экспериментально установил, что соленоид притягивает железные опилки сильнее, чем прямолинейный проводник. Желая усилить воздействие электрического тока на железные опилки, Араго поместил в соленоид железный сердечник, получив, таким образом **электромагнит**.
- Первый электромагнит с железным сердечником в форме подковы был создан в 1825 г. английским ученым **Уильямом Стердженом (1783 – 1850)**. Размеры электромагнита: длина 30 см и диаметр каркаса 1,3 см. На каркас намотали один слой медной изолированной проволоки. Электромагнит весил 200 г и был способен удерживать тело массой $\approx 3,6$ кг.
- В том же 1825 году **Джеймс Джоуль** увеличил силу притяжения электромагнита до 200 Н.
- В 1831 г. американский ученый **Джозеф Генри (1787 – 1878)** создал электромагнит, который был способен поднимать тело массой ≈ 1000 кг.

- Электромагниты, созданные в этот период, имели одинаковую конструкцию: подковообразный сердечник с намотанной на него изолированной проволокой.
- Принципиальные изменения в конструкции электромагнитов произошли в 30-е годы XX века.

Эксперимент

Изготовление электромагнитов

Необходимое оборудование: изолированный медный провод диаметром $0,2 \div 0,4$ мм, два картонных цилиндра длиной 5,0 см и диаметром $0,8 \div 1,0$ см, железный стержень длиной 6,0 см, источник постоянного электрического тока.

Порядок выполнения работы:

1. Разработайте план изготовления электромагнита.
2. Изготовьте два одинаковых по геометрическим размерам электромагнита, но с разным количеством витков n : $n_1 = 50$; $n_2 = 100$.
3. Соберите электрическую цепь и проверьте работу электромагнитов.

Исследование силы притяжения электромагнита

Цель: исследовать зависимость силы притяжения электромагнита от:

- а) количества витков в катушке;
- б) силы электрического тока;
- в) формы железного сердечника.

Необходимое оборудование и материалы: два изготовленных электромагнита (с числом витков $n_1 = 50$; $n_2 = 100$), магнитная стрелка на вертикальной опоре, источник тока, реостат, амперметр, переключатель.

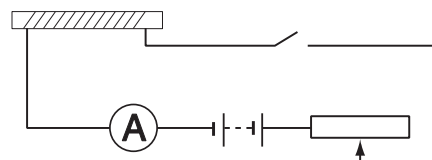


Рис. 2

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь, представленную на рис. 2.
2. Исследуйте зависимость силы притяжения электромагнитов для *трех случаев*, по представленной ниже схеме на рис. 3.
3. Сравните массы m_1 и m_2 для каждого случая и сделайте соответствующий вывод.

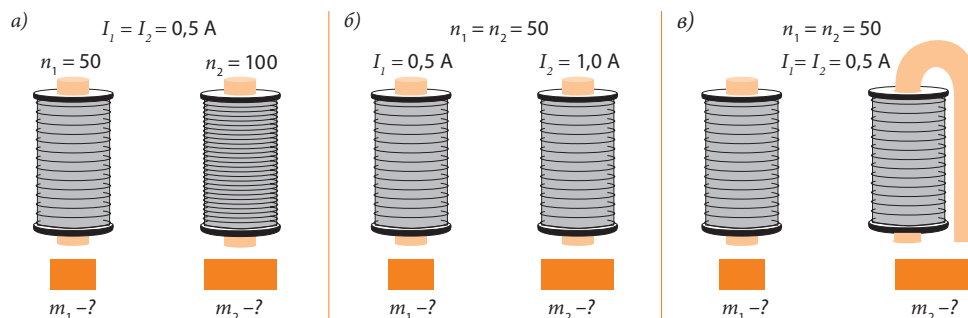


Рис. 3

Новые физические понятия

- **электромагнит;**
- **железный сердечник.**

Запомните!

Сила притяжения электромагнита, действующая на некоторое тело, **тем больше**, чем:

- больше витков в катушке электромагнита;
- больше сила электрического тока, проходящего через витки катушки;
- железный предмет, притягиваемый катушкой, закрывает оба полюса железного сердечника.

Основное преимущество электромагнита перед постоянным магнитом заключается в возможности быстрого изменения магнитного поля при регулировании величины силы электрического тока в катушке. Но для непрерывной работы электромагнита требуется и непрерывная подача электрического тока для поддержания магнитного поля, в отличие от постоянного магнита, которому не требуется энергия.

Электромагниты широко используются в различных электрических устройствах, таких как двигатели, генераторы, реле, динамики, жесткие диски, оборудование для магнитной сепарации и т.д. Электромагниты являются основным комплектующим элементом электромагнитного крана (рис. 4), используемого для подъема и перемещения железных предметов.



Рис. 4

**Проверка
знаний**

1. Определите сходство и различие электромагнита и постоянного магнита.
2. Каким образом следует намотать изолированный медный проводник на железный цилиндр, чтобы при подключении его к источнику постоянного электрического тока на концах цилиндра образовались одинаковые магнитные полюса (северные или южные)?
3. Определите полюса электромагнита, представленного на рис. 5.
4. Определите полярность источников электрического тока, к которым подключены электромагниты, изображенные на рис. 6.
5. Определите положительный полюс источника тока в электрической цепи, представленной на рис. 7.
6. Какова величина силы притяжения электромагнита, созданного Джозефом Генри, если он мог удерживать тело массой 1 000 кг?
7. Сила притяжения электромагнита равна 1 кН. Определите массу тела, которое может удерживать этот электромагнит.
8. Электромагнитный подъемный кран способен поднимать металлические тела массой до 3 т. Определите максимальную подъемную силу электромагнита подъемного крана.
9. Предложите схему электрической цепи с использованием реле таким образом, чтобы при замыкании цепи одна лампочка загоралась, а другая – выключалась. Изготовьте устройство и проверьте его действие.
10. Изготовьте электромагнит и определите методы идентификации полюсов.
11. Изготовьте электромагнит из железного гвоздя и изолированного медного провода. Проверьте работоспособность электромагнита. Определите максимальную силу притяжения электромагнита.
12. Предложите схему электромагнитного устройства, выполняющего функцию замка. Экспериментально проверьте его работоспособность полученного устройства.
13. Нарисуйте схему устройства с электромагнитом, с помощью которого можно вынимать небольшие кусочки железа со дна стакана с водой, не намочив рук. Изготовьте это устройство и проверьте его работоспособность.
14. Предложите и опишите метод определения, численного значения силы притяжения электромагнита. Примените этот метод на практике.
15. Как можно увеличить грузоподъемность электромагнита?

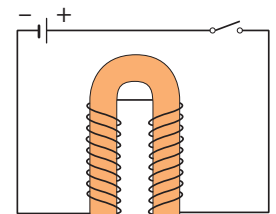


Рис. 5

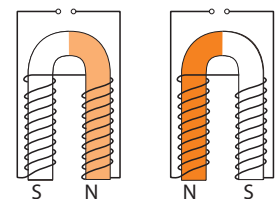


Рис. 6

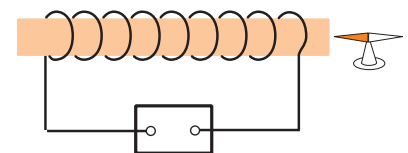


Рис. 7

4.3. Электромагнитная сила

Информация > Открытие Х.-К. Эрстедом магнитного действия электрического тока побудило ученых к исследованию магнитных взаимодействий. В начале 20-х гг. XIX века было установлено, что два проводника с постоянным электрическим током могут взаимодействовать друг с другом магнитными полями так же, как взаимодействуют два постоянных магнита.

Постоянный магнит также воздействует с определенной силой на расположенный рядом проводник с током. От каких же физических величин зависит эта сила?

Определим эти зависимости с помощью экспериментального исследования.

Эксперимент > **Необходимое оборудование и материалы:** прямолинейный алюминиевый проводник, подковообразный магнит, источник постоянного тока, выключатель, штатив, реостат, соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую схему, представленную на рис. 1.
 - Замкните электрическую цепь с помощью выключателя.
 - Опишите наблюдения. Что происходит с прямолинейным проводником?
 - Сформулируйте вывод.

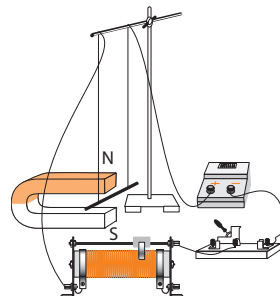


Рис. 1

Определение > **Сила**, действующая на проводник с электрическим током, находящимся в магнитном поле, называется **электромагнитной силой**.

2. Повторите эксперимент, изменив **направление** электрического тока, проходящего через проводник. Опишите наблюдения. Что происходит с прямолинейным проводником в этом случае?
3. Измените (обратите) **направление** силовых линий магнитного поля подковообразного магнита. Опишите наблюдения. Что происходит с линейным проводником в этом случае?

Запомните! > **Направление** действия электромагнитной силы зависит от **направления** электрического тока, протекающего по проводникам, и от **направления** силовых линий магнитного поля, в которых находится проводник.

Английский физик Джон Флеминг установил эмпирическое правило для определения направления электромагнитной силы, называемое **правилом левой руки**.

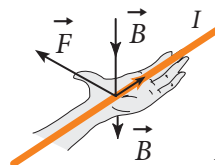


Рис. 2

Запомните! > Расположите ладонь левой руки так, чтобы четыре пальца, вытянутой руки, указывали направление электрического тока, и силовые линии магнитного поля входили перпендикулярно в ладонь. При этом **большой палец, отведенный в сторону под прямым углом, перпендикулярно остальным четырем пальцам, указывает направление электромагнитной силы**.

Практическая работа > **Исследование электромагнитной силы**

Цель: исследовать зависимость модуля электромагнитной силы от физических величин:

- а) силы тока (I), проходящего по проводнику;
- б) длины проводника (l), находящегося в магнитном поле;
- в) индукции магнитного поля (B), в котором находится проводник.

Новые физические понятия

- **электромагнитная сила (сила Ампера);**
- **правило левой руки;**
- **тесла.**

Историческая справка

Знаменитый французский физик Андре Мари Ампер, исследуя магнитное взаимодействие между двумя проводниками с электрическим током и установил закон этого взаимодействия.

Никола Тесла (1856 – 1943) – американский инженер, физик и изобретатель в области электротехники и радиотехники.

Известен как автор современной системы генерирования альтернативной электрической энергии.

Необходимое оборудование: прямолинейный проводник, три одинаковых подковообразных магнита, источник постоянного тока, выключатель, штатив, реостат, амперметр, соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь, представленную на рис. 1.
2. Исследуйте зависимость электромагнитной силы от физических величин, изменяя поочередно одну из трех физических величин.
3. Используйте рекомендации, представленные ниже в таблице.
4. Проанализируйте исследование каждого случая и сформулируйте соответствующий вывод.

а) $B_1 = B_2; l_1 = l_2$	б) $B_1 = B_2; I_1 = I_2$	в) $I_1 = I_2; l_1 = l_2$
$I_1 < I_2$	$l_1 < l_2$	$B_1 < B_2$
$F_1 ? F_2$	$F_1 ? F_2$	$F_1 ? F_2$

Запомните!

Максимальная электромагнитная сила, действующая на прямолинейный проводник, по которому протекает постоянный электрический ток со стороны магнитного поля, прямо пропорциональна:

- **силе тока (I),** проходящего через проводник;
- **длине участка проводника (ов),** находящегося в магнитном поле;
- **индукции магнитного поля (B),** в котором находится проводник.

Математическое выражение этой зависимости записывается следующим образом:

$$F \sim B \cdot I \cdot l.$$

Для случая, когда силовые линии перпендикулярны проводнику, экспериментально доказано, что:

$$F = B \cdot I \cdot l \quad (1).$$

Из формулы (1) можно выразить магнитную индукцию B : $B = \frac{F}{I \cdot l} \quad (2).$

На основании соотношения (2) установим единицу измерения **магнитной индукции** в системе СИ:

$$[B]_{\text{СИ}} = \frac{[F]_{\text{СИ}}}{[I]_{\text{СИ}} \cdot [l]_{\text{СИ}}} = \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} = \text{Тл}. \quad 1 \text{ Тл} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}.$$

Единица измерения магнитной индукции в системе СИ – Тесла (Тл), названа в честь знаменитого инженера **Никола Теслы**.

Пример решения задачи

Прямолинейный проводник длиной 1 м находится в однородном магнитном поле с магнитной индукцией, равной 50 мТл. Максимальная сила, с которой магнитное поле действует на проводник, равна 0,5 Н. Определите величину силы тока в проводнике.

Дано:	СИ:
$l = 1 \text{ м}$	
$B = 50 \text{ мТл}$	0,05 Тл
$F = 0,5 \text{ Н}$	
$I - ?$	

Решение:

Сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля:

$$F = B \cdot I \cdot l \quad (1);$$

Из (1) выразим силу тока, протекающего по проводнику:

$$I = \frac{F}{B \cdot l} \quad (2);$$

Подставим в (2) числовые значения и выполним вычисления:

$$I = \frac{0,5 \text{ Н}}{0,05 \text{ Т} \cdot 1 \text{ м}} = 10 \text{ А}.$$

Ответ: Сила электрического тока, протекающего по проводнику $I = 10 \text{ А}$.

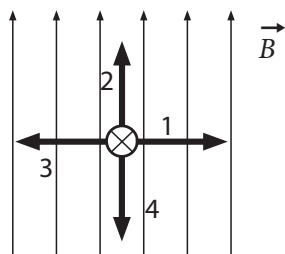


Рис. 3

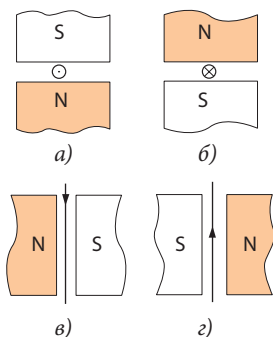


Рис. 4

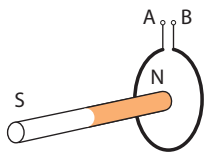


Рис. 5

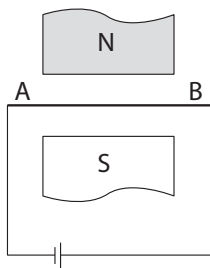


Рис. 6

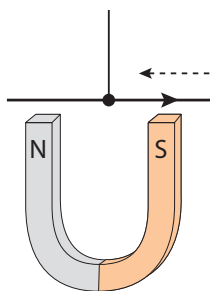
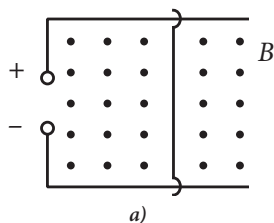
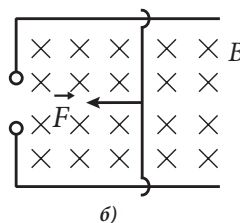


Рис. 8

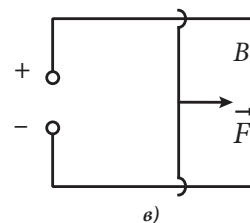
1. Электромагнитная сила ориентирована относительно направления тока в проводнике и вектора индукции магнитного поля $\vec{B}$ следующим образом: (Выберите правильный ответ.)
а) параллельно вектору $\vec{B}$ и перпендикулярно проводнику;
б) совпадает со значением вектора $\vec{B}$ и параллельно проводнику;
в) перпендикулярна плоскости, в которой расположены проводник и вектору $\vec{B}$.
2. На рис. 3 изображен проводник с током в магнитном поле*. Какой из векторов 1-4 соответствует вектору электромагнитной силы?
3. На рис. 4 показаны четыре случая проводника с током, расположенного между магнитными полюсами постоянных магнитов. Определите значение электромагнитной силы для каждого случая, считая, что магнитное поле однородно.
4. Круговой проводник, по которому течет электрический ток, подвешен на двух тонких проводах (рис. 5). Если поднести к нему стержневой магнит северным полюсом, то проводник притянется к магниту. Определите направление электрического тока в проводнике.
5. Как изменится электромагнитная сила, если магнитная индукция поля будет уменьшена в два раза, а ток увеличится в три раза?
6. С какой силой постоянный магнит с индукцией 20 мТл действует на проводник с электрическим током силой 5 А, если длина проводника в магнитном поле составляет 5 см?*
7. Между полюсами подковообразного магнита находится проводник, по которому течет электрический ток силой 2 А. Сила, с которой магнитное поле действует на проводник, равна 0,3 Н. Определите индукцию магнитного поля B , если длина участка проводника, в магнитном поле равна 20 см.
8. Определите направление электромагнитной силы, действующей на проводник AB по которому протекает электрический ток (рис. 6).
9. На два неподвижных проводника крепится еще один проводник, так что вместе с источником тока они образуют замкнутую цепь (рис. 7). Контур цепи пронизывает магнитный поле, вектор которого $\vec{B}$ перпендикулярен плоскости чертежа. Определите направление недостающего компонента в каждом из трех случаев.



а)



б)



в)

Рис. 7

10. Над подковообразным магнитом находится подвешенный на проволоке проводник (рис. 8). Как изменится положение проводника, если по нему пропустят электрический ток? Изобразите в тетради возможные случаи, аргументируйте ответ.

* проводники, отмеченные значком: $\odot$ имеют направление тока – к нам, перпендикулярно листу;
проводники, отмеченные значком: $\otimes$ – направление тока в проводнике – от нас перпендикулярно листу. Эти знаки также относятся к векторам.

** В этой и последующих задачах проводник перпендикулярен линиям магнитного поля.

11. Известно, что магнитная стрелка поворачивается северным полюсом к южному полюсу любого магнита. Как объяснить тот факт, что стрелка компаса указывает северным полюсом на Северный полюс Земли, которая также является магнитом?
12. Прямолинейный проводник, по которому течет ток силой 2 А, находится в однородном магнитном поле с индукцией 5 мТл и силовыми линиями, направленными перпендикулярно проводнику. Зная, что длина участка проводника, помещенного в магнитное поле равна 11 см, определите величину силы, действующей со стороны магнитного поля на проводник.
13. В однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл находится проводник длиной 8 см, расположенный перпендикулярно силовым линиям. Электромагнитная сила, действующая на проводник, равна 40 мН. Определите силу тока в проводнике.
14. Проводник, по которому течет ток силой 4,5 А, находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,8 Тл, силовые линии которого перпендикулярны проводнику. Зная, что электромагнитная сила равна 0,18 Н, определите длину проводника.
15. Определите индукцию однородного магнитного поля, действующего с силой 0,2 Н на проводник, по которому протекает электрический ток силой 2,5 А. Известно, что длина активной части проводника составляет 20 см, силовые линии магнитного поля и проводник взаимно перпендикулярны.
16. По горизонтально расположенному проводнику длиной 10 см и массой 4 г, протекает электрический ток силой 5 А. Определите величину магнитной индукции поля, в которое необходимо поместить этот проводник, чтобы гравитационная сила, действующая на проводник, уравновешивалась электромагнитной силой. (Здесь и далее будем считать $g = 10 \text{ Н/кг}$.)
17. Концы прямолинейного проводника длиной 10 см и массой 50 г, помещенного в магнитном поле подковообразного магнита, подвешены к двум высокоточным динамометрам. Определите показания динамометров: а) при отсутствии тока; б) если по проводнику протекает ток силой 5 А, а индукция магнитного поля равна 0,5 Тл?
Рассмотрите все случаи.
18. По горизонтально расположенному на изолирующей поверхности проводнику массой 10 г и длиной 10 см протекает электрический ток силой 2 А, силовые линии магнитного поля перпендикулярны проводнику. Определите минимальное значение индукции магнитного поля, при которой проводник не оказывает давления на горизонтальную поверхность.
19. Прямолинейный алюминиевый проводник, по которому протекает электрический ток силой 0,9 А расположили на горизонтальной изолирующей поверхности в однородном магнитном поле с индукцией 0,3 Тл. Силовые линии магнитного поля перпендикулярны проводнику. Определите площадь поперечного сечения проводника, если известно, что он не оказывает давление на горизонтальную поверхность.
Определите направление силовых линий и электромагнитной силы, а также величину электромагнитной силы.
20. Упругий прямолинейный проводник АВ подвешен в вертикальном положении вблизи полюсового магнита. Если проводник подключить к току, он обмотает магнит (рис. 9).
Определите направление тока в проводнике.

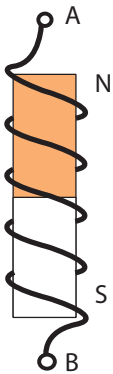


Рис. 9

4.4. Электрические двигатели

Электрический двигатель – это устройство, в котором происходит преобразование электрической энергии в механическую.

Для понимания конструктивных особенностей и принципа работы электрического двигателя необходимо воспользоваться познаниями о магнитном поле и электромагнитных взаимодействиях.

На предыдущих уроках вы узнали, что катушка с током ведет себя как постоянный магнит, полюса которого зависят от направления тока. При изменении направления тока в витках катушки магнитные полюса меняются местами. Также вы узнали, что сила электромагнитных взаимодействий катушки с током с другим магнитом зависит от числа витков катушки, силы тока и от других факторов.

Чтобы понять, как работает электрический двигатель, необходимо рассмотреть и другие особенности взаимодействия катушки, по которой протекает электрический ток, с магнитным полем.

Исследуем взаимодействие металлической (проволочной) рамки с магнитным полем подковообразного магнита при прохождении через рамку электрического тока в зависимости от его направления.



Практическая работа

Необходимое оборудование: металлическая рамка, постоянный подковообразный магнит, источник тока, переключатель, штатив, реостат.

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь, представленную на рис. 1.
 - Подключите металлическую рамку к источнику тока с помощью переключателя. Что происходит с рамкой?
2. Повторите эксперимент, поместив рамку между полюсами магнита так, чтобы плоскость рамки располагалась перпендикулярно силовым линиям магнитного поля.
 - Как в этом случае ведет себя рамка?
 - Выполните эксперимент, изменив направление тока в рамке.
 - Сформулируйте соответствующие выводы.

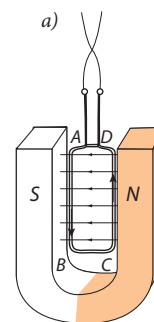
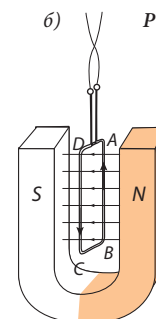


Рис. 1

Выразите мнение

- Применяя правило левой руки, определите направление электромагнитных сил, действующих на участки AB и CD рамки с током на рис. 1.
- Сравните направление этих сил с направлением вращения рамки с током.
- Сравните направление силовых линий магнитного поля постоянного магнита и рамки с током.
- Сформулируйте выводы.



Запомните!

Магнитное поле действует на рамку с током **с наибольшей силой**, если силовые линии магнитного поля рамки с током перпендикулярны силовым линиям магнитного поля постоянного магнита. Когда силовые линии магнитного поля рамки с током параллельны силовым линиям магнитного поля постоянного магнита вращение происходит только за счет движения по инерции рамки с током.

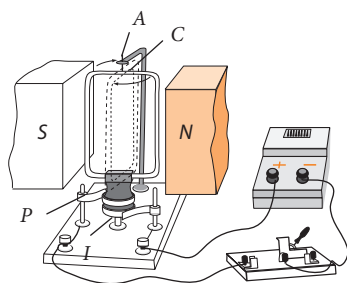


Рис. 2

На вращении рамки с электрическим током, помещенной в магнитное поле, основан принцип работы электрического двигателя.

Что такое электрический двигатель постоянного тока?

Схема устройства электрического двигателя представлена на рис. 2. Рамка C, состоящая из десятков витков изолированного провода, закреплена на вер-

Новые физические понятия

- электрический двигатель;
- рамка с током.

тикальной оси А. Под рамкой на оси закреплены изолированные друг от друга два металлических кольца I, к которым присоединяют провода рамки.

Контакт между кольцами и проводниками, соединяющими рамку с источником тока, осуществляется с помощью тонких металлических пластин, которые называют **щетками** – Р.

Установим плоскость рамки параллельно силовым линиям магнитного поля и замкнем электрическую цепь, рамка поворачивается на 90° . Плоскость рамки устанавливается перпендикулярно силовым линиям магнитного поля. В этом положении рамка с током продолжает движение по **инерции**. Если в этот момент направление электрического тока изменится, рамка продолжит вращение в том же направлении. Чтобы вращение продолжилось, необходимо вновь изменить направление тока.

Вывод: *Вращение рамки с током в магнитном поле будет непрерывным, если электрический ток будет периодически изменять направление при каждом повороте рамки на 180° .*

Историческая справка

В США изобретателем первого электродвигателя считают Томаса Дэвенпорта. Он первым в 1837 году запатентовал электродвигатель, который можно было использовать на практике. В Европе до того, как Давенпорт запатентовал двигатель, изобретатели разработали более мощные версии электродвигателей.

В 1834 году Мориц Якоби представил двигатель, который был в три раза мощнее двигателя Давенпорта, а Сибрандус Стратинг и Кристофер Беккер в 1835 году первыми представили практическое применение электродвигателя: модель маленького автомобиля. Первый двигатель постоянного тока на щетках был изобретен только в 1886 году Фрэнком Джулианом Спрэйгом. Благодаря этому изобретению в 1887 году появились первые электрические трамваи, а в 1892 году – первый электрический лифт. Двигатель Спрэйга быстро совершенствовался, что явилось толчком к созданию устройств, которые привели к кардинальным изменениям в экономике и в жизни людей.

Одним из наиболее распространенных применений электродвигателей является городской и железнодорожный электротранспорт (трамваи, локомотивы, электрические самокаты, электромотоциклы). На электродвигателях работают многие устройства бытовой техники: кофемолка, вентилятор в компьютере, которым вы пользуетесь, принтер и т. д. В мобильном телефоне также можно найти двигатель постоянного тока, но очень маленький.

Дополнение

Для периодического изменения направления тока используется устройство, называемое **коллектором**. Простейший коллектор состоит из двух полуколец, изолированных друг от друга, к которым подключается рамка (рис. 3).

Новые физические понятия

- *коллектор;
- *коллекторные щетки;
- *ротор;
- *статор.

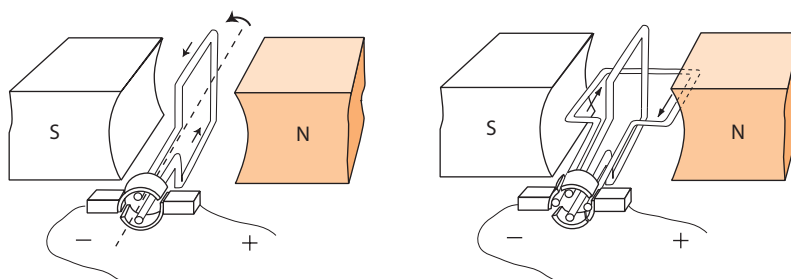
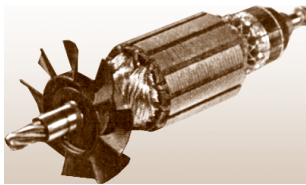


Рис. 3

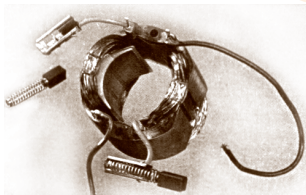
Чтобы вращение было более равномерным, **устанавливают две рамки**, располагая их накрест – перпендикулярно друг к другу, а концы проводов соединяют соответственно с четырьмя изолированными четвертинами колец (рис. 3).



Когда одна из рамок проходит через положение, перпендикулярное плоскости силовых линий магнитного поля, другая расположена в плоскости, параллельной силовым линиям магнитного поля, поэтому поле действует на систему рамок с наибольшей силой.

В промышленных электродвигателях **обмотка** (якорь) состоит из большого количества витков катушки, намотанных на стальной цилиндр, называемый **ротором**.

Определение



Подвижная часть электродвигателя, состоящая из обмотки с коллектором, закрепленных на вращающемся валу, с помощью шариковых подшипников, называется **ротором** электродвигателя.

Неподвижная часть электродвигателя состоит из постоянного магнита и называется **статором**.

Подключение электродвигателя к источнику тока производится посредством щеток, называемых **коллекторными щетками**.

Скорость вращения двигателя постоянного тока зависит от значения индукции магнитного поля, действующего на ротор, а также от силы тока в роторе электродвигателя.

Проверка знаний

1. Какое положение равновесия примет рамка, по которой протекает постоянный электрический ток, установленная между полюсами подковообразного магнита (рис. 4)?
2. Металлическая рамка, по которой протекает электрический ток, находится между полюсами подковообразного магнита, плоскость расположения рамки ориентирована перпендикулярно силовым линиям магнитного поля. Будет ли вращаться рамка? Представьте задачу в тетради в виде схемы/рисунка, определите направление электромагнитной силы. Обоснуйте ответ.
3. Какое положение относительно полосового магнита займет подвижная рамка $ABCD$, представленная на рис. 5, если по рамке пустить электрический ток?
4. Рамка амперметра находится между полюсами магнита. Рамка может вращаться вокруг оси OO' . В каком направлении будет двигаться часть рамки AB , если ток движется в направлении как показано на рис. 6?
5. Соберите электродвигатель, используя разобранный модель электрического двигателя, соединительные провода, источник тока и выключатель, проверьте его работоспособность.
6. Напишите эссе (до 10 предложений) о принципе работы электродвигателя постоянного тока, основанном на электромагнитных взаимодействиях.
- 7*. Объясните, какое влияние на вращение ротора двигателя постоянного тока оказывает одновременное изменение направления тока в рамке ротора и направления магнитного поля статора.

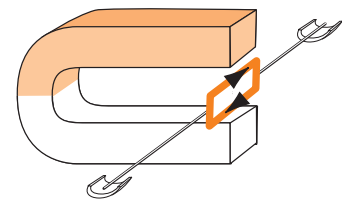


Рис. 4

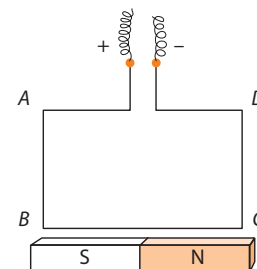


Рис. 5

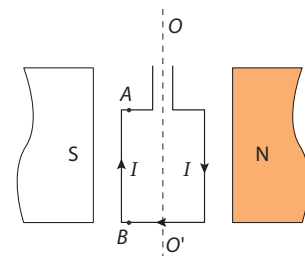


Рис. 6

Подготовьте сообщение

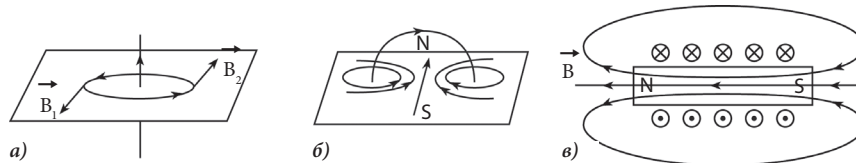
Подготовьте сообщение на одну из тем: «Соблюдение правил безопасности при использовании электродвигателей» / «Электромагниты» / «Электрический двигатель» / «Электроизмерительные приборы», следуя инструкции на стр. 97.

Обобщение

Магнитное поле – это форма существования материи, проявляющаяся через воздействие на магнитную стрелку, а также на проводник, по которому течет электрический ток.

Возникновение магнитного поля вокруг проводника, по которому протекает электрический ток, является проявлением **магнитного действия электрического тока**, а также демонстрирует, что магнитное поле порождается движущимися электрически заряженными частицами.

Визуализировать определенную геометрическую конфигурацию магнитного поля можно с помощью железных опилок (**спектр магнитного поля**). По спектрам магнитного поля определяют пространственную конфигурацию магнитного поля, которую можно графически представить с помощью **силовых линий магнитного поля**. Рисунок силовых линий зависит от формы проводника с током:



- а) магнитное поле, создаваемое прямолинейным электрическим током;
- б) магнитное поле, создаваемое электрическим током в катушке;
- в) магнитное поле, создаваемое электрическим током в соленоиде.

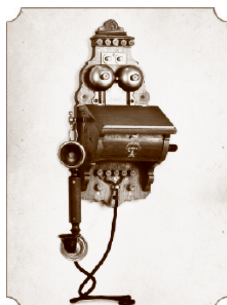
Силовые линии магнитного поля представляют собой **замкнутые линии**, имеющие определенное направление. Принято считать, что направление силовых линий магнитного поля указывает северный полюс магнитной стрелки, расположенный по касательной к силовой линии магнитного поля в данной точке. Направление магнитных линий зависит от направления тока в проводнике и может быть определено с помощью **правила буравчика/правого винта/правой руки**.

Силовой характеристикой магнитного поля является физическая векторная величина, называемая **магнитной индукцией** B . Магнитная индукция определяет силу, с которой магнитное поле действует на единицу длины прямолинейного длинного проводника, по которому течет ток силой 1 А и расположенного перпендикулярно силовым линиям магнитного поля:

$$B = \frac{F}{I \cdot l}. \text{ Единицей измерения магнитного поля является Тесла. } 1 \text{ Тл} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}.$$

Вектор магнитной индукции располагается по касательной к силовым линиям магнитного поля в любой точке поля.

Сила, с которой магнитное поле действует на проводник, по которому течет электрический ток, находящийся в магнитном поле, называется **электромагнитной силой**. Направление электромагнитной силы зависит от направления тока, протекающего по проводнику, и направления силовых линий магнитного поля, в котором находится проводник. Направление действия электромагнитной силы можно определить с помощью **правила левой руки**, а значение электро-



магнитной силы для случая, когда силовые линии магнитного поля перпендикулярны проводнику с электрическим током, определяют с помощью выражения: $F = B \cdot I \cdot l$.

Проводник, намотанный на опорный каркас определенной формы, называется **обмоткой**. Катушка содержащая один слой витков на цилиндрическом корпусе называется **соленоидом**. Магнитное поле соленоида с током усиливается с увеличением количества витков и силы тока.

Электромагнит представляет собой катушку с сердечником, по которой проходит электрический ток.

Сила притяжения электромагнита, действующая на предметы, например изготовленные из железа, пропорциональна количеству витков и силе тока, и больше, когда на предмет действуют оба полюса железного сердечника.

Электромагниты используются в различных устройствах и приборах в качестве механизмов управления с магнитным срабатыванием, а также в машинах и установках, таких как электромагнитный подъемный кран и т. д.

Другая область применения электромагнитных взаимодействий касается электродвигателей. В данной главе изучался только **электродвигатель постоянного тока**. Его принцип работы основан на вращении рамки с током, расположенной на неподвижной оси в магнитном поле постоянного магнита. Для обеспечения непрерывного вращения рамки вокруг оси двигателя, направление тока через рамку периодически изменяют с помощью устройства называемого **коллектор**.

Конструкция электродвигателя состоит из двух основных элементов: **ротор**, состоящий из обмотки и коллектора, и **статор** – постоянный магнит.

Ротор подключают к источнику тока с помощью **коллекторных щеток**.

Электродвигатели постоянного тока имеют широкое применение в технике, например, в качестве вспомогательных двигателей, обеспечивающих запуск двигателей внутреннего сгорания автомобилей, в качестве двигателей электротранспорта (электropоезд, троллейбус, трамвай), а также в различных бытовых электроприборах, электронно-музыкальных приборах, в некоторых детских игрушках и т. д.



Проект STEM/STEAM



Выполните проект на тему: «Влияние магнитного поля на живые организмы», следуя инструкции на стр. 97.



СУММАТИВНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ

Предлагаемый тест предназначен для определения уровня знаний, усвоенных при изучении данной главы.

I. В заданиях 1–3 представьте краткий ответ.

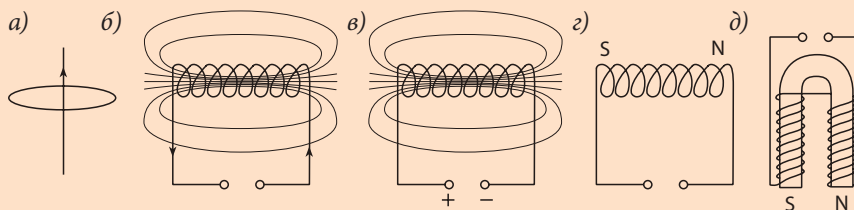
1. Продолжите утверждения так, чтобы они были верными: каждое 1 б.

- Вектор магнитной индукции располагается по касательной к
- Магнитное поле проявляется действием на
- Линии, вдоль которых ориентированы железные опилки в магнитном поле, называются
- Намотка проводов, выполненная в один слой на цилиндрическом каркасе, называется
- Катушка с железным сердечником, по которой протекает электрический ток, называется
- Электромагнитная сила – это сила, с которой магнитное поле действует на
- При периодическом изменении направления электрического тока в рамке, расположенной между магнитными полюсами, рамка

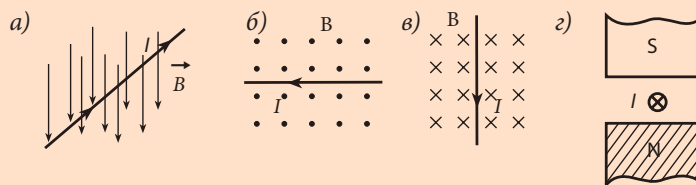
2. Установите (стрелками) соответствие между физическими величинами и единицами измерений: каждое 1 б.

Индукция магнитного поля	км
Электромагнитная сила	м А
Длина	Тл
Сила тока	мкН
	Вт

3. Укажите направление линий магнитной индукции в случаях а), б) и в), представленных на рисунке, и определите полярность/полюса источников электрического тока в случаях г) и д): каждое 2 б.



4. Определите направление электромагнитной силы в случаях, изображенных на рисунке. каждое 2 б.



II. В заданиях 5–6 представьте полное решение задач.

- Джеймс Джоуль создал электромагнит с подъемной силой 200 Н. Чему равна масса стального тела, которое способен удержать электромагнит? 3 б.
- На проводник с током действует электромагнитная сила величиной 0,5 Н. Какова будет величина этой силы, если силу тока уменьшить в два раза, а магнитную индукцию увеличить в четыре раза? 4 б.

План подготовки сообщения

1. Определите с преподавателем тему, содержание и цель сообщения, которую вы намерены реализовать индивидуально или в группе.
2. Если вы работаете в группе, распределите нагрузку/задания между участниками группы.
3. Выберите из различных источников информацию, соответствующую поставленной цели.
4. Представьте отобранную информацию в логичной, ясной и лаконичной форме, используя разнообразные формы представления: схемы, изображения, таблицы, диаграммы и т.п.
5. Разработайте презентацию, используя материалы, отраженные в сообщении, и представьте ее аудитории.
6. Ответьте на вопросы и оцените свою работу.

План реализации проекта STEM/STEAM

(науки, технологии, инженерия, искусство, математика)

1. Обсудите с учителем физики и учителем/учителями по другим предметам (математики, химии, биологии и т. д.) название проекта STEM. Название проекта должно вызывать повышенный интерес и быть связанным с реалиями повседневной жизни.
2. Определите проблему, над решением которой вы намерены работать, и четко ее сформулируйте в исследовательском проекте.
3. Изучите различные типы источников/ресурсов (газетные и журнальные научные статьи, статьи из специализированных журналов, веб-сайтов и т. д.) из разных отраслей науки.
4. Проанализируйте уровень исследования и существующие решения исследуемой проблемы.
5. Четко объясните предлагаемое командой решение проблемы. В качестве решения/реализации поставленных задач может быть изобретенное устройство, функциональная модель, модель иллюстрирующая работу реального устройства, план действий, который предстоит предпринять и т.д.
6. Доказать, что решение проблемы, предложенное командой, способствует повышению качества жизни за счет улучшения существующих решений или за счет предлагаемых совершенно новых путей решения проблемы.
7. Оцените факторы, влияющие на реализацию проекта (затраты, бенефициары, простота производства и т. д.).
8. Разработайте творческое представление результатов исследований в рамках проекта. Проявите творческий подход при разработке презентации, плаката, фильма и т. д.
9. Представьте результаты проекта другим людям, которым может быть полезно предлагаемое решение (органы местного публичного управления, производители, эксперты и т.д.).

Таблица. Плотность некоторых веществ, кг/м³ (при 20°С)

Твердые и жидкие тела	
Алюминий – 2 700	Олово – 7 300
Бензин – 750	Платина – 21 460
Дизельное топливо – 860	Свинец – 11 300
Золото – 19 320	Серебро – 10 500
Латунь – 8 300 - 8 700	Сталь – 7 800
Медь – 8 900	Цинк – 7 100
Никель – 8 900	

Таблица. Удельное сопротивление некоторых проводников мкОм · м (при 20°С)

Проводники	
Алюминий – 0,028	Никель – 0,073
Вольфрам – 0,055	Нихром – 1,1
Графит – 13	Олово – 0,12
Железо – 0,1	Платина – 0,1
Золото – 0,024	Ртуть – 0,96
Константан - 0,5	Свинец – 0,21
Латунь – 0,07 - 0,08	Серебро – 0,016
Магний – 0,045	Сталь – 0,1 - 0,14
Медь – 0,017	Цинк – 0,061
Никелин – 0,4	Чугун – 0,5 - 0,8

Основные понятия, изученные в курсе физики в 8-м классе

Глава 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

А

Амплитуда > Максимальное отклонение тела от положения равновесия.

Б

Болевой порог > Верхний предел интенсивности звука, воспринимаемый ухом.

В

Волновое движение (волна) > Процесс распространения колебаний в упругой среде.

Вынужденные колебания > Колебания, совершаемые под действием внешних периодических сил.

Высота звука > Характеристика звуковых волн. Зависит от частоты звуковой волны.

Г

Гравитационный маятник (математический маятник) > Колебательная система, состоящая из тяжелого подвешенного точечного тела и нерастяжимой, невесомой нити.

Громкость звука > Величина, характеризующая силу звука по отношению к минимальной интенсивности звука, который может воспринимать ухо.

Д

Длина волны > Расстояние, на которое распространяется волна за время, равное периоду колебаний в ней.

З

Звуковые волны (звук) > Волны, вызывающие слуховые ощущения.

И

Инфразвук > Волны с частотой ν менее 16 Гц.

Источники звука > Тела, издающие звуки.

М

Механические колебания > Повторяющиеся движения тела, которые совершаются периодически и симметрично относительно положения равновесия.

О

Осциллятор > Тело, совершающее колебательное движение.

П

Период колебаний > Физическая величина, равная промежутку времени, в течение которого совершается одно полное колебание.

С

Свободные колебания > Колебания, совершаемые без действия внешних периодических сил.

- Сила звука** > Звуковая характеристика. Пропорциональна интенсивности звуковой волны.
- Скорость волны** > Скорость распространения волны в данной среде.
- Слуховой порог** > Минимальная интенсивность звука, воспринимаемая ухом.

У

- Ультразвук** > Волны с частотой ν более 20 000 Гц.

Ч

- Частота колебаний** > Физическая величина, равная количеству колебаний, совершаемых в единицу времени.

Ш

- Шум** > Несогласованные по частоте громкие звуки, оказывающие вредное влияние на человека.

Глава 2. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

А

- Адиабатный процесс** > Процесс, происходящий в изолированной термодинамической системе без теплообмена с внешней средой.

В

- Внутренняя энергия тела** > Энергия движения и взаимодействия частиц, из которых состоит физическое тело.

И

- Излучение** > Процесс передачи теплоты в вакууме.

- Изоляторы тепла** > Вещества, которые очень плохо проводят тепло.

- Испарение** > Процесс парообразования, происходящий только на свободной поверхности жидкости.

К

- Кипение** > Процесс парообразования, происходящий по всему объему жидкости.

- Количество теплоты** > Физическая величина, характеризующая изменения внутренней энергии тела в процессе теплопередачи.

- Конвекция** > Процесс передачи теплоты формирующимися в неравномерно нагретых жидкостях или газах потоками (струями).

- Конденсация** > Процесс перехода вещества из газообразного состояния в жидкое.

- Коэффициент полезного действия теплового двигателя** > Отношение работы, совершаемой газом, к количеству теплоты, полученной при сгорании топлива.

О

- Затвердевание/кристаллизация** > Процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое.

П

- Парообразование** > Процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное.
- Парниковый эффект** > Природное явление, заключающееся в уменьшении (снижении) потерь теплоты Землей, способствующее глобальному нагреванию атмосферы.
- Передача теплоты** > Процесс изменения внутренней энергии тела, в результате получения или потери теплоты.
- Плавление** > Процесс перехода вещества из твердого состояния в жидкое.
- Проводники тепла** > Вещества, которые хорошо передают теплоту.

Т

- Температура** > Физическая величина, характеризующая тепловое состояние тела, предмета или системы физических тел, находящихся в тепловом равновесии.
- Тепловой двигатель** > Устройство, в котором теплота, выделяющаяся при сгорании топлива, преобразуется в механическую работу.
- Тепловой процесс** > Переход физического тела из одного состояния теплового равновесия в другое.
- Тепловое равновесие** > Состояние тела или системы тел, при котором температура не изменяется.
- Теплопроводность** > Процесс передачи теплоты от нагретых участков тела к холодным в результате движения и взаимодействия частиц.
- Термодинамическая система** > Любое макроскопическое тело или группа тел, ограниченная во взаимодействии с другими телами окружающей среды.
- Топливо** > Вещества, при сгорании которых выделяется теплота.

Глава 3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. ЭЛЕКТРОКИНЕТИКА

А

- Ампер** > Сила электрического тока, определяющая количество направленно движущихся элементарных электрических зарядов (e), равное $6,24 \times 10^{18}$ электронов в секунду.

В

- Ватт** > Мощность, с которой совершается работа, равная 1 Дж за одну секунду.
- Вольт** > Электрическое напряжение между двумя точками цепи, в которой для осуществления переноса заряда в 1 Кл совершается работа, равная 1 Дж.

З

- Закон Джоуля** > Количество теплоты, выделяемое проводником при протекании электрического тока, определяется произведением квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени прохождения тока.
- Закон Ома для полной цепи** > Сила тока в полной цепи равна отношению ЭДС источника тока к общему сопротивлению цепи.
- Закон Ома для участка цепи** > Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению, приложенному к концам этого участка цепи, и обратно пропорционально его сопротивлению.
- Закон сохранения электрического заряда** > Электрический заряд изолированной системы тел остается постоянным/неизменным.

И

Источники электрического тока ➤ Специальные устройства, с помощью которых можно совершить работу по перемещению заряда.

К

Киловатт-час ➤ Единица измерения энергии, равная количеству энергии, переданной или полученной в процессе совершения в течение одного часа работы при мощности в один киловатт.

М

Мощность электрического тока ➤ Физическая величина, равная произведению напряжения и силы тока.

Н

Направление электрического тока ➤ Условно было выбрано направление, противоположное движению отрицательно заряженных частиц, т. е. направление движения положительных зарядов.

Напряжение электрическое ➤ Физическая величина, равная отношению работы, совершаемой при перемещении заряда к величине этого заряда.

О

Ом ➤ Сопротивление проводника, в котором возникает ток силой 1 А, при подаче на его концы напряжения, равного 1 В.

П

Постоянный электрический ток ➤ Электрический ток, сила и направление которого не изменяется с течением времени.

Простейшая электрическая цепь ➤ Источник электрического тока, потребитель и выключатель, соединенные между собой проводами.

Р

Работа электрического поля ➤ Работа электрических сил при направленном движении электрических зарядов.

С

Сила тока ➤ Физическая величина, численно равная электрическому заряду, протекающему через поперечное сечение проводника за единицу времени.

Сопротивление электрическое ➤ Физическая величина, характеризующая свойство проводника препятствовать прохождению электрического тока.

У

Удельное сопротивление ➤ Константа/постоянная физическая величина, характеризующая материал, из которого изготовлен проводник.

Э

Электрический ток ➤ Упорядоченное движение свободных заряженных частиц.

Электродвижущая сила (ЭДС) ➤ Физическая величина, равная отношению работы сторонних сил, необходимой для перемещения положительного электрического заряда внутри источника тока к величине этого заряда.

Глава 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. МАГНИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Д

Двигатель электрический > Устройство, в котором происходит преобразование электрической энергии в механическую.

И

Индукция магнитная > Физическая величина, характеризующая интенсивность действия магнитного поля в данной среде.

К

Коллекторные щетки > Тонкие металлические пластины, соединяющие электродвигатель с источником питания.

М

Магнитное действие электрического тока > Существование магнитного поля вокруг проводника, по которому протекает электрический ток.

Магнитное поле > Форма существования материи, посредством которой осуществляются магнитные взаимодействия.

О

Обмотка > Проводник, намотанный на опорный корпус определенной формы.

П

Правило левой руки > Правило определения направления электромагнитной силы при помощи левой руки.

Правило правой руки > Правило определения направления силовых линий магнитного поля, создаваемого электрическим током, в зависимости направления тока, при помощи правой руки.

С

Сердечник железный > Металлический стержень, помещенный внутрь соленоида, усиливающий действие магнитного поля.

Сила электромагнитная (сила Ампера) > Сила, действующая в магнитном поле на проводник с током.

Силовые линии магнитного поля > Линии, по которым ориентированы железные опилки в магнитном поле.

Соленоид > Катушка, выполненная из одного слоя витков на цилиндрическом каркасе.

Статор > Неподвижный элемент электродвигателя, обычно состоящий из постоянного магнита.

Т

Тесла > Единица измерения магнитной индукции в СИ.

Э

Электромагнит > Катушка с железным сердечником, по которой протекает электрический ток.

Ответы >

Глава 1. КОЛЕБАНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ

- стр. 8 **3.** 2 с; 0,5 Гц. **4.** 20. ***5.** 2,5. ***6.** 19,2 м.
- стр. 11 **7.** 2 м/с. **8.** 1 м/с. **9.** 1,2 м/с.
***12.** 10 м/с.
- стр. 13 **9.** 1,5 м/с.
- стр. 14 **10.** 8 м; 1,25 Гц (75 уд/мин). **11.** 3 м/с.
12. 0,5 с; 2 Гц. **13.** 1 м/с. **14.** 60 м.
15. 12 м. **16.** 6,4 м; (75 уд/мин).
17. 6 м. **18.** 1,5 раза. **19.** 2 с; 0,5 Гц;
1,5 м/с; 22,5 м. ***22.** 1 Гц; 2 Гц.
- стр. 18 **9.** 21,25 м; 0,017 м. **10.** 3 601,5 м/с.
11. 2,03 м. **12.** 1 435 м/с.
13. 5 100 м/с. **14.** 6,8 км. **15.** 4,3 м;
0,25 м. **16.** 4,4 раза. **17.** 3,4 км.
18. 5 с. **19.** 0,77 м; 3,4 м. **20.** 3 009 Гц;
1 504 Гц. **21.** Частота и период не
изменяются; длина волны увели-
чивается в 14,7 раза. **22.** 3 400 м/с.
23. 200 м.

Глава 2. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

- стр. 32 **3.** Алюминий. **4.** $1,26 \cdot 10^7$ Дж. **5.** 4
860 Дж. **6.** Медь. **7.** 50,16 кДж. ***9.** 2
649 кДж. ***10.** 595,1 кДж.
- стр. 36 **12.** $3,9 \cdot 10^5$ Дж.
- стр. 37 **15.** $3,45 \cdot 10^4$ Дж; $1,08 \cdot 10^4$ Дж; $4 \cdot$
 10^3 Дж. **16.** 53 533 Дж. ***20.** 384 700
Дж.
- стр. 42 **9.** $q = c \cdot \Delta^{\circ}t$. **10.** $22 \cdot 10^8$ Дж; ≈ 9
дней. **26.** 28 дней. **27.** $1,39 \cdot 10^8$ Дж.
28. 415 кг.
- стр. 43 **29.** ≈ 19 г. **30.** Спирт/уголь.
- стр. 47 **10.** 16 кг. **11.** 30 кг; 6,8 кг.
12. $7 \cdot 10^{11}$ Дж; 250 кг. **14.** 12,5 кг.
15. 28%. **16.** 75,6 МДж.
- стр. 48 ***20.** 24,5 кН. ***21.** $\approx 3,3$ кг.
***22.** $\approx 0,071$ кг. ***23.** ≈ 23 кг.
***24.** 36%. ***25.** 2,1 кН.

Глава 3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. ЭЛЕКТРОКИНЕТИКА

- стр. 58 **2.** 3 В. **3.** 10,3 В. **4.** а) 0,2 В; б) 2,8 В;
в) 0,2 В; 4 В; г) 14 Дж. **5.** 12 Дж. **6.** 8 Кл.
7. Сначала. 3 раза. **8.** $3,125 \cdot 10^{19}$.
- стр. 62 **4.** 0,04 А. **6.** 12 с. **7.** 7 200 Кл.
8. $4,8 \cdot 10^{-8}$ А. **9.** $3,75 \cdot 10^{19}$. **12.** 0,5 А.
- стр. 66 **3.** 1,7 Ом. **7.** Никелин. **8.** 200 м.
9. Второй, в 5 раз. **10.** 0,085 мм².
12. 18,84 Ом. **13.** 30,24 кг.
14. $\approx 0,2$ мм²; $\approx 11,5$ м. **15.** $\approx 54,9$ г.
- стр. 70 **1.** 1,5 А. **2.** 500 В. **3.** $\approx 3,33$ Ом.
4. 4 Ом. **5.** Уменьшится в 4 раза.
6. 14 Ом. **7.** 0,4 В. **8.** 9 раз.
- стр. 73 **1.** 2,25 кДж. **2.** 33 кДж. **3.** 100 Вт.
4. 8 В, 2,24 Вт. **5.** 32,4 лев.
- стр. 78 **1.** 1,5 В. **2.** 900 кДж. **3.** 2 А, 10 В.
4. 5,5 Ом. **5.** 2 Ом. **6.** 5 В. **7.** 12 В.
8. 3,36 кДж. **9.** 6 Ом. **10.** 2,5 Ом.

Глава 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. МАГНИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ТОКА

- стр. 83 **6.** Вверх. **7.** Да. **8.** Б – Север; А – Юг.
9. Б – „–“, А – „+“. **10.** «Север» –
справа для обоих соленоидов.
11. „+“ Слева. **12.** «Север» справа.
13. Отклонится. **14.** С – Юг.
- стр. 86 **6.** 10 кН. **7.** 100 кг. **8.** 30 кН.
- стр. 89 **4.** От Б к А. **5.** Увеличивается в 1,5
раза. **6.** 5 мН. **7.** 0,75 Тл. **8.** К нам.
9. а) влево; б) «+» вниз; в) от нас.
- стр. 90 **12.** 1,1 мН. **13.** 2,5 А. **14.** 5 см.
15. 0,4 Тл. **16.** 0,08 Тл. **17.** а) 0,25 Н;
б) 0 или 0,375 Н. **18.** 0,5 Тл. **19.** 10 мм².
20. От А к Б.