

*В. Ланго*

**ВСЕ**

**ДОМАШНИЕ  
РАБОТЫ**

**К УЧЕБНИКУ  
А. В. ПЕРЫШКИНА  
«Физика 8 класс»**

**ФГОС**

**8**

**ФИЗИКА**

**В. Н. Ландо**

**Все домашние работы  
к учебнику  
А. В. Перышкина  
«Физика 8 класс»**

**ФГОС**



**МОСКВА  
2013**

УДК 372/53  
ББК 22.1 Англ. 72  
Л28

**В. Н. Ландо**

Все домашние работы к учебнику: А. В. Перышкин  
«Физика 8 класс» издательства «Дрофа». ФГОС —  
М.: — «ЛадКом». — 2013. — 160 с.

ISBN 978-5-91336-145-5

Решебник к учебнику А. В. Перышкина «Физика 8 класс» соответствует ФГОС и включает в себя все ответы на теоретические вопросы, экспериментальные задания и задачи. Решебник поможет учащимся верно понимать сущность рассматриваемых явлений, законов и теорий, точно определять физические величины, правильно выполнять чертежи, схемы и графики, применять полученные знания при выполнении практических заданий. Данный решебник адаптирован и к более ранним вариантам учебника по физике для 8 класса.

© Издательство «ЛадКом», 2013

## **Введение**

Дорогой друг!

В 8 классе ты продолжишь изучение естественнонаучного предмета «Физика». Это пособие поможет тебе усвоить его по учебнику А.В. Перышкина «Физика. 8 класс» для общеобразовательных учреждений. Данное пособие включает в себя ответы на все вопросы и упражнения учебника, а также сможет помочь тебе при выполнении лабораторных работ учебника. Материалы пособия размещаются по главам и параграфам.

Мы надеемся, что это пособие поможет тебе успешно усвоить и понять «Физику» как науку.

Удачи!

# ГЛАВА I. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

## § 1. Тепловое движение. Температура

### Вопросы

1. Явления, связанные с нагреванием или охлаждением тел, с изменением температуры, с изменением агрегатных состояний, называются *тепловыми*. К ним относятся, например, нагревание и охлаждение воздуха, таяние льда, замораживание воды, плавление металлов, кипение и др.

2. *Температура* характеризует *среднюю кинетическую энергию молекул*.

3. Чем больше скорость движения молекул тела, тем выше температура тела.

4. В газах молекулы непрерывно и беспорядочно движутся с довольно большой скоростью, изменяя направление движения при столкновении друг с другом или с преградой, например, со стенками сосуда. В жидкостях молекулы ограничены в движении, но могут колебаться, вращаться и перемещаться относительно друг друга. В твердых телах молекулы и атомы колеблются около некоторого среднего положения (*положения равновесия*).

## § 2. Внутренняя энергия

### Вопросы

1. При подъеме свинцового шара возрастает его потенциальная энергия. При падении этого шара потенциальная энергия уменьшается по мере падения, превращаясь в кинетическую, которая соответственно увеличивается с увеличением скорости. После удара шара о плиту его потенциальная и кинетическая энергии будут равны нулю, но механическая энергия не исчезла, а превратилась в другую форму энергии — тепловую.

2. В результате соударения свинцового шара со свинцовой плитой они деформировались и нагрелись.

3. *Внутренняя энергия тела* — это сумма кинетических энергий всех молекул этого тела и потенциальной энергии их взаимодействий. Она зависит от температуры тела, агрегатного состояния вещества и других факторов.

4. Нет, внутренняя энергия тела не зависит ни от его движения, ни от положения относительно других тел.

## § 3. Способы изменения внутренней энергии тела

### Вопросы

1. *При совершении работы* — натирании трубки с эфиром с помощью веревки произошло увеличение внутренней энергии, а значит и повышение

температуры трубки и эфира в ней до закипания и выбивания пробки из трубки.

**2.** Примером превращения *внутренней энергии в работу* может служить кипячение воды в сосуде с крышкой (кастрюля), которая подпрыгивает, то есть движется под действием энергии пара.

**3.** Примеры изменения внутренней энергии тела за счет теплопередачи: прогревание органов тела УВЧ-излучением, нагрев воздуха в фене электроспиралью, нагрев пищи при варке на газовой горелке и т. п.

**4.** Если сначала вода горячая, а спица холодная, то средняя кинетическая энергия молекул воды была больше средней кинетической энергии частиц холодного металла. Постепенно молекулы воды передадут часть своей энергии металлу, и их температуры выравняются. Таким образом произойдет изменение внутренней энергии воды и спицы.

**5.** *Теплопередача* — это процесс изменения внутренней энергии без совершения работы над телом или самим телом.

**6.** *Внутреннюю энергию* тела можно изменить двумя способами: *совершая механическую работу или теплопередачей.*

## **Задание 1**

Если взять маленькую монету 1 коп. и начать тереть ее о доску, то уже через 20 движений будет заметно, что монета стала теплой, горячей она станет примерно через 70 движений. Этот опыт

подтверждает связь между совершением механической работы над телом и увеличением внутренней энергии тела, проявляющейся в повышении температуры тела.

## § 4. Теплопроводность

### Вопросы

1. Если нагревать один конец проволоки, проволока будет постепенно нагреваться все дальше и дальше от места нагрева, поскольку частицы вещества постоянно взаимодействуют друг с другом и скорость движения соседних частиц будет увеличиваться с нагревом, хотя само вещество не перемещается, а только энергия передается по проволоке.

2. В опыте, изображенном на *рис. 9*, гвоздики, прикрепленные воском к медной проволоке, раньше отрываются, чем отрываются гвоздики от стальной проволоки, значит по медной проволоке тепло передается быстрее, чем по стальной, что означает: *теплопроводность меди выше теплопроводности стали.*

3. Самой низкой теплопроводностью обладает вакуум, что используется например в быту (термос), в науке и промышленности (при хранении сжиженных газов в сосудах Дьюара). Вообще вещества обладающие низкой теплопроводностью используется в качестве теплоизоляторов, например воздух, как плохой теплопроводник используется



для теплоизоляции домов, он содержится между стеклами окон и препятствует охлаждению домов зимой.

Металлы хорошо проводят тепло, особенно высокой теплопроводностью отличаются серебро и медь. Вещества хорошо проводящие тепло используются в качестве теплообменников, например для отвода тепла от двигателей автомашин.

4. мех, пух, перья на теле животных и птиц, а также одежда человека тем теплее, чем более пушистые они, то есть в них больше воздуха, который имеет низкую теплопроводность, значит лучше сохраняют тепло.

5. «Шуба греет» — неверное выражение, поскольку не имеет никакого обогревателя как источника энергии, но в ней сохраняется тепло человека, поскольку она имеет низкую теплопроводность.

## **Упражнение 1**

1. Глубокий рыхлый снег, пушистый как мех, содержит между снежинками воздух, который обладает малой теплопроводностью, что и позволяет сберечь озимые от вымерзания.

2. Теплопроводность сосновых досок в 3,7 раза больше, чем сосновых опилок из-за того что доски имеют более «монолитную» структуру по сравнению с рыхлыми опилками, между которыми много воздуха с малой теплопроводностью.

3.

Слой льда обладает меньшей теплопроводностью, чем вода, поэтому более теплая вода отводит

от нижнего слоя льда холод и распределяет его по всему своему объему. Если слой льда достаточно толстый и подо льдом достаточно много воды, то вода не промерзает на всю глубину, если воды мало, то водоем может промерзнуть. Поэтому лед толще на мелководье и тоньше в глубоких местах.

## § 5. Конвекция

### Вопросы

1. Воздух, соприкасаясь с нагретой лампой, нагревается, расширяется и становится менее плотным, чем окружающий его холодный воздух. Под действием архимедовой силы нагретый воздух вверх выталкивается, а его место занимает холодный воздух.

2. При нагревании снизу нижний слой воды раньше нагревается, чем верхний, становится менее плотным, поднимается вверх, а вниз опускаются более тяжелые холодные слои. Снова происходит нагрев слоя, поднятие и опускание. При этом холодные и теплые слои воды постоянно перемешиваются. Так происходит равномерный прогрев всей жидкости.

3. *Конвекция как вид теплопередачи* — это перенос энергии самими нагретыми струями газа или жидкости.

4. *Естественная конвекция* происходит свободно за счет перемещений нагретых слоев воздуха или жидкости. При *вынужденной конвекции* в ход

идут для дополнительного перемешивания лопатки, ложки, насосы и т.п. средства для перемешивания.

**5.** Жидкости и газы нагревают снизу, чтобы происходила конвекция и разогревался весь объем, а не только их верхняя часть.

**6.** В твердых телах конвекция невозможна, так как частицы в твердых телах могут лишь колебаться около положения равновесия. Следовательно невозможно и перемещение одних частиц относительно других.

## **Упражнение 2**

**1.** В замкнутом помещении происходит непрерывно конвекция, когда теплые потоки воздуха поднимаются вверх, а более холодные опускаются вниз, чем глубже подвал, тем холоднее в нем воздух, так как весь холодный воздух опускается вниз.

**2.** Это делается для более равномерного нагрева и охлаждения воздуха комнаты. При проветривании прохладный воздух из форточки опускается, значит ее надо располагать повыше, радиаторы же снизу более эффективно нагревают холодный воздух, происходит естественная конвекция, перемешивающая все слои воздуха.

**3.** В открытую форточку в комнату попадает более холодный воздух. Он опускается, так как его плотность больше, чем у теплого. Происходит перемешивание слоев воздуха с разной температурой, в результате конвекции средняя температура в комнате понижается, хотя у потолка она всегда выше, а у пола — ниже.

## § 6. Излучение

### Вопросы

1. Чтобы на опыте показать передачу энергии излучением, надо воспользоваться термоскопом, к темной поверхности которого вертикально подносится нагретый кусок металла. Понижение жидкости в колене манометра, соединенного с теплоприемником объясняется тем, что воздух в теплоприемнике нагрелся и расширился за счет передачи ему энергии от нагретого куска именно излучением.

2. Энергию излучения лучше поглощают тела с темной, особенно черной поверхностью, чем тела, имеющие светлую или зеркальную поверхность.

3. Люди давно используют различную способность тел поглощать энергию излучения, например чайники и кастрюли выпускают с зеркальной поверхностью (тогда они меньше испускают тепло), поверхность самолетов и вертолетов красят серебристой краской, чтобы они меньше нагревались солнцем (они лучше отражают тепло).

### Упражнение 3

1. Здесь присутствуют три вида теплопередачи, а именно: через стены тепло передается благодаря их теплопроводности, через открытое окно — происходит нагрев воздуха конвекцией, через стекло воздух нагревается излучением.

2. Известный опыт показывает, что темные тела сильнее нагреваются излучением, чем светлые. На

чистый снег помещаются кусочки белой и черной ткани, под черным кусочком снег заметно тает, оставаясь без изменения под белым.

**3.** От Солнца энергия к Земле передается исключительно излучением, поскольку между ними не могут происходить ни конвекция из-за отсутствия воздуха в космосе, ни теплопроводность, которая возможна лишь в веществе, но не в вакууме.

## **§ 7. Количество теплоты.**

### **Единицы количества теплоты**

#### **Вопросы**

**1.** *Количество теплоты* — это энергия, которую получает или теряет тело при теплопередаче.

**2.** Чем больше изменение температуры тела, тем больше количество теплоты.

**3.** Количество теплоты получаемое или отдаваемое телом зависит не только от изменения температуры тела, но также от его вещества и массы.

**4.** Чем массивнее тело, тем большее количество теплоты оно отдаст или получит.

**5.** Опыт может быть таким: в два одинаковых сосуда наливаем масло и воду одинаковой массы и одной температуры и нагреваем одинаковыми горелками одно и то же время (5 мин.), измерение температуры масла и воды покажет, что для масла она выше, чем для воды. Значит есть зависимость от рода вещества полученного количества теплоты.

6. Как и всякий вид энергии, количество теплоты измеряется в *джоулях* (Дж) или *килоджоулях* (кДж). Старая единица измерения — *калория* — это количество теплоты, нужное для нагрева 1 г воды на 1°C.

$$1 \text{ Кал} = 4,19 \text{ Дж.}$$

## § 8. Удельная теплоемкость

### Вопросы

1. *Удельная теплоемкость вещества* — это физическая величина, численно равная количеству теплоты, которое необходимо передать телу массой 1 кг для того, чтобы его температура изменилась на 1°C.

2. Единицей удельной теплоемкости вещества является  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  (джоуль на килограмм-градус).

3. Удельная теплоемкость свинца составляет  $140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , это означает, что для нагрева тела из свинца массой 1 кг на 1°C необходимо 140 Дж.

4. Близость водоемов существенно влияет на температуру воздуха, поскольку вода обладает большой теплоемкостью, зимой в этих районах теплее, а летом прохладнее, вода смягчает перепады температуры.

5. Поскольку вода обладает большой теплоемкостью  $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , она и используется в системе отопления для передачи тепла в квартиры и для охлаждения двигателей.

## § 9. Расчет количества теплоты, необходимого для нагревания тела или выделяемого им при охлаждении

### Вопросы

1. Чтобы вычислить количество теплоты, полученное телом при нагревании, надо знать удельную теплоемкость вещества данного тела, массу тела и изменение температуры тела.

2. Пусть один литр воды температурой  $20^{\circ}\text{C}$  надо довести до кипения. Рассчитаем количество теплоты, необходимое для этого нагрева

$$Q = mc(t_2 - t_1),$$

где  $m = 1 \text{ кг}$  — масса нагреваемой воды,  $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$  — удельная теплоемкость воды,  $t_2 = 100^{\circ}\text{C}$  — температура кипения,  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$  — начальная температура воды.

Лучше единицы измерения проверить заранее:

$$\text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot ^{\circ}\text{C} = \text{Дж},$$

а в формуле указать единицу измерения результата:

$$\begin{aligned} Q &= 1 \cdot 4200 \cdot (100 - 20) = 4200 \cdot 80 = 336\,000 = \\ &= 336 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 336 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

3.  $Q = mc(t_2 - t_1)$ , где  $Q$  — количество теплоты,  $m$  — масса вещества,  $c$  — удельная теплоемкость вещества,  $t_1$  — начальная температура,  $t_2$  — конечная температура.

4. При проведении опытов по передаче тепла от горячей воды к холодной заметно, что холодной воде достается меньше энергии, чем было отдано горячей. Разница меньше, если меньше потерь допускается в опыте (на нагрев окружающего воздуха, сосудов и т. п.).

#### Упражнение 4

1. Удельная теплоемкость алюминия составляет  $920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , это означает, что для нагревания 1 кг алюминия на  $1^\circ\text{C}$  потребуется количество теплоты равное 920 Дж.

2. а)

**Дано:**

$$m = 1,5 \text{ кг}$$

$$\Delta t = 200^\circ\text{C}$$

$$c = 540 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

**Найти:**

$Q$

**Решение:**

Нагрев чугуна массой  $m = 1,5 \text{ кг}$  на  $200^\circ\text{C}$  требует количества теплоты, рассчитываемого по формуле:

$$Q = cm\Delta t,$$

где  $c = 540 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  — удельная теплоемкость чугуна.



Проверим единицы измерения:

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C} = \text{Дж}.$$

$$Q = 540 \cdot 1,5 \cdot 200 = 162\,000 \text{ Дж} = 162 \text{ кДж}.$$

**Ответ:**  $Q = 162 \text{ кДж}$ .

2. б)

**Дано:**

$$m = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг}$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 90^\circ\text{C}$$

$$c = 920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

**Найти:**

$Q$

**Решение:**

Нагрев алюминиевой ложки массой  $m = 50 \text{ г}$  от  $20^\circ\text{C}$  до  $90^\circ\text{C}$  вычислим по формуле:

$$Q = cm(t_2 - t_1),$$

где  $c = 920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  — удельная теплоемкость алюминия.

Массу ложки выразим в килограммах

$$m = 0,05 \text{ кг}.$$

Проверим единицы измерения:

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C} = \text{Дж}.$$

$$Q = 920 \cdot 0,05 \cdot (90 - 20) = 920 \cdot 0,05 \cdot 70 = \\ = 3220 \text{ Дж} = 3,22 \text{ кДж}.$$

**Ответ:**  $Q = 3,22 \text{ кДж}$ .

2. в)

**Дано:**

$$m = 2 \text{ т} = 2000 \text{ кг}$$

$$t_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$c = 880 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

**Найти:**

$Q$

**Решение:**

Нагрев кирпичного камина массой  $m = 2 \text{ т}$  от  $10^\circ\text{C}$  до  $40^\circ\text{C}$  возможно при расходовании следующего количества теплоты:

$$Q = cm(t_2 - t_1),$$

где  $c = 880 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  — удельная теплоемкость кирпича.

Выразим массу камина в килограммах

$$m = 2000 \text{ кг}.$$

Проверим единицы измерения:

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C} = \text{Дж}.$$

$$Q = 880 \cdot 2000 \cdot (40 - 10) = 880 \cdot 2000 \cdot 30 = \\ = 52\,800\,000 \text{ (Дж)} = 52800 \text{ кДж} = 52,8 \text{ Мдж}.$$

**Ответ:**  $Q = 52,8 \text{ Мдж}$ .

3.

**Дано:**

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$V = 20 \text{ л} = 0,02 \text{ м}^3$$

$$t_1 = 50^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

**Найти:**

$Q$

**Решение:**

При остывании 20 л воды от  $100^\circ\text{C}$  до  $50^\circ\text{C}$  выделяется количество теплоты, рассчитываемое по формуле:

$$Q = cm(t_2 - t_1),$$

где  $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  — удельная теплоемкость воды.

Массу воды определим по заданному ее объему и удельной плотности воды  $m = \rho \cdot V$ ;

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ; объем воды выразим в  $\text{м}^3$  —  
 $V = 0,02 \text{ м}^3$ .

Проверим единицы измерения:

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} = \text{Дж}.$$

$$Q = c \cdot \rho \cdot V(t_2 - t_1) = 4200 \cdot 1000 \cdot 0,02 \cdot (100 - 50) = 4200000 \text{ Дж} = 4200 \text{ кДж}.$$

**Ответ:**  $Q = 4,2 \text{ МДж}$ .

## § 10. Энергия топлива.

### Удельная теплота сгорания

#### Вопросы

1. Физическая величина, показывающая, какое количество теплоты выделяется при полном сгорании топлива массой 1 кг, называется удельной теплотой сгорания топлива и обозначается  $q$ .

2. Удельная теплота сгорания топлива измеряется в  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$  (джоуль на килограмм).

3. Это значит, что при полном сгорании 1 кг торфа выделится  $1,4 \cdot 10^7$  Дж энергии.

4. При сгорании  $m$  кг топлива можно посчитать выделяемое количество теплоты  $Q$  по формуле

$$Q = qm,$$

здесь  $Q$  — выделенное количество теплоты,  $m$  — масса сгоревшего вещества,  $q$  — удельная теплота сгорания топлива.

#### Упражнение 5

1.

**Дано:**

$$m = 15 \text{ кг}$$

$$q = 3,4 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$$

**Найти:**

$Q$

**Решение:**

При полном сгорании древесного угля массой  $m = 15$  кг выделяется общее количество теплоты, подсчитываемое по формуле:

$$Q = q \cdot m,$$

где  $q = 3,4 \cdot 10^7$  Дж/кг удельная теплота сгорания древесного угля.

Проверим единицы измерения

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{кг} = \text{Дж}.$$

$$Q = 3,4 \cdot 10^7 \cdot 15 = 51 \cdot 10^7 = 5,1 \cdot 10^8 \text{ Дж},$$

**Ответ:**  $Q = 510$  МДж.

**Дано:**

$$m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$$

$$q = 2,7 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$$

**Найти:**

$$Q$$

**Решение:**

В случае полного сгорания спирта,  $m = 200$  г подсчет производится аналогично с учетом того, что его удельная теплота сгорания равна

$q = 2,7 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$  и что массу спирта надо выразить в килограммах т. е.  $m = 0,2$  кг,

$$Q = q \cdot m = 2,7 \cdot 10^7 \cdot 0,2 = 5,4 \cdot 10^6 \text{ Дж} = \\ = 5,4 \text{ Мдж}.$$

**Ответ:**  $Q = 5,4$  Мдж.

2.

**Дано:**

$$m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$$

$$q = 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$$

$$\rho = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$V = 2 \text{ л} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

**Найти:**

$Q$

**Решение:**

При полном сгорании керосина, объем которого равен 2 л, а плотность  $800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  выделится следующее количество теплоты:

$$Q = q \cdot m = q \cdot \rho \cdot V,$$

где  $V$  — объем керосина в кубометрах,

$V = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $q = 4,6 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$  — удельная теплота сгорания керосина.

Проверим единицы измерения:

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3 = \text{Дж}.$$

$$Q = 4,6 \cdot 10^7 \cdot 800 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 73,6 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 73,6 \text{ МДж}.$$

**Ответ:**  $Q = 73,6 \text{ МДж}$ .

**Дано:**

$$m = 2,5 \text{ т} = 2500 \text{ кг}$$

$$q = 4,4 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$$

**Найти:**

$Q$

**Решение:**

При полном сгорании нефти массой 2,5 т подсчет количества выделившейся теплоты  $Q$  производится аналогично, учтя, что ее теплота сгорания  $q = 4,4 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ , а массу надо выразить в килограммах  $m = 2500$  кг, тогда

$$Q = q \cdot m;$$

Проверим единицы измерения:

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{кг} = \text{Дж}.$$

и подставим значения в формулу

$$Q = 4,4 \cdot 10^7 \cdot 2500 = 1,1 \cdot 10^{11} \text{ Дж}.$$

**Ответ:**  $Q = 1,1 \cdot 10^{11} \text{ Дж}.$

**3.**

**Дано:**

$$Q = 50000 \text{ кДж} = 5 \cdot 10^7 \text{ Дж}$$

$$q = 1,0 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$$

**Найти:**

$m$

**Решение:**

Если при полном сгорании сухих дров выделилось  $Q = 50000 \text{ кДж} = 5 \cdot 10^7 \text{ Дж}$

энергии, то учитывая удельную теплоту их сгорания  $q = 1,0 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$  получим формулу подсчета массы сгоревших дров

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

Проверим единицы измерения:  $\text{Дж} / \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = \text{кг}.$

$$m = \frac{5 \cdot 10^7}{1,0 \cdot 10^7} = 5 \text{ кг}.$$

**Ответ:**  $m = 5 \text{ кг}.$

## § 11. Закон сохранения и превращения энергии в механических и тепловых процессах

### Вопросы

1. *Ручным насосом* можно накачать мяч или воздушный шарик, при этом механическая энергия движения поршня превращается во внутреннюю энергию воздуха под давлением.

Нагрев воздушных масс у поверхности земли приводит к превращению *внутренней энергии* в *механическую* — ветер.

2. *Ртутный термометр* действует за счет полученной энергии от человеческого тела.

В электроплитке происходит нагрев массивной металлической пластины, от контакта с которой



нагревается кастрюля или чайник с водой, т. е. происходит передача энергии от одного тела к другому.

**3.** Опыт по смешиванию воды разной температуры — наглядный пример передачи внутренней энергии от одного объекта другому, при котором полная энергия системы сохраняется.

**4.** *Закон сохранения и превращения энергии* — один из основных законов природы. Во всех явлениях, происходящих в природе, энергия не возникает и не исчезает. Она только превращается из одного вида в другой, при этом ее значение сохраняется.

**5.** Закон сохранения и превращения энергии дает научную основу для разнообразных расчетов во всех областях науки и техники. Например, в механике зная внутреннюю энергию неподвижного тела мы можем найти какую максимальную кинетическую энергию оно может приобрести (снаряд), зная потенциальную энергию сгорания топлива, мы можем предсказать какое топливо лучше (двигатель). В результате открытия закона сохранения энергии было например доказано, что невозможно создать вечный двигатель первого (при его работе выделяется энергия) и второго рода (работает вечно, от одного «толчка»). Зная энергетический баланс системы ученые и инженеры могут предсказать, какая часть энергии может быть превращена в «полезную» работу.

## Упражнение 6

1. При подъеме молота копра возрастает его потенциальная энергия, которая превращается при падении в кинетическую, а затем при ударе о сваю она превращается во внутреннюю энергию сваи и почвы, температуры которых повышаются.

2. При торможении автомобиля его кинетическая энергия переходит во внутреннюю энергию, при этом нагреваются колеса и покрытие дороги.

3. Когда стальной шарик поднимается на некоторую высоту, возрастает его потенциальная энергия, при падении она превращается в кинетическую, при ударе о стальную плиту и отскоке часть этой энергии превращается во внутреннюю — нагрев плиты и шарика, а другая — в кинетическую энергию отскочившего шарика и затем в потенциальную, зависящую от высоты подъема шарика. В случае падения и застревания шарика в песке вся его кинетическая энергия превращается во внутреннюю энергию — повышается температура шарика и песка.

4. Механическая работа по перемещению веревки с трением вокруг трубки с эфиром превращается во внутреннюю энергию веревки, трубки и эфира, они нагреваются так что эфир имеющий низкую температуру кипения закипает, в трубке возрастает давление паров эфира, затем пробка вылетает — демонстрируя переход внутренней энергии паров эфира в кинетическую энергию пробки. Пробка летит вертикально вверх, при этом ее кинетическая энергия превращается в потенциальную.

## ГЛАВА II. ИЗМЕНЕНИЯ АГРЕГАТНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА

### § 12. Агрегатные состояния вещества

#### Вопросы

1. Одно и то же вещество может находиться в зависимости от условий в различных агрегатных состояниях: *газообразном, жидком и твердом*.

2. Явление перехода из одного агрегатного состояния в другое имеет огромное практическое значение, например в металлургии плавят металлы, чтобы получить сплавы или выплавляют из руды металлы, газы охлаждают до жидкого состояния, чтобы хранить и использовать в компактном виде, пример — жидкий азот в медицине, «сухой лед» из углекислого газа — для хранения продуктов и пр.

3. Агрегатное состояние любого вещества определяется расположением, характером движения и взаимодействия молекул.

4. Молекулы газа, если их ничто не ограничивает, разлетаются, поскольку расстояние между молекулами газа гораздо больше, чем размеры самих молекул и притяжение молекул газа мало, средняя кинетическая энергия молекул газа достаточна, чтобы совершить работу по преодолению сил молекулярного притяжения. В жидкостях

и твердых телах молекулы расположены гораздо ближе друг к другу, чем в газах. Средняя кинетическая энергия молекул в них недостаточна для совершения работы по преодолению сил молекулярного притяжения, поэтому молекулы в жидкостях и твердых телах не удаляются далеко друг от друга.

## § 13. Плавление и отвердевание кристаллических тел

### Вопросы

1. *Плавлением* называют переход вещества из твердого состояния в жидкое.

2. *Отвердеванием* или *кристаллизацией* называют переход вещества из жидкого состояния в твердое.

3. Температуру, при которой вещество плавится и отвердевает, называют *температурой плавления* вещества и *температурой кристаллизации* или *отвердевания*.

### Упражнение 7

1. Температура плавления выше у твердой ртути ( $-39^{\circ}\text{C}$ ), чем у твердого спирта ( $-114^{\circ}\text{C}$ ).

2. В таблице 3 указан как самый легкоплавкий металл — ртуть с температурой плавления  $-39^{\circ}\text{C}$ , а самый тугоплавкий — вольфрам с температурой плавления  $3387^{\circ}\text{C}$ .

3. Свинец не расплавится в расплавленном олове при температуре его плавления, то есть

при  $232^{\circ}\text{C}$ , так как температура плавления свинца  $327^{\circ}\text{C}$ , но, если олово подогреть примерно еще на  $100^{\circ}\text{C}$ , тогда свинец может и расплавиться в разогретом олове.

4. Поскольку температура плавления цинка  $420^{\circ}\text{C}$ , а алюминия  $660^{\circ}\text{C}$ , то цинк можно расплавить в алюминиевом сосуде, нагревая его, но не достигая  $660^{\circ}\text{C}$ , когда может расплавиться сам алюминиевый сосуд.

5. Так как температура плавления ртути  $-39^{\circ}\text{C}$ , а в холодных районах температура может опускаться ниже, более разумнее использовать термометры со спиртом, у которого температура плавления равна  $-114^{\circ}\text{C}$ .

## § 14. График плавления и отвердевания кристаллических тел

### Вопросы

1. Из графика понятно, как происходят изменения в агрегатных состояниях воды и льда и изменения их температур. Первоначально был лед с температурой  $-40^{\circ}\text{C}$ . На участке  $AB$  происходит нагрев льда с помощью горелки до  $0^{\circ}\text{C}$ , участок  $BC$  характеризует время расплавления всего льда, с точки  $C$  начинается нагрев уже воды до  $40^{\circ}\text{C}$  (точка  $D$  — момент погашения горелки). На участке  $DE$  происходит остывание воды до температуры  $0^{\circ}\text{C}$ , участок  $EF$  характеризует процесс кристаллизации воды, т. е. превращение воды

в лед, в точке  $F$  уже вся вода замерзла в лед при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ , участок  $FK$  — это процесс остывания льда до  $-40^{\circ}\text{C}$ .

2. На графике по горизонтальной оси показано время, а по вертикальной — температура. Наклонные к осям отрезки показывают линейную зависимость температуры от времени как при нагреве льда (участок  $AB$ ) и воды (участок  $CD$ ), так и при охлаждении воды (участок  $DE$ ) и льда (участок  $FK$ ).

3. Когда температура не изменяется, график представляет собой горизонтальный отрезок, это  $BC$  — время расплавления всего льда, а также  $EF$  — время замерзания всей воды.

## § 15. Удельная теплота плавления

### Вопросы

1. При нагревании кристаллического вещества возрастает средняя скорость движения молекул, значит и средняя кинетическая энергия и температура, увеличивается размах колебаний молекул (или атомов). Когда достигается температура плавления вещества, нарушается порядок расположения частиц в кристаллах, кристаллы теряют форму, вещество плавится, переходя из твердого состояния в жидкое.

2. Энергия топлива при плавлении кристаллического тела тратится на разрушение кристалла.

**3.** Удельной теплотой плавления называется физическая величина, показывающая какое количество теплоты необходимо сообщить кристаллическому телу массой 1 кг, чтобы при температуре плавления полностью перевести его в жидкое состояние.

**4.** При отвердевании вещества средняя кинетическая энергия и скорость молекул в охлажденном расплавленном веществе уменьшаются. Силы притяжения уже могут удерживать медленно движущиеся молекулы друг около друга — расположение частиц становится упорядоченным — образуется кристалл. Выделяющаяся при кристаллизации энергия расходуется на поддержание постоянной температуры.

**5.** Чтобы вычислить количество теплоты  $Q$ , необходимое для плавления кристаллического тела, взятого при его температуре плавления и нормальном атмосферном давлении, нужно удельную теплоту плавления  $\lambda$  умножить на массу тела  $m$ :  $Q = \lambda \cdot m$ .

**6.** Чтобы вычислить количество теплоты  $Q$ , выделяющееся при кристаллизации тела, имеющего температуру плавления, надо удельную теплоту плавления  $\lambda$  умножить на массу тела  $m$ :  $Q = \lambda \cdot m$ .

## Упражнение 8

**1.** Температура плавления у первого тела (I) заметно выше, чем у второго (II), поскольку горизонтальный участок графика у первого тела расположен выше чем у второго.

*Удельная теплота плавления* больше у второго тела, т. к. оба тела имеют одинаковую массу, а горизонтальный участок графика, демонстрирующий время плавления длиннее у второго тела, значит и удельная теплота плавления у него больше, чем у первого.

*Удельная теплоемкость тел* на предложенном графике отражает скорость изменения температуры, а значит угол наклона графиков на соответствующих участках, углы различны, следовательно и удельные теплоемкости этих тел разные.

**2.** Чтобы продолжился процесс плавления тающего льда при  $0^{\circ}\text{C}$ , необходимо дополнительно ввести количество теплоты  $Q$ , однако при одинаковой температуре льда и помещения невозможно поступление дополнительного количества теплоты ко льду, и следовательно в указанном помещении лед таять не будет.

**3.** Процесс будет зависеть от температуры вокруг ведра с водой и льдом, если она больше нуля — лед начнет таять, если отрицательная, то вода начнет замерзать.

**4.**

*Дано:*

$$m = 4 \text{ кг}$$

$$\lambda_{\text{льда}} = 3,4 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

*Найти:*

$$Q$$



**Решение:**

Количество теплоты, необходимое для того, чтобы расплавить 4 кг льда рассчитывается по формуле:

$$Q = \lambda_{\text{льда}} \cdot m = 3,4 \cdot 10^5 \cdot 4 = 1,36 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

**Ответ:**  $Q = 1,36 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$

5.

**Дано:**

$$m = 20 \text{ кг}$$

$$\lambda_{\text{рв}} = 0,25 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$t_1 = 27^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 327^\circ\text{C}$$

**Найти:**

$$Q_1, Q_2$$

**Решение:**

Количество теплоты, необходимое для того, чтобы расплавить 20 кг свинца, при температуре плавления рассчитывается по формуле:

$$Q_2 = \lambda_{\text{рв}} \cdot m = 0,25 \cdot 10^5 \cdot 20 = 5 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Проверка единиц измерения:

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{кг} = \text{Дж.}$$

Если начальная температура свинца была  $t_1 = 27^\circ\text{C}$ , то прежде чем начнется процесс

плавления, необходимо нагреть его до температуры плавления  $t_2 = 327^\circ\text{C}$ , на что потребуется следующее количество теплоты:

$$Q_1 = cm(t_2 - t_1),$$

где  $c = 140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  — удельная теплоемкость свинца.

$$Q_1 = 140 \cdot 20 \cdot (327 - 27) = 840\,000 \text{ Дж} = 8,4 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

Проверка единиц измерения

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C} = \text{Дж}.$$

**Ответ:**  $Q_1 = 8,4 \cdot 10^5 \text{ Дж}$ ,  $Q_2 = 5 \cdot 10^5 \text{ Дж}$ .

## Задание 2

1. Когда на плите греются две одинаковые жестяные банки с водой и со снегом одинаковой массой 0,5 кг и засекается время закипания, то получаем наглядное подтверждение того, что в банке со снегом закипание происходит примерно в 2,5 раза позже, чем в банке с водой (4 мин. и 10 мин.). Этот опыт показывает, что на таяние льда требуется значительная энергия.

2.

## Аморфные тела. Плавление аморфных тел

В природе мы встречаем разные виды существования материи, простейшие из них газы, жидкости, твердые тела, с кристаллической структурой,

каждый вид характеризуется своими свойствами. Например, жидкости принимают форму сосуда, в силу их текучести, твердые вещества плавятся при определенной температуре и обладают некоторой хрупкостью и т.д. Существуют особого вида тела, обладающие отдельными свойствами твердых тел и жидкостей, их называют аморфными телами. Примерами аморфных тел могут быть твердая смола (вар, канифоль), сургуч, эбонит, стекло, полиэтилен, различные пластмассы.

По многим физическим свойствам, и внутреннему строению аморфные тела стоят ближе к жидкостям, чем к твердым телам.

От удара кусок смолы рассыпается на осколки, как хрупкое тело, но в то же время обнаруживает и свойства, присущие жидкостям. Твердые куски смолы медленно растекаются по горизонтальной поверхности, находясь в сосуде же принимают постепенно его форму. По этим свойствам твердую смолу можно рассматривать как очень густую и очень вязкую жидкость.

В отличие от кристаллических тел, в аморфных телах атомы и молекулы расположены беспорядочно, как в жидкостях.

Аморфные тела при нагревании постепенно размягчаются, разжижаются и, наконец, превращаются в жидкость. Их температура при этом изменяется непрерывно. При отвердевании аморфных тел также непрерывно идет понижение их температуры. Как в жидкостях, в аморфных телах

молекулы могут свободно перемещаться друг относительно друга. Во время нагревания аморфных тел скорость движения молекул увеличивается, растет расстояние между молекулами, ослабевают связи между ними. В результате аморфное тело размягчается и становится текучим.

## § 16. Испарение.

### Насыщенный и ненасыщенный пар

#### Вопросы

1. *Испарением* называется *парообразование*, происходящее с поверхности жидкости.

2. В жидкости всегда при любой температуре имеется некоторое число быстро движущихся молекул, которые могут покинуть поверхность жидкости, но чем выше температура, тем их больше и быстрее происходит испарение.

3. Скорость испарения жидкости зависит от рода жидкости, от температуры жидкости, а также от площади поверхности жидкости.

4. Чем выше температура, тем быстрее происходит испарение жидкости, поскольку в ней больше быстро движущихся молекул, которые способны преодолеть силы притяжения окружающих молекул и вылететь с поверхности жидкости.

5. Чем больше площадь поверхности, тем большее число молекул одновременно вылетает в воздух, тем выше скорость испарения.

**6.** Насыщенным паром называется пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью.

**7.** Ненасыщенным паром называется пар, не находящийся в равновесии со своей жидкостью.

**8.** Испарение жидкости происходит быстрее при ветре, т. к. он относит вылетевшие молекулы и они не возвращаются в жидкость, что несколько замедляло бы испарение.

## **§ 17. Поглощение энергии при испарении жидкости и выделение ее при конденсации пара**

### **Вопросы**

**1.** Молекулы, выходящие из жидкости при испарении, преодолевают притяжение соседних молекул.

**2.** Температура жидкости при ее испарении понижается, поскольку она (температура) характеризует среднюю кинетическую энергию, а она уменьшается, когда самые быстрые молекулы покидают жидкость при испарении.

**3.** Охлаждение жидкости наглядно демонстрирует опыт, в котором конец термометра с жидкостью оборачивается тканью и поливается эфиром. Эфир быстро испаряется, ткань с термометром охлаждаются и термометр показывает падение температуры.

4. При одних и тех же условиях та из жидкостей испаряется быстрее, молекулы которой с меньшей силой притягиваются друг к другу, при этом с ее поверхности могут вылететь больше молекул.

5. Конденсация пара, особенно насыщенного пара, происходит при понижении температуры.

6. Конденсацией пара объясняются следующие явления природы: образование облаков, тумана, выпадение росы, которые сопровождают похолодание воздуха, содержащего невидимые пары воды.

## Упражнение 9

1. Лужи от дождя скорее просыхают в теплую ветреную погоду, поскольку она способствует большему количеству молекул с большей скоростью вылететь с поверхности жидкости и не дает возможности вернуться вылетевшим молекулам обратно.

2. Горячий чай быстрее остывает если на него дуют, поскольку над ним как бы возникает ветер, уносящий вылетевшие молекулы, при этом средняя кинетическая энергия молекул, оставшихся в жидкости уменьшается, а значит падает температура чая.

3. Пот — естественный способ охлаждения тела в жару, испаряясь с поверхности кожи, пот отбирает часть внутренней энергии тела, необходимой для испарения жидкости, превращения ее в пар.

4. В сухом воздухе жару переносить легче, чем во влажном, поскольку процесс испарения пота

идет в сухом воздухе интенсивнее, температура кожи становится ниже.

**5.** Вода в летнюю жару в сосудах из слабообожженной глины холоднее окружающего воздуха, поскольку с поверхности таких сосудов происходит испарение просачивающейся сквозь стенки сосуда жидкости, а значит идет отбор энергии и уменьшение температуры.

**6.** Если налить в стакан и в блюдец воду одинаковой массы, то вода из блюда испариться быстрее, чем из стакана, т. к. площадь поверхности жидкости в блюде больше, чем площадь поверхности жидкости в стакане.

**7.** Чтобы уменьшить испарение влаги из политой почвы приствольных кругов, ее покрывают *мульчей*<sup>1</sup> любого состава (соломой, травой, хвоей и т. п.).

### **Задание 3**

Поставим одно блюдо с ложкой воды на батарею центрального отопления, а другое такое же тоже с одной ложкой — на подоконник. Испарение в первом случае закончилось через 2 часа, а во втором — примерно через 8 часов, что объясняется большей температурой жидкости в блюде на батарее, чем на подоконнике.

---

<sup>1</sup>Толстым слоем органических веществ, препятствующий росту сорняков, защищающий почву от перегрева, сохраняющий в ней влагу и питающий почву и растения.

## § 18. Кипение

### Вопросы

1. Перед кипением жидкости в ней наблюдается появление пузырьков воздуха, которые растут и поднимаются к ее поверхности. В это время слышен шум, предшествующий кипению.

2. На пузырьки воздуха, наполненные паром, внутри жидкости действует архимедова сила, выталкивающая их из воды, что приводит к их всплыванию.

3. Температура, при которой жидкость кипит, называют *температурой кипения*.

## § 19. Влажность воздуха

### Вопросы

### Способы определения влажности воздуха

1. *Относительной влажностью воздуха  $\varphi$*  называется отношение абсолютной влажности воздуха  $\rho$  к плотности  $\rho_0$  насыщенного водяного пара при той же температуре, выраженный в процентах

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%.$$

2. *Точкой росы* называется температура, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным.



3. Для определения влажности воздуха используют такие приборы, как *гигрометры* (волосяной и конденсационный) и *психометры*.

4. *Конденсационный гигрометр* имеет металлическую коробочку с эфиром, резиновую грушу и термометр, измеряющий температуру воздуха. Когда появится капелька на передней стенке прибора, после продувания воздуха грушей и охлаждения его эфиром, термометр покажет точку росы.

5. *Психометр* — прибор с двумя термометрами, причем один из них во влажной ткани. Для определения относительной влажности воздуха нужно записать показания обоих термометров, и по специальной психометрической таблице по разнице температур найти относительную влажность воздуха.

## **§ 20. Удельная теплота парообразования и конденсации**

### **Вопросы**

1. Энергия, подводимая к жидкости при кипении, идет на образование пара из жидкости, т. е. на преодоление сил молекулярного притяжения.

2. *Удельная теплота парообразования* показывает, какое количество теплоты необходимо, чтобы обратить жидкость массой 1 кг в пар без изменения температуры.

3. Опыт подтверждающий выделение энергии при конденсации может быть таким: струю пара из

колбы с кипящей водой направляем на пластину, где происходит конденсация воды, нагревание пластины происходит не только от нагрева паром, но и от превращения пара в воду.

4. Энергию, выделяемую при конденсации  $m = 1$  кг водяного пара при конденсации можно посчитать по формуле:

$$Q = L \cdot m,$$

где  $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$  — удельная теплота парообразования воды,  $Q = 2,3 \cdot 10^6 \cdot 1$  Дж.

5. Энергию, выделяемую при конденсации водяного пара, на электростанциях используют для нагревания воды, которую затем используют для отопления зданий, в банях, прачечных и т. п.

## Упражнение 10

1. Удельная теплота парообразования воды  $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ , это означает, что для превращения 1 кг воды в пар при температуре кипения, то есть  $100^\circ\text{C}$  требуется энергия  $2,3 \cdot 10^6$  Дж.

2. Удельная теплота конденсации аммиака  $L = 1,4 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ , это означает, что 1 кг аммиака конденсируясь, выделит энергию, равную  $1,4 \cdot 10^6$  Дж.

3. В таблице 6 приведены значения удельной теплоты парообразования для шести веществ, из которых наибольшее при нормальном атмосферном давлении и температуре кипения у воды  $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ , следовательно и внутренняя энергия

увеличивается при обращении из жидкого состояния в пар в наибольшей степени у воды.

4.

**Дано:**

$$m = 150 \text{ г} = 0,15 \text{ кг}$$

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

**Найти:**

$Q$

**Решение:**

Чтобы 150 г воды превратить в пар при температуре  $100^\circ\text{C}$ , необходимо следующее количество энергии

$$Q = L \cdot m,$$

где  $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$  — удельная теплота парообразования воды.

$$Q = 2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,15 = 3,45 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

**Ответ:**  $Q = 3,45 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$

5.

**Дано:**

$$m = 5 \text{ кг}$$

$$t_1 = 0^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

**Найти:**

$Q$

**Решение:**

Количество теплоты, необходимое для нагрева воды до кипения

$$Q_1 = mc(t_2 - t_1).$$

Количество теплоты, необходимое для испарения этой воды

$$Q_2 = L \cdot m;$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = mc(t_2 - t_1) + L \cdot m;$$

$$Q = 5 \cdot 4200 \cdot (100 - 0) + 2,3 \cdot 10^6 \cdot 5 = 2,1 \cdot 10^6 + 11,5 \cdot 10^6 = 1,36 \cdot 10^7 \text{ Дж.}$$

**Ответ:**  $Q = 1,36 \cdot 10^7 \text{ Дж.}$

**6.**

**Дано:**

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$t_1 = 100^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 0^\circ\text{C}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

**Найти:**

$Q_1, Q_2$

**Решение:**

Количество теплоты, необходимое для охлаждения воды до  $t_2 = 0^\circ\text{C}$

$$Q_1 = mc(t_2 - t_1),$$

$$Q_1 = 2 \cdot 4200 \cdot (100 - 0) = 840\,000 \text{ Дж} = 0,84 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Количество теплоты, необходимое для конденсации пара при  $t_2 = 100^\circ\text{C}$

$$Q_2 = L \cdot m,$$

$$Q = 2,3 \cdot 10^6 \cdot 2 = 4,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

При конденсации пара и охлаждения затем его конденсата до  $t_2 = 0^\circ\text{C}$  выделится энергия

$$Q_2 = Q + Q_1 = 0,84 \cdot 10^6 + 4,6 \cdot 10^6 = 5,44 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

**Ответ:**  $Q_1 = 0,84 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ ;  $Q_2 = 5,44 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ .

**Задание 4****Круговорот воды в природе**

На Земле в естественных условиях вода может находиться в трех агрегатных состояниях: твердом (лед), жидком и газообразном (пар). Процессы превращения воды из одного состояния в другое, а также всевозможные перемещения ее по планете и составляют *круговорот воды в природе*.

Основные массы воды на Земле — соленые и находятся в мировом океане — около 97,75%, запасы пресной воды сосредоточены большей частью в

ледниковых шапках Арктики и Антарктики, а также ледников высоких гор, хотя имеются и подземные ледники и подземные воды.

Самая подвижная часть воды — в виде пара находится в воздухе как невидимая его составляющая, так и в виде более плотных образований — облаков или тумана. Облака и тучи могут перемещаться на значительные расстояния, перенося с собой воду и, конденсируясь, отдают ее затем в виде осадков: дождя, мороси, града или снега, в зависимости от температуры окружающей среды.

Вода, выпавшая с осадками, частично может испариться, частично может использоваться животными и растениями, частично впитаться в почву, перемещаясь в ней в виде грунтовых вод над глинистыми слоями земли.

Грунтовые воды могут вновь оказаться на поверхности либо в родниках, либо в ключах, либо в гейзерах, от которых часто берут истоки рек, текущих в моря и океаны. Таяние ледников в горах дает начало многим горным рекам, вода которых в конечном счете тоже попадает в океан.

Испарение воды происходит везде: и на суше и над морями, озерами, реками и океанами, над льдами тоже есть, но в меньшей степени из-за низкой температуры. Попав в атмосферу, вода перемещается вновь поддаваясь действиям воздушных потоков, осадки снова идут к земле — такой непрерывный цикл кружения воды продолжается всегда, поддерживая жизнь на планете во всех ее проявлениях.

## § 21. Работа газа и пара при расширении

### Вопросы

1. Простейшим примером превращения энергии пара в механическую энергию может служить простейший *паровой двигатель*, внутри цилиндра которого подогревается пар, расширение которого приводит в движение поршень.

2. *Тепловыми двигателями* называют машины, в которых внутренняя энергия топлива превращается в механическую энергию.

3. Тепловые двигатели имеют несколько видов: паровая машина, двигатель внутреннего сгорания, паровая и газовая турбины, реактивный двигатель, двигатель Стирлинга.

4. Энергия топлива в тепловых двигателях сначала переходит в энергию пара или газа, которые, расширяясь, совершают работу и при этом охлаждаются, таким образом часть внутренней энергии превращается в механическую энергию.

## § 22. Двигатель внутреннего сгорания

### Вопросы

1. *Двигатель внутреннего сгорания* — это тепловой двигатель, топливо в котором сгорает прямо в цилиндре внутри самого двигателя.

2. Простейший *двигатель внутреннего сгорания* состоит из цилиндра, в котором перемещается

поршень, соединенный внизу шатуном с коленчатым валом. Два клапана в верхней части цилиндра открываются и закрываются автоматически в нужные моменты. Один клапан служит для подачи в цилиндр горючей смеси, воспламеняющейся от свечи, другой клапан выпускает отработавшие газы.

**3.** При сгорании горючей смеси в двигателе внутреннего сгорания сначала значительно повышается температура до  $1600^{\circ}\text{C}$ — $1800^{\circ}\text{C}$  и давление на поршень возрастает, газы, расширяясь, толкают поршень и коленчатый вал, совершая механическую работу. Газы при этом охлаждаются, так как часть их внутренней энергии превращается в механическую энергию.

**4.** Рабочий цикл двигателя происходит за четыре хода (такта) поршня, при этом коленчатый вал делает два оборота.

**5.** Такты поршня имеют названия в соответствии с происходящими в них процессами: впуск, сжатие, рабочий ход и выпуск. *Впуск* — поршень движется вниз, в цилиндре создается разрежение, открывается клапан и в цилиндр поступает горючая смесь, клапан закрывается, коленчатый вал совершает пол-оборота. *Сжатие* — коленчатый вал продолжает поворот, поршень движется вверх и сжимает горючую смесь, она воспламеняется от искры и быстро сгорает. *Рабочий ход* — поршень под давлением газов опускается вниз, передавая толчок шатуну и коленчатому валу с маховиком при закрытых клапанах. В конце третьего такта



открывается другой клапан для выпуска продуктов сгорания в атмосферу. *Выпуск* — поршень движется вверх, продукты сгорания выходят через клапан, в конце такта клапан закрывается.

**6.** Маховик, обладая значительной инерционностью, необходим для передачи движения поршню в следующих тактах.

**7.** Двигатели внутреннего сгорания применяются в автомобилях, мотоциклах, самолетах, теплоходах, тракторах, тепловозах, а также на речных и морских судах.

## § 23. Паровая турбина

### Вопросы

**1.** Тепловой двигатель, в котором пар или нагретый до высокой температуры газ вращает вал двигателя без помощи поршня и шатуна и коленчатого вала, называют *турбиной*.

**2.** Отличие двигателя внутреннего сгорания от паровой турбины заключается в том, что вал двигателя в турбине приводится в движение через лопатки, на которые из сопел вырываются струи пара, без помощи поршня, шатуна и коленчатого вала. Никаких циклов у турбин нет, поскольку вращение вала непрерывно.

**3.** Простейшая паровая турбина содержит вал, на который насажен диск с закрепленными по его ободу лопатками. Около лопаток расположены *трубы-сопла*, в которые поступает пар из котла.

Диск турбины приводится в быстрое вращательное движение за счет того, что струи пара, вырывающиеся из сопел, оказывают значительное давление на лопатки.

## § 24. КПД теплового двигателя

### Вопросы

1. В тепловых двигателях только часть энергии топлива превращается в механическую энергию, поскольку значительная часть внутренней энергии тратится на тепловые потери, теряется в окружающем пространстве.

2. *КПД теплового двигателя* — величина, равная отношению совершенной полезной работы двигателя к энергии, полученной от нагревателя

$$\text{КПД} = \frac{A_{\text{п}}}{Q_1} \text{ или } \text{КПД} = \frac{(Q_1 - Q_2)}{Q_1} \cdot 100\%,$$

где  $A_{\text{п}}$  — полезная работа,  $Q_1$  — количество теплоты, полученное от нагревателя,  $Q_2$  — количество теплоты, отданное холодильнику,  $(Q_1 - Q_2)$  — количество теплоты, которое пошло на совершение работы.

3. Поскольку  $Q_2$  — количество теплоты, отданное холодильнику и другим окружающим предметам, всегда значительно больше нуля, КПД не может быть ни равно 100%, ни больше 100%.

4. Поскольку поршень движется вниз и маховик движется в первой половине оборота, значит изображен первый такт работы — впуск горючей смеси двигателя внутреннего сгорания.

## **Задание 5**

### **Использование энергии Солнца на Земле**

Энергия Солнца имеет огромное значение для всего живого на нашей планете, для растений, животных, человека, как биологического вида, так и для применения в разных областях науки и техники. За счет солнечной энергии средняя годовая температура на Земле около  $15^{\circ}\text{C}$ . Мощность солнечного излучения, падающего на земную поверхность, так велика, что для ее замены потребовалось бы примерно 30 миллионов мощных электростанций. Великий непрерывный круговорот воды в природе совершается за счет энергии солнца: вода морей, озер и рек испаряется, пар, поднявшийся вверх, сгущается в облака, переносится ветром в разных направлениях в отдаленные места Земли и выпадает в виде осадков. Эти осадки питают реки, которые текут в моря и в океаны.

Вся жизнь на Земле как растений, так и животных зависит от Солнца. В растениях происходит превращение солнечной энергии в химическую энергию.

Каменный уголь представляет собой окаменевшие в земле остатки лесов, когда-то росших на пространствах Земли. В нем запасена энергия Солнца. В болотах из отмирающих растений образуются пласты торфа, используемого как топливо.

В конечном счете, энергия животных, питающихся растениями, и энергия человека — все это преобразованная солнечная энергия.

В последнее время все шире используется преобразование энергии солнечного излучения в электроэнергию. Космические корабли имеют разворачивающиеся солнечные батареи, позволяющие преобразовывать солнечную энергию в электроэнергию, для электропитания корабля. Общая полезная площадь солнечной батареи достигает несколько десятков квадратных метров.

В тех областях, где много ясных солнечных дней в году, солнечное излучение применяют для нагревания воды, получения водяного пара и пр.

## ГЛАВА III. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

### § 26. Взаимодействие заряженных тел. Два рода зарядов

#### Вопросы

1. Две эбонитовые палочки, наэлектризованные трением о мех, получили одинаковый отрицательный заряд и поэтому отталкиваются.

2. Если эбонитовую палочку, натертую о мех, повесить, и поднести к ней стеклянную палочку, натертую о шелк, то будет наблюдаться притяжение палочек, значит палочки имеют разного рода заряды: *отрицательный* и *положительный*.

3. В природе существует два рода электрических зарядов: *положительные* и *отрицательные*.

4. Тела, имеющие заряды одинакового знака, взаимно *отталкиваются*, а тела, имеющие заряды противоположного знака, взаимно *притягиваются*.

### § 27. Электроскоп. Проводники и непроводники электричества

#### Вопросы

1. Чтобы узнать, наэлектризовано ли тело, достаточно поднести его к мелко нарезанным листочкам бумаги. К наэлектризованному телу листочки притянутся.

2. Школьный электроскоп содержит застекленный корпус, внутрь которого через пластмассовую пробку пропущен металлический стержень, с листочками на конце.

3. Если электроскоп заряжен положительно, то поднесение к нему тела с таким же зарядом вызовет еще большее расхождение листочков в электроскопе; поднесение тела с противоположным зарядом приведет к уменьшению угла между листочками электроскопа. Когда электроскоп не заряжен, прикосновение телом к стержню позволяет определить, заряжено ли тело, чем более заряжено тело, тем на больший угол расходятся листочки электроскопа.

4. Все вещества по способности передавать электрические заряды делятся на три группы: *проводники, диэлектрики и полупроводники.*

## § 28. Электрическое поле

### Вопросы

1. Электрическое взаимодействие передается не через воздух, поскольку есть опыт, демонстрирующий работу электроскопа под колоколом воздушного насоса, где был выкачан воздух, но листочки электроскопа были по-прежнему разведены.

2. Пространство, окружающее наэлектризованное тело, отличается от пространства, окружающее ненаэлектризованное тело, тем, что вокруг первого имеется электрическое поле, причем чем ближе к наэлектризованному телу, тем сильнее это поле.

3. Электрическое поле можно обнаружить с помощью любого заряженного тела, поскольку в электрическом поле и заряженное тело взаимодействуют друг с другом.

4. Сила, действующая на подвешенную заряженную гильзу, возникающая при поднесении к ней заряженного тела на некотором расстоянии, при удалении от гильзы уменьшается. Это видно по уменьшению угла отклонения нити подвеса от вертикали, когда заряженное тело удаляют от гильзы.

## § 29. Делимость электрического заряда. Электрон

### Вопросы

1. Деление заряда на части можно продемонстрировать с помощью нескольких *электроскопов*. Первый электроскоп заряжается некоторым зарядом, затем его соединяют с незаряженным электроскопом проводником. Первоначальный заряд в таком случае делится на две равные части, это демонстрируют листочки обоих электроскопов.

2. Нельзя электрический заряд делить бесконечно, поскольку существует заряженная частица — электрон, заряд которой разделить невозможно, у нее самый малый заряд.

3. Частицу с самым малым зарядом называли *электрон*.

Масса электрона —  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

Заряд электрона —  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

## § 30. Строение атомов

### Вопросы

1. Они отличаются количеством электронов, протонов и нейтронов.

2. Главной характеристикой данного химического элемента является заряд ядра.

3. В состав ядра входят протоны и нейтроны.

4. Атом водорода (H) содержит один электрон и один протон в ядре.

Атом гелия (He) содержит два электрона и два протона и два нейтрона в ядре.

Атом лития (Li) содержит три электрона и три протона и три нейтрона в ядре.

5. Положительные ионы образуются из нейтральных атомов, если они теряют электроны. Отрицательные ионы образуются из нейтральных атомов, если они приобретают лишние электроны.

### Упражнение 11

1. Поскольку в нейтральном атоме углерода содержится 12 частиц, а электронов с отрицательным зарядом — 6, значит протонов с положительным зарядом в ядре тоже 6, следовательно в ядре имеется еще  $12 - 6 = 6$  нейтронов.

2. Если от нейтрально заряженного атома гелия (He) отделился один электрон, то оставшаяся частица стала положительно заряженная — это положительный ион с зарядом  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, равным заряду электрона, но с плюсом.



## **§ 31. Объяснение электрических явлений**

### **Вопросы**

**1.** Когда стеклянную палочку трут о шелк, она заряжается положительно, а шелк при этом — отрицательно. Это объясняется тем, что при трении электроны с палочки переходят на шелк, т. е. с того вещества, в котором силы притяжения к ядру атома меньше, на то вещество, в котором эти силы больше. в результате в стеклянной палочке будет недостаток электронов, а в шелке — избыток.

**2.** Заряды шерсти и эбонитовой палочки равны по абсолютному значению, ведь сколько электронов ушло с шерсти, столько же их прибавилось на эбоните, как в замкнутой системе.

**3.** Пусть подвешена нейтральная гильза, и к ней подносят отрицательно заряженную палочку. В гильзе свободные электроны, попав в электрическое поле, переместятся в дальнюю от палочки сторону, после прикосновения электроны с палочки перейдут на гильзу, нейтрализовав, часть положительного заряда, в результате в целом гильза станет отрицательно заряженной. Если палочку подносят с положительным зарядом, то, наоборот, электроны с гильзы перетекут на палочку.

**4.** Когда заряд передается от заряженного тела к незаряженному, то величина переданного заряда зависит от соотношения величин этих тел. Чем больше незаряженное тело, тем больший заряд перетечет на него.

**5.** Заземление основано на том, что огромная Земля перетягивает на себя практически весь заряд с наэлектризованного тела, поскольку ее величина несравнимо больше любого предмета на ней.

## **Упражнение 12**

**1.** Эбонит относится к группе диэлектриков, поэтому эбонитовую палочку можно наэлектризовать трением, держа ее в руке. Если же пытаться повторить опыт с металлическим стержнем в руке, то электризация не удастся, поскольку металл — проводник и заряды сразу же утекали по стержню и руку и т. д. в землю.

**2.** При налипании бензина корпус бензовоза при помощи металлического проводника заземляют, чтобы обезопасить бензовоз не только от удара молнии, но и от статического заряда, который может образоваться при заполнении бензовоза.

## **§ 32. Электрический ток.**

### **Источники электрического тока**

#### **Вопросы**

**1.** Электрическим током называется упорядоченное (направленное) движение заряженных частиц.

**2.** Чтобы в проводнике возник и существовал ток, надо создать в нем электрическое поле с помощью источников электрического тока.

**3.** В источниках электрического тока происходит превращение механической, внутренней или

другой энергии в электрическую в результате работы по разделению заряженных частиц.

4. Сухой гальванический элемент содержит цинковый сосуд ( $Zn$ ), внутри которого есть угольный стержень ( $C$ ), помещенный в смесь оксида марганца (IV) ( $MnO_2$ ) и углерода, между ними находится желеобразный раствор соли ( $NH_4Cl$ ). В ходе химической реакции цинка с хлоридом аммония цинковый сосуд заряжается отрицательно, а стержень — положительно.

5. Корпус батареи является отрицательным полюсом, а стержень — положительным.

6. Простейший аккумулятор состоит из двух свинцовых пластин (электродов), помещенных в раствор серной кислоты. Бывают и щелочные аккумуляторы.

7. Аккумуляторы применяются в мобильных телефонах, плеерах, ноутбуках, автомобилях, железнодорожных вагонах, на подводных лодках, на искусственных спутниках Земли и многих других современных устройствах.

## Задание 6

1. Если разрезать старую цилиндрическую батарейку, то можно увидеть, что имеется цинковый корпус, это отрицательный электрод батарейки, по оси проходит угольный (графитовый) стержень — положительный электрод, между ними имеется некоторая загущенная масса, которая и способствует возникновению напряжения между электродами. Кроме того можно заметить изолирующие и поддерживающие конструкционные слои.

## Применение аккумуляторов

*Аккумуляторы* — это химические источники тока в отличие от обычных батареек позволяют заряжаться многократно. В настоящее время класс таких источников тока весьма велик и содержит значительное разнообразие параметров, позволяющее применять те или иные аккумуляторы в быту и на производстве. Наверное, самым традиционным применением аккумуляторов является автомобилестроение.

*Свинцовые аккумуляторы* до сих пор имеют широкое применение внутри автомобиля, ток от которых служит не только для запуска двигателя, но и для освещения салона, включения сигнализации и многих новых возможностей современных автомобилей.

Последнее время много публикаций, посвященных *Ё-мобилю*, в котором и само движение обеспечивается экологически чистым топливом — электрическим током, который естественно должен поставляться мощным аккумулятором.

Огромное значение приобрели аккумуляторы в связи с развитием вычислительной техники, необходимостью сохранения информации при неожиданном отключении электрического сетевого питания, а также с широким распространением портативных компьютеров, работающих как с электрической сетью, так и без нее, т. е. на аккумуляторах.

В последние годы прошлого века распространение получили разнообразные бытовые приборы: сотовые телефоны, плееры, пейджеры и т. д. Их работу уже трудно представить без аккумуляторов во всем их многообразии по размерам, мощности, напряжению, надежности и пр.

## **§ 33. Электрическая цепь и ее составные части**

### **Вопросы**

1. Главное *назначение* источников электрического тока — поставлять электрическую энергию всем потребителям (приемникам) электрического тока.

2. *Потребителями* электрической энергии являются всевозможные электробытовые приборы, электродвигатели, лампы, плитки, зарядные устройства, электросварочные аппараты и т. д.

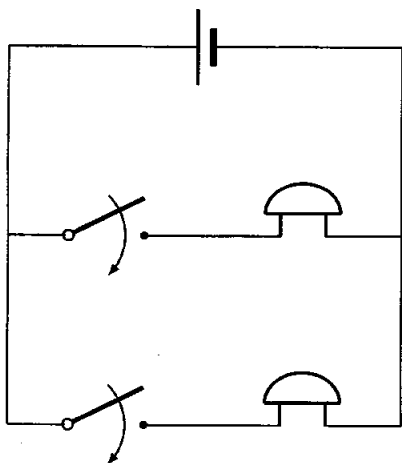
3. Основные элементы электрической цепи: источник тока, приемники тока, замыкающие устройства и все это соединяющие провода.

4. Замкнутая цепь содержит только проводники электрического тока. Разомкнутая электрическая цепь не может проводить ток. Для размыкания цепи или выключения каких-то приемников используют ключи, рубильники, кнопки, выключатели и пр.

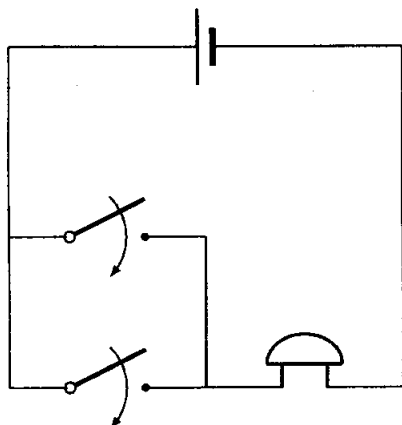
## Упражнение 13

1. Штепсельная вилка служит для подключения потребителя электроэнергии в сеть. Два провода шнура через диэлектрический корпус выводятся в виде двух штырей, которые вставляются в розетку.

2. Схема цепи, содержит один гальванический элемент и два звонка, каждый из которых можно включать отдельно, если звонки включены в цепь параллельно друг другу, но последовательно с кнопками.

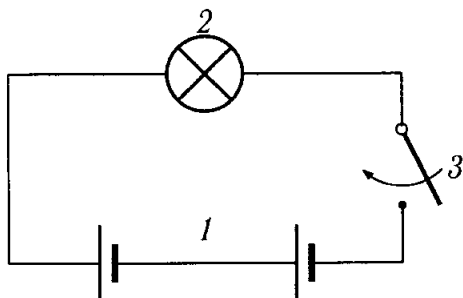


3. Схема цепи, в которой есть элемент, звонок и две кнопки, которыми можно позвонить из двух разных мест, должна иметь параллельное соединение кнопок между собой, но последовательно соединенное с элементом и звонком.



4. Такая схема может быть применена в длинном коридоре, когда одним переключателем лампа включается, а другим — выключается, причем в любом порядке.

5. На схеме обозначены: 1 — гальванические элементы, 2 — электрическая лампа, 3 — выключатель.



## § 34. Электрический ток в металлах

### Вопросы

1. В обычных условиях металл электрически нейтрален, поскольку отрицательный заряд всех

свободных электронов по модулю равен положительному заряду всех ионов кристаллической решетки.

**2.** При возникновении в металле электрического поля свободные электроны начинают двигаться направленно под действием электрических сил, так возникает электрический ток.

**3.** Электрический ток в металле представляет собой упорядоченное движение свободных электронов.

**4.** Скорость распространения электрического тока в проводнике практически близка к скорости света в вакууме ( $300\,000\text{ км/с}$ ) — это скорость распространения электрического поля по всей длине проводника, хотя скорость движения собственно электронов мала — несколько миллиметров в секунду.

## **§ 35. Действия электрического тока**

### **Вопросы**

**1.** Тепловое действие тока можно наблюдать на проволоке, через которую пропускают электрический ток, она нагревается, удлиняется от нагревания и провисает. Если ток увеличить, можно нагреть проволоку докрасна. В лампах накаливания вольфрамовая спираль накаляется током до яркого свечения.

**2.** Химическое действие тока состоит в выделении веществ из растворов при прохождении через



них электрического тока — явление электролиза используется для получения чистых металлов. На опыте это можно продемонстрировать, пропуская ток через раствор медного купороса, получая на отрицательно заряженном электроде чистую медь.

**3.** Тепловое действие электрического тока используется в различных нагревательных приборах: плитах, утюгах, лампах накаливания, обогревателях воздуха и воды, полов, грелках и т.п. Химическое действие электрического тока используется в промышленном производстве чистых металлов и других веществ электролизом.

**4.** Магнитное действие электрического тока можно продемонстрировать следующим опытом. На железный гвоздь намотать медную проволоку в изоляции, концы которой подсоединить к источнику тока. Когда ток идет, к гвоздю примагничиваются мелкие железные предметы: скрепки, гвоздики, кнопки, как только цепь разрывается, магнитное действие пропадает, все осыпается.

**5.** На *рис. 55* изображена установка для опыта, демонстрирующего магнитное действие электрического тока, в нее входят: источник тока, рубильник, провода соединения в изоляции, один из проводов в средней части намотан на железный гвоздь, к которому прилипли железные гвоздики, когда включен ток.

**6.** На *рис. 56* изображена установка для опыта, демонстрирующего магнитное действие электрического тока в магнитном поле, в нее входят: источник тока, рубильник, провода соединения

и рамочка из тонкой медной проволоки, включенная в электрическую цепь. *Рис. 57* отличается от *рис. 56* только наличием магнита возле рамки. Когда ток включен, рамка поворачивается, демонстрируя взаимодействие с полем магнита магнитного поля, возникающего в рамке с током.

7. В устройстве гальванометра используют явление взаимодействия катушки с током и магнита.

## **§ 36. Направление электрического тока**

### **Вопросы**

1. За направление тока в проводнике принято движение положительно заряженных частиц, т. е. от положительного полюса источника тока к отрицательному.

2. От положительного полюса источника тока к отрицательному принято считать за направление тока в цепи.

3. Да, правильно, от плюса через цепь к минусу источника тока.

## **§ 37. Сила тока. Единицы силы тока**

### **Вопросы**

1. *Интенсивность* электрического тока зависит от заряда, проходящего по цепи в одну секунду.

2. *Сила тока* в электрической цепи определяются зарядом, протекающим через поперечное сечение проводника в единицу времени.

3. Сила тока в электрической цепи  $I$  равна отношению электрического заряда  $q$ , прошедшего через поперечное сечение проводника, ко времени его прохождения  $t$ :

$$I = \frac{q}{t}.$$

4. За единицу силы тока принимают силу тока, при которой отрезки таких параллельных проводников длиной 1 м взаимодействуют с силой  $2 \cdot 10^{-7}$  Н и называют *ампером*.

5. Известны следующие дольные и кратные единицы сила тока:

миллиампер (мА) —  $1 \text{ мА} = 0,001 \text{ А}$ ;

микроампер (мкА) —  $1 \text{ мкА} = 0,000001 \text{ А}$ ;

килоампер (кА) —  $1 \text{ кА} = 1000 \text{ А}$ .

6. Электрический заряд выражается через силу тока в проводнике и время его прохождения  $q = I \cdot t$ ; (по определению силы тока  $I = \frac{q}{t}$ ) и измеряется в кулонах.

$1 \text{ кулон} = 1 \text{ ампер} \cdot 1 \text{ секунду}$ ,

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

### Упражнение 14

1.  $2000 \text{ мА} = 2 \text{ А}$ ;  $100 \text{ мА} = 0,1 \text{ А}$ ;  $55 \text{ мА} = 0,055 \text{ А}$ ;  $3 \text{ кА} = 3000 \text{ А}$ .

2.

*Дано:*

$I = 1,4 \text{ А}$

$t = 10 \text{ мин} = 600 \text{ с}$

**Найти:**

$$q$$

**Решение:**

$$q = I \cdot t; q = 1,4 \cdot 600 = 840 \text{ Кл.}$$

**Ответ:** Через плитку проходит заряд  $q = 840$  Кл.

**3.**

**Дано:**

$$I = 0,3 \text{ А}$$

$$t = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

**Найти:**

$$N$$

**Решение:**

Найдем заряд, прошедший через лампу за 5 минут:

$$q = I \cdot t; q = 0,3 \cdot 300 = 90 \text{ (Кл)}$$

Подсчитаем количество электронов, зная заряд одного электрона и весь заряд:

$$N = q/e;$$

$$N = 90/1,6 \cdot 10^{-19} = 56,25 \cdot 10^{19} = 5,625 \cdot 10^{20}.$$

**Ответ:** Через спираль лампы проходит за 5 минут  $N = 5,625 \cdot 10^{20}$  электронов.

## § 37. Амперметр. Измерение силы тока

### Вопросы

1. Для измерения силы тока используется амперметр.
2. Шкалу амперметра градуируют в амперах.
3. Амперметр включают в цепь последовательно с тем прибором, силу тока в котором измеряют.

### Упражнение 15

1. Показания амперметра не зависят от положения прибора справа или слева от лампочки, главное — последовательное включение с ней в цепи. Показание амперметра останется прежним — 0,5 А.

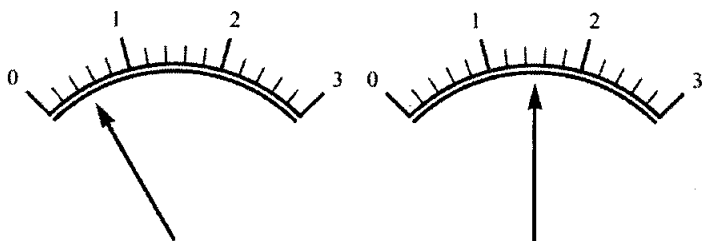
2. Чтобы проверить правильность показаний амперметра с помощью точного другого амперметра, надо в цепь подключить последовательно оба амперметра. При совпадении показаний амперметров исследуемый амперметр показывает верно, иначе его показания неправильны.

3. На *рис. 60 а*) изображен амперметр, цена деления шкалы которого 0,2 А, максимальная сила измеряемого тока 3 А.

На *рис. 60 в*) изображен амперметр, цена деления шкалы которого 0,05 А, максимальная сила измеряемого тока 2 А.

На *рис. 61* изображены амперметры, цена деления шкал которых 0,2 А, максимальная сила измеряемого тока 3 А.

Первый амперметр показывает ток  $0,3\text{ А}$ , а второй —  $1,5\text{ А}$ .



4. Чтобы проградуировать амперметр, имея еще один градуированный амперметр, надо включить оба прибора последовательно в цепь, в которой есть реостат, позволяющий менять силу тока в цепи. Устанавливая в цепи ток, по цене деления шкалы точного амперметра, наносим риски на шкалу градуируемого прибора.

## § 39. Электрическое напряжение

### Вопросы

1. Опыт, демонстрирующий зависимость работы тока от напряжения, показывается на двух цепях, отличающихся источниками тока и лампами, но имеющих ток одной величины.

Напряжение, создаваемое аккумулятором, значительно меньше напряжения городской сети, поэтому при одной и той же силе тока лампа в цепи аккумулятора, дает меньше света и тепла.

**2.** *Электрическое напряжение* показывает, какую работу совершает электрическое поле при перемещении единичного электрического заряда из одной точки в другую. Напряжение  $U$  можно определить как отношение работы тока на данном участке  $A$  к электрическому заряду  $q$ , прошедшему по этому участку

$$U = \frac{A}{q}.$$

## § 40. Единицы напряжения

### Вопросы

**1.** За *единицу напряжения* принимают такое электрическое напряжение на концах проводника, при котором работа по перемещению электрического заряда в 1 Кл по этому проводнику равна 1 Дж.

$$1 \text{ В} = 1 \text{ Дж/Кл}.$$

**2.** В осветительной сети используют напряжение двух значений: 127 В и 220 В.

**3.** Напряжение на полюсах сухого элемента равно 1,5 В.

Напряжение на полюсах кислотного аккумулятора равно 2 В.

**4.** На практике кроме вольта применяются такие единицы напряжения, как милливольт ( $1 \text{ мВ} = 0,001 \text{ В}$ ) и киловольт ( $1 \text{ кВ} = 1000 \text{ В}$ ).

## § 41. Вольтметр.

### Измерение напряжения

#### Вопросы

1. Прибор для измерения напряжения — *вольтметр*.

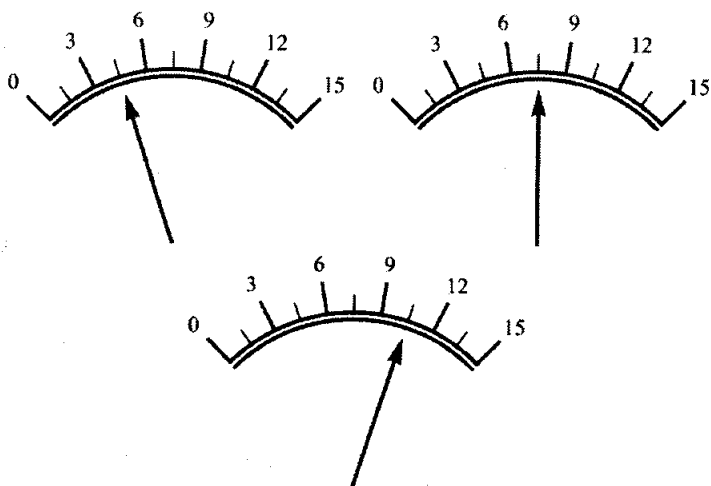
2. Вольтметр надо включать *параллельно* тому участку цепи, на котором надо узнать напряжение.

3. Чтобы измерить напряжение на полюсах источника тока, вольтметр подключается непосредственно к клеммам источника, учитывая полярность.

4. Сила тока, проходящая через вольтметр, должна быть мала по сравнению с силой тока в цепи.

#### Упражнение 16

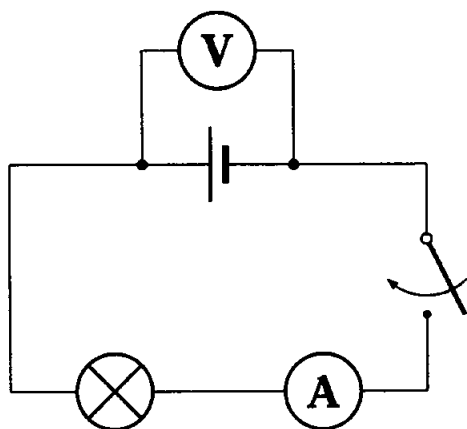
1. Цена деления шкалы вольтметра на *рис. 65, а)* — 1,5 В.





2. Цена деления шкалы вольтметра на *рис. 66, а)* — 1,5 В. Прибор показывает напряжение примерно 4 В.

3. Схема цепи, состоящей из аккумулятора, лампы, ключа амперметра и вольтметра, измеряющего напряжение на полюсах источника тока:



## § 42. Зависимость силы тока от напряжения

### Вопросы

1. Опыт, демонстрирующий зависимость силы тока от напряжения, можно провести в цепи, по схеме, в которой в качестве источника тока берутся аккумуляторы от одного до пяти.

Измеряя каждый раз ток и напряжение в цепи, строим график их зависимости.

2. Сила тока в проводнике пропорциональна напряжению на концах проводника.

3. График зависимости силы тока от напряжения представляет собой прямую, проходящую через начало координат.

### Упражнение 17

1.

*Дано:*

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$I_1 = 0,4 \text{ А}$$

$$I_2 = 0,8 \text{ А}$$

*Найти:*

$$U_2$$

*Решение:*

Новое значение тока в два раза больше предыдущего, соответственно новое значение напряжения тоже в два раза больше предыдущего т. е.

$$U_2 = U_1 \cdot I_2 / I_1;$$

$$U_2 = 2 \cdot 0,8 / 0,4 = 4 \text{ В.}$$

*Ответ:*  $U_2 = 4 \text{ В.}$

2.

*Дано:*

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$I_1 = 0,5 \text{ А}$$

$$U_2 = 4 \text{ В}$$

$$U_3 = 1 \text{ В}$$

**Найти:**

$I_2, I_3$

**Решение:**

Новое значение напряжения в два раза больше предыдущего, соответственно новое значение тока тоже в два раза больше предыдущего т. е.

$$I_2 = U_2 \cdot I_1 / U_1,$$

$$I_2 = 4 \cdot 0,5 / 2 = 1 \text{ А.}$$

Новое значение напряжения в два раза меньше предыдущего, соответственно новое значение тока тоже в два раза меньше предыдущего т. е.

$$I_3 = U_3 \cdot I_1 / U_1 I_3 = 1 \cdot 0,5 / 2 = 0,25 \text{ А.}$$

**Ответ:**  $I_2 = 1 \text{ А}; I_3 = 0,25 \text{ А.}$

## § 43. Электрическое сопротивление проводников.

### Единицы сопротивления

#### Вопросы

1. Чтобы показать, что сила тока в одной и той же цепи зависит от свойств проводника, надо собрать цепь по схеме, где предусмотрены три провода из разных материалов, одинаковые по длине и сечению.

2. За единицу сопротивления проводников принимают 1 Ом — сопротивление такого проводника, в котором при напряжении на концах 1 В сила тока равна 1 А.

$$1 \text{ Ом} = 1 \text{ В/1 А.}$$

**3.** Кроме ома используют и другие единицы сопротивления:

миллиом (мОм) —  $1 \text{ мОм} = 0,001 \text{ Ом}$ ;

килоом (кОм) —  $1 \text{ кОм} = 1\,000 \text{ Ом}$ ;

мегаом (МОм) —  $1 \text{ МОм} = 1\,000\,000 \text{ Ом}$ .

**4.** Причиной сопротивления является взаимодействие движущихся электронов с ионами кристаллической решетки, замедляется упорядоченное движение электронов.

### Упражнение 18

**1.** Сила тока в одной и той же цепи зависит от свойств проводника. Если собрать цепь по схеме, где предусмотрены три разных провода по материалу, но одинаковые по длине и сечению, то поочередно подключая проводники, получаем разные значения тока.

**2.**  $100 \text{ мОм} = 100\,000\,000 \text{ Ом}$

$0,7 \text{ кОм} = 700 \text{ Ом}$

$20 \text{ МОм} = 20\,000\,000 \text{ Ом}$

**3.**

**Дано:**

$U = 1 \text{ В}$

$I = 0,5 \text{ А}$

**Найти:**

$R$

**Решение:**

По определению единицы сопротивления  $1 \text{ Ом} = 1 \text{ В}/1 \text{ А}$ .

Заданное значение тока в два раза меньше  $1 \text{ А}$ , значит и сопротивление в два раза больше, чем  $1 \text{ Ом}$ , т. е.  $2 \text{ Ом}$ .

$$R = U/I = 1/0,5 = 2 \text{ Ом}.$$

**Ответ:**  $R = 2 \text{ Ом}$ .

## § 44. Закон Ома для участка цепи

### Вопросы

1. Закон Ома связывает три величины: *силу тока, напряжение и сопротивление*.

2. Чтобы установить зависимость силы тока в цепи от сопротивления, можно провести опыт по схеме *рис. 71*, в ней источником тока является аккумулятор, а в цепь поочередно включают проводники, обладающие различными сопротивлениями. Напряжение на проводниках во время опыта поддерживается постоянным, вольтметр показывает его. —  $2 \text{ В}$ .

Силу тока измеряют *амперметром*, включенным, естественно последовательно с проводником и аккумулятором в цепь.

Три сопротивления имеют значения  $1 \text{ Ом}$ ,  $2 \text{ Ом}$ ,  $4 \text{ Ом}$ , соответственно токи наблюдались  $2 \text{ А}$ ,  $1 \text{ А}$  и  $0,5 \text{ А}$ . Таким образом сила тока обратно пропорциональна сопротивлению проводника.

**3.** Сила тока в проводнике обратно пропорциональна сопротивлению этого проводника.

**4.** Закон Ома: сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.

**5.**  $I = U/R$ , где  $I$  — сила тока в участке цепи,  $U$  — напряжение в участке,  $R$  — сопротивление участка цепи.

**6.**  $U = I \cdot R$ .

**7.**  $R = U/I$ .

### Упражнение 19

**1.**

**Дано:**

$$R = 50 \text{ Ом}$$

$$U = 220 \text{ В}$$

**Найти:**

$$I$$

**Решение:**

$$I = U/R = 220/50 = 4,4 \text{ А.}$$

**Ответ:**  $I = 4,4 \text{ А.}$

**2.**

**Дано:**

$$R = 310 \text{ Ом}$$

$$I = 0,7 \text{ А}$$

**Найти:**

$$U$$

**Решение:**

$$U = I \cdot R = 0,7 \cdot 310 = 217 \text{ В.}$$

**Ответ:**  $U = 217 \text{ В.}$

**3.**

**Дано:**

$$U = 150 \text{ В}$$

$$I = 0,01 \text{ А}$$

**Найти:**

$$R_{min}$$

**Решение:**

$$R_{min} = U/I = 150/0,01 = 15000 \text{ Ом} = 15 \text{ кОм.}$$

**Ответ:** сопротивление вольтметра должно быть не менее  $R = 15 \text{ кОм.}$

**4.** Сопротивление проводника по графику *рис. 69* определяется по любой его точке, например,  $U = 6 \text{ В}$ ,  $I = 1,5 \text{ А}$ . По закону Ома  $R = U/I$ ;  $R = 6/1,5 = 4 \text{ Ом}$ .

**5.** *Рис. 71* соответствует опыту № 3, для опыта № 2 с сопротивлением  $2 \text{ Ом}$  амперметр будет показывать силу тока в цепи  $1 \text{ А}$ .

**6.** На *рис. 70* приборы показывают следующие значения:  $U = 4 \text{ В}$ ,  $I = 1 \text{ А}$ . По закону Ома  $R = U/I = 4/1 = 4 \text{ Ом}$ . Значит сопротивление проводника  $4 \text{ Ом}$ .

7. По графику видно, что сопротивление проводника  $B$  больше, чем у  $A$  (угол наклона луча к горизонтали меньше).

По закону Ома  $R = U/I$ ;  $R_A = 6/3 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_B = 4/1 = 4 \text{ Ом}$ .

## § 45. Расчет сопротивления проводников.

### Удельное сопротивление

#### Вопросы

1. Сопротивление проводника прямо пропорционально длине проводника  $l$ , обратно пропорционально площади его поперечного сечения  $S$  и зависит от вещества проводника  $\rho$ .

2. Чтобы показать как зависит сопротивление проводника от длины, площади его поперечного сечения и от вещества проводника, надо собрать схему по *рис. 74*, в которой в цепь поочередно включаются разные проводники, например:

1) никелиновые проволоки одинаковой толщины, но разной длины;

2) никелиновые проволоки одинаковой длины, но разной толщины;

3) никелиновую и нихромовую проволоки одинаковой длины и толщины. Силу тока в цепи измеряют амперметром, напряжение — вольтметром.

3. Удельное сопротивление проводника  $\rho$  — это физическая величина, которая определяет сопротивление проводника из данного вещества длиной 1 м, площадью поперечного сечения 1 м<sup>2</sup>.



4. Сопротивления проводников можно рассчитывать по формуле:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}.$$

5. Удельное сопротивление проводника  $\rho$  часто измеряется в Ом·мм<sup>2</sup>/м

6. На практике самое широкое применение в качестве проводников имеют серебро, медь и алюминий, поскольку именно они имеют наименьшее удельное сопротивление.

## § 46. Примеры на расчет сопротивления проводника, силы тока и напряжения

### Упражнение 20

1.

*Дано:*

$$l_1 = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

$$l_2 = 1,6 \text{ м}$$

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho$$

$$S_1 = S_2 = S$$

*Найти:*

$$R_2/R_1$$

*Решение:*

Два проводника с одинаковыми поперечными сечениями из одного материала имеют тем большее сопротивление, чем длиннее проводник.

$$R_1 = c \cdot l_1 / S;$$

$$R_2 = c \cdot l_2 / S;$$

$$R_2 / R_1 = l_2 / l_1 = 1,6 / 0,2 = 8.$$

**Ответ:**  $R_2 / R_1 = 8$

2. а)

**Дано:**

$$l = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м}$$

$$S = 0,2 \text{ мм}^2$$

$$\rho_{\text{алюм}} = 0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$$

**Найти:**

$R$

**Решение:**

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0,028 \cdot \frac{0,8}{0,2} = 0,112 \text{ Ом}.$$

**Ответ:**  $R = 0,112 \text{ Ом}.$

б)

**Дано:**

$$l = 400 \text{ см} = 4 \text{ м}$$

$$S = 0,5 \text{ мм}^2$$

$$\rho_{\text{ник}} = 0,40 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$$

**Найти:**

$R$

**Решение:**

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0,4 \cdot \frac{4}{0,5} = 3,2 \text{ Ом}.$$

**Ответ:**  $R = 3,2 \text{ Ом}$ .

в)

**Дано:**

$$l = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

$$S = 0,005 \text{ см}^2 = 0,5 \text{ мм}^2$$

$$\rho_{\text{конст}} = 0,5 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$$

**Найти:**

$R$

**Решение:**

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0,5 \cdot \frac{0,5}{0,5} = 0,5 \text{ Ом}.$$

**Ответ:**  $R = 0,5 \text{ Ом}$ .

**3.**

**Дано:**

$$l = 13,75 \text{ м}$$

$$S = 0,1 \text{ мм}^2$$

$$\rho_{\text{нихр}} = 1,1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$$

$$U = 220 \text{ В}$$

**Найти:**

$I$

**Решение:**

Сопротивление проводника определяем по формуле:

$$R = \rho_{\text{нихр}} \cdot \frac{l}{S} = 1,1 \cdot 13,75 / 0,1 = 1,5125 \text{ Ом}.$$

По закону Ома подсчитываем силу тока

$$I = U/R;$$

$$I = 220/1,5125 = 145,45 \text{ A.}$$

**Ответ:**  $I = 145,45 \text{ A.}$

**4.**

**Дано:**

$$l = 150 \text{ мм} = 1,5 \text{ м}$$

$$S = 0,02 \text{ мм}^2$$

$$\rho_{\text{железа}} = 0,1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$$

$$I = 250 \text{ мА} = 0,25 \text{ А}$$

**Найти:**

$U$

**Решение:**

Сопротивление проводника определяем по формуле:

$$R = \rho_{\text{железа}} \cdot \frac{l}{S} = 0,1 \cdot \frac{1,5}{0,02} = 0,75 \text{ Ом.}$$

По закону Ома подсчитываем напряжение на концах проводника

$$U = I \cdot R = 0,25 \cdot 0,75 = 0,1875 \text{ В.}$$

**Ответ:**  $U = 0,1875 \text{ В.}$

## § 47. Реостаты

### Вопросы

1. *Реостат* — специальный прибор для регулирования силы тока в цепи.

**2.** *Ползунковый реостат* состоит из керамического цилиндра, на который намотана стальная проволока, покрытая тонким слоем непроводящей ток окалины, чтобы изолировать витки друг от друга. Над обмоткой расположен металлический стержень, по которому может перемещаться ползун, прижатый контактами к виткам обмотки. Реостат подсоединяется в цепь клеммой со стержня с одной стороны и клеммой с конца обмотки с другой стороны.

**3.** Проволока с большим удельным сопротивлением используется в реостатах, поскольку меньшее количество витков позволит сильнее изменить сопротивление реостата.

**4.** На реостатах указываются сопротивление реостата и наибольшее допустимое значение силы тока, превышение которого может вызвать перегорание обмотки.

**5.** На схемах реостат изображается так:



или так

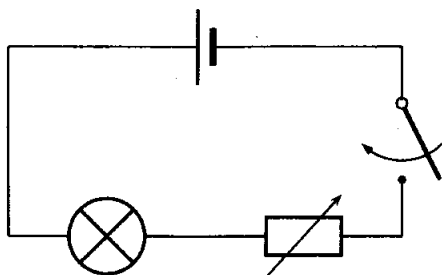
## Упражнение 21

**1.** На *рис. 77* изображен ступенчатый реостат, в котором перемещение ведется по клеммам, к которым подсоединены спиральки проводников. Один

шаг подключает еще 2 спиральки в цепь. Максимальное количество подключенных спиралей — 10.

2. Изображенное на *рис. 7* положение ключа ступенчатого реостата подключает 4 спирали, следовательно общее сопротивление равно 12 Ом. Чтобы увеличить сопротивление на 18 Ом, надо поставить ключ в крайнее правое положение, тогда будут задействованы все 10 спиралей с сопротивлением 30 Ом.

3. Чтобы лампа светила ярче, ползунок реостата надо подвинуть вправо, чтобы уменьшить сопротивление реостата, тем самым увеличится ток в цепи.



4.

**Дано:**

$$R = 20 \text{ Ом}$$

$$S = 3 \text{ мм}^2$$

$$\rho_{\text{ник}} = 0,40 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$$

**Найти:**

$l$

**Решение:**

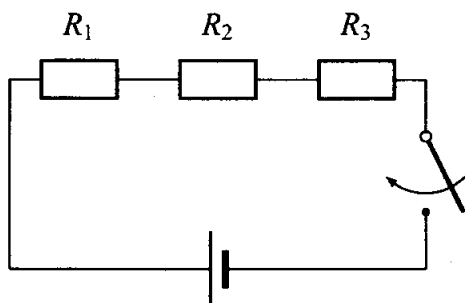
$$R = \rho_{\text{ник}} \cdot l/S \Rightarrow l = R \cdot S/\rho_{\text{ник}} = 20 \cdot 3/0,40 = 150 \text{ м.}$$

**Ответ:** 150 м.

## § 48. Последовательное соединение проводников

### Вопросы

1. Соединение проводников называется последовательным, если конец одного проводника соединяется с началом другого.



2. Для всех проводников, соединенных последовательно, величина электрического тока одинакова.

3. При последовательном соединении проводников общее сопротивление цепи равно сумме сопротивлений отдельных проводников в цепи

$$R = R_1 + R_2.$$

4. Полное напряжение участка цепи при последовательном соединении проводников на этом участке равно сумме напряжений на каждом проводнике

$$U = U_1 + U_2.$$

## Упражнение 22

1.

*Дано:*

$$I = 0,2 \text{ А}$$

$$R_1 = 4 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 6 \text{ Ом}$$

*Найти:*

$$U, U_1, U_2$$

*Решение:*

$$R = R_1 + R_2 = 4 + 6 = 10 \text{ Ом.}$$

$$U = I \cdot R = 0,2 \cdot 10 = 2 \text{ В.}$$

$$U_1 = I \cdot R_1 = 0,2 \cdot 4 = 0,8 \text{ В.}$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 0,2 \cdot 6 = 1,2 \text{ В.}$$

*Ответ:*  $U = 2 \text{ В}$ ;  $U_1 = 0,8 \text{ В}$ ;  $U_2 = 1,2 \text{ В}$ .

2.

*Дано:*

$$U = 3000 \text{ В}$$

$$U_1 = 50 \text{ В}$$

*Найти:*

$$U, U_1, U_2$$



**Решение:**

Если последовательно соединить  $N$  лампочек, и на каждую должно приходиться по 50 В из общего напряжения 3000 В, то можно найти это количество

$$N = 3000/50; N = 60;$$

$$R = 60 \cdot R_1;$$

**Ответ:** лампочки надо соединять последовательно по 60 штук.

**3.**

**Дано:**

$$U = 220 \text{ В}$$

$N = 2$  последовательно

**Найти:**

$$U_1, U_2$$

**Решение:**

$$U = U_1 + U_2 = 2 \cdot U_1,$$

$$U_1 = U_2 = U/2 = 220/2 = 110 \text{ В}.$$

**Ответ:** каждая лампа будет под напряжением 110 В.

**4.**

**Дано:**

$$U = 6 \text{ В}$$

$$R_1 = 13,5 \text{ Ом}$$

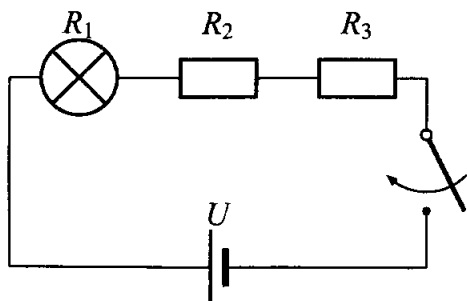
$$R_2 = 3 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 2 \text{ Ом}$$

**Найти:**

$I, U_1, U_2, U_3$

**Решение:**



$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 13,5 + 3 + 2 = 18,5 \text{ Ом},$$

$$I = U/R = 6/18,5 = 0,3243 \text{ А},$$

$$U_1 = I \cdot R_1 = 0,3243 \cdot 13,5 = 4,3784 \text{ В},$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 0,3243 \cdot 3 = 0,9729 \text{ В},$$

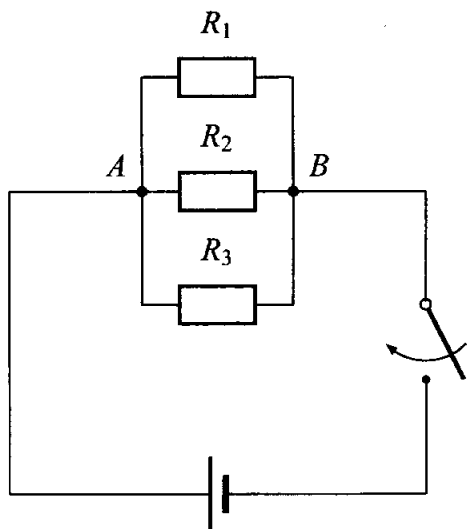
$$U_3 = I \cdot R_3 = 0,3243 \cdot 2 = 0,6486 \text{ В}.$$

**Ответ:**  $I = 0,3243 \text{ А}; U_1 = 4,3784 \text{ В}; U_2 = 0,9729 \text{ В}; U_3 = 0,6486 \text{ В}.$

## § 49. Параллельное соединение проводников

### Вопросы

1. При параллельном соединении проводников все входящие в него проводники одним своим концом присоединяются к одной точке цепи  $A$ , а вторым концом к другой точке  $B$ .



**2.** Для всех проводников, соединенных параллельно, электрическое напряжение одинаково.

**3.** Сила тока в неразветвленной цепи равна сумме сил токов в отдельных параллельно соединенных проводниках:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n.$$

**4.** Общее сопротивление разветвления уменьшается после увеличения числа проводников в разветвлении.

**5.** В жилых помещениях применяется параллельное соединение проводников.

**6.** Для бытовых нужд используются напряжения 220 В и 127 В.

## Упражнение 23

1.

*Дано:*

$$U = 12 \text{ В}$$

$$R_1 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 15 \text{ Ом}$$

*Найти:*

$$I, I_1, I_2$$

*Решение:*

$$I_1 = U/R_1 = 12/10 = 1,2 \text{ А},$$

$$I_2 = U/R_2 = 12/15 = 0,8 \text{ А},$$

$$I = I_1 + I_2 = 1,2 + 0,8 = 2 \text{ А}.$$

*Ответ:*  $I_1 = 1,2 \text{ А}; I_2 = 0,8 \text{ А}; I = 2 \text{ А}.$

2. Бытовые приборы в помещении необходимо соединять параллельно, чтобы они работали в нормальном для них режиме, под напряжением 220 В.

3.

*Дано:*

$$U = 24 \text{ В}$$

$$R_1 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 40 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 24 \text{ Ом}$$

*Найти:*

$$I, I_1, I_2, I_3, R$$

**Решение:**

$$I = U/R = 6/18,5 = 0,3243 \text{ A},$$

$$I_1 = U/R_1 = 24/20 = 1,2 \text{ A},$$

$$I_2 = U/R_2 = 24/40 = 0,6 \text{ A},$$

$$I_3 = U/R_3 = 24/24 = 1 \text{ A},$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 1,2 + 0,6 + 1 = 2,8 \text{ A}.$$

$$R = U/I = 24/2,8 = 0,8571 \text{ Ом}.$$

**Ответ:**  $I_1 = 1,2 \text{ A}$ ;  $I_2 = 0,6 \text{ A}$ ;  $I_3 = 1 \text{ A}$ ;  $I = 2,8 \text{ A}$ ,  
 $R = 0,8571 \text{ Ом}$ .

**4.** Сопротивление последовательно соединенных проводников равно сумме сопротивлений  $R = R_1 + R_2 = 500 + 5 = 505 \text{ Ом}$ .

При параллельном соединении проводников общее сопротивление цепи  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R =$   
 $= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{500 \cdot 5}{500 + 5} = \frac{2500}{505} \approx 4.950 \text{ Ом}.$

**5.**

**Дано:**

$$U = 24 \text{ В}$$

$$R_1 = 4 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 6 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 12 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 2 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{амп}} = 1 \text{ A}$$

**Найти:**

$$I_1, I_2, I_4, U_2$$

**Решение:**

амперметр включен последовательно с проводником  $R_3$  и показывает ток в нем:

$$I_3 = I_{\text{амп}} = 1 \text{ А.}$$

По закону Ома находим напряжение  $U_3$  на  $R_3$ , которое и является искомым напряжением между точками  $B$  и  $C$ , а также напряжением  $U_2$ , поскольку  $R_2$  и  $R_3$  соединены параллельно:  
 $U_3 = I_3 \cdot R_3$ ;  $U_3 = 1 \cdot 12 = 12 \text{ В.}$

$$U_2 = U_3$$

Находим ток в проводнике  $R_2$ :

$$I_2 = U_2/R_2; I_2 = 12/6 = 2 \text{ А.}$$

Ток в проводнике  $R_1$  равен сумме токов в проводниках  $R_2$  и  $R_3$  и равен току в  $R_4$ , поскольку участки цепи  $AB$ ,  $BC$  и  $CD$  последовательно включены в цепь.

$$I_1 = I_4 = I_2 + I_3 = 2 + 1 = 3 \text{ А.}$$

**Ответ:**  $I_1 = 3 \text{ А}$ ;  $I_2 = 2 \text{ А}$ ;  $I_3 = 1 \text{ А}$ ;  $I_4 = 3 \text{ А}$ ;  
 $U_2 = U_3 = 12 \text{ В.}$

## § 50. Работа электрического тока

### Вопросы

1. *Электрическое напряжение* на концах участка цепи показывает, какая работа совершается при перемещении по этому участку единичного электрического заряда в 1 Кл.

2. Чтобы определить *работу электрического тока* на каком-либо участке цепи  $A$ , надо напряжение на концах этого участка цепи  $U$  умножить на электрический заряд  $q$ , прошедший по нему.  
 $A = U \cdot q$ .

3. *Работа электрического тока* на каком-либо участке цепи равна произведению напряжению на концах этого участка  $U$  на силу тока  $I$  и на время  $t$ , в течение которого совершалась работа

$$A = U \cdot I \cdot t.$$

4. Для измерения работы электрического тока существуют специальные счетчики, внутри которых сочетаются три прибора: вольтметр, амперметр и часы.

## Упражнение 24

1.

**Дано:**

$$I = 0,5 \text{ А}$$

$$U = 12 \text{ В}$$

$$t = 30 \text{ мин} = 1800 \text{ с}$$

**Найти:**

$A$

**Решение:**

$$A = U \cdot I \cdot t; A = 12 \cdot 0,5 \cdot 1800 = 10800 \text{ Дж.}$$

**Ответ:** В электродвигателе совершена работа  $A = 10,8 \text{ кДж}$ .

2.

**Дано:**

$$R = 14 \text{ Ом}$$

$$U = 3,5 \text{ В}$$

$$t = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}$$

**Найти:**

$A$

**Решение:**

По закону Ома  $I = U/R$ ;  $I = 3,5/14 = 0,25 \text{ А}$ .

$$A = U \cdot I \cdot t; A = 3,5 \cdot 0,25 \cdot 300 = 262,5 \text{ Дж.}$$

**Ответ:** В электродвигателе совершена работа  $A = 262,5 \text{ кДж}$ .

3.

**Дано:**

$$R_1 = 5 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 5 \text{ Ом}$$

$$U = 4,5 \text{ В}$$

$$t_1 = t_2 = t$$

**Найти:**

$$A_1/A_2$$

**Решение:**

Сопротивление двух параллельно соединенных проводников равно половине одного сопротивления:  $I_1 = U/R_{\text{параллельно}};$

$$I_1 = 4,5/2,5 = 1,8 \text{ (А)}$$

Сопротивление двух последовательно соединенных проводников равно сумме



сопротивлений т. е. в два раза больше:

$$I_2 = U/R_{\text{последовательно}}; I_2 = 4,5/10 = 0,45 \text{ (А)}$$

Какими бы ни были значения напряжения и сопротивления, работа тока в цепи с параллельным соединением проводников в 4 раза больше, чем в цепи с последовательным соединением тех же двух проводников.

$$A_1 = U \cdot I_1 \cdot t = 4,5 \cdot 1,8 \cdot t = 8,1 \cdot t \text{ Дж.}$$

$$A_2 = U \cdot I_2 \cdot t = 4,5 \cdot 0,45 \cdot t = 2,025 \cdot t \text{ Дж.}$$

$$A_1/A_2 = 8,1 \cdot t / (2,025 \cdot t) = 8,1/2,025 = 4.$$

**Ответ:** работа тока в цепи с параллельным соединением проводников в 4 раза больше, чем в цепи с последовательным соединением тех же двух проводников.

## § 51. Мощность электрического тока

### Вопросы

1. Мощность численно равна работе, совершенной в единицу времени.

2.  $P = \frac{A}{t}$ , где  $P$  — средняя мощность;  $A$  — совершаемая работа;  $t$  — время за которую совершена работа.

3.  $P = U \cdot I$ , где  $P$  — работа электрического поля;  $U$  — напряжение электрического поля;  $I$  — сила тока.

4. За единицу мощности принимают 1 ватт = 1 Дж/с.

5. 1 ватт = 1 вольт·1 ампер или  $1 \text{ Вт} = 1 \text{ В} \cdot \text{А}$

6. На практике используют кратные ватту единицы мощности:

гектоватт (гВт) —  $1 \text{ гВт} = 100 \text{ Вт}$ ;

киловатт (кВт) —  $1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт}$ ;

мегаватт (МВт) —  $1 \text{ МВт} = 1\,000\,000 \text{ Вт}$ .

## Упражнение 25

1.

*Дано:*

$$I = 0,6 \text{ А}$$

$$U = 127 \text{ В}$$

*Найти:*

$P$

*Решение:*

$$P = U \cdot I; P = 127 \cdot 0,6 = 76,2 \text{ Вт.}$$

*Ответ:* Мощность тока в лампе  $P = 76,2 \text{ Вт}$ .

2.

*Дано:*

$$I = 3 \text{ А}$$

$$U = 220 \text{ В}$$

*Найти:*

$P$

*Решение:*

$$P = U \cdot I; P = 220 \cdot 3 = 660 \text{ Вт.}$$

**Ответ:** Мощность тока в плитке  $P = 660$  Вт.

**3.**

**Дано:**

$$P_{\text{кф}} = 0,001 \text{ кВт} = 1 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{лампы}} = 0,2 \text{ кВт} = 200 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{лбк}} = 5 \text{ кВт} = 5000 \text{ Вт}$$

$$t = 1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}$$

**Найти:**

$$A_{\text{кф}}, A_{\text{лампы}}, A_{\text{лбк}}$$

**Решение:**

Воспользуемся формулой:  $A = P \cdot t$

$$A_{\text{кф}} = P_{\text{кф}} \cdot t = 1 \cdot 3600 = 3600 \text{ Дж},$$

$$A_{\text{лампы}} = P_{\text{лампы}} \cdot t = 200 \cdot 3600 = 720000 \text{ Дж},$$

$$A_{\text{лбк}} = P_{\text{лбк}} \cdot t = 5000 \cdot 3600 = 18000000 \text{ Дж}.$$

**Ответ:**  $A_{\text{кф}} = 3,6 \text{ кДж}$ ,  $A_{\text{лампы}} = 720 \text{ кДж}$ ,  $A_{\text{лбк}} = 18 \text{ Мдж}$ .

**4.** Рассмотрим зарядное устройство мобильного телефона, у которого указан ток  $0,15 \text{ А}$ , работающее от напряжения  $220 \text{ В}$ . Вычислим работу, совершенную за  $10$  минут током в этом зарядном устройстве.

**Дано:**

$$I = 0,15 \text{ А}$$

$$U = 220 \text{ В}$$

$$t = 10 \text{ мин} = 600 \text{ с}$$

**Найти:**

$$A$$

**Решение:**

$$P = U \cdot I; P = 220 \cdot 0,15 = 33 \text{ Вт.}$$

$$A = P \cdot t = 33 \cdot 600 = 19800 \text{ Дж.}$$

**Ответ:** за 10 минут током в этом зарядном устройстве совершена работа  $A = 19,8 \text{ кДж}$ .

Мощность электроутюга 1,5 кВт. Подсчитаем работу электрического тока, совершенную за 10 минут током в этом утюге.

**Дано:**

$$P = 1,5 \text{ кВт} = 1500 \text{ Вт}$$

$$t = 10 \text{ мин} = 600 \text{ с}$$

**Найти:**

$A$

**Решение:**

$$A = P \cdot t = 1500 \cdot 600 = 900\,000 \text{ Дж.}$$

**Ответ:** за 10 минут в утюге совершена работа  $A = 900 \text{ кДж}$ .

## § 52. Единицы работы электрического тока, применяемые на практике

### Вопросы

1. В паспортах приемников тока обычно указывают мощность тока в Вт (ваттах).

2. Работу тока  $A$  легко вычислить по формуле:

$$A = P \cdot t,$$

где  $A$  — работа тока,  $P$  — мощность тока,  $t$  — время совершения работы.

3. Используются следующие единицы работы электрического тока:

ватт-час (Вт·ч) —  $1 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 3600 \text{ Дж}$ ;

гектоватт-час (гВт·ч) —  $1 \text{ гВт} \cdot \text{ч} = 360\,000 \text{ Дж}$ ;

киловатт-час (кВт·ч) —  $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3\,600\,000 \text{ Дж}$ .

### Упражнение 26

1.

**Дано:**

$$P = 0,6 \text{ кВт}$$

$$t = 1,5 \text{ ч}$$

**Найти:**

$A$

**Решение:**

$$A = P \cdot t = 0,6 \cdot 1,5 = 0,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

**Ответ:** за 1,5 часа утюгом затрачена энергия  $A = 0,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ .

2.

**Дано:**

$$P_1 = P_2 = 60 \text{ Вт}$$

$$P_3 = P_4 = 40 \text{ Вт}$$

$$t_1 = t_2 = 3 \text{ ч/день}$$

$$N = 30 \text{ дней}$$

$$k = 2,41 \text{ руб./}(\text{кВт} \cdot \text{ч})$$

**Найти:**

$\Sigma$

**Решение:**

Ежемесячно тратиться энергия:

$$A = 2 \cdot (P_1 + P_3) \cdot t \cdot N = 2 \cdot (0,06 + 0,04) \cdot 3 \cdot 30 = 18 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Стоимость электроэнергии за месяц по этим четырем лампочкам составит

$$\Sigma = A \cdot k = 18 \cdot 2,41 = 43,38 \text{ (руб.)}$$

**Ответ:** Стоимость электроэнергии за месяц 43,38 руб.

**3.**

**Дано:**

$$P_1 = P_2 = P_3 = 40 \text{ Вт} = 0,04 \text{ кВт}$$

$$P_4 = 800 \text{ Вт} = 0,8 \text{ кВт}$$

$$P_5 = 1000 \text{ Вт} = 1 \text{ кВт}$$

$$P_6 = 600 \text{ Вт} = 0,6 \text{ кВт}$$

$$t_1 = t_2 = t_3 = 4 \text{ ч/день}$$

$$t_4 = 1 \text{ ч/день}$$

$$t_5 = 0,5 \text{ ч/день}$$

$$t_6 = 0,5 \text{ ч/неделю}$$

$$N = 30 \text{ дней}$$

$$k = 2,41 \text{ руб./кВт} \cdot \text{ч}$$

**Найти:**

$\Sigma$

**Решение:**

Пылесос  $P_6$  включается на полчаса раз в неделю, поэтому энергия для него подсчитывается за 4 недели, всего же ежемесячно тратиться энергия:

$$A = (3 \cdot P_1 \cdot t_1 + P_4 \cdot t_4 + P_5 \cdot t_5) \cdot N + P_6 \cdot t_6 \cdot 4 = (3 \cdot 0,040 \cdot 4 + 0,8 \cdot 1 + 1 \cdot 0,5) \cdot 30 + 0,6 \cdot 0,5 \cdot 4 = (0,48 + 0,8 + 0,5) \cdot 30 + 1,2 = 1,78 \cdot 30 + 1,2 = 53,4 + 1,2 = 54,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Стоимость электроэнергии за месяц по всем приборам составит

$$\Sigma = A \cdot k = 54,6 \cdot 2,41 = 131,586 \text{ (руб.)}$$

**Ответ:** Стоимость электроэнергии за месяц 131,59 руб.

**Задание 7**

1. Заполним таблицу по двухкомнатной квартире с тремя жильцами о имеющихся в использовании электроприборах и примерном времени включения одного прибора в неделю.

Наименование прибора	Количество, штук	Мощность, кВт	Ориентировочное время работы, ч/нед.
Лампа	10	0,06	25
Компьютер	2	0,4	40
Телевизор	2	0,3	30
Электрочайник	1	1,7	2

Подсчитаем примерный расход электроэнергии за неделю по указанным приборам:

$$0,06 \cdot 25 \cdot 10 + 0,4 \cdot 40 \cdot 2 + 0,3 \cdot 30 \cdot 2 + 1,7 \cdot 2 \cdot 1 = \\ = 15 + 32 + 18 + 3,4 = 68,5 \text{ кВт.}$$

Электросчетчик за неделю меняет показания в среднем на 70 кВт, т. е. за месяц оплачивается примерно 300 кВт по тарифу 2 руб. 41 коп., значит оплата за электроэнергию в месяц составляет  $2,41 \cdot 300 = 723$  руб.

2. Учитывая данные предыдущего задания, можно усмотреть возможные варианты экономии электроэнергии: уменьшение времени работы каждого компьютера на 10 часов в неделю (в день всего-то на 1,5 часа меньше), а значит убавит плату за электроэнергию более, чем на  $2,41 \cdot 0,4 \cdot 10 \cdot 2 = 19,28$  руб., экономия за месяц при этом будет около 90 руб.

## § 53. Нагревание проводников электрическим током. Закон Джоуля-Ленца

### Вопросы

1. Нагревание проводника с током можно объяснить тем, что свободные электроны в металлах или ионы в растворах солей, кислот, щелочей, перемещаясь под действием электрического поля, взаимодействуют с ионами или атомами вещества проводника и передают им свою энергию.

2.  $Q = A = U \cdot I \cdot t.$



3. По закону Ома  $U = I \cdot R$ ; подставим в формулу количества теплоты  $Q = A = U \cdot I \cdot t$  и получим  $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ .

4. Закон Джоуля-Ленца формулируется так: количество теплоты  $Q$ , выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока  $I$ , сопротивления проводника  $R$  и времени  $t$ .

### Упражнение 27

1.

**Дано:**

$$I = 5 \text{ А}$$

$$R = 20 \text{ Ом}$$

$$t = 30 \text{ мин} = 1800 \text{ с}$$

**Найти:**

$$Q$$

**Решение:**

По закону Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t = 5^2 \cdot 20 \cdot 1800 = 900\,000 \text{ Дж} = 900 \text{ кДж.}$$

**Ответ:**  $Q = 900 \text{ кДж.}$

2. Провода в места соединения не просто скручивают, а еще и спаивают, чтобы увеличить площадь соприкосновения проводников, чтобы не увеличилось сопротивление в месте контакта, и не произошел перегрев и разрыв цепи.

3. Спираль и подводящие провода последовательно включены в сеть, но из-за того, что проводники у них имеют различные сопротивления,

как вследствие материалов, так и площадей сечения и длины, напряжение распределяется большей частью на спираль, и значительно меньшей — на провода. Ток, протекающий по проводам и спирали один и тот же вследствие последовательного соединения, но сопротивление очень сильно отличается, а согласно закону Джоуля-Ленца количество теплоты пропорционально сопротивлению, вот поэтому спираль нагревается докрасна, а подводящие провода — очень слабо

4. Если последовательно включить в цепь три проволоки одинакового сечения и длины, но из разных материалов, сильнее всего нагреется та, удельное сопротивление которой наибольшее, значит самая нагретая будет из никелина, а наименее нагрета — медная, между ними — стальная (железная).

## **§ 54. Лампа накаливания.**

### **Электрические нагревательные приборы**

#### **Вопросы**

1. Современная лампа накаливания состоит из стеклянного баллона и металлического цоколя. Внутри баллона расположена спираль, приваренная к двум проволокам, которые проходят сквозь стекло баллона и припаяны к металлическим частям цоколя лампы: одна — к винтовой нарезке, а другая — к изолированному от нарезки основанию цоколя.

2. Для спиралей ламп чаще всего используют вольфрам.

**3.** Баллоны современных ламп накаливания заполняют инертным газом, чтобы предотвратить быстрое испарение металла, т. е. он препятствует разрушению накаливаемой нити.

**4.** Для подключения ламп в сеть служит патрон, имеющий винтовую нарезку, которая держит лампу, и пружинящий контакт, касающийся основания цоколя лампы. К нарезке и этому контакту подходят два провода освещения

**5.** Первыми изобретателями ламп накаливания для электрического освещения были Томас Эдисон и Александр Николаевич Лодыгин.

**6.** Тепловое действие тока используется в быту (электрочайники, утюги, кипятильники, нагреватели воздуха и воды, рефлекторы), в промышленности (электросварка, выплавка металлов), в сельском хозяйстве (обогрев теплиц, инкубаторов, просушка зерна, приготовление сухофруктов).

**7.** Спирали и ленты нагревательных элементов должны изготавливаться из материалов, имеющих высокую температуру плавления и большое удельное сопротивление.

**8.** Наиболее известные материалы, подходящие для нагревательных элементов — сплав нихром и вольфрам.

## **Задание 8**

**1.**

### **История развития электрического освещения»**

Электрическое освещение имеет сравнительно небольшой возраст — около 200 лет.

Сначала была получена *электрическая дуга* В. В. Петровым в 1802 г., которая до сих пор используется в мощных прожекторах. Затем была изобретена лампа А. Н. Лодыгина, примененная в Петербурге для освещения улиц в 1873 г. Т. Эдисон усовершенствовал незначительно ее и запатентовал изобретение в 1879 г. как *лампу накаливания* в баллоне с откаченным воздухом. Задолго до Эдисона, американец К. В. Штарр подал в 1845 году в Великобритании заявку на патент, в описании которой говорится о том, как, поместив тело накала в вакууме и подведя к нему два электрода, можно довести его до свечения. А в 1854 г, то есть за 25 лет до Эдисона владелец часового магазина в Нью-Йорке, германский эмигрант Генрих Гебель представил в Нью-Йорке первые, подходящие для практического применения *лампы накаливания с угольными нитями* со сроком горения около 200 часов. Он впервые применил лампы для рекламных целей. Для нити накаливания он применил тонкую обугленную бамбуковую нить, помещенную в вакуум. Вместо колбы Гебель из соображений экономии использовал сначала флаконы от одеколона, а позднее — стеклянные трубки. В начале XX века появились лампы накаливания, заполненные *аргоном и криптоном*, что значительно увеличило срок службы этих ламп.

*Люминесцентная лампа* — газоразрядный источник света, световой поток которого определяется в основном свечением люминофоров под

воздействием ультрафиолетового излучения разряда. Люминесцентные лампы широко применяются для общего освещения, при этом их световая отдача в несколько раз больше, чем у ламп накаливания того же назначения. Срок службы люминесцентных ламп может до 20 раз превышать срок службы ламп накаливания при условии обеспечения достаточного качества электропитания, балласта и соблюдения ограничений по числу коммутаций, в противном случае быстро выходят из строя. Наиболее распространённой разновидностью подобных источников является *ртутная люминесцентная лампа*. Она представляет собой стеклянную трубку, заполненную парами ртути, с нанесённым на внутреннюю поверхность слоем люминофора. Широкого коммерческого использования она достигла к 1938 году. При работе люминесцентной лампы между двумя электродами, находящимися в противоположных концах лампы, возникает электрический разряд приводящий к появлению УФ-излучения. Это излучение невидимо для человеческого глаза, поэтому его преобразуют в видимый свет с помощью явления люминесценции. Внутренние стенки лампы покрыты специальным веществом — люминофором, которое поглощает УФ-излучение и излучает видимый свет. Изменяя состав люминофора можно менять оттенок свечения лампы. В последнее время все чаще стали применяться лазеры (изобретение XX века), как квантовые источники света во всевозможных шоу, для получения объемных изображений — голограмм, в некоторых средствах отображения информации.

## 2.

### Обогрев теплиц и инкубаторов

Тепловое действие электрического тока используется в сельском хозяйстве для обогрева теплиц и инкубаторов.

*Теплица* — это помещение, предназначенное для выращивания различных растений, съедобных и цветов, в котором поддерживается нужная для растений температура круглый год, что позволяет вне сезонов снимать урожаи неоднократно. Один из существующих способов обогрева теплиц — кабельный обогрев.

*Кабельный обогрев* — это относительно недорогой, экономичный и надежный способ обогрева теплиц, при котором для предотвращения ухода тепла в грунт необходим слой теплоизоляции, причем в качестве материала теплоизоляции выбирается материалы, которые не впитывают влагу, например, пенополистирол, либо пенополиэтилен толщиной 5—10 см. Сверху слой теплоизоляции закрывается полиэтиленовой пленкой, играющей роль гидроизоляции. Поверх укладывается слой песка толщиной примерно 10 см, внутри которого лежит нагревательный кабель так, чтобы слой песка над кабелем был не менее 5 см. Шаг укладки кабеля примерно 15 см. Поверх слоя песка укладывается сетка-рабица для защиты кабеля от повреждений. Затем насыпается слой плодородного грунта толщиной 20—25 см. Для регулирования температуры используются терморегуляторы.

*Инкубатор* представляет собой шкаф, где по ярусам на специальных лотках размещены яйца. Он обогревается с помощью нагревательных проволочных спиралей, по которым пропускается электрический ток. Автоматически поддерживается температура в интервале от 37,7 до 38°C, для этого используют терморегуляторы с биметаллической пластинкой или другого типа. Биметаллическая пластинка терморегулятора сделана из двух разнородных металлических пластин, например железной и из сплава инвара и закреплена с одного конца. Когда температура в инкубаторе ниже нормы, биметаллический терморегулятор замыкает контакты электрической цепи и ток проходит по нагревательным спиральям. Если температура терморегулятора больше заданной, биметаллическая пластина так изгибается в сторону менее удлинившегося слоя, что отходит от контакта. Электрическая цепь нагревателя размыкается; она остается в таком положении до тех пор, пока температура не ниже нормы; тогда биметаллический терморегулятор снова замкнет цепь.

## **§ 55. Короткое замыкание.**

### **Предохранители**

#### **Вопросы**

1. Если сила тока в цепи превысит допустимую норму, то провода могут перегреться, а покрывающая их изоляция — воспламениться.

**2.** Сила тока может значительно увеличиться при одновременном включении мощных потребителей тока (несколько чайников, электроплиток и т. п.), а также при коротком замыкании в сети.

**3.** Причиной короткого замыкания может быть нарушение изоляции проводов сети, неграмотное проведение ремонтных работ под напряжением и т. п.

**4.** При коротком замыкании возникает очень большой ток, т. к. сопротивление в цепи при коротком замыкании незначительно.

**5.** Чтобы не допустить перегрева проводки и пожара из-за недопустимо большого тока, в сеть включают предохранители.

**6.** Простейший плавкий предохранитель представляет собой маленький стеклянный цилиндр, с двух сторон закрытый металлическими контактами, внутри которого проходит тонкая проволока из меди с оловянным покрытием. Предохранители рассчитаны на определенную силу тока, превышение которой приводит к расплавлению тоненького проводка.



## ГЛАВА IV. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

### § 56. Магнитное поле

#### Вопросы

1. В цепи, в которой существует электрический ток, наблюдается явление возникновения *магнитного поля*.

2. Притягивание металлических предметов к постоянному магниту, отклонение магнитной стрелки около проводника с током, притягивание или отталкивание двух проводников с током.

3. *Опыт Эрстеда* демонстрирует как при включении тока в проводнике, расположенном первоначально параллельно оси магнитной стрелки, эта стрелка отклоняется, а при отключении — возвращается в исходное положение, т. е. происходит взаимодействие магнитного поля стрелки с магнитным полем проводника с током.

4. *Магнитное поле* существует вокруг любого проводника с током, т. е. вокруг движущихся электрических зарядов. Электрический ток и магнитное поле неотделимы друг от друга.

## **§ 57. Магнитное поле прямого тока.**

### **Магнитные линии**

#### **Вопросы**

1. В магнитном поле железные опилки намагничиваются и превращаются в магнитные министрелочки, ось каждой в магнитном поле устанавливается вдоль направления действия сил магнитного поля.

2. В магнитном поле прямого тока железные опилки располагаются по concentрическим окружностям.

3. *Магнитной линией магнитного поля* называются линии, вдоль которых располагаются оси маленьких магнитных стрелок.

4. Понятие магнитной линией магнитного поля позволяет наглядно изображать магнитные поля графически, как вокруг постоянных магнитов, так и вокруг проводников с током.

5. При изменении направления тока в проводнике на противоположное, магнитные стрелки поворачиваются на  $180^\circ$ , это демонстрирует, что направление магнитных линий связано с направлением тока.

## **§ 58. Магнитное поле катушки с током.**

### **Электромагниты и их применение**

#### **Вопросы**

1. Катушка с током, подвешенная на длинных тонких проводниках располагается по магнитным

линиям Земли т. е. в направлении север — юг. Как и магнитная стрелка катушка с током имеет два магнитных полюса — северный и южный.

**2.** Магнитное действие катушки с током можно усилить, усилив ток, увеличив количество витков в катушке и введя внутрь катушки железный сердечник.

**3.** Электромагнитом называют катушку с током с железным сердечником внутри.

**4.** Электромагниты используют на заводах для переноски изделий из стали и чугуна, а также стальных и чугунных стружек, слитков и т. п.

**5.** В магнитном сепараторе для зерна имеется вращающийся барабан, внутри которого находится сильный электромагнит, на его поверхность из бункера засыпается зерно, смешанное с мелкими железными опилками. Опилки прилипают вместе с зернами сорняков и посторонними железным мусором к барабану, а очищенное зерно полезных злаков ссыпается вниз в емкость.

## **Упражнение 28**

**1.** Чтобы не изменяя конструкцию менять подъемную силу электромагнита, надо вдобавить в линию электромагнита реостат, и менять ток в сети.

**2.** Чтобы поменять магнитные полюсы катушки с током, надо поменять на противоположные полюсы источника тока.

**3.** При сравнительно малом токе можно построить более сильный электромагнит, если увеличить

число витков в катушке электромагнита и добавить железный сердечник.

4. Указанные электромагниты имеют разные характеристики, особенно по току, количеству витков в обмотке в электромагните, а также наличием или отсутствием сердечника.

## Задание 9

1. Простейший электрический звонок работает следующим образом: нажатие на кнопку звонка замыкает цепь дугообразного электромагнита, притягивающий якорь, соединенный с молоточком, ударяющим по звонковой чаше. Это движение якоря одновременно разъединяет цепь, но нажатая кнопка снова заставляет цепь замкнуться, и все повторяется до тех пор, пока нажимается кнопка.

2. На *рис. 102* две станции *A* и *B* соединены одной цепью, причем ключ находится на одной станции, а электромагнит и прочие устройства — на другой. Когда ключ замыкает сеть, ток в катушке притягивает якорь катушки, который подпружиненным плечом прижимает бумагу к красящему колесику. Ключ нажимают по азбуке Морзе коротко — точка, длиннее — тире на станции *A*, а на бумаге на станции *B* появляются соответствующие штрихи.

3. Сети с большим током (в мощных электродвигателях) подключаются с помощью электромагнитных реле, которые включаются с пультов, достаточно далеко расположенных от самих приборов, замыкая цепь с реле, подается ток в катушку

электромагнита, якорь которого примагничивает плечо рычага, которое в свою очередь замыкает контакты в сети двигателя, включая его в работу.

## § 59. Постоянные магниты.

### Магнитное поле постоянных магнитов

#### Вопросы

1. *Постоянные магниты* — это тела, длительное время сохраняющие намагниченность.

2. Ампер объяснял намагниченность железа и стали существованием электрических токов, циркулирующих внутри каждой молекулы этих веществ.

3. В настоящее время намагниченность стали и железа объясняется движением электронов, вызывающим магнитное поле.

4. Полюсами магнита называются те места магнита, где обнаруживаются наиболее сильные магнитные действия. Северный —  $N$ , и южный —  $S$ .

5. Магнитом притягиваются вещества: чугун, сталь, железо, никель, некоторые сплавы.

6. Разноименные магнитные полюсы притягиваются, одноименные — отталкиваются.

7. При поднесении магнитной стрелки к полюсу намагниченного стального стержня по тому как она реагирует, можно определить какой это полюс. Конец стрелки  $N$  покажет южный полюс,

поскольку притягиваются противоположные магнитные полюса, и наоборот.

8. Представление о виде магнитного поля постоянных магнитов можно получить с помощью железных опилок, насыпанных на картон вокруг магнита.

## § 60. Магнитное поле Земли

### Вопросы

1. *Магнитная стрелка* в данном месте Земли всегда устанавливается в определенном направлении — вдоль магнитной линии магнитного поля Земли.

2. *Северный магнитный полюс* Земли находится вблизи Южного географического полюса, а именно на  $66,5^\circ$  южной широты и  $140^\circ$  восточной долготы. Здесь магнитные линии выходят из Земли. *Южный магнитный полюс* Земли находится вблизи Северного географического полюса.

3. Это покажет магнитная стрелка компаса.

4. Появление магнитных бурь объясняется потоками заряженных частиц с поверхности Солнца, выбрасываемые в период усиления солнечной активности, образующими свое магнитное поле, ненадолго меняющее магнитное поле Земли.

5. *Область магнитной аномалии* — это область, в которой направление магнитной стрелки постоянно отклонено от направления магнитной линии Земли, что объясняется сосредоточением огромных залежей железной руды.

**6. Курская магнитная аномалия** — одна из самых больших магнитных аномалий.

## **Задание 10**

**1.**

### **Компас, история его открытия**

Компас является одним из четырёх великих изобретений, сделанных в Китае. Компасу уже более 2000 лет. Первый компас был сделан из намагниченной стали и железа. Он был похож на ковшик, который мог вращаться вокруг своей оси, его помещали в центре прибора, представляющую собой деревянную или медную подставку. Если вращать ковшик по точке его соприкосновения с пластиной, то в момент остановки черенок будет указывать на юг. Люди в Китае называли этот компас «сынань».

Китайцы не только изобрели компас, но и впервые применили его в мореходстве в конце XI в. По мере широкого применения компаса в мореходстве, его устройство совершенствовалось. В частности начали соединять компасную иглу с подставкой, на которой ряд делений обозначал части света. В дальнейшем корпус был застеклен, чтобы внешние воздействия не мешали правильной ориентации стрелки. Применение компаса в мореходстве способствовало огромным переменам в технике мореплавания, развитию мирового мореплавания и культурному обмену, и одновременно открыло

новую эру в истории навигации. Арабские торговцы, которые постоянно плавали на китайских рыбацких кораблях, научились методу производства компаса и вывезли его в Европу.

К концу XI и в начале XII в. некоторые арабские и европейские страны начали применять компас в мореходстве, т. е. примерно на 100 лет позже, чем в Китае.

2. Надо выполнить самостоятельно, поместив в глобус полосовой магнит так, чтобы ось полюсов примерно проходила по оси глобуса.

## **§ 61. Действие магнитного поля на проводник с током. Электрический двигатель**

### **Вопросы**

1. Если подвесить проводник на тонких гибких проводах в магнитном поле постоянного магнита, то при включении электрического тока в сети с проводником, он отклонится, демонстрируя взаимодействие магнитных полей проводника и магнита.

2. Направление движения проводника с током в магнитном поле зависит от направления тока и от расположения полюсов магнита.

3. Осуществить вращение проводника с током в магнитном поле можно с помощью устройства, изображенного на *рис. 115*, в котором рамка с изолированной обмоткой подключается в сеть через



проводящие полукольца и щетки, позволяющее менять направление тока в обмотке через полоборота. В результате рамка вращается все время в одном направлении.

4. Технический электродвигатель имеет в своем составе якорь — это железный цилиндр, имеющий вдоль боковой поверхности прорези, в которые укладываются витки обмотки. Сам якорь вращается в магнитном поле, создаваемом сильным электромагнитом. Вал двигателя, проходящий по центральной оси железного цилиндра, соединяют с прибором, который приводится двигателем во вращение.

5. Двигатели постоянного тока нашли особенно широкое применение на транспорте (трамваи, троллейбусы, электровозы), в промышленности (для выкачивания нефти из скважины) в быту (в электробритвах). Электродвигатели имеют меньшие размеры по сравнению с тепловыми, а также гораздо более высокий КПД, кроме того они не выделяют газов, дыма и пара, т. е. более экологически чистые.

6. Первый электрический двигатель, пригодный для практического применения изобрел русский ученый — Борис Семенович Якоби в 1834 году.

## **Задание 11**

1. На *рис. 117* показана схема электрического измерительного прибора. В нем рамка с обмоткой в отключенном состоянии удерживается пружинками в горизонтальном положении, при этом стрелка,

жестко соединенная с рамкой, указывает на нулевое значение шкалы. Вся рамка с сердечником помещена между полюсами постоянного магнита. Когда прибор подключается в сеть, ток в рамке взаимодействует с полем магнита, рамка с обмоткой поворачивается и стрелка поворачивается по шкале, причем в разные стороны, в зависимости от направления тока, а угол зависит от величины силы тока.

2. На *рис. 118* показан автомат для включения звонка, если температура превысит допустимую. В состав его входит две сети. Первая содержит специальный ртутный термометр, служащий для замыкания этой цепи, когда ртуть в термометре поднимается выше заданного значения, источник питания, электромагнит, якорь которого замыкает вторую цепь, содержащую кроме якоря звонок и источник питания. Можно применять такой автомат в теплицах, инкубаторах, где очень важно следить за поддержанием нужной температуры.

# ГЛАВА V. СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

## § 62. Источники света.

### Распространение света

#### Вопросы

1. *Луч света* — это линия, вдоль которой распространяется энергия от источника света.

2. В однородной среде свет распространяется *прямолинейно*.

3. Явление образования *тени* и *полутени* доказывает прямолинейность распространения света.

4. Предмет, помещенный между источником света и экраном, задерживает часть лучей света и они не попадают на экран, неосвещенная часть экрана — *тень* от предмета. *Тень* от шара — *круг*, что доказывает прямолинейность распространения света.

5. *Полутень* на экране возникает в том случае, когда размер источника света соизмерим с расстоянием до экрана и не может рассматриваться как *точечный источник*.

6. *Полутень* на экране возникает в тех областях экрана, где он освещен частью источника света, а *полная тень* — куда свет не поступает ни от какой точки источника света.

7. *Лунное затмение* возникает, когда Земля оказывается между Солнцем и Луной. *Тень* от

Земли набегают на Луну. *Солнечное затмение* возникает, когда Луна оказывается между Солнцем и Землей. Затмения доказывают прямолинейность распространения света.

### **Упражнение 29**

1. Изображены следующие источники света: прожектор, свеча, звезды, костер, молния, лампа дневного света.

2. Тень от источника  $S_1$  — справа синего цвета, тень от источника  $S_2$  — слева — красного цвета, пересечение между кругами — черного цвета, вокруг — все сиреневого цвета (смесь синего с красным). Форма теней от шара — круги от каждого источника доказывают прямолинейность распространения света.

3. Человек, находящийся в тени Луны, Солнца не видит, это полное солнечное затмение. Если человек в полутени, он видит часть диска Солнца, это частное затмение.

### **Задание 12**

1. Надо выполнить самостоятельно, чтобы убедиться в прямолинейном распространении света.

2. Надо выполнить самостоятельно.

3.

### **Солнечные и лунные затмения**

*Затмение* — астрономическое явление, при которой одно небесное тело заслоняет свет от другого небесного тела.

Наиболее известны и наблюдаемы лунные и солнечные затмения.

Схема лунного затмения такова: лунное затмение наступает, когда Луна входит в конус тени, отбрасываемой Землёй. Диаметр пятна тени Земли на расстоянии 363 000 км (минимальное расстояние Луны от Земли) составляет около 2,5 диаметров Луны, поэтому Луна может быть затенена целиком.

Солнечное затмение происходит, когда Луна попадает между наблюдателем и Солнцем и загромождаёт его. Поскольку Луна перед затмением обращена к нам неосвещённой стороной, то перед затмением всегда бывает новолуние, то есть Луна не видна. Создаётся впечатление, что Солнце закрывается чёрным диском; наблюдающий с Земли видит это явление как солнечное затмение. Весьма длительное солнечное затмение произошло 15 января 2010 года в Юго-Восточной Азии и длилось более 11 минут.

В древности солнечные и лунные затмения вызывали у людей суеверный ужас. Считалось, что затмения предвещают войны, голод, разорение, массовые болезни. Если диск Солнца полностью закрывается диском Луны, то затмение называют полным. Случается, что в момент максимальной фазы затмения от Солнца остается видимым яркое узкое кольцо. Такое затмение называется кольцеобразным. И, наконец, Солнце может не полностью скрываться за диском Луны из-за несовпадения их центров на небе. Такое затмение называется частным. Наблюдать такое красивое образование, как

солнечная корона, можно лишь во время полных затмений.

На Луне тоже бывают солнечные затмения. На Земле в это время происходят лунные затмения. Полные солнечные затмения можно видеть только в тех областях Земли, по которым проходит полоса тени Луны. Хотя солнечные затмения происходят чаще лунных, в каждом отдельном месте Земли солнечные затмения наблюдаются гораздо реже лунных.

## **§ 63. Отражение света.**

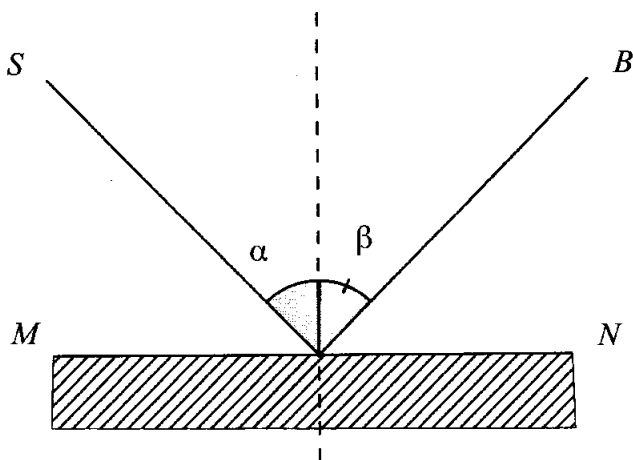
### **Закон отражения света**

#### **Вопросы**

1. Законы отражения света были установлены на специальном приборе, который представляет собой диск на подставке, с нанесенной круговой шкалой с ценой деления  $10^\circ$ . По краю диска можно передвигать осветитель, дающий узкий пучок света. В центре диска закреплена зеркальная пластинка, на которую направляется падающий луч. Меняя угол падения, фиксируем угол отражения, каждый раз получаем, что угол падения равен углу отражения, при этом оба луча лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным к поверхности раздела двух сред в точке падения луча.

2. *Углом падения* называется угол между падающим лучом и перпендикуляром, проведенным

к поверхности раздела двух сред в точке падения луча. *Углом отражения* называется угол между отраженным лучом и указанным перпендикуляром.



**3.** Лучи падающий и отраженный, лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным к поверхности раздела двух сред в точке падения луча. Угол падения —  $\alpha$  равен углу отражения —  $\beta$ .

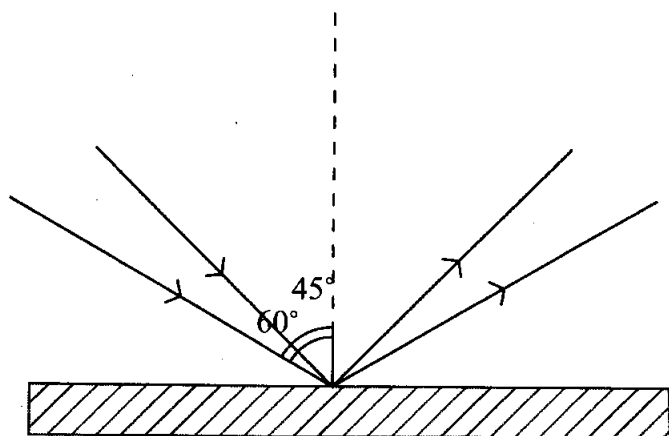
$$\angle \alpha = \angle \beta.$$

**4.** Падающий и отраженный лучи могут меняться местами, это свойство называется обратимостью световых лучей.

### Упражнение 30

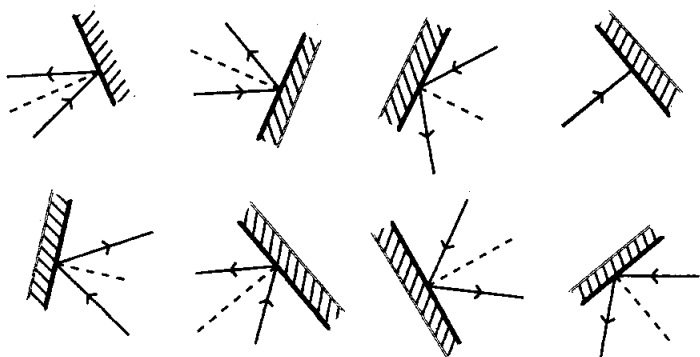
**1.** Когда угол падения луча на зеркало равен  $45^\circ$ , угол отражения тоже равен  $45^\circ$ . Когда угол

падения луча на зеркало равен  $60^\circ$ , угол отражения тоже равен  $60^\circ$ .



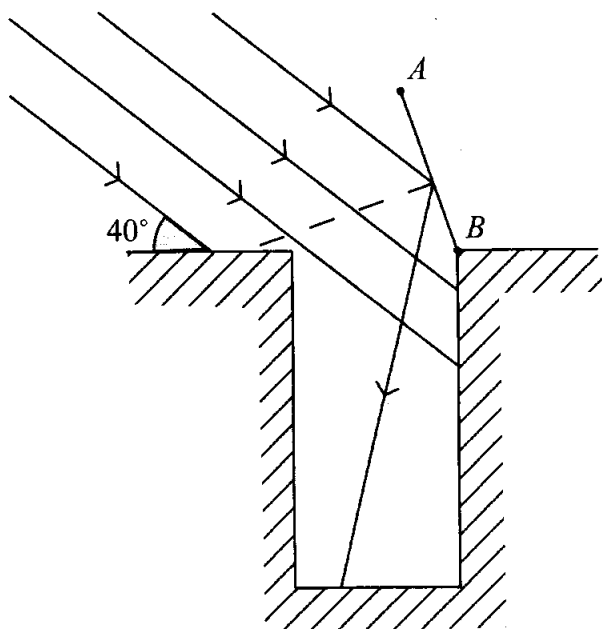
**2.** Угол падения луча на зеркало равен  $0^\circ$ , угол отражения тоже равен  $0^\circ$ , оба луча совпадают с перпендикуляром, проведенным в точке падения луча к плоскости зеркала.

**3.**





4.



## § 64. Плоское зеркало

### Вопросы

1. На *рис. 132* имеем плоское зеркало  $MN$ ,  $S$  — точечный источник света. Чтобы построить отражение этой точки в зеркале, наблюдаемое глазом, достаточно провести три луча под разными углами, исходящими из точки  $S_1$ , в том числе и перпендикулярно  $MN$ .  $SS_1 \perp MN$ , поскольку угол падения равен углу отражения и равен  $0^\circ$ . Расстояние от зеркала до мнимого изображения предмета

равно расстоянию от самого предмета до зеркала  $SO = S_1O$ .

2. Изображение в плоском зеркале называется *мнимым*, потому что в действительности за зеркалом никаких предметов нет, в наши глаза попадают лучи от предметов, отраженных в зеркале, мысленно продолжая эти отраженные лучи за плоскость зеркала, получаем мнимое изображение предметов.

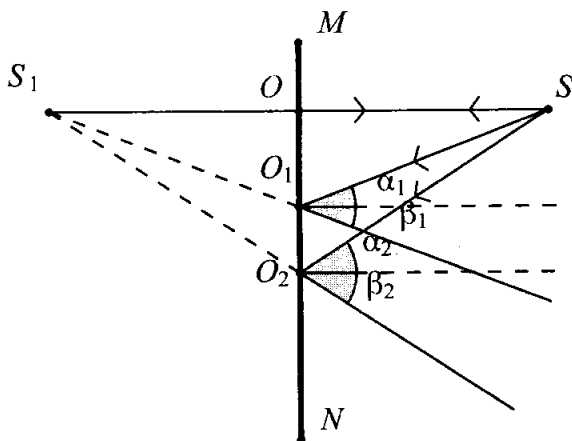
3. Рассмотрим *рис. 133*. Между двумя одинаковыми свечами помещено стекло. Стекло и одна свеча закреплены вертикально, и в стекле можно как в зеркале видеть отражение ближней свечи. Ближнюю свечу зажигаем, а дальнюю свечу перемещаем так, чтобы казалось, что над ней есть огонь. Так определяется местоположение мнимого изображения. Измерение расстояний первой свечи до стекла и второй (считай — изображения) показывает, что они равны.

4. Изображение предмета в плоском зеркале является его *зеркальным симметричным отражением*. Плоскость зеркальной поверхности — плоскость симметрии. Например, застёжка на мужском пиджаке в зеркале выглядит как на женском, кроссовка на левую ногу в зеркале кажется правой и т.п. Размеры предметов равны размерам изображения этих предметов. Расстояние от зеркала до мнимого изображения предмета равно расстоянию от самого предмета до зеркала.

### Упражнение 31

1. На рис. 132 рассмотрим два прямоугольных треугольника  $\Delta S_1OO_1$  и  $\Delta SOO_1$ .

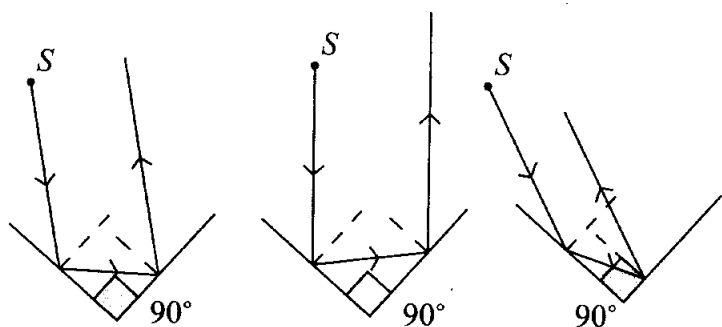
Угол  $OO_1S$  равен углу  $OO_1S_1$  и равны  $(90^\circ - \alpha)$ , катет  $OO_1$  — общий, следовательно треугольники равны и другие катеты, представляющие собой расстояние до зеркала от источника света и его мнимого изображения, равны.



2. *Перископ* в простейшем случае представляет собой изогнутую трубу, внутри которой параллельно друг другу расположены два плоских зеркала.

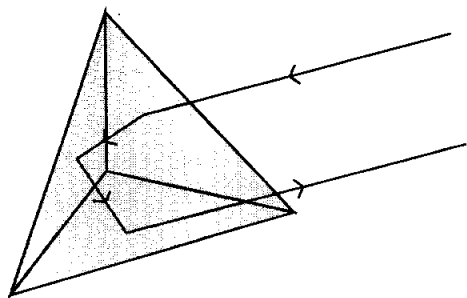
3. Такой прибор можно применить, когда какая-то светонепроницаемая преграда мешает прямому обозрению. Он позволяет осуществлять обзор с недостижимой для человека позиции, при этом сам человек не виден.

4. Два плоских зеркала (внизу), расположенных по углом  $90^\circ$  друг к другу позволяют отбрасывать отраженный свет в сторону источника света — это простейший отражатель, в котором луч падает под углом  $\alpha$  и отражается от зеркала под углом  $\alpha$ . Поскольку зеркала перпендикулярны, то угол падения на второе зеркало равен  $(90^\circ - \alpha)$ , и угол отражения такой же. Получается, что угол луч падающий и второй отраженный лучи параллельны друг к другу, следовательно от второго зеркала отраженный луч будет направлен на  $180^\circ$  от первоначального направления.



В промышленных отражателях используют три плоских зеркала под углом  $90^\circ$  друг к другу. Это можно представить как три одинаковых зеркальных прямоугольных треугольника, соединенных катетами, и имеющими общую вершину, в которой сходятся все три прямых угла (перевернутая пирамида). Такие отражатели называют уголковыми, и они содержат множество объемных уголков,

с одинаковым расположением диагональных плоскостей.



## § 65. Преломление света. Закон преломления света

### Вопросы

1. В пустом сосуде лучи света распространяются по прямым, когда же в сосуд наливается вода, на границе воздуха и воды происходит преломление света, т. е. изменение направления луча.

2. Если луч падает из среды оптически менее плотной в более плотную среду, то угол преломления всегда меньше угла падения. Чем больше угол падения, тем больше угол преломления, но зависимость эта не линейная.

3. При преломлении света выполняются два закона:

— отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух сред

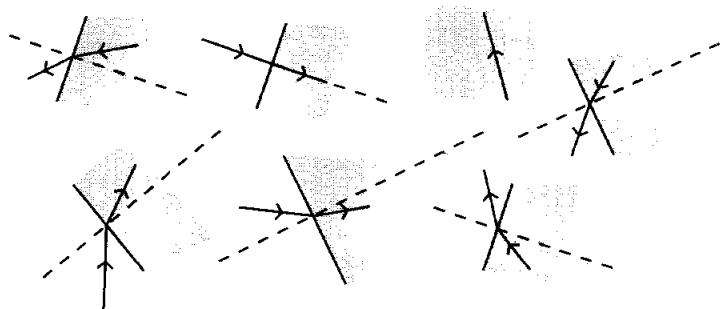
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n;$$

— лучи падающий, преломленный и перпендикуляр, проведенный к границе раздела двух сред в точке падения луча, лежат в одной плоскости.

### Упражнение 32

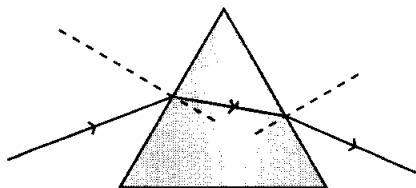
1. Угол преломления тоже равен нулю, так как перпендикулярно направленные к границе раздела сред лучи не преломляются.

2.



3. Монета становится видна в чашке с водой, поскольку лучи преломляются на границе воздуха и воды, а наш глаз видит изображение монеты, возникающее там, где пересекаются продолжения падающих лучей.

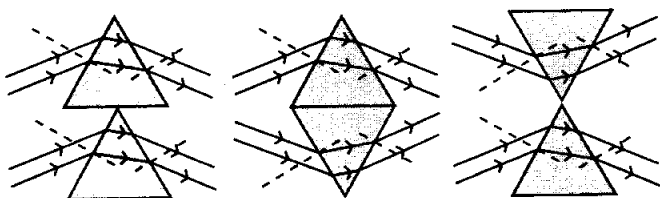
4.



5. В первой черной коробке очевидно находится одна призма, основание которой внизу.

Во второй — две призмы, соединенные основаниями.

В третьей коробке две призмы, соединенные верхними ребрами в середине коробки.



## § 66. Линзы. Оптическая сила линзы

### Вопросы

1. Линза, у которой более выпуклые поверхности, имеет более короткое фокусное расстояние, т. к. сильнее преломляет лучи.

2. Чем меньше *фокусное расстояние* линзы, тем сильнее будет увеличение.

3. *Оптической силой линзы  $D$*  называют величину, обратную ее фокусному расстоянию  $F$

$$D = \frac{1}{F}.$$

4. Единица измерения оптической силы называется *диоптрия*.

5. 1 диоптрия — это оптическая сила такой линзы, фокусное расстояние которой 1 метр.

6. Оптическая сила линзы в +2,5 дптр означает, что линза собирающая — выпуклая, фокусное расстояние которой  $1/2,5 = 0,4$  м.

Оптическая сила линзы в -2,5 дптр означает, что линза рассеивающая — вогнутая и фокус у нее мнимый, расположен на расстоянии 0,4 м от плоскости симметрии линзы.

### Упражнение 33

1. На *рис. 148 а)* изображены две двояковыпуклые, а значит собирающие линзы. Линза слева имеет большую кривизну поверхностей, чем справа, поэтому она имеет меньшее фокусное расстояние и большее увеличение т. е. большую оптическую силу.

2.

*Дано:*

$$D = -1,6 \text{ дптр}$$

*Найти:*

$$F$$

*Решение:*

Оптическая сила и фокусное расстояние — взаимнообратные величины

$$D = \frac{1}{F}, \text{ значит } F = \frac{1}{D} = \frac{1}{1,6} = 0,625 \text{ м.}$$

*Ответ:*  $F = 0,625$  м.

Знак минус у значения оптической силы говорит о том, что линза рассеивающая, значит действительное изображение с ее помощью получить нельзя.



## § 67. Изображения, даваемые линзой

### Вопросы

1. Во многих оптических приборах используется свойство линз — *получать изображение*.

2. Изображения, даваемые собирающей линзой, зависят от *места расположения предмета*. Если он находится между линзой и фокусом, то и изображение прямое мнимое увеличенное. Если он находится между фокусом и двойным фокусом, то и изображение будет действительным, увеличенным и перевернутым. В том случае, когда он дальше двойного фокусного расстояния от линзы, изображение будет действительное, уменьшенное и перевернутое.

3. На *рис. 152* источник света помещен между линзой и фокусом. Достаточно построить два луча: через центр линзы и параллельно оптической оси линзы, затем через т. фокуса. Эти лучи расходятся справа от линзы, продлевая их влево за линзу, получим точку пересечения  $A_1$ , дающую точку прямого мнимого увеличенного изображения.

4. На *рис. 151* источник света помещен между фокусным и двойным фокусным расстоянием. Для построения изображения достаточно построить два луча: через центр линзы и луч, параллельный оптической оси линзы, а за линзой проходящий через точку фокуса. Изображение получается действительным, увеличенным и перевернутым, оно расположено дальше двух фокусных расстояний.

5. На *рис. 150* наглядно видно, чтобы изображение источника света было уменьшенное и действительное, этот источник должен помещаться дальше двойного фокусного расстояния от линзы.

6. На *рис. 150* показано построение изображения источника света, расположенного дальше двух фокусных расстояний от выпуклой линзы, оно действительное, уменьшенное и перевернутое. Его можно получить на экране.

На *рис. 152* показано построение изображения источника света, расположенного ближе фокусного расстояния от выпуклой линзы, оно мнимое, прямое и увеличенное.

7. Линзы применяются во многих оптических приборах, где требуется управлять световыми пучками, например, в фотоаппаратах, микроскопах, телескопах.

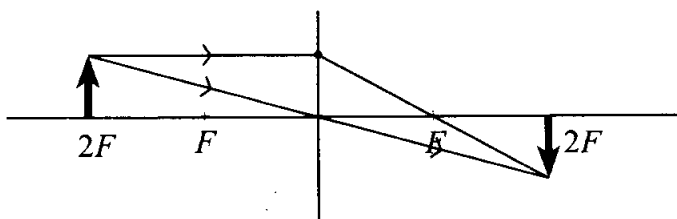
8. Вогнутая линза не дает действительных изображений, т. к. лучи, проходящие через нее расходятся.

9. На *рис. 153* показано построение изображения предмета в рассеивающей линзе. Это изображение всегда мнимое, уменьшенное и прямое. Оно находится с той же стороны от линзы, что и предмет.

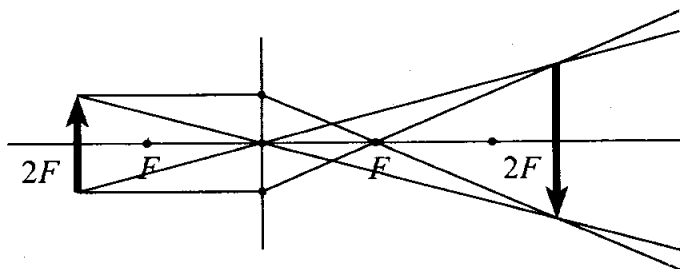
## Упражнение 34

1. Если предмет поместить на расстоянии двойного фокуса, то и изображение его окажется на таком же расстоянии от линзы, величина изображения совпадает с величиной предмета.

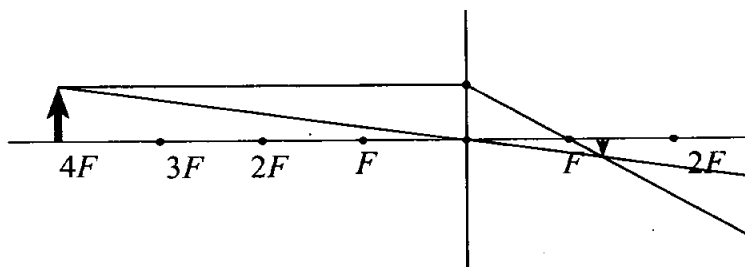
Изображение будет действительным и перевернутым.

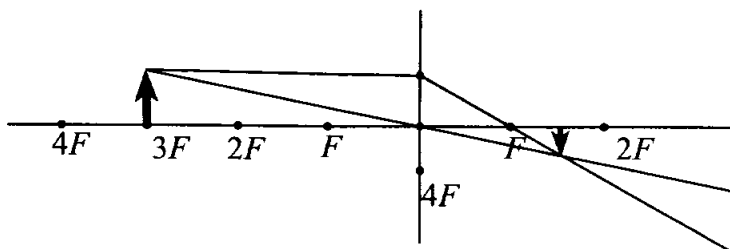


2. Изображение получится действительное, увеличенное и перевернутое.



3.





4. Если первоначально предмет помещен слева от линзы на расстоянии четырех фокусных расстояний, то его действительное перевернутое и уменьшенное изображение появится справа от линзы между фокусным и двойным фокусным расстояниями. При перемещении к линзе изображение будет удаляться, увеличиваясь, на расстоянии двух фокусных расстояний размер изображения совпадет с оригиналом. Дальнейшее перемещение до фокусного расстояния вызовет изображение тоже действительное, перевернутое, но уже увеличенное. Действительное изображение исчезает в момент пересечения фокусного расстояния, дальнейшее движение к линзе дает лишь мнимое увеличенное прямое изображение.

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

## Лабораторная работа 1

### Сравнение количеств теплоты при смешивании воды разной температуры

*Цель работы:* определить количество теплоты, отданное горячей водой и полученное холодной при теплообмене, и объяснить полученный результат.

*Приборы и материалы:* калориметр, измерительный цилиндр (мензурка), термометр, стакан.

*Ход работы:*

1. Нальем в калориметр горячей воды массой 100 г. Возьмем столько же холодной воды и нальем ее в стакан. Измерим с помощью термометра температуру холодной и горячей воды. Результаты измерений занесем в таблицу.

2. Вольем холодную воду в калориметр, в сосуд с горячей водой, помешаем термометром и измерим температуру полученной смеси ( $72^{\circ}\text{C}$ ). Результат измерений занесем в таблицу.

3. Рассчитаем количество теплоты отданное горячей и полученное холодной водой по следующим формулам:

$$Q = mc(t - t_2); \quad Q_1 = mc(t_2 - t_1),$$

где:  $Q$  — количество теплоты отданное горячей водой;  $Q_1$  — количество теплоты полученное холодной водой;  $m$  — масса холодной или горячей воды;  $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  — теплоемкость воды;  $t$  — температура горячей воды;  $t_1$  — температура холодной воды;  $t_2$  — температура смеси.

$$Q = mc(t - t_2) = 0,1 \cdot 4200(72 - 45,5) = 11130 \frac{\text{КДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

$$Q_1 = mc(t_2 - t_1) = 0,1 \cdot 4200(45,5 - 19) = 11130 \frac{\text{КДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

*Результаты измерений:*

Масса горячей воды $m$ , кг	Начальная температура воды $t$ , $^\circ\text{C}$	Температура смеси $t_2$ , $^\circ\text{C}$	Количество теплоты, отданное горячей водой, $Q$ , Дж	Масса холодной воды $m_1$ , кг	Начальная температура холодной воды $t_1$ , $^\circ\text{C}$	Количество теплоты, полученное холодной водой, $Q_1$ , Дж
0,1	72	45,5	11130	0,1	19	11130

**Выводы:** В результате измерений было установлено, что количество теплоты отданное горячей водой равно количеству теплоты полученное холодной водой. Таким образом подтверждается закон сохранения энергии.

## Лабораторная работа 2

### Измерение удельной теплоемкости твердого тела

*Цель работы:* определить удельную теплоемкость металлического цилиндра.

*Приборы и материалы:* стакан с водой, калориметр, термометр, весы, гири, металлический цилиндр на нити, сосуд с горячей водой.

*Ход работы:*

1. Нальем в калориметр воду массой 0,120 кг и измерим ее температуру ( $20^{\circ}\text{C}$ ).

2. Нагреем цилиндр в сосуде с горячей водой. Измерим температуру воды ( $70^{\circ}\text{C}$ ), и опустим цилиндр в калориметр с холодной водой.

3. Немного подождем и измерим температуру воды в калориметре ( $30^{\circ}\text{C}$ ).

4. Вытащим цилиндр из калориметра, обсушим его и измерим его массу на весах (0,140 кг).

5. Все результаты измерений занесем в таблицу и рассчитаем удельную теплоемкость металлического цилиндра.

*Результаты:*

Масса воды в калориметре $m_1$ , кг	Начальная температура воды $t_1$ , $^{\circ}\text{C}$	Масса цилиндра $m_2$ , кг	Начальная температура цилиндра $t_2$ , $^{\circ}\text{C}$	Общая температура воды и цилиндра $t$ , $^{\circ}\text{C}$
0,120	20	0,140	70	30

Вычислим удельную теплоемкость металлического цилиндра по формуле  $c_2 = \frac{c_1 m_1 (t - t_1)}{m_2 (t_2 - t)}$ , где:  $c_2$  — удельная теплоемкость металлического цилиндра;  $c_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$  — удельная теплоемкость воды;  $m_1$  — масса воды в калорифере;  $t$  — температура нагретой цилиндром воды в калорифере;  $t_1$  — температура холодной воды;  $m_2$  — масса металлического цилиндра;  $t_2$  — температура нагретого металлического цилиндра.

$$c_2 = \frac{c_1 m_1 (t - t_1)}{m_2 (t_2 - t)} = \frac{4200 \cdot 0,12 \cdot (30 - 20)}{0,140 \cdot (71 - 30)} = 878 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$$

**Выводы:** Удельная теплоемкость металлического цилиндра равна  $878 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$ , что близко к значению удельной теплоемкости для алюминия. Полученное значение несколько меньше табличного, что связано с невысокой точностью приборов и наличием теплообмена.

## Лабораторная работа 3

### Сборка электрической цепи и измерение силы тока в ее различных участках

**Цель работы:** убедиться на опыте, что сила тока в различных последовательно соединенных участках цепи одинакова.

**Приборы и материалы:** источник питания, низковольтная лампа на подставке, ключ, амперметр, соединительные провода.

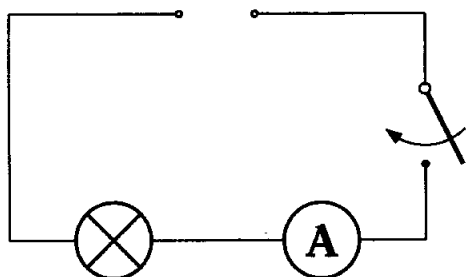


*Ход работы:*

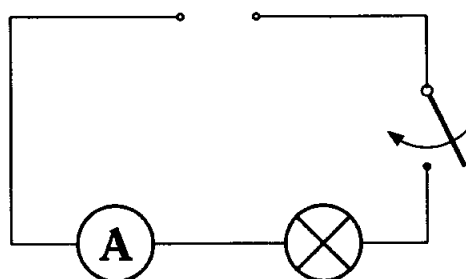
Соберем схемы а), б), в) по рис. 155 учебника.  
Запишем показания амперметра.

*Результаты:*

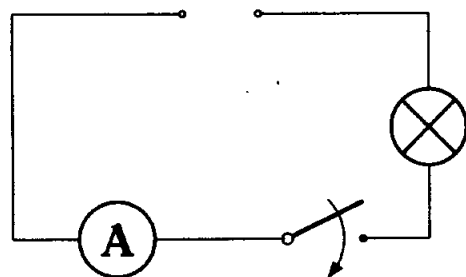
а)  $I = 0,15 \text{ A}$



б)  $I = 0,15 \text{ A}$



в)  $I = 0,15 \text{ A}$



*Выводы:* сила тока  $I$  в любой точке цепи при последовательном соединении одинакова.

## Лабораторная работа 4

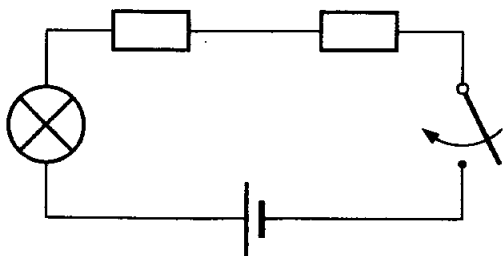
### Измерение напряжения на различных участках электрической цепи

*Цель работы:* измерить напряжение на участке цепи, состоящем из двух последовательно соединенных резисторов, и сравнить его с напряжением на концах каждого резистора.

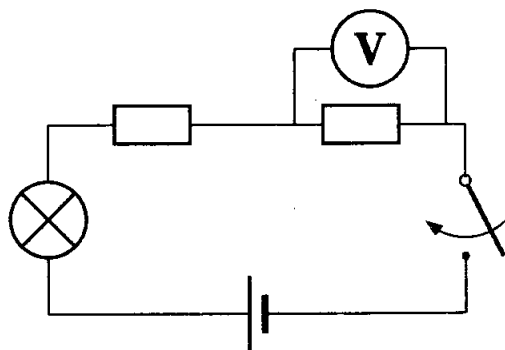
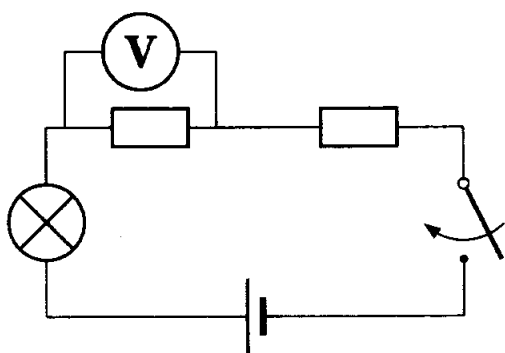
*Приборы и материалы:* источник питания, резисторы — 2 шт., низковольтная лампа на подставке, вольтметр, ключ, соединительные провода.

*Ход работы:*

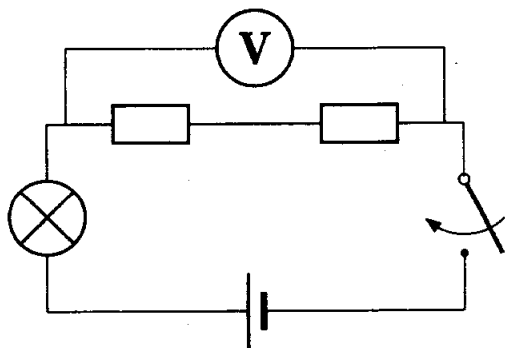
1. Соберем следующую цепь из источника питания, двух резисторов, лампы, ключа и соединительных проводов.



2. Измерим напряжения  $U_1$ ,  $U_2$  для каждого резистора по следующим схемам:



3. Измерим напряжение  $U$  на участке цепи состоящем из двух резисторов:



### **Дополнительное задание**

Напряжение на полюсах источника тока и на зажимах лампы равны полному напряжению в цепи.

*Результаты:*  $U = U_1 + U_2 = 0,6 + 0,9 = 1,5$ .

*Выводы:* Полное напряжение в цепи при последовательном соединении равно сумме напряжений на отдельных участках цепи.


## **Лабораторная работа 5**

### **Регулирование силы тока реостатом**

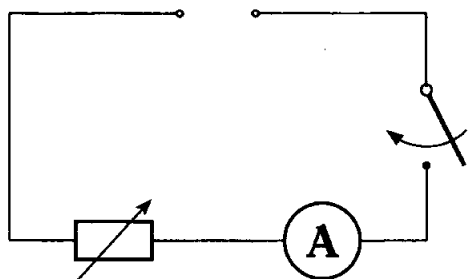
*Цель работы:* научиться пользоваться реостатом для изменения силы тока в цепи.

*Приборы и материалы:* источник питания, ползунковый реостат, амперметр, ключ, соединительные провода.

*Ход работы:*

1. Рассмотрим реостат (—  —) и определим, что его сопротивление наибольшее (в одном из крайних положений). Поставим реостат примерно на середину.

2. Составим следующую цепь из последовательно соединенных амперметра реостата, источника питания, ключа и соединительных проводов.



### *Результаты:*

Замкнем цепь и плавно передвигая ползунок реостата от одного края к другому (не до конца!) мы наблюдаем изменение показаний амперметра. При низком сопротивлении сила тока мала, а при увеличении сопротивления сила тока растёт.

*Выводы:* зависимость силы тока  $I$  от сопротивления  $R$  обратнопропорциональная.

## **Лабораторная работа 6**

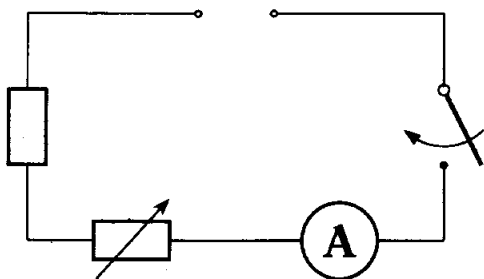
### **Измерение сопротивления цепи при помощи амперметра и вольтметра**

*Цель работы:* научиться измерять сопротивление проводника при помощи амперметра и вольтметра. Убедиться на опыте, что сопротивление проводника не зависит от силы тока в нем и напряжения на его концах.

*Приборы и материалы:* источник питания, исследуемый проводник (небольшая никелиновая спираль), амперметр и вольтметр, реостат, ключ, соединительные провода.

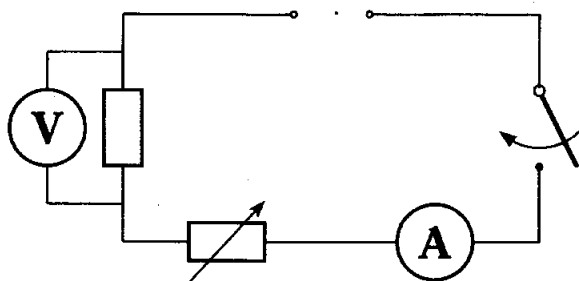
*Ход работы:*

1. Соберем цепь, составленную последовательно из источника питания, амперметра, исследуемого проводника, реостата и ключа.



2. Измерим силу тока в цепи.

3. Присоединим вольтметр к концам исследуемого проводника и измерим напряжение.



4. Изменим реостатом сопротивление цепи и измерим силу тока и напряжение.

5. Занесем результаты в таблицу и вычислим сопротивление проводника используя закон Ома:

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

*Результаты:*

№ опыта	Сила тока $I$ , А	Напряже- ние $U$ , В	Сопротив- ление $R$ , Ом
1	0,1	1	10
2	0,3	3	10

*Выводы:* сопротивление проводника  $R$  постоянно и не зависит от силы тока  $I$  или напряжения  $U$  в цепи.

## Лабораторная работа 7

### Измерение мощности и работы тока в электрической лампе

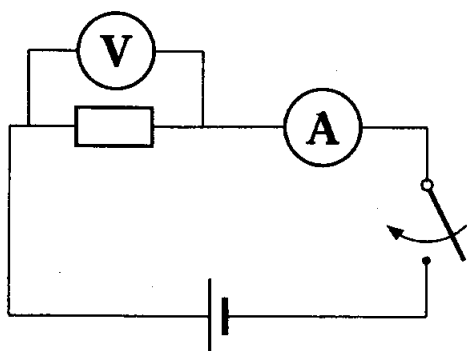
*Цель работы:* научиться определять мощность и работу тока в лампе, используя амперметр, вольтметр и часы.

*Приборы и материалы:* источник питания, низковольтная лампа на подставке, вольтметр, амперметр, ключ, соединительные провода, секундомер (или часы с секундной стрелкой).

*Ход работы:*

1. Соберем цепь из последовательно соединённых источника питания, лампы, амперметра и ключа.

2. Измерим вольтметром напряжение на лампе и силу тока в цепи.



3. Вычислим мощность тока в лампе

$$P = UI = 1,5 \text{ В} \cdot 0,4 \text{ А} = 0,6 \text{ Вт.}$$

4. Вычислим работу лампы

$$t = 60 \text{ с}; A = Pt = 0,6 \text{ Вт} \cdot 60 = 3,6 \text{ Дж.}$$

*Результаты:* Полученное значение мощности совпадает с обозначенным на лампе.

## Лабораторная работа 8

### Сборка электромагнита и испытание его действия

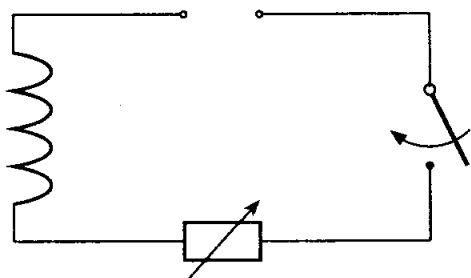
*Цель работы:* собрать электромагнит из готовых деталей и на опыте проверить, от чего зависит его магнитное действие.

*Приборы и материалы:* источник питания, реостат, ключ, соединительные провода, компас, детали для сборки электромагнита.



*Ход работы:*

1. Составим электрическую цепь из соединенных последовательно источника питания, катушки, реостата и ключа.



2. Замкнем цепь и с помощью компаса определим магнитные полюсы у катушки. (Если северный конец стрелки компаса при поднесении его к катушке притягивается, то это южный полюс  $S$ , а другой полюс северный  $N$ ).

3. Вставим железный сердечник в катушку и наблюдаем за компасом отодвинутым на некоторое расстояние.

4. Будем изменять силу тока реостатом и наблюдать действие электромагнита.

*Выводы:* 1. Действие электромагнита с железным сердечником на магнитную стрелку значительно больше чем без него. 2. Магнитное действие электромагнита возрастает с ростом силы тока в цепи.

## Лабораторная работа 9

### Изучение электрического двигателя постоянного тока (на модели)

*Цель работы:* ознакомиться с основными деталями электрического двигателя постоянного тока на модели этого двигателя.

*Приборы и материалы:* модель электродвигателя, источник питания, ключ, соединительные провода.

1. Основные причины того, что электродвигатель не работает: обрыв цепи, отсутствие контакта щеток с полукольцами, повреждение обмотки якоря или затруднено вращение якоря.

2. При изменении направления тока в цепи двигатель начинает вращаться в другую сторону.

## Лабораторная работа 10

### Получение изображения при помощи линзы

*Цель работы:* научиться получать различные изображения при помощи собирающей линзы.

*Приборы и материалы:* собирающая линза, экран, лампа с колпачком, в котором сделана прорезь, измерительная лента.

*Ход работы:*

1. С помощью линзы получим изображение окна на экране и определим приблизительно фокусное расстояние  $F$  линзы.

2. Последовательно располагая лампу на различных расстояниях  $d$  от линзы запишем в таблицу описание получившихся изображений.

*Результаты:*

№ опыта	Фокусное расстояние $F$ , см	Расстояние от лампы до линзы $d$ , см	Вид изображения
1	10	8	мнимое, увеличенное, прямое
2	10	15	действительное, увеличенное, перевернутое
3	10	30	действительное, уменьшенное, перевернутое

*Выводы:* По мере удаления лампы от линзы: изображение до расстояния  $F$  является мнимым, увеличенным и прямым; от  $F$  до  $2F$  действительным, увеличенным и перевернутым; и более  $2F$  действительным, уменьшенным и перевернутым.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Глава I. Тепловые явления</b>	<b>4</b>
§1. Тепловое движение. Температура . . . .	4
§2. Внутренняя энергия . . . . .	5
§3. Способы изменения внутренней энергии тела . . . . .	5
§4. Теплопроводность . . . . .	7
§5. Конвекция . . . . .	9
§6. Излучение . . . . .	11
§7. Количество теплоты. Единицы количества теплоты . . . . .	12
§8. Удельная теплоемкость . . . . .	13
§9. Расчет количества теплоты, необходимого для нагревания тела или выделяемого им при охлаждении . . . . .	14
§10. Энергия топлива. Удельная теплота сгорания . . . . .	19
§11. Закон сохранения и превращения энергии в механических и тепловых процессах . . . . .	23
 <b>Глава II. Изменения агрегатных состояний вещества</b>	 <b>26</b>
§12. Агрегатные состояния вещества . . . .	26

§13. Плавление и отвердевание кристаллических тел . . . . .	27
§14. График плавления и отвердевания кристаллических тел . . . . .	28
§15. Удельная теплота плавления . . . . .	29
§16. Испарение. Насыщенный и ненасыщенный пар . . . . .	35
§17. Поглощение энергии при испарении жидкости и выделение ее при конденсации пара . . . . .	36
§18. Кипение . . . . .	39
§19. Влажность воздуха . . . . .	39
§20. Удельная теплота парообразования и конденсации . . . . .	40
§21. Работа газа и пара при расширении .	46
§22. Двигатель внутреннего сгорания . . .	46
§23. Паровая турбина . . . . .	48
§24. КПД теплового двигателя . . . . .	49

### **Глава III. Электрические явления 52**

§26. Взаимодействие заряженных тел. Два рода зарядов . . . . .	52
§27. Электроскоп. Проводники и непроводники электричества . . . . .	52
§28. Электрическое поле . . . . .	53
§29. Делимость электрического заряда. Электрон . . . . .	54
§30. Строение атомов . . . . .	55
§31. Объяснение электрических явлений .	56

§32. Электрический ток. Источники электрического тока . . . . .	57
§33. Электрическая цепь и ее составные части . . . . .	60
§34. Электрический ток в металлах . . . . .	62
§35. Действия электрического тока . . . . .	63
§36. Направление электрического тока . . . . .	65
§37. Сила тока. Единицы силы тока . . . . .	65
§37. Амперметр. Измерение силы тока . . . . .	68
§39. Электрическое напряжение . . . . .	69
§40. Единицы напряжения . . . . .	70
§41. Вольтметр. Измерение напряжения . . . . .	71
§42. Зависимость силы тока от напряжения . . . . .	72
§43. Электрическое сопротивление проводников. Единицы сопротивления . . . . .	74
§44. Закон Ома для участка цепи . . . . .	76
§45. Расчет сопротивления проводников. Удельное сопротивление . . . . .	79
§46. Примеры на расчет сопротивления проводника, силы тока и напряжения . . . . .	80
§47. Реостаты . . . . .	83
§48. Последовательное соединение проводников . . . . .	86
§49. Параллельное соединение проводников . . . . .	89
§50. Работа электрического тока . . . . .	93
§51. Мощность электрического тока . . . . .	96
§52. Единицы работы электрического тока, применяемые на практике . . . . .	99
§53. Нагревание проводников электрическим током. Закон Джоуля-Ленца . . . . .	103

§54. Лампа накаливания. Электрические нагревательные приборы . . . . .	105
§55. Короткое замыкание. Предохраните- ли . . . . .	110

## **Глава IV. Электромагнитные явления** **112**

§56. Магнитное поле . . . . .	112
§57. Магнитное поле прямого тока. Маг- нитные линии . . . . .	113
§58. Магнитное поле катушки с током. Электромагниты и их применение . .	113
§59. Постоянные магниты. Магнитное по- ле постоянных магнитов . . . . .	116
§60. Магнитное поле Земли . . . . .	117
§61. Действие магнитного поля на провод- ник с током. Электрический двигатель	119

## **Глава V. Световые явления** **122**

§62. Источники света. Распространение света . . . . .	122
§63. Отражение света. Закон отражения света . . . . .	125
§64. Плоское зеркало . . . . .	128
§65. Преломление света. Закон преломле- ния света . . . . .	132
§66. Линзы. Оптическая сила линзы . . .	134
§67. Изображения, даваемые линзой . . .	136

## **Лабораторные работы** **140**

Лабораторная работа 1 . . . . .	140
Лабораторная работа 2 . . . . .	142
Лабораторная работа 3 . . . . .	143
Лабораторная работа 4 . . . . .	145
Лабораторная работа 5 . . . . .	147
Лабораторная работа 6 . . . . .	148
Лабораторная работа 7 . . . . .	150
Лабораторная работа 8 . . . . .	151
Лабораторная работа 9 . . . . .	153
Лабораторная работа 10 . . . . .	153



Издательство «ЛадКом»  
ladya-book@bk.ru

В. Н. Ландо  
Все домашние работы  
к учебнику  
А. В. Перышкина  
«Физика 8 класс»

ФГОС

*Компьютерная верстка  
И.А. Каргин*

Формат 84x108 <sup>1</sup>/<sub>32</sub>  
Бумага типографская. Печать офсетная. 160 с.  
Усл.печ.л. 8,4. Тираж 7000 экз. Зак. № 447.  
Издательство «ЛадКом» Москва 2013 г.

Отпечатано в ОАО «Первая Образцовая типография»,  
филиал «Дом печати – ВЯТКА» в полном соответствии  
с качеством предоставленных материалов  
610033, г. Киров, ул. Московская, 122.  
Факс: (8332) 53-53-80, 62-10-36  
<http://www.gipp.kirov.ru>; e-mail: [order@gipp.kirov.ru](mailto:order@gipp.kirov.ru)