

**Л. Э. Генденштейн, Л. А. Кирик, И. М. Гельфгат**

---

# **ФИЗИКА**

**8**  
**класс**

**В двух частях**

**Часть 2**

## **ЗАДАЧНИК**

**для общеобразовательных учреждений**

**Под редакцией Л. Э. ГЕНДЕНШТЕЙНА**

5-е издание, стереотипное



Москва 2012

УДК 373.167.1:53

ББК 22.3я721

Г34

Генденштейн Л. Э.

Г34 Физика. 8 класс. В 2 ч. Ч. 2 : задачник для общеобразовательных учреждений / Л. Э. Генденштейн, Л. А. Кирик, И. М. Гельфгат ; под ред. Л. Э. Генденштейна. — 5-е изд., стер. — М. : Мнемозина, 2012. — 191 с. : ил.

ISBN 978-5-346-02068-4

Задачник соответствует действующей программе по физике для 8-го класса. В нем содержатся качественные, расчетные и экспериментальные задания, сгруппированные по тематическим разделам, в каждом из которых выделено три уровня сложности.

Задачник предназначен для 8-го класса общеобразовательных учреждений всех типов и соответствует учебнику (авторы учебника Л. Э. Генденштейн, А. Б. Кайдалов).

УДК 373.167.1:53

ББК 22.3я721

ISBN 978-5-346-02066-0 (общ.)  
ISBN 978-5-346-02068-4 (ч. 2)

© «Мнемозина», 2009

© «Мнемозина», 2012

© Оформление. «Мнемозина», 2012  
Все права защищены

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Данный задачник является вторым компонентом учебного комплекта по физике для 8-го класса (первый компонент — учебник, авторы Л. Э. Генденштейн и А. Б. Кайдалов). В книге предлагаются качественные, расчетные и экспериментальные задания, сгруппированные по тематическим разделам, в каждом из которых выделено три уровня сложности.

Разделы, как правило, начинаются с примера решения задачи на указанную тему, затем следуют «Устная разминка» и задания в порядке возрастания уровня сложности.

В конце многих разделов приведены трудные задачи — «крепкие орешки». Надеемся, что эти задачи помогут ученикам подготовиться к олимпиадам.

Далеко не все задания в сборнике являются обязательными для каждого учащегося. Учитель имеет возможность подобрать задачи с учетом особенностей каждого класса.

Для удобства в книге использованы специальные обозначения:

-  для задач, к которым даны указания;
-  для задач, к которым даны полные решения.

Все необходимые для решения задач справочные данные приведены на форзацах.

# ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Тепло и холод — это две руки природы, которыми она делает почти все.

Ф. Бэкон

## 1. ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

**1.1.** Приведите примеры тепловых явлений.

**1.2.** Какую роль играют тепловые явления в природе? Приведите примеры.

**1.3.** Как человек использует тепловые явления в быту и технике? Приведите примеры.

**1.4.** По каким признакам можно узнать, что внутренняя энергия тела изменилась?

**1.5.** Зависит ли внутренняя энергия тела от его движения и положения относительно других тел? Приведите примеры.

**1.6.** Приведите примеры изменения внутренней энергии тела вследствие выполнения над ним работы.

**1.7.** Приведите примеры увеличения и уменьшения внутренней энергии тела в результате теплопередачи.

**1.8.** Каким способом изменяется внутренняя энергия детали в следующих случаях:

- а) при обработке детали на токарном станке;
- б) при нагревании детали в печи перед закалкой;
- в) при сверлении в детали отверстий;
- г) при быстром охлаждении горячей детали в воде?

### Первый уровень

**1.9.** Как изменяется внутренняя и механическая энергия хоккейной шайбы:

- а) когда ее выносят из теплой комнаты на мороз;
- б) когда самолет, на котором перевозят шайбу (вместе с хоккейной командой), разгоняется на взлетной полосе;
- в) когда самолет набирает высоту;
- г) когда по шайбе бьют клюшкой?

**1.10.** В один стакан налита холодная вода, в другой — столько же горячей воды. Однакова ли внутренняя энергия воды в этих стаканах?

**1.11.** В сосуде находятся лед и вода одинаковой массы при температуре 0 °С. Обладает ли лед внутренней энергией? Однакова ли внутренняя энергия воды и льда?

**1.12.** Изменилась ли внутренняя энергия чашки, когда ее переставили со стола на полку серванта?

**1.13.** Молоток нагревается:

- а) когда им забивают гвозди;
- б) под действием солнечных лучей.

Назовите способы изменения внутренней энергии молотка в обоих случаях.

**1.14.** Какое происходило превращение энергии, когда наши далекие предки добывали огонь трением? Добывают ли огонь трением в наше время?

**1.15.** Можно ли зажечь спичку, не совершив над ней механической работы?

## ■ ■ Второй уровень

 **1.16.** При забивании гвоздя его шляпка нагревается слабо, но, когда гвоздь уже забит, достаточно нескольких ударов, чтобы сильно разогреть ее. Объясните этот эффект.

**1.17.** Кусок свинца можно нагреть разными способами: ударив по нему несколько раз молотком; помещая в пламя горелки; сгибая и разгибая несколько раз; помещая в горячую воду. Можно ли утверждать, что во всех случаях кусок свинца получал некоторое количество теплоты? что во всех случаях его внутренняя энергия изменилась?

**1.18.** Какие превращения энергии происходят в опыте по нагреванию пробирки с водой, изображенном на рис. 1?

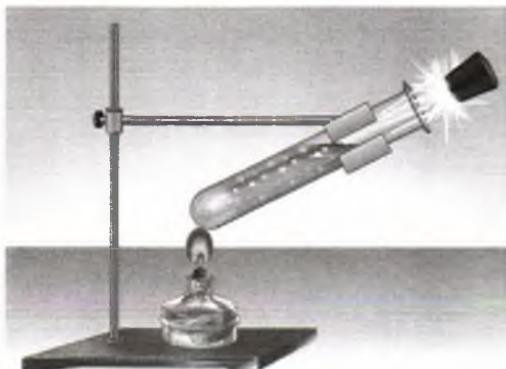


Рис. 1

**1.19.** В толстостенный стеклянный сосуд, закрытый пробкой, с помощью велосипедного насоса накачивают воздух (рис. 2, а). Через некоторое время пробка с шумом вылетает из сосуда

(рис. 2, б). Почему в момент вылета пробки в сосуде появляется туман? Как изменяется внутренняя энергия воздуха при этих процессах? Вследствие чего?

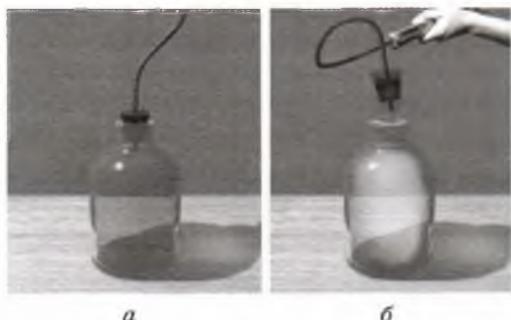


Рис. 2

**1.20.** Что является причиной сильного нагревания и сгорания искусственных спутников Земли при входе в плотные слои атмосферы?

**1.21.** Если ударить молотком по стальной плите, то молоток отскочит, а если тем же молотком ударить по куску свинца, то молоток не отскочит. Какому металлу при ударе передается больше энергии? Кинетическую энергию молотка перед ударом считайте в обоих случаях одинаковой.

**1.22** Почему наружные части сверхзвуковых самолетов приходится охлаждать с помощью специальных приспособлений?

### Третий уровень

**1.23.** Может ли тело обладать внутренней энергией, но не иметь при этом механической энергии?

**1.24.** Внимательно посмотрите на рис. 3. Как изменилась внутренняя энергия содержимого сосуда? По каким признакам можно судить о ее изменении?

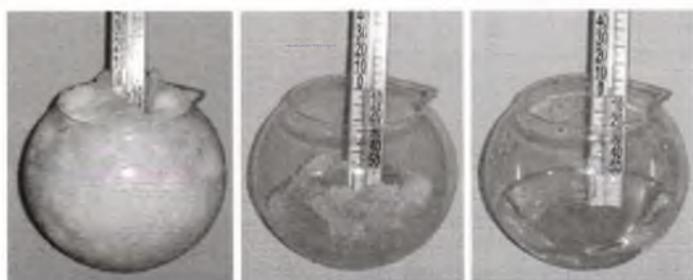


Рис. 3

**1.25.** Сформулируйте общий вывод об изменении внутренней энергии тела во время тепловых процессов. Чему равно это изменение, если:

- а) отсутствует теплопередача;
- б) происходит только теплопередача?

**1.26.** Верно ли утверждение: при теплопередаче энергия всегда переходит от тел с большей внутренней энергией к телам с меньшей внутренней энергией?

 **1.27.** Какие превращения энергии происходят во время выстрела из винтовки?

**1.28.** По дороге движутся два автомобиля. У одного из них шины слабо накачаны, а у другого сильно. У какого автомобиля шины сильнее нагреются при движении?

**1.29.** Шарик, движущийся со скоростью 5 м/с, сталкивается с пружиной и сжимает ее. Затем пружина распрямляется и шарик движется назад, но уже со скоростью 4 м/с. Какие превращения энергии произошли при этом?

### Крепкий орешек

 **1.30.** Тёплый воздух, как известно, поднимается вверх. Почему же на высоте 10 км постоянно держится температура  $-50^{\circ}\text{C}$ ?

Сильная тяга в печи зимой — на мороз,  
слабая — на сырую погоду.

*Русская пословица*

## 2. ВИДЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ

### Пример решения задачи

Для чего нужны стеклопакеты? Станет ли зимой теплее в помещении, если промежуток между стеклами стеклопакета значительно увеличить?

**Решение.** Стеклопакеты позволяют уменьшить теплопередачу между помещением и наружным воздухом (тепловые потери). При этом в качестве теплоизолирующего материала используют слой воздуха внутри стеклопакета. Теплопроводность воздуха мала, поэтому поток тепла через слой неподвижного воздуха тоже мал. Если же в слое воздуха возникнут конвекционные потоки, потери тепла намного возрастут: воздух внутри стеклопакета будет подниматься вблизи внутреннего стекла, получая от него тепло, и «стекать» вниз вдоль наружного стекла, при этом охлаждаясь. Пока промежуток между стеклами невелик, трение встречных потоков воздуха мешает

возникновению конвекционных потоков. Если промежуток между стеклами стеклопакета значительно увеличить, конвекционные потоки могут привести к заметному увеличению тепловых потерь.

## УСТНАЯ РАЗМИНКА

- 2.1.** Что характеризует температура?
- 2.2.** Можно ли определить температуру на ощупь?
- 2.3.** На каком физическом явлении основано действие жидкостного термометра?
- 2.4.** Как связана температура тела со скоростью движения его молекул?
- 2.5.** Приведите примеры материалов, обладающих хорошей и плохой теплопроводностью.
- 2.6.** Почему жидкости и газы нагревают снизу?
- 2.7.** Какого цвета одежду рекомендуют носить летом?
- 2.8.** Почему батареи отопления не располагают у потолка?
- 2.9.** Почему в холодную погоду больше всего мерзнут ноги, руки, уши и нос?
- 2.10.** В каком баке (светлом или темном) быстрее нагреется вода на солнце?

### ■ Первый уровень

- 2.11.** На рис. 4 показан стальной стержень, к которому воском прикреплены спички. После поднесения к одному из концов стержня зажженной горелки спички начинают отпадать, причем раньше падают спички, расположенные ближе к горелке. Объясните, почему это происходит.

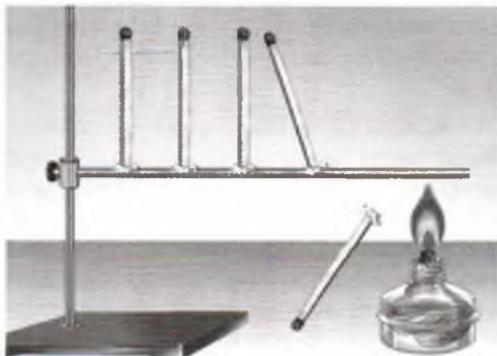


Рис. 4

**2.12.** В одном штативе закрепили конец медного стержня, а в другом — конец стального стержня того же размера. К каждому стержню прикрепили снизу воском несколько монеток и начали нагревать свободные концы стержней (рис. 5). Вскоре воск начал плавиться, а монетки — отпадать от стержней. Объясните, почему это происходит. С какой стороны укреплен медный стержень, а с какой — стальной?

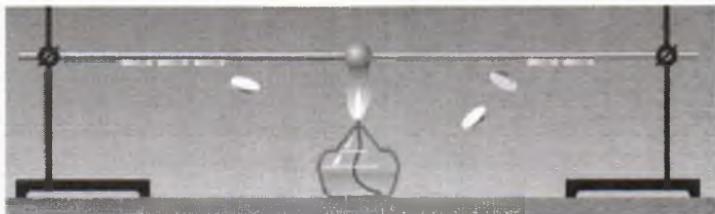


Рис. 5

**2.13.** Почему сравнительно тонкий слой снега предохраняет озимые посевы от вымерзания? Почему путешественники на Крайнем Севере иногда строили временные жилища из снега (рис. 6)?



Рис. 6

**2.14.** Во время сильных морозов птицы сидят нахохлившись (рис. 7). Почему они при этом легче переносят холода?



Рис. 7

**2.15.** Почему слой снега защищает растения от холода намного лучше, чем корка льда?

**2.16.** Почему для многих растений (например, для озимых посевов пшеницы) опасна холодная беснежная зима?

**2.17.** Хорошо или плохо должны проводить тепло стены вашего дома? Обоснуйте свой ответ.

**2.18.** Зачем жители Средней Азии во время сильной жары носят ватные халаты и папахи?

**2.19.** Над горящей свечой пушинка быстро поднимается вверх. Почему?

**2.20.** Почему кофе, чай, суп быстрее охлаждаются, когда их мешают ложкой?

**2.21.** Какая фотография спящего кота (рис. 8, а, б) была сделана в теплую погоду, а какая в холодную? Обоснуйте свой ответ.



*a*



*б*

Рис. 8

**2.22.** Чтобы ускорить весеннеое таяние льда на реке, лед иногда посыпают сажей. Объясните, на чем основан этот способ.

## Второй уровень

**2.23.** При какой температуре и металл, и дерево будут казаться на ощупь одинаково нагретыми?

**2.24.** Необходимо быстро охладить бутылку с квасом. Куда для этого следует поместить бутылку: в снег или измельченный лед? Температура снега и льда одинакова.

**2.25.** Объясните физический смысл монгольской пословицы: вода в чайнике кипит, а ручка у него холодная.

**2.26.** Почему в старом чайнике, который сняли с огня, вода обычно остывает медленнее, чем в таком же новом?

**2.27.** Для чего потребуется больше энергии — для нагревания 1 кг льда от  $-10$  до  $0$   $^{\circ}\text{C}$  или для нагревания 1 кг воды от  $0$  до  $10$   $^{\circ}\text{C}$ ?

**2.28.** Знаменитые оренбургские пуховые платки вяжут из пряжи, изготовленной из тончайших волокон козьего пуха. Такой платок кажется очень тонким, почти прозрачным. Однако он значительно теплее, чем более плотный шерстяной платок. Почему?

(?) **2.29.** Что обеспечивает хорошие теплоизоляционные свойства таких непохожих друг на друга материалов, как кирпич и мех?

**2.30.** В комнату с улицы внесли в кульке лед. Ускорится ли таяние льда, если кулек обернуть «теплым» пуховым платком?

**2.31.** Желая охладить полную кастрюлю с компотом до комнатной температуры как можно быстрее, хозяйка поставила ее на лед. Правильно ли она поступила?

(?) **2.32.** Хозяйке надо вскипятить кастрюлю воды. Желая сэкономить электроэнергию, она уменьшила мощность электроплиты. Действительно ли при этом расход электроэнергии уменьшился?

**2.33.** В стихотворении А. С. Пушкина «Кавказ» есть такие строки:

Орел, с отдаленной поднявшись вершины,  
Парит неподвижно со мной наравне.

Объясните, благодаря какому физическому явлению орлы, ястребы, коршуны и другие крупные птицы, парящие высоко в небе, могут долго держаться на одной высоте, не взмахивая при этом крыльями (рис. 9).



Рис. 9

(?) **2.34.** Хорошие теплоизоляционные свойства меховой одежды обеспечивает воздух между ворсинками меха. Зачем же тогда вообще нужна одежда — ведь если просто раздеться, наше тело будет «согрето» окружающим воздухом?

(?) **2.35.** Можно ли вскипятить воду во всей кастрюле с помощью маленького мощного электронагревателя, расположенного в верхних слоях воды?

 **2.36.** В какую сторону дует ночной бриз — с моря на сушу или с суши на море? Обоснуйте свой ответ.

**2.37.** Три стены — кирпичная, деревянная и наполненная пенопластом — имеют одинаковую толщину. Какая из них обеспечивает лучшую теплоизоляцию? Почему?

**2.38.** Над костром висит котелок с водой. Какой вид теплопередачи играет главную роль в передаче тепла от костра к котелку? Благодаря какому виду теплопередачи нагревается вода?

**2.39.** Человек греется у костра (рис. 10). Какой из трех видов теплопередачи играет главную роль в передаче тепла от костра к человеку?



Рис. 10

**2.40.** В каком случае исправный наружный термометр может в ясный морозный день показывать температуру выше  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**2.41.** Почему при одной и той же температуре средние скорости атомов и молекул различных веществ разные?

**2.42.** Почему человек для измерения температуры собственного тела должен держать термометр несколько минут?

### Третий уровень

**2.43.** Почему тетерева, глухари и рябчики (рис. 11) зарываются в снежные сугробы и иногда находятся там сутками?



Рис. 11

**2.44.** В комнате при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  нам теплее, чем в воде при такой же температуре. Какой вывод можно сделать?

(?) **2.45.** Почему газы имеют малую теплопроводность?

(?) **2.46.** Известно, что струя воздуха от вентилятора приносит летом приятную прохладу. Можно ли с помощью вентилятора предотвратить таяние мороженого?

**2.47.** Чтобы дрова в печи хорошо горели, нужно обеспечить тягу (приток свежего воздуха внутрь печи). Почему для этого необходима достаточно высокая печная труба?

**2.48.** Какие трубы обеспечивают лучшую тягу — металлические или кирпичные?

**2.49.** Будет ли гореть свеча на борту космической станции в условиях невесомости? Изменится ли ответ, если рядом со свечой будет работать вентилятор?

**2.50.** В жаркий день сухой термометр показывает температуру  $30^{\circ}\text{C}$ . Изменятся ли показания термометра, если рядом с ним включить вентилятор? Рассмотрите два случая:

- термометр находится в тени;
- термометр освещен солнцем.

**2.51.** Следует ли ожидать ночью заморозков, если день был ясным, а вечером небо затянуло облаками?

**2.52.** Известно, что гуси, куропатки и другие птицы (рис. 12) зимой ходят по снегу и не мерзнут. Почему же мы с вами не можем долго ходить босиком по снегу?



Рис. 12



Рис. 13

**2.53.** Ветряные двигатели (рис. 13) являются экологически чистым источником энергии. Каковы физические причины возникновения ветра?

 **2.54.** Стакан наполовину заполнен кипятком. В каком из двух случаев получится менее горячая вода:

- если подождать 5 мин, а затем долить в стакан холодную воду;
- если сразу долить холодную воду, а затем подождать 5 мин?

 **2.55.** Горящую свечу поднесли к щели под входной дверью в дом, и пламя отклонилось наружу. Когда проводили опыт — летом или зимой?

**2.56.** Во время оттепели лед из водосточных труб вываливается часто кусками, имеющими форму трубы (иногда падение таких кусков приводит к разрушению труб). Объясните, почему лед не тает внутри водосточной трубы так, чтобы из трубы выливалась только вода. Что изменится, если вдоль оси трубы поместить прочный рифленый металлический стержень?

**2.57.** Предложите собственную конструкцию термометра и температурной шкалы, основываясь на известных вам физических явлениях.

**2.58.** Почему тонкая полиэтиленовая пленка защищает растения от ночных заморозков?

**2.59.** Почему термометр должен быть относительно небольшим по сравнению с телом, температуру которого измеряют?

### Крепкие орешки

 **2.60.** Почему измерение температуры с помощью медицинского термометра должно продолжаться не менее 5—7 мин, а «сбить» показания такого термометра можно почти сразу после измерения?

**2.61.** Известно, что температура выхлопных газов на выходе из глушителя мотоцикла намного ниже температуры, достигаемой в цилиндре двигателя. Почему?

**2.62.** Зажженную свечу боковой поверхностью прикрепляют к кирпичной стене. Куда будет стекать стеарин — к стене или в противоположную сторону?

### 3. ДОМАШНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

#### Первый уровень

**3.1.** Положите на наковальню большой гвоздь (или кусок проволоки) и ударами молотка расплющите его. Прикоснитесь пальцем. Что вы почувствовали? Объясните явление.

**3.2.** Возьмите в руки кусок железной проволоки и быстро согните ее несколько раз. Затем коснитесь пальцем места сгиба. Что вы обнаружили? Объясните явление.

**3.3.** Зажгите спичку двумя способами:

- а) поместив ее в пламя горящей свечи;
- б) чиркя спичкой о спичечный коробок.

Каковы причины увеличения внутренней энергии головки спички в каждом из случаев?

**3.4.** Прижмите монету к картону или какой-либо дощечке. Сделайте сначала 10, затем 20 и т. д. движений то в одну, то в другую сторону и заметьте, как изменяется температура тел в процессе трения. Как зависит изменение внутренней энергии от совершенной работы?

**3.5.** Возьмите в одну руку ножницы, а в другую — карандаш. Почему на ощупь ножницы кажутся холоднее?

**3.6.** Сравните по собственным ощущениям температуру деревянной и металлической ложек до погружения их в горячую воду, а затем через 4—5 мин после погружения. Объясните, почему в каждом из этих случаев температура ложек кажется различной.

**3.7.** Зайдите на кухню и посмотрите, как поступает ваша мама, чтобы не обжечься о горячую посуду. Какие физические свойства различных материалов она использует?

**3.8.** Достаньте из морозильной камеры холодильника кусочек льда. Попробуйте его сохранить в течение часа вне холодильника. Что вам для этого потребуется?

**3.9.** Греет ли шуба? Для выяснения этого возьмите термометр и, заметив его показания, закутайтесь в шубу. Спустя полчаса выньте его. Изменились ли показания термометра? Почему?

**3.10.** Измерьте термометром температуру воздуха у цоколя и над баллоном настольной электрической лампы накаливания. Объясните, куда перемещается теплый воздух.

## Второй уровень

**3.11.** Поплотнее оберните металлический стержень бумагой в один слой и подержите его над пламенем свечи. Бумага в огне не горит! Почему? Как изменится результат опыта, если заменить металлический стержень деревянным?

**3.12.** Возьмите из морозильной камеры несколько кусочков льда. В каком случае горячая вода в банке остынет быстрее: когда вы банку поставите на лед в тарелке или когда кусочки льда бросите в банку? Объясните результаты опыта.

**3.13.** Какую часть наклоненной пробирки с водой надо нагревать в пламени спиртовки, чтобы вся вода быстрее закипела: среднюю или нижнюю? Ответ проверьте на опыте.

**3.14.** Рассмотрите устройство медицинского термометра. Объясните принцип его действия. Определите верхний и нижний пределы измерения температуры, цену деления. Измерьте температуру собственного тела, вначале зажав термометр между пальцами руки на 2–3 мин, а затем под мышкой на такое же время. Сравните показания термометра в первом и втором случае.

**3.15.** Подержите термометр в жаркий солнечный день вначале на солнце, а затем в тени. Использовать медицинский термометр нельзя! Сделайте вывод из опыта. В каком случае термометр показывал температуру воздуха?

## Третий уровень

**3.16.** Изготовьте из плотной бумаги коробку, налейте в нее воду и осторожно подвесьте коробку над пламенем горелки. Удалось ли довести до кипения воду в бумажной посуде? Объясните результат опыта. (*Будьте осторожны! Если вода закипела, погасите горелку!*)

**3.17.** Используя термометр, определите скорость выравнивания температуры воды в двух случаях:

- когда горячую воду наливают в холодную;
- когда холодную воду наливают в горячую.

(Объем холодной и горячей воды должен быть одинаковым.)

В чем причина разной скорости выравнивания температур?

**3.18.** Наполните кипятком два стакана до половины их вместимости. В первый стакан сразу долейте холодную воду. Через 5 мин налейте такое же количество холодной воды во второй стакан.

кан и размещайте. Измерьте температуру воды в каждом стакане. В каком из них вода холоднее? Объясните результат опыта.

**3.19.** В два одинаковых стакана налейте поровну горячей воды. В один из стаканов добавьте 4—5 капель подсолнечного масла. Через 5 мин измерьте температуру воды в обоих стаканах. Объясните, почему температура воды в стаканах неодинакова.

**3.20.** Зажгите свечу, накройте ее стеклянной цилиндрической трубкой (рис. 14, а). При этом пламя уменьшается и может погаснуть. Если трубку приподнять, то свеча горит ярче (рис. 14, б). Если трубку не поднимать и опустить на нее бумажную перегородку, не доходящую до пламени, то оно увеличивается (рис. 14, в). Объясните наблюдаемые явления.

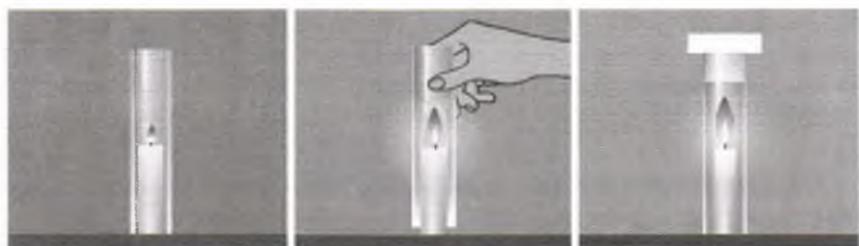


Рис. 14

Одним факелом моря не нагреть.

Индийская пословица

## 4. УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ. УРАВНЕНИЕ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА<sup>1</sup>

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

### Пример решения задачи

В алюминиевый калориметр массой 100 г, в котором находилась вода массой 100 г при температуре 20 °C, опустили нагретый брускок массой 150 г, температура которого 80 °C. После установления теплового равновесия температура в калориметре стала 27 °C. Определите удельную теплоемкость бруска.

<sup>1</sup> В разделе 4 и далее потери тепла не учитывайте, если о них не сказано в условии задачи. При решении задач считайте, что температура кипения воды 100 °C.

**Дано:**

$$m_1 = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$$

$$c_1 = 880 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$t_1 = t_2 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_2 = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$$

$$c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$t_3 = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_3 = 150 \text{ г} = 0,15 \text{ кг}$$

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

$$c_3 = ?$$

$$\text{откуда } c_3 = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)(t - t_1)}{m_3(t_3 - t)}.$$

Подставляем числовые значения и проверяем единицы величин:

$$c_3 = \frac{\left(880 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,1 \text{ кг} + 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,1 \text{ кг}\right) \cdot 7 \text{ } ^\circ\text{C}}{0,15 \text{ кг} \cdot 53 \text{ } ^\circ\text{C}} \approx 450 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

$$\text{Ответ. } 450 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

**Решение.**

Обозначим  $Q_1$  и  $Q_2$  количество теплоты, полученное калориметром и водой соответственно, а  $Q_3$  — количество теплоты, отданное горячим телом.

Тогда

$$Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1), \quad Q_2 = c_2 m_2 (t - t_1), \\ Q_3 = c_3 m_3 (t_3 - t).$$

Уравнение теплового баланса имеет вид

$$Q_1 + Q_2 = Q_3.$$

После подстановки получаем

$$c_3 m_3 (t_3 - t) = c_1 m_1 (t - t_1) + c_2 m_2 (t - t_1),$$

## УСТНАЯ РАЗМИНКА

**4.1.** Как зависит количество теплоты, сообщаемое телу, от массы тела? от изменения температуры тела?

**4.2.** Для чего потребуется большее количество теплоты — для нагревания на 1  $^\circ\text{C}$  стакана воды или чайника воды?

**4.3.** Для чего потребуется большее количество теплоты — для нагревания на 1  $^\circ\text{C}$  воды массой 200 г или алюминия такой же массы?

**4.4.** Какое количество теплоты необходимо для нагревания на 1  $^\circ\text{C}$  меди массой 1 кг? воды той же массы? свинца той же массы?

**4.5.** Стальной и медной гирькам одинаковой массы сообщили равные количества теплоты. У какой гирьки температура изменится больше?

**4.6.** Какое количество теплоты необходимо для нагревания 1 кг стали на 1 °C? на 10 °C?

**4.7.** Какое количество теплоты необходимо для нагревания на 1 °C меди массой 2 кг? 10 кг?

**4.8.** Какова удельная теплоемкость вещества, если для нагревания 1 кг этого вещества на 2 °C необходимо количество теплоты 1 кДж?

**4.9.** Стальная деталь при обработке напильником нагрелась. Означает ли это, что детали передано некоторое количество теплоты?

**4.10.** Какое количество теплоты потребуется для нагревания на 1 °C медного бруска массой 2 кг?

## Первый уровень

**4.11.** Какова удельная теплоемкость вещества, если для нагревания 2 кг этого вещества на 10 °C необходимо количество теплоты 7,6 кДж?

**4.12.** Какова удельная теплоемкость вещества, если для нагревания 1 кг этого вещества на 5 °C потребовалось количество теплоты 650 Дж?

**4.13.** На что расходуется больше энергии: на нагревание воды или алюминиевого чайника, если их массы одинаковы?

**4.14.** Почему реки и озера нагреваются солнечными лучами медленнее, чем суша?

**4.15.** Какое количество теплоты необходимо для нагревания воды массой 200 г от 20 до 50 °C?

**4.16.** Какую массу воды можно нагреть на 10 °C, передав ей количество теплоты 1 кДж?

**4.17.** Чтобы нагреть 100 г металла на 90 °C, потребовалось количество теплоты 8,1 кДж. Вычислите удельную теплоемкость металла.

**4.18.** При охлаждении медного паяльника массой 200 г до температуры 20 °C выделилась энергия 30,4 кДж. Определите начальную температуру паяльника.

**4.19.** До какой температуры можно нагреть воду массой 500 г, сообщив ей количество теплоты 84 кДж? Начальная температура воды 20 °C.

**4.20.** На сколько градусов должен охладиться стальной бруск массой 20 кг, чтобы передать окружающей среде количество теплоты 690 кДж?



## Второй уровень

**4.21.** В каком случае горячая вода в стакане охладится больше: если в стакан опустить серебряную или алюминиевую ложку? Масса ложек одинакова.

**4.22.** Железные печи быстрее нагревают комнату, чем кирпичные, но не так долго остаются теплыми. Почему?

**4.23.** Почему почва быстрее прогревается до дождя, чем после него?

**4.24.** Почему вода в озере остывает за ночь гораздо меньше, чем песок на пляже?

**4.25.** Почему климат, для которого характерны резкие перепады температуры между днем и ночью, между летом и зимой, называют резко континентальным?

**4.26.** Кольский полуостров омывается теплым течением Гольфстрим, что смягчает заполярный климат и создает уникальные климатические зоны (рис. 15). Каким свойством воды можно объяснить влияние Гольфстрима на температуру воздуха? Каким способом это течение передает материку тепло?



Рис. 15

**4.27.** Чем объяснить, что в пустынях очень большие суточные перепады температур?

**4.28.** Какое количество теплоты необходимо для нагревания воздуха в комнате размером  $5 \times 4 \times 3$  м от  $4$  до  $20$  °C?

**4.29.** Какое количество теплоты потребуется, чтобы довести до температуры кипения  $2$  л воды в алюминиевом чайнике массой  $700$  г? Начальная температура воды  $20$  °C.

**4.30.** В воду массой  $m_1 = 1$  кг, температура которой  $t_1 = 10$  °C, вливают кипяток массой  $m_2 = 800$  г. Какова конечная температура  $t$  воды?

**4.31.** В алюминиевой кастрюле массой  $1,5$  кг находится  $800$  г воды при комнатной температуре ( $20$  °C). Сколько кипятка нужно долить в кастрюлю, чтобы получить воду температурой  $45$  °C?

**4.32.** На какую высоту человек поднялся бы за сутки, если бы мог использовать для этого энергию, передаваемую им окружающей среде? Считайте, что человек массой 70 кг ежесекундно передает окружающей среде количество теплоты 40 Дж.

**4.33.** В калориметр налили 0,5 л воды при температуре 20 °С. Сколько кипятка надо долить, чтобы установилась температура 80 °С?

**4.34.** Определите температуру воды после смешивания 100 г кипятка и 100 г воды, взятой при температуре 20 °С.

**4.35.** На нагревание кирпича массой 4 кг на 105 °С затрачено такое же количество теплоты, как и на нагревание воды той же массы на 22 °С. Определите удельную теплоемкость кирпича.

**4.36.** В медном калориметре массой 100 г находилась вода массой 740 г при температуре 15 °С. В этот калориметр опустили бруск массой 200 г, нагретый в кипящей воде. После установления теплового равновесия температура в калориметре поднялась до 17 °С. Какова удельная теплоемкость бруска?

**4.37.** В воду массой 300 г, температура которой 10 °С, опускают нагретые в кипящей воде металлические гири общей массой 1 кг. Температура воды повышается на 21 °С. Из какого материала могут быть изготовлены гири?

**4.38.** В калориметре находилась жидкость массой 100 г при температуре 25 °С. В нее опустили шар массой 100 г, температура которого 75 °С. После этого в калориметре установилась температура 30 °С. Во сколько раз удельная теплоемкость жидкости больше удельной теплоемкости материала шара?

**4.39.** В стальном чайнике массой 1,2 кг находилась вода массой 1,9 кг при температуре 20 °С. В чайник опустили нагретый в кипятке бруск массой 650 г. Из какого материала может быть изготовлен бруск, если температура воды в чайнике повышается до 25 °С?

 **4.40.** На сколько градусов можно нагреть ртуть, затратив такую же энергию, какая необходима для подъема этой ртути на высоту 70 м? Считайте, что  $g = 10 \text{ Н/кг}$ .

**4.41.** Свинцовый шар падает с высоты 30 м на стальную плиту. На сколько градусов температура шара после удара превышает начальную, если 50 % механической энергии переходит во внутреннюю энергию шара?

**4.42.** С какой высоты должна падать капля воды, чтобы после удара о землю вода оказалась кипяченой? Начальная температура воды 0 °С. Передачу энергии окружающей среде не учитывайте. Считайте, что  $g = 10 \text{ Н/кг}$ .

**4.43.** Двигатель мощностью 50 Вт в течение 10 мин вращает лопасти вентилятора внутри калориметра с водой. На сколько повысится за это время температура воды, если ее масса 2 кг?

**4.44.** На какую высоту можно поднять слона массой 4 т, затратив такую же энергию, которая необходима, чтобы довести воду в чайнике вместимостью 3 л от 20 °С до кипения? Считайте, что  $g = 10$  Н/кг.

**4.45.** В сосуд с холодной водой опустили три бруска (чугунный, медный и свинцовыи), имеющие одинаковую массу и нагретые до одной и той же температуры. Однакова ли температура брусков после охлаждения? Однаковое ли количество теплоты бруски отдали воде?

### ■ Третий уровень

**4.46.** В алюминиевый калориметр, в котором была вода массой 200 г при температуре 10 °С, положили медный бруск массой 150 г, температура которого 100 °С. Определите температуру воды после установления теплового равновесия. Масса калориметра 100 г.

**4.47.** Температура холодной и горячей воды соответственно 12 и 70 °С. Сколько холодной и горячей воды потребуется, чтобы наполнить ванну водой при температуре 37 °С? Масса воды в ванне 150 кг.

**4.48.** Сколько нужно смешать горячей воды, имеющей температуру 90 °С, и холодной, имеющей температуру 10 °С, чтобы получить воду массой 100 кг и температурой 30 °С?

**4.49.** В воду массой 200 г при температуре 20 °С помещают стальную деталь массой 300 г, имеющую температуру 10 °С, и медную пластинку массой 400 г при температуре 25 °С. Найдите установившуюся температуру.

**4.50.** Через некоторое время после опускания в воду, имеющую температуру 10 °С, тела, нагреветого до температуры 100 °С, установилась общая температура 40 °С. Какой станет температура воды, если, не вынимая первого тела, в нее опустить еще одно такое же тело, нагреветое до температуры 100 °С?

**4.51.** Для обогрева палатки туристы кладут в нее 2 кирпича размером  $25 \times 12 \times 8$  см, нагретых в костре до температуры 80 °С. Когда кирпичи остывли до 40 °С, температура воздуха в палатке повысилась на 10 °С. Какая часть отданной кирпичами энергии пошла на нагревание воздуха в палатке, если его объем 3 м<sup>3</sup>?

**4.52.** При включении отопления чугунная батарея массой 20 кг нагрелась от 10 до 50 °С, а воздух в комнате объемом 60 м<sup>3</sup> —

от 10 до 20 °С. Для чего потребовалось больше энергии: для нагревания воздуха или батареи? Во сколько раз больше?

**4.53.** Кипяток в полном трехлитровом чайнике остывает до 20 °С. На сколько нагрелся бы воздух в кухне, если бы все количество теплоты, выделившееся при остывании воды, пошло на нагревание этого воздуха? Площадь кухни 6 м<sup>2</sup>, высота 3 м.

**4.54.** На сколько градусов поднялась бы за сутки температура человеческого тела, если бы все выделяемое человеком тепло расходовалось на увеличение внутренней энергии его тела? Для расчета примите удельную теплоемкость тканей человеческого тела равной удельной теплоемкости воды. Считайте, что вследствие теплопередачи человек массой 70 кг ежесекундно передает окружающей среде количество теплоты 40 Дж.

**4.55.** Радиусы стального и свинцового шаров одинаковы. Для нагревания на 1 °С какого из этих шаров необходимо большее количество теплоты?

**4.56.** В кипящей воде нагрели два бруска одинакового размера: алюминиевый и свинцовый. Какой из них следует перенести в холодную воду для того, чтобы вода нагрелась больше?

### Крепкие орешки

**4.57.** В калориметре поочередно нагревают различные жидкости с помощью одного и того же электронагревателя. На рис. 16 приведены графики зависимости температуры  $t$  жидкостей от времени  $t$ . Известно, что в первом опыте калориметр содержал воду массой 1 кг, во втором — другое количество воды, в третьем — некоторую жидкость массой 3 кг. Какова была масса воды во втором опыте? С какой жидкостью могли проводить третий опыт?

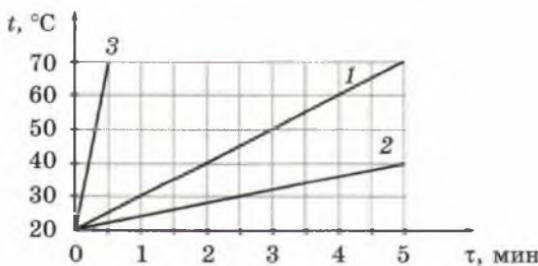


Рис. 16

**4.58** Термометр подержали над огнем. После того как горелку выключили, показания термометра за 2 с уменьшились от

100 до 99 °С. За сколько времени показания термометра уменьшатся от 60 до 59 °С? Считайте, что количество теплоты, ежесекундно передаваемое телом окружающей среде, прямо пропорционально разности температур между телом и окружающей средой. Температура в комнате 20 °С.

**4.59.** Нагреватель мощностью 50 кВт повышает температуру воды, протекающей со скоростью 1 м/с по трубе диаметром 2 см, с 15 до 35 °С. Какая часть количества теплоты, выделяемого нагревателем, передается окружающей среде?

 **4.60.** Электрический кипятильник мощностью 350 Вт не может нагреть воду массой 600 г до кипения. Убедившись в этом, его выключают. Оцените, на сколько понизится температура воды через 15 с после выключения кипятильника.

 **4.61.** В калориметр с водой перенесли из кипятка металлический шарик, в результате чего температура в калориметре поднялась с 20 до 40 °С. Какой станет температура в калориметре после переноса из кипятка второго такого же шарика? третьего? Сколько таких шариков надо перенести, чтобы температура в калориметре стала равной 90 °С?

 **4.62.** В одном сосуде находится 1 л холодного молока при температуре 20 °С, а во втором сосуде — такое же количество горячей воды при температуре 80 °С. Как, используя теплопередачу между молоком и водой, сделать так, чтобы молоко стало теплее воды? Разрешается применять дополнительные сосуды и приводить их в соприкосновение, но смешивать воду с молоком нельзя. Считайте плотность и удельную теплоемкость молока такими же, как у воды.

О чём-то дальнем, неземном,  
О чём-то близком и родном,  
Сгорая, плачут свечи.

A. Лобановский

## 5. ЭНЕРГИЯ ТОПЛИВА. УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ

$$Q = qm$$

### Пример решения задачи

В медном сосуде массой 500 г нагревают воду массой 2 кг, взятую при температуре 10 °С. До какой температуры можно нагреть воду, сжигая 50 г спирта? КПД горелки считайте равным 50 %.

Дано:

$$m_1 = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг}$$

$$q = 26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$m_2 = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$$

$$c_2 = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C}}$$

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

$$m_3 = 2 \text{ кг}$$

$$c_3 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C}}$$

$$\eta = 0,5$$

$$t_2 = ?$$

Решение.

При сгорании спирта выделяется энергия  $Q_1 = q m_1$ . Вода и сосуд при нагревании получают количество теплоты

$$Q_{2-3} = c_2 m_2 (t_2 - t_1) + c_3 m_3 (t_2 - t_1).$$

Согласно определению КПД нагревателя

$$\eta = \frac{Q_{2-3}}{Q_1}.$$

$$\text{Отсюда } \eta q m_1 = (c_2 m_2 + c_3 m_3)(t_2 - t_1).$$

$$\text{Следовательно, } t_2 = t_1 + \frac{\eta q m_1}{c_2 m_2 + c_3 m_3}.$$

Подставляем числовые значения и проверяем единицы величин:

$$t_2 = 10 {}^\circ\text{C} + \frac{0,5 \cdot 26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,05 \text{ кг}}{380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C}} \cdot 0,5 \text{ кг} + 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C}} \cdot 2 \text{ кг}} = 86 {}^\circ\text{C}.$$

Ответ. 86 °C.

## УСТНАЯ РАЗМИНКА

**5.1.** Определите по таблице на форзаце, какое из перечисленных в ней веществ имеет самую маленькую удельную теплоту сгорания, а какое — самую большую.

**5.2.** Что означает выражение: удельная теплота сгорания топлива равна 26 МДж/кг? Что это может быть за топливо?

**5.3.** Удельная теплота сгорания каменного угля примерно в 2 раза больше удельной теплоты сгорания торфа. Сравните количества теплоты, полученные при сжигании каменного угля и торфа одинаковой массы.

**5.4.** В каком случае можно получить большее количество теплоты: при сжигании пороха массой 1 кг или бензина такой же массы?

**5.5.** Сколько энергии выделяется при полном сгорании керосина массой 1 кг?

**5.6.** Почему, стараясь быстрее нагреть воду в чайнике, увеличивают пламя, открывая кран горелки?



## Первый уровень

**5.7.** Как вы думаете, почему бережливый хозяин предпочитает покупать березовые дрова, а не сосновые? Цена дров одинакова.

**5.8.** Сравните энергию, которая выделяется при сгорании керосина массой 1 кг и спирта такой же массы.

**5.9.** Какое количество теплоты выделится при полном сгорании спирта массой 300 г?

**5.10.** При сгорании природного газа выделилось количество теплоты 17,6 МДж. Сколько газа было сожжено?

**5.11.** При полном сгорании некоторого топлива массой 600 г выделяется количество теплоты 16,2 МДж. Какова удельная теплота сгорания топлива? Какое это может быть топливо?

**5.12.** Какое количество теплоты выделится при полном сгорании смеси 2,5 кг бензина и 0,5 кг спирта?

**5.13.** Сколько энергии выделится при полном сгорании 2,5 л керосина?

**5.14.** Сколько сухих дров нужно сжечь, чтобы получить такое же количество энергии, как при сгорании порохового заряда массой 600 г?

**5.15.** Какое количество теплоты выделится при полном сгорании каменного угля массой 1 т? Найдите массу дизельного топлива, которым можно заменить этот уголь.



## Второй уровень

**5.16.** Почему дом удобнее отапливать, используя уголь, природный газ или дизельное топливо, чем дрова и солому?

**5.17.** Почему в качестве топлива выгоднее использовать бензин, а не порох, но порох нельзя заменить бензином в артиллерийских снарядах?

**5.18.** Почему удельная теплота сгорания сырых дров меньше, чем удельная теплота сгорания тех же дров после просушки?

**5.19.** Сосновые дрова имеют большую удельную теплоту сгорания, чем березовые. Как вы думаете, почему же 1 м<sup>3</sup> березовых дров стоит дороже, чем 1 м<sup>3</sup> сосновых?

**5.20.** Какова масса природного газа, который надо сжечь, чтобы нагреть воду объемом  $V = 100$  л от температуры  $t_1 = 20$  °C до  $t_2 = 40$  °C?

**5.21.** Какой объем воды можно нагреть от 20 °C до температуры кипения за счет тепла, полученного при сжигании 0,5 л керосина? Считайте, что все количество теплоты, выделившееся при сгорании керосина, идет на нагревание воды.



**5.22.** Для нагревания воды объемом  $V = 10$  л сожгли керосин массой  $m = 50$  г. На сколько изменилась температура воды, если она получила 50 % теплоты сгорания керосина?

**5.23.** Какова масса керосина, который надо сжечь, чтобы нагреть 2 л воды от температуры  $20^{\circ}\text{C}$  до кипения? Вода получает 50 % теплоты сгорания керосина.

**5.24.** До какой температуры можно нагреть 20 л воды, температура которой  $20^{\circ}\text{C}$ , сжигая бензин массой 20 г? Считайте, что все количество теплоты, выделившееся при сгорании бензина, идет на нагревание воды.

**5.25.** Определите КПД спиртовки, если при нагревании на ней 150 г воды от  $20$  до  $80^{\circ}\text{C}$  израсходован спирт массой 4 г.

 **5.26.** Удельная теплота сгорания бензина в 1,8 раза превышает удельную теплоту сгорания спирта. Означает ли это, что при сгорании 1 л бензина выделяется в 1,8 раза большее количество теплоты, чем при сгорании 1 л спирта?

**5.27.** Какую массу воды можно нагреть от температуры  $30^{\circ}\text{C}$  до кипения за счет тепла, полученного при сжигании каменного угля массой 5 кг?

**5.28.** Легковой автомобиль массой 1 т расходует 7 л бензина на 100 км пути. На какую высоту можно было бы поднять этот автомобиль, используя всю энергию, выделившуюся при сгорании этого бензина?

**5.29.** Какой груз можно поднять на высоту 15 м за счет энергии, выделившейся при сгорании 100 мл бензина?

**5.30.** На какую высоту можно поднять груз массой 3 т, используя энергию, полученную при сжигании 0,2 л керосина?



### Третий уровень

 **5.31.** Когда автомобиль расходует больше горючего: при движении без остановок или с остановками? Объясните.

**5.32.** Игрушка «курильщик» устроена следующим образом: в несквозное отверстие у рта сплошной фигурки вставляют «сигарету», состоящую из пластмассового прутка, обернутого слоем бумаги. Если эту «сигарету» поджечь, то дым от нее идет порциями. Почему?

**5.33.** Медный сосуд массой 500 г содержит 2 л воды при температуре  $10^{\circ}\text{C}$ . До какой температуры можно нагреть воду, сжигая спирт массой 50 г? КПД горелки равен 50 %.

**5.34.** При помощи нагревателя с КПД 40 % необходимо довести до температуры кипения 4 л воды в алюминиевой кастрюле

массой 2 кг. Определите расход керосина на нагревание воды и кастрюли, если их начальная температура 20 °С.

**5.35.** В алюминиевом чайнике массой 900 г нагрели 10 л воды до кипения, израсходовав природный газ массой 200 г. Определите начальную температуру воды. КПД горелки считайте равным 40 %.

**5.36.** В медной кастрюле нагрели 5 л воды от температуры 14 °С до кипения, израсходовав керосин массой 100 г. Определите массу кастрюли, если КПД нагревателя 40 %.

**5.37.** На газовой плите за 15 мин довели до температуры кипения 3 л воды. Какова масса газа, сгоравшего каждую секунду, если начальная температура воды 20 °С? Потери тепла не учитывайте.

**5.38.** Каково отношение масс спирта и бензина в смеси, удельная теплота сгорания которой 40 МДж/кг?

**5.39.** Гусеничный трактор развивает мощность 60 кВт, и при этой мощности средняя масса расходуемого за 1 ч дизельного топлива равна 18 кг. Найдите КПД двигателя.

### Крепкие орешки

**5.40.** Мощность автомобильного двигателя 44 кВт. Каков КПД этого двигателя, если при скорости 100 км/ч он на 100 км пути расходует бензин объемом 14 л?

**5.41.** Междугородный автобус проехал 160 км за 2 ч, развивая при этом мощность 70 кВт. Сколько литров бензина израсходовал автобус, если КПД его двигателя 25 %?

Кристаллу не пристало  
терять черты кристалла.

С. Смирнов

## 6. ПЛАВЛЕНИЕ И КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ

$$Q = \lambda m$$

### Пример решения задачи

Алюминиевому бруски массой  $m = 500$  г при температуре  $t_{\text{н}} = 20$  °С передали количество теплоты  $Q = 450$  кДж. Какой станет температура алюминия?

**Решение.** Определим сначала количество теплоты, которое потребуется для нагревания алюминия до температуры плавления:

$$Q_1 = cm(t_{\text{пл}} - t_a) = 880 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot 640 ^\circ\text{C} = 282 \text{ кДж.}$$

Чтобы полностью расплавить алюминий, потребуется количество теплоты  $Q_2 = Q_1 + \lambda m = 477$  кДж. Таким образом,  $Q_1 < Q < Q_2$ . Значит, переданного алюминию количества теплоты достаточно, чтобы «довести» алюминий до плавления, но недостаточно, чтобы полностью расплавить его. Следовательно, в конечном состоянии температура алюминия будет равна температуре его плавления  $660 ^\circ\text{C}$ .

*Ответ.*  $660 ^\circ\text{C}$ .

## УСТНАЯ РАЗМИНКА

**6.1.** Определите по таблице на форзаце, какое из перечисленных в ней веществ самое легкоплавкое, а какое — самое тугоплавкое.

**6.2.** Можно ли в алюминиевом сосуде расплавить серебро? свинец? Обоснуйте свой ответ.

**6.3.** Можно ли в стальном сосуде расплавить золото? Обоснуйте свой ответ.

**6.4.** Температура пламени газовой горелки около  $500 ^\circ\text{C}$ . Из каких металлов нельзя изготовлять посуду для приготовления пищи на этой горелке?

**6.5.** В каком агрегатном состоянии при температуре  $1000 ^\circ\text{C}$  находятся следующие вещества: серебро, свинец, золото, алюминий, железо, вольфрам?

**6.6.** Какие вещества можно расплавить в кипящей воде?

**6.7.** Можно ли расплавленным металлом заморозить воду?

**6.8.** Почему лед не сразу начинает таять, если его внести с мороза в теплую комнату?

**6.9.** Тающий лед принесли в помещение, температура в котором  $0 ^\circ\text{C}$ . Будет ли лед продолжать таять?

**6.10.** На что расходуется энергия при плавлении кристаллического тела, нагретого до температуры плавления?

## Первый уровень

**6.11.** В истории человечества бронзовый век предшествовал железному. Какие физические характеристики бронзы и железа сыграли в этом важную роль?

**6.12.** Почему на Крайнем Севере для измерения температуры используют спиртовые термометры, а не ртутные?

**6.13.** Почему зимой при длительных остановках автомобиля из радиатора выливают воду?

**6.14.** Один из героев книги Г. Манна поучал другого: «Если снег идти перестанет, может наступить сильный мороз...» Верно ли это? Объясните.

**6.15.** Почему весной во время ледохода (рис. 17) вблизи реки бывает холоднее, чем вдали от нее?



Рис. 17

**6.16.** Правильно ли утверждение: «если передать телу некоторое количество теплоты, его температура обязательно повысится»? Приведите примеры, подтверждающие ваш ответ.

**6.17.** У какого из тел внутренняя энергия больше: медного бруска массой 1 кг при температуре плавления или 1 кг расплавленной меди при той же температуре? Обоснуйте свой ответ.

**6.18.** Когда не было холодильной техники, продукты летом хранили в ледниках. Ледник готовили зимой: вырезали на водоеме большие куски льда, складывали в яму и сверху засыпали слоем земли. Почему температура в леднике в течение всего лета оставалась близкой к  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

**6.19.** Какое количество теплоты необходимо для плавления стали массой 500 г при температуре плавления?

**6.20.** Какова масса серебряного слитка, который можно расплавить при температуре плавления, передав ему количество теплоты 29 кДж?

## Второй уровень

 **6.21.** Какое количество теплоты  $Q$  надо передать свинцовому брускю массой  $m = 2$  кг, взятому при температуре  $t_1 = 27$  °С, чтобы расплавить его?

**6.22.** Какое количество теплоты потребуется для плавления свинца массой 200 г, взятого при температуре 17 °С?

**6.23.** Сколько меди, имеющей температуру 23 °С, можно расплавить, сообщив ей количество теплоты 970 кДж?

**6.24.** Энергии, полученной при остывании кипятка до температуры 20 °С, хватило для плавления льда массой 600 г при температуре 0 °С. Какова масса кипятка?

**6.25.** Кусок льда массой 2 кг имеет температуру –5 °С. Какое количество теплоты необходимо ему передать, чтобы превратить лед в воду, имеющую температуру 20 °С?

**6.26.** Имеются 1 кг воды при температуре 0 °С и 1 кг льда при той же температуре. Однаковая ли внутренняя энергия «спрятана» в этих телах? В каком больше? На сколько?

**6.27.** Ранняя весна — замечательное время! Припекает солнышко — загорать можно! А температура воздуха около 0 °С. И так будет, пока... До каких пор?

**6.28.** Почему сильный мороз называют трескучим?

**6.29.** Как вы думаете, какого условия не хватает, чтобы дать ответ на вопрос: сколько нужно энергии, чтобы расплавить полностью свинец массой 1 кг?

 **6.30.** В одном из стихотворений А. С. Пушкина есть такие строки:

Опрытней модного паркета  
Блистаёт речка, льдом одета.  
Мальчишек радостный народ  
Коньками звучно режет лед.

Почему коньки хорошо скользят по льду? Почему в сильные морозы скольжение заметно ухудшается?

**6.31.** Одну из бутылок с водой положили на лед при температуре 0 °С, другую опустили в воду при той же температуре. Замерзнет ли вода в какой-нибудь бутылке?

**6.32.** Из чайника налили чай в стакан с сахаром и в стакан без сахара. В каком стакане чай будет холоднее? Почему?

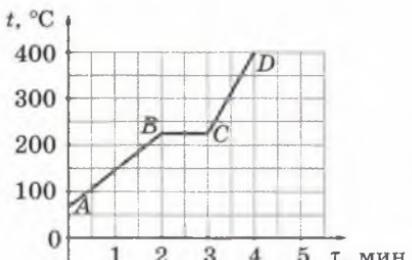


Рис. 18

**6.33.** На рис. 18 приведен график нагревания и плавления некоторого вещества. Какое это вещество? Каким процессам соответствуют участки графика  $AB$ ,  $BC$  и  $CD$ ? Как изменяется внутренняя энергия вещества на этих участках?

**6.34.** Почему медные провода легче спасть, чем соединить с помощью сварки?

**6.35.** На рис. 19 приведен график изменения температуры некоторого вещества. Какое это вещество? Каким процессам соответствуют участки графика  $AB$  и  $BC$ ? Какая из точек ( $K$  или  $M$ ) соответствует состоянию с большей кинетической энергией беспорядочного движения частиц?

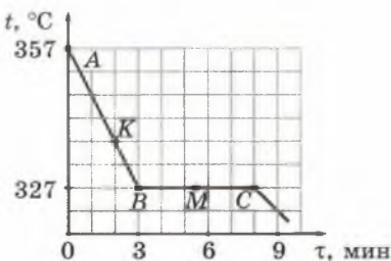


Рис. 19

**6.36.** Какое количество теплоты необходимо отобрать у воды массой 5 кг, имеющей температуру  $10^{\circ}\text{C}$ , чтобы превратить ее в лед, имеющий температуру  $-30^{\circ}\text{C}$ ?

**6.37.** Внутренняя энергия воды массой 5 кг, находившейся при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ , в результате теплопередачи уменьшилась на 1 МДж. Сколько образовалось льда?

**6.38.** Сколько льда, температура которого  $-5^{\circ}\text{C}$ , может расплавить стальной шар массой 5 кг, охлаждаясь от 400 до  $0^{\circ}\text{C}$ ? Считайте, что вся энергия передается льду.

**6.39.** Какую массу меди, имеющей температуру  $83^{\circ}\text{C}$ , можно расплавить, передав ей количество теплоты 1,17 МДж?

**6.40.** В снежный сугроб, имеющий температуру  $0^{\circ}\text{C}$ , бросили раскаленный до температуры  $300^{\circ}\text{C}$  медный шар массой 2 кг. Какова масса растаявшего снега?

**6.41.** Энергии, полученной при остывании некоторой массы кипятка до температуры 70 °С, хватило для плавления льда массой 500 г при температуре 0 °С. Какова масса кипятка?

**6.42.** Чугунная и алюминиевая детали одинаковой массы находятся при температуре 20 °С. Для плавления какой из этих деталей необходимо большее количество теплоты? Во сколько раз?

**6.43.** Полярники получают необходимую им воду, растапливая лед. Сколько керосина необходимо сжечь для получения 15 л кипяченой воды, если температура окружающей среды равна -40 °С? Считайте, что на получение воды расходуется 50 % теплоты сгорания керосина.

**6.44.** Свинец расплавили в железной чашке и довели его температуру до 350 °С. Затем чашку вынули из печи и поставили на лабораторный стол. Спустя некоторое время температура свинца понизилась до 300 °С. Нарисуйте примерный график зависимости температуры свинца от времени.

### Третий уровень

**6.45.** В какую погоду образуются сосульки (рис. 20)? Если в мороз, то откуда берется вода? Если в оттепель, то почему вода замерзает?



Рис. 20

**6.46.** Какое значение в природе имеет большая удельная теплота плавления льда? Что происходило бы весной, если бы значение этой величины было намного меньше?

**6.47.** Чтобы предохранить овощи от замерзания, в погребе, где они хранятся, ставят большой таз с водой. Какова роль воды в этом случае?

**6.48.** Если заполнить чугунный шар водой, плотно закупорить и вынести на мороз, то замерзающая вода разорвет чугун. Откуда берется энергия, необходимая для разрушения чугуна? Ведь вода на морозе не получает, а отдает энергию!

**6.49.** Почему капельки тумана могут оставаться жидкими и при температуре  $-30^{\circ}\text{C}$ ?

**6.50.** Почему при сильных морозах для восстановления гладкости льда каток поливают горячей водой?

**6.51.** Зимой на балконе лежат медная пластинка и льдинка такой же массы. Удельная теплота плавления меди значительно меньше, чем льда. Значит ли это, что для плавления медной пластинки в данном случае потребуется меньше энергии, чем для плавления льдинки?

 **6.52.** Конструкторы предложили покрыть спускаемый отсек космического корабля слоем легкоплавкого материала. Для чего? Как вы думаете, на Землю или на Луну предполагается посадка этого корабля?

**6.53.** Объясните, используя закон сохранения энергии, почему удельная теплота плавления вещества равна удельной теплоте его кристаллизации.

**6.54.** Три бруска одинаковой массы — ледяной, свинцовый и медный — находятся при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$ . Для плавления какого из них потребуется наименьшая энергия? наибольшая?

 **6.55.** В калориметре находится лед массой 3 кг при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ . Какой станет температура в калориметре, если в него поместить нагреватель, который передаст содержимому калориметра количество теплоты:

- а) 63 кДж;
- б) 200 кДж;
- в) 900 кДж;
- г) 1,24 МДж?

**6.56.** Алюминиевому бруску массой 500 г при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  передали количество теплоты  $Q = 900$  кДж. Какой станет температура алюминия?

 **6.57.** В калориметре находится вода массой  $m_{\text{в}} = 2$  кг, температура которой  $30^{\circ}\text{C}$ . В калориметр помещают лед при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . Какова могла быть масса  $m_{\text{л}}$  льда, если он весь растаял?

**6.58.** Нагретый алюминиевый куб положили на лед, и куб полностью погрузился в лед. До какой температуры был нагрет куб? Температура льда  $0^{\circ}\text{C}$ , потерями тепла можно пренебречь.

 **6.59.** В воду массой  $m_{\text{в}} = 1$  кг, имеющую температуру  $t_{\text{в}} = 30^{\circ}\text{C}$ , положили лед массой  $m_{\text{л}} = 500$  г, температура которого  $t_{\text{л}} = 0^{\circ}\text{C}$ . Какая температура установится в сосуде?

**6.60.** В калориметре находится вода массой 5 кг при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ . В нее помещают кусок льда массой 2,5 кг. Какова

была начальная температура льда, если конечная масса льда оказалась равной 1,7 кг?

**6.61.** В лабораторную печь помещают кристаллический образец. Образец получает каждую секунду одно и то же количество теплоты. На рис. 21 приведен график зависимости температуры образца от времени. Каковы тепловые характеристики данного вещества, если удельная теплоемкость вещества в твердом состоянии 400 Дж/(кг · °С)?

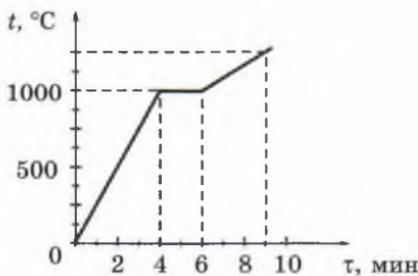


Рис. 21

**6.62.** В воду массой 2 кг при температуре 30 °С положили лед массой 1 кг, температура которого 0 °С. Какая температура установится в сосуде? Какой станет масса льда?

**6.63.** В воду массой 2 кг при температуре 30 °С положили лед, температура которого 0 °С. Какая температура установится в сосуде, если масса льда:

- а) 200 г;
- б) 1 кг?

**6.64.** В калориметре находятся лед и вода при температуре 0 °С. Масса льда и воды одинакова и равна 500 г. В калориметр наливают воду массой 1 кг при температуре 50 °С. Какая температура установится в калориметре?

**6.65.** Кусок льда массой 700 г поместили в калориметр с водой. Масса воды 2,5 кг, начальная температура 5 °С. Когда установилось тепловое равновесие, оказалось, что масса льда увеличилась на 64 г. Определите начальную температуру льда.

### Крепкие орешки

**6.66.** В калориметре при температуре 0 °С находятся вода массой 500 г и лед массой 300 г. Какая температура установится в калориметре, если долить в него 100 г кипятка? 500 г кипятка?

**6.67.** В калориметр, содержащий воду массой 2 кг при температуре 20 °С, бросили ледяной шар массой 1 кг, в центр

которого вморожен стальной шарик массой 50 г. Температура льда 0 °С. Где окажется стальной шарик после установления теплового равновесия?

**6.68.** В переохлажденной до температуры -10 °С воде происходит быстрый процесс кристаллизации. Какая часть воды при этом превращается в лед?

На окне, серебряном от инея,  
За ночь хризантемы расцвели.  
В верхних стеклах — небо ярко-синее  
И заструхна в снеговой пыли.

И. А. Бунин

## 7. ИСПАРЕНИЕ, КОНДЕНСАЦИЯ, КИПЕНИЕ

$$Q = Lm$$

### Пример решения задачи

В колбе находилась вода при температуре 0 °С. При откачке воздуха из колбы вода кипела и замерзала. Какая часть воды при этом превратилась в пар?

**Решение.** Пусть  $m$  — масса всей воды до откачивания, а  $m_1$  — масса образовавшегося пара. Тогда масса образовавшегося льда равна  $m - m_1$ .

При кристаллизации воды выделяется количество теплоты, равное  $\lambda(m - m_1)$ . Для испарения воды требуется количество теплоты, равное  $Lm_1$ .

В соответствии с законом сохранения энергии  $\lambda(m - m_1) = Lm_1$ . Отсюда получаем  $m_1 = \frac{\lambda}{\lambda + L} m$ .

$$\text{Следовательно, } \frac{m_1}{m} = \frac{330 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{330 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \frac{1}{8}.$$

При решении задачи мы не учитывали, что значения  $L$  при температуре 0 °С и 100 °С несколько различаются.

**Ответ.** В пар превратилась  $\frac{1}{8}$  часть воды.

## **УСТНАЯ РАЗМИНКА**

**7.1.** Почему испарение жидкости происходит при любой температуре?

**7.2.** Почему при испарении температура жидкости понижается?

**7.3.** Почему испарение происходит тем быстрее, чем выше температура жидкости?

**7.4.** Зависит ли скорость испарения жидкости от площади ее поверхности?

**7.5.** Почему при наличии ветра жидкость испаряется быстрее?

**7.6.** Приходилось ли вам «ускорять» испарение? Приведите примеры. Как и для чего вы это делали?

**7.7.** Что обладает большей внутренней энергией: вода массой 1 кг при температуре 100 °C или водяной пар такой же массы при той же температуре? Обоснуйте свой ответ.

**7.8.** Почему температура воды, долго находившейся в открытом стакане, всегда несколько ниже температуры воздуха в комнате?

**7.9.** Какие явления природы объясняются конденсацией пара? Приведите примеры.

### **Первый уровень**

**7.10.** Выступающий в жару на теле человека пот охлаждает тело. Почему?

**7.11.** Почему чай остывает быстрее, когда вы на него дуете?

**7.12.** Почему в жаркую сухую погоду мы чувствуем себя лучше, чем при такой же температуре и высокой влажности воздуха?

**7.13.** Почему мокрое белье на ветру сохнет быстрее?

**7.14.** Можно ли утверждать, что вода всегда кипит при температуре 100 °C?

**7.15.** Какие явления наблюдаются в жидкости перед тем, как она начинает кипеть?

**7.16.** На рис. 22 представлен график зависимости температуры от времени для некоторой жидкости. Какова температура кипения жидкости? Какая это может быть жидкость? Сколько времени кипела эта жидкость?

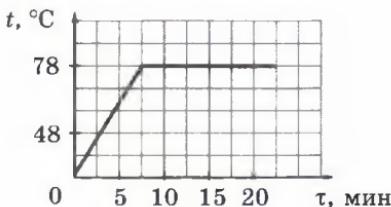


Рис. 22

**7.17.** Почему горячий чай остывает намного быстрее, если его перелить в блюдце или несколько раз перелить из стакана в стакан?

**7.18.** Какое количество теплоты необходимо для обращения в пар спирта массой 40 г, взятого при температуре кипения?

**7.19.** Какое количество теплоты выделится при конденсации водяного пара массой 50 г?

**7.20.** Сколько сконденсировалось водяного пара, имеющего температуру 100 °С, если при этом выделилась энергия 11,5 МДж?

**7.21.** Сколько льда, взятого при температуре 0 °С, расплавится, если ему сообщить количество теплоты, которое выделяется при конденсации водяного пара массой 2 кг при температуре 100 °С и нормальном атмосферном давлении?

**7.22.** Вода, кипящая при нормальном атмосферном давлении, получила от нагревателя количество теплоты 690 кДж. Какова масса образовавшегося пара?

**7.23.** Кипящая жидкость получила от нагревателя количество теплоты 180 кДж. Какова масса образовавшегося пара, если удельная теплота парообразования этой жидкости 450 кДж/кг?

**7.24.** Жидкость при кипении получила от нагревателя количество теплоты 60 кДж, а масса жидкости в сосуде уменьшилась на 250 г. Определите удельную теплоту парообразования этой жидкости.

**7.25.** Кипящая жидкость получила за некоторое время от нагревателя количество теплоты 80 кДж. За это время 200 г жидкости превратилось в пар. Определите удельную теплоту парообразования этой жидкости.

## ■ ■ Второй уровень

**7.26.** Почему наблюдать конденсацию пара значительно легче, чем испарение жидкости?

**7.27.** Как испарение защищает наш организм от перегрева? Приведите примеры.

**7.28.** Почему запотевают очки, когда человек с мороза входит в теплую комнату?

**7.29.** Один стакан доверху заполнен горячим чаем, а другой — таким же горячим бульоном. Какая из жидкостей остывает быстрее? Почему?

**7.30.** Лягушка (рис. 23) — замечательный синоптик. Африканские племена заметили, что перед началом сезона дождей древесные лягушки выходят из воды и взбираются на деревья для метания икры. Если «прогноз» лягушек окажется ошибочным, то икра высохнет и потомство погибнет. Почему? Как с физической точки зрения объяснить поведение лягушки?



Рис. 23

**7.31.** В жаркую погоду в тени один термометр кладут в миску с водой, а другой — на скамейку и поливают водой из той же миски. Какой из термометров показывает более высокую температуру?

**7.32.** Летом в жаркие дни рабочие пчелы приносят в улей воду. Пчелы, находящиеся в улье, собирают эту воду и распыляют ее, при этом они непрерывно машут крыльями. Через некоторое время они перестают забирать воду у рабочих пчел, тогда те вновь начинают приносить нектар (рис. 24). Объясните с физической точки зрения причину инстинктивного поведения пчел и сущность наблюдаемых явлений.



Рис. 24

**7.33.** Какая фотография собаки (рис. 25, а, б) была сделана в теплую погоду, а какая в холодную? Обоснуйте ответ.



а

б

Рис. 25

**7.34.** Действительно ли мы видим пар, вырывающийся из носика кипящего чайника (рис. 26)?



Рис. 26

**7.35.** Почему даже в жаркий день мы ощущаем прохладу, выходя после купания из воды?

**7.36.** Почему зимой при дыхании образуется туман, а летом — нет?

**7.37.** Почему зимой оконные стекла запотевают, если в комнате много людей?

**7.38.** Как образуются облака в жаркие летние дни?

**7.39.** Какое физическое явление отражено в стихотворении Сергея Есенина «Вот уж вечер. Роса...»?

Вот уж вечер. Роса  
Блестит на крапиве.  
Я стою у дороги,  
Прислонившись к иве.

**7.40.** Объясните, почему роса бывает обильнее после жаркого дня.

**7.41.** Раз или два прокипяченная вода закипает не так бурно, как сырая. Почему?

**7.42.** Желая ускорить приготовление борща, хозяйка увеличивает огонь под кастрюлей с уже кипящей водой. Добьется ли она желаемого результата? Обоснуйте свой ответ.

**7.43.** Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы нагреть воду массой 5 кг от температуры 0 °C до кипения и полностью выпарить ее?

**7.44.** Какое количество теплоты потребуется, чтобы превратить лед массой 3 кг, взятый при температуре -20 °C, в пар при температуре 100 °C?

**7.45.** Какое количество теплоты выделится при конденсации водяного пара массой 50 г, имеющего температуру 100 °C, и охлаждении образовавшейся воды до температуры 60 °C?

**7.46.** Какое количество теплоты выделится при конденсации водяного пара массой 200 г, имеющего температуру 100 °C, и охлаждении образовавшейся воды до температуры 40 °C?

 **7.47.** В калориметре находится вода массой  $m_b = 1,2$  кг при температуре  $t_b = 20$  °C. Сколько пара, имеющего температуру  $t_p = 100$  °C, нужно впустить в калориметр, чтобы температура в нем поднялась до  $t = 50$  °C?

**7.48.** Смесь, состоящую из 5 кг льда и 15 кг воды при температуре 0 °C, нужно нагреть до температуры 80 °C пропусканием водяного пара при 100 °C. Какое количество пара для этого необходимо?

**7.49.** В калориметре, в котором находился лед массой 100 г при температуре 0 °C, впустили пар при температуре 100 °C. Сколько воды оказалось в калориметре, если весь лед растаял, а температура по-прежнему равна 0 °C?

**7.50.** В чайник налили 2 л воды при температуре 20 °C и поставили на огонь. После закипания воды ее объем оказался 1,9 л. Какое количество теплоты получила вода?

**7.51.** Сколько керосина нужно сжечь, чтобы выпарить 1 л воды, имеющей температуру 20 °C?

### Третий уровень

**7.52.** Воду массой 4 кг, взятую при температуре 20 °C, нагрели до кипения и полностью испарили. Определите, сколько керосина для этого потребовалось, если КПД нагревателя 25 %.

 **7.53.** Если закрыть банку крышкой, то уровень воды в ней не будет понижаться. Означает ли это, что крышка «останавливает» испарение воды?

**7.54.** Будет ли кипеть вода в стакане, плавающем в сосуде с кипящей водой (рис. 27)?

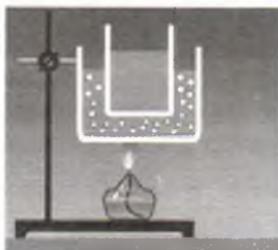


Рис. 27

**7.55.** Почему оконные стекла зимой покрываются узорами из инея?

**7.56.** Что общего между процессами испарения и кипения? В чем различие между ними?

**7.57.** Почему при кипении жидкость превращается в пар гораздо быстрее, чем при испарении?

**7.58.** Испаряются ли твердые тела (например, лед)? Подтвердите ваш ответ примерами.

**7.59.** Глина и тесто при нагревании не размягчаются, а затвердевают. Почему?

**7.60.** Сахар или мел могут намокнуть в сырую погоду и без дождя. Каким физическим явлением это объясняется?

**7.61.** Вы забыли на плите кипящий чайник. Вернувшись на кухню, вы обнаружили, что половина воды из чайника «исчезла». Действительно ли вся эта вода сейчас представляет собой пар? Можно ли ее увидеть?

**7.62.** Почему сырье дрова в костре «стреляют» искрами?

**7.63.** Перед дождем ласточки летают очень низко. Какими физическими изменениями в атмосфере это обусловлено?

**7.64.** Не заглядывая в справочные таблицы, скажите: какая из жидкостей — вода, ртуть или эфир — кипит при самой низкой температуре? при самой высокой? На основании чего вы сделали такой вывод?

 **7.65.** Почему незадолго до закипания воды в чайнике мы слышим характерный шум? Почему перед самым закипанием он стихает?

**7.66.** Сосуд с водой выносят из орбитальной станции в открытый космос. Что будет происходить с водой, если сосуд открыть?

**7.67.** Осторожно нагревая чистую воду, можно повысить ее температуру, например, до  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  даже при нормальном атмосферном давлении. Почему же вода при этом не кипит?

**7.68.** В сосудах из слабообожженной глины вода остается прохладной даже в летнюю жару. Почему?

**7.69.** Как вызвать кипение воды, не нагревая ее?

**7.70.** Две жидкости, массы которых равны, нагревают в одинаковых сосудах на одинаковых горелках. По графикам зависимости температуры от времени (рис. 28) определите, у какой жидкости:

- а) температура кипения выше;
- б) удельная теплоемкость больше;
- в) удельная теплота парообразования больше.

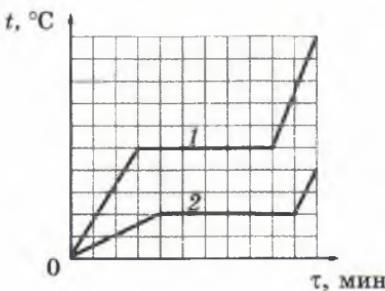


Рис. 28

**7.71.** Израсходовав 800 г бензина, воду массой 50 кг нагрели от 20 до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  и часть воды выпарили. Какова масса образовавшегося пара, если 60 % теплоты сгорания бензина передано воде?

**7.72.** Сколько необходимо сжечь спирта, чтобы расплавить лед массой 2 кг, взятый при температуре  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а полученную воду нагреть до кипения и 1 кг воды превратить в пар? КПД спиртовки 40 %.

**7.73.** В калориметр, содержащий воду массой  $m_s = 500\text{ г}$  при температуре  $t_s = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , впустили водяной пар при температуре  $t_p = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какая температура  $t$  установится в калориметре, если масса пара равна:

- а) 10 г;
- б) 100 г?

Какой станет масса  $m$  воды в каждом из этих случаев?

**7.74.** До какой температуры нагреется вода объемом 0,8 л, находящаяся в медном калориметре массой 700 г и имеющая температуру 12 °C, если впустить в калориметр водяной пар массой 50 г при температуре 100 °C?

**7.75.** В кастрюлю налили холодной воды при температуре 10 °C и поставили на электроплиту. Через 10 мин вода закипела. Через какое время после этого она выкипит полностью? Масса кастрюли намного меньше массы воды.

**7.76.** В калориметр, содержащий 1 кг воды, впустили водяной пар массой 40 г, имеющий температуру 100 °C. Какой была начальная температура воды, если конечная температура в калориметре оказалась равной 60 °C?

**7.77.** Самый распространенный метод опреснения морской воды состоит в ее выпаривании: растворенные в воде соли в пар не попадают, поэтому после конденсации пара образуется пресная вода. Сколько каменного угля нужно сжечь для опреснения воды массой 1 т? Начальная температура воды 20 °C, тепловые характеристики соленой и пресной воды считайте одинаковыми.

**7.78.** Хватит ли энергии, вырабатываемой гидроэлектростанцией, на то, чтобы выпарить всю проходящую через ее турбины воду?

### Крепкие орешки

**7.79.** Когда открывают бутылку с газированным напитком, в жидкости бурно выделяются пузырьки, как и при кипении. В чем отличие этого процесса от кипения?

**7.80.** Капелька воды на полу высыхает за считанные минуты. А вот капелька ртути, закатившись в щель, может лежать там годами. Какими свойствами ртути это объясняется?

**7.81.** В калориметре находится лед массой 500 г при температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какая температура установится в калориметре, если в него впустить водяной пар массой 80 г, имеющий температуру 100 °C?

Зубцы, ремни, колеса, цепи,  
Свист поршней, взмахи рычага...

Машины! Стойте вырос бредом,  
Земля гудит под ваш распев...

В. Я. Брюсов

## 8. ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

$$\eta = \frac{A_{\text{н}}}{Q} \cdot 100 \%$$

### Пример решения задачи

Двигатель мощностью  $P = 15 \text{ кВт}$  потребляет в час бензин объемом  $V = 5 \text{ л}$ . Определите КПД двигателя.

Дано:

$$P = 15 \text{ кВт} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Вт}$$

$$t = 1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}$$

$$V = 5 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$q = 46 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 4,6 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$\rho = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\eta = ?$$

Решение.

Согласно определению КПД

$$\eta = \frac{A_{\text{н}}}{Q} \cdot 100 \%$$

Полезная работа  $A_{\text{н}} = Pt$ , а теплота сгорания бензина  $Q = qm$ , где  $m = \rho V$  — масса бензина.

Отсюда

$$\eta = \frac{Pt}{q\rho V} \cdot 100 \%$$

Подставляем числовые значения и проверяем единицы величин:

$$\eta = \frac{1,5 \cdot 10^4 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с}}{4,6 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \cdot 100 \% = 33 \%$$

Ответ.  $\eta = 33 \%$ .

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

8.1. Приведите примеры превращения внутренней энергии пара в механическую энергию тела.

8.2. Какие превращения энергии происходят в тепловых двигателях?

8.3. Какой тип тепловых двигателей является наиболее распространенным?

**8.4.** Какие физические явления происходят при сгорании горючей смеси в двигателе внутреннего сгорания?

**8.5.** Какие тепловые двигатели сильнее всего загрязняют воздух в вашем населенном пункте?

## Первый уровень

**8.6.** Может ли КПД теплового двигателя быть равен 100 %?

**8.7.** Первый универсальный тепловой двигатель изобрел российский инженер И. И. Ползунов. Какие превращения энергии происходили в этом двигателе?

**8.8.** К какому типу принадлежат самые мощные тепловые двигатели?

**8.9.** Из чего состоит горючая смесь, подаваемая в цилиндр двигателя внутреннего сгорания?

**8.10.** Какие способы поджигания горючей смеси используют в двигателях внутреннего сгорания?

**8.11.** В каком случае газообразная горючая смесь в цилиндре двигателя внутреннего сгорания обладает большей внутренней энергией: в начале такта «рабочий ход» или в его конце?

**8.12.** В одной паровой турбине полезная работа составляет  $\frac{1}{5}$  часть энергии пара, а в другой —  $\frac{1}{3}$  часть. Выразите КПД обеих турбин в процентах.

**8.13.** Каков КПД теплового двигателя, который совершил полезную работу 80 кДж, если при полном сгорании топлива выделилась энергия 400 кДж?

**8.14.** При полном сгорании топлива в тепловом двигателе выделилось количество теплоты 500 кДж. Какую полезную работу совершил двигатель, если его КПД 30 %?

**8.15.** Тепловой двигатель совершил полезную работу 120 кДж. Какое количество энергии выделилось при полном сгорании топлива, если КПД двигателя 25 %?

**8.16.** Определите КПД двигателя трактора, которому для совершения полезной работы 38,7 МДж потребовалось топливо массой 3 кг с удельной теплотой сгорания 43 МДж/кг.

## Второй уровень

**8.17.** Можно ли внутреннюю энергию топлива целиком превратить в механическую? Ответ поясните.

**8.18.** Почему температура газа в двигателе внутреннего сгорания во время такта «рабочий ход» понижается?

**8.19.** Почему при сгорании горючей смеси давление в цилиндре двигателя внутреннего сгорания намного повышается?

**8.20.** Когда внутренняя энергия рабочей смеси в цилиндре двигателя внутреннего сгорания больше: в конце такта «всасывание» или в конце такта «сжатие»? Почему?

**8.21.** Отличается ли температура пара, выходящего из цилиндра паровой машины, от температуры пара, поступающего в этот цилиндр?

**8.22.** Для чего топливо в цилинды двигателя внутреннего сгорания подается в распыленном состоянии?

**8.23.** Каковы преимущества многоцилиндровых двигателей внутреннего сгорания перед одноцилиндовыми?

**8.24.** Двигатель внутреннего сгорания мощностью 36 кВт за 1 ч работы израсходовал бензин массой 15 кг. Определите КПД двигателя.

**8.25.** При сгорании топлива в тепловом двигателе за 30 мин выделилась энергия 10,8 МДж. Определите мощность двигателя, если его КПД 20 %.

**8.26.** Тепловой двигатель мощностью 19 кВт за 3 ч работы израсходовал топливо массой 12 кг. На каком топливе мог работать этот двигатель, если его КПД 41 %?

**8.27.** Сколько природного газа необходимо сжечь для совершения полезной работы 110 кДж, если КПД двигателя 25 %?

**8.28.** Тепловой двигатель за 2 ч израсходовал керосин массой 6 кг. Какова мощность двигателя, если его КПД 25 %?

**8.29.** Определите КПД двигателя внутреннего сгорания мощностью 430 Вт, если он за 8 ч работы расходует бензин объемом 1,5 л.

### Третий уровень

**8.30.** Какие особенности конструкции двигателя внутреннего сгорания делают вращение вала двигателя практически равномерным?

**8.31.** Почему высота полета самолетов, двигатели которых работают на смеси горючего и воздуха, ограничена?

**8.32.** Отражается ли неполное сгорание топлива в автомобильном двигателе на его КПД? на окружающей среде?

**8.33.** Иногда газ при охлаждении отдает меньшее количество теплоты, чем было затрачено на его нагревание. Не противоречит ли это закону сохранения энергии?

**8.34.** Станет ли КПД тепловой машины равным 100 %, если трение в частях машины уменьшить до нуля?

 **8.35.** При сгорании топлива в двигателе автомобиля, едущего с постоянной скоростью по горизонтальной дороге, выделилась энергия 200 кДж. Какая часть энергии превратилась в конечном счете в механическую, если КПД двигателя 40 %?

**8.36.** Рабочий ход в цилиндрах двигателя совершается в следующем порядке: в 1-м цилиндре, во 2-м цилиндре, затем в 4-м и, наконец, в 3-м. Определите, какой такт начался во 2, 3 и 4-м цилиндрах в тот момент, когда в 1-м цилиндре начался рабочий ход.

**8.37.** Автомобиль прошел 80 км. Двигатель автомобиля развивал среднюю мощность 40 кВт и израсходовал 14 л бензина. С какой средней скоростью двигался автомобиль, если КПД его двигателя 30 %?

**8.38.** В подъемнике используют двигатель внутреннего сгорания с КПД 30 %. С помощью подъемника песок массой 150 т переместили из карьера глубиной 40 м на поверхность земли. Сколько литров бензина израсходовали? Считайте, что  $g = 10 \text{ Н/кг}$ .

## 9. ДОМАШНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ<sup>1</sup>

### Первый уровень

**9.1.** Зайдите у себя дома на кухню. Можете ли вы наблюдать там процессы плавления, кристаллизации, испарения, конденсации и кипения? Приведите примеры.

**9.2.** В одну из двух одинаковых жестяных банок налейте воду массой 0,5 кг, а в другую положите снег такой же массы. Поставьте банки на горелки газовой плиты, горящие одинаковым пламенем. Заметьте, сколько времени потребуется, чтобы вода в каждой из банок закипела. Объясните результат опыта.

<sup>1</sup> Опыты с горячей водой, раскаленным утюгом и газовой горелкой следует проводить под наблюдением учителя или родителей.

**9.3.** Налейте одинаковое количество воды в стакан и блюдце. Измерьте время, за которое испарится вода из стакана и из блюдца. Объясните разницу в скорости испарения.

**9.4.** В два одинаковых блюдца налейте одинаковое количество воды (например, по 3—4 столовые ложки). Одно блюдце поставьте в теплое место, а другое — в холодное. Измерьте время, за которое испарится вода в том и другом блюдце. Объясните разницу в скорости испарения.

**9.5.** Нанесите пипеткой на лист бумаги по 2—3 капли воды и спирта. Измерьте время, необходимое для их испарения. У какой из этих жидкостей силы притяжения между молекулами меньше?

**9.6.** Смочите два носовых платка и разложите их — один на столе, а другой на горячей батарее центрального отопления. Платок, лежащий на батарее, высохнет значительно раньше. Почему?

**9.7.** Смочите водой два платка и разложите их на столе. Направьте на один из них струю воздуха из вентилятора. Этот платок начнет высыхать буквально на глазах, заметно быстрее, чем второй. Как это объяснить?

**9.8.** Перед носиком чайника с кипящей водой поместите металлический предмет (ложку, вилку, нож, холодный утюг). Проследите за образованием капель воды на этих предметах и объясните причины их появления.

**9.9.** Смочите руку одеколоном и помашите ею. Что вы при этом ощущаете? Объясните это явление.

**9.10.** Смочите один палец водой, а другой — одеколоном. В обоих случаях возникает ощущение прохлады. Почему? В каком случае это ощущение сильнее?

**9.11.** Возьмите две ложки: одну холодную, другую — горячую. Поместите в них по 3—4 капли воды. С какой из ложек вода испарится быстрее? Почему?

**9.12.** Войдите в теплую комнату с холодной улицы в очках. Какое явление при этом наблюдается?

## Второй уровень

**9.13.** Наберите из морозильной камеры кусочки льда в кружку. Поместите туда термометр и каждую минуту фиксируйте его показания. По результатам измерений постройте график зависимости температуры от времени при плавлении льда и последующем нагревании воды.

**9.14.** Налейте в термос воду при температуре 0 °С и опустите в нее кусок льда. Через некоторое время проверьте, растаял ли лед. Объясните полученный результат.

**9.15.** Как изменится температура воды, если в ней растворить поваренную соль? Проведите эксперимент и объясните данное явление.

**9.16.** Прикрепите к резервуару наружного термометра ватку, смоченную одеколоном. Приведите термометр в колебательное движение и следите за его показаниями. Объясните, почему и как изменяются показания термометра.

**9.17.** Накройте крышкой кастрюлю с горячей водой. Через несколько минут снимите крышку — вы увидите на ней капельки воды (рис. 29). Объясните, как образовались капли.



Рис. 29

**9.18.** Наполните один стакан доверху горячим чаем, а другой — горячим бульоном. Проверьте, какая из жидкостей быстрее остывает. Объясните результат опыта.

**9.19.** Почему при нагревании в тостере кусочки хлеба становятся твердыми?

**9.20.** С помощью двух термометров, обернутых тонкой мокрой материей в один слой, проверьте на опыте, как зависит скорость испарения жидкости:

- от температуры;
- от движения воздуха над испаряющейся жидкостью.

Объясните наблюдаемые явления.

**9.21.** Несколько раз прокипятите воду в чайнике. Чем отличается кипение прокипяченной воды от кипения сырой? Объясните результат опыта.

**9.22.** Измерьте температуру воздуха перед дождем и после дождя. Определите изменение температуры и объясните, почему оно происходит.

### Третий уровень

**9.23.** Расплавьте в прозрачной баночке парафин. Опустите в расплав кусочек твердого парафина. Плавает он или тонет? Как изменяется форма поверхности парафина при его отвердевании? Объясните наблюдаемые явления.

**9.24.** Приготовьте охладительную смесь, смешивая одну весовую часть поваренной соли с тремя частями снега. Измерьте ее температуру. Заморозьте воду в пробирке с помощью охладительной смеси. Объясните полученный результат.

**9.25.** Возьмите большую кастрюлю с водой. Поместите в нее маленькую кастрюльку с водой так, чтобы она плавала, не касаясь дна большой кастрюли. Поставьте их на плиту и начните нагревать. Что будет с водой в маленькой кастрюле во время кипения воды в большой кастрюле? Почему? Бросьте в большую кастрюлю горсть соли. Что произойдет после этого с водой в маленькой кастрюле? Объясните наблюдаемые явления.

**9.26.** Пронаблюдайте выход пузырьков из газированной воды. Налейте газированную воду в стакан и подождите, пока опадет пена и в воде будут подниматься только отдельные пузырьки, хотя жидкость содержит еще много газа. Бросьте в воду щепотку сахарного песка или поваренной соли. Как изменился процесс выхода пузырьков? Опишите этот процесс, докажите его сходство с процессом кипения.

**9.27.** Поставьте кастрюлю с водой на включенную плиту. Какие звуки возникают в процессе нагревания и закипания воды? Объясните наблюдаемые явления.

**9.28.** На «подошву» перевернутого утюга, расположенную горизонтально и прогретую примерно до  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , «уроните» маленькую каплю воды. Капля, упав на утюг, отскочит от него, как мячик, а затем будет двигаться, не касаясь нагретой поверхности. Пронаблюдайте и объясните поведение капли воды.

**9.29.** Налейте в пустую пластмассовую бутылку немного горячей воды (рис. 30, а). Она быстро испаряется, поэтому водяной пар заполнит бутылку, вытеснив из нее большую часть воздуха (чтобы увеличить площадь поверхности, с которой происходит испарение, ополосните бутылку). Вылейте воду, плотно заверните

пробку и подставьте бутылку под струю холодной воды. Бутылка с треском расплющится (рис. 30, *б*, *в*). Чем это объясняется?

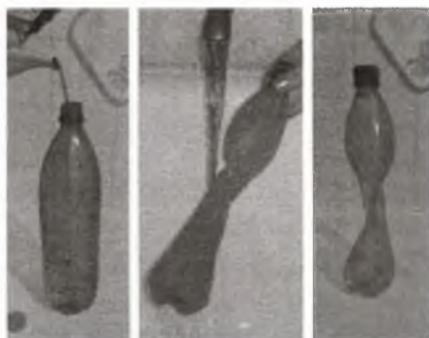


Рис. 30

**9.30.** Доведите воду в колбе до кипения и плотно закройте колбу. Когда вода немного остынет, переверните колбу и начните поливать дно колбы холодной водой. Вода в колбе снова закипит, хотя ее температура существенно ниже 100 °C (рис. 31). Объясните этот опыт.



Рис. 31

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

В янтаре содержится огненная и бестелесная сила, которая выходит из него скрытыми путями, если потерять поверхность янтаря...

*Плутарх*

## 10. ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ТЕЛ. ПРОВОДНИКИ И ДИЭЛЕКТРИКИ

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

**10.1.** С помощью каких опытов можно проверить, обладает ли тело электрическим зарядом?

**10.2.** Какие опыты доказывают, что существуют электрические заряды двух видов?

**10.3.** Какие способы электризации тел вам известны?

**10.4.** Какое свойство тел характеризует электрический заряд?

**10.5.** Как с помощью листочеков бумаги обнаружить, наэлектризовано ли тело?

**10.6.** Почему при расчесывании сухих волос они прилипают к пластмассовой расческе?

**10.7.** Притяжение или отталкивание наблюдается между:

а) двумя положительно заряженными частицами;

б) двумя отрицательно заряженными частицами;

в) частицами, одна из которых заряжена положительно, а другая — отрицательно?

**10.8.** В результате протирания сухого стекла тканью стекло и ткань электризовались. Как они будут взаимодействовать — притягиваться или отталкиваться?

**10.9.** Какие вы знаете применения электризации тел?

**10.10.** Чем опасна электризация тел?

**10.11.** Какая частица обладает наименьшим отрицательным зарядом? наименьшим положительным зарядом?

**10.12.** Какие физические характеристики электрона вам известны?

**10.13.** Какой заряд приобретает нейтральное тело, когда оно теряет часть электронов?

**10.14.** Как показать, что одни тела являются проводниками, а другие — диэлектриками?

**10.15.** Какие проводники и диэлектрики вам известны? Приведите примеры.

## Первый уровень

**10.16.** Может ли существовать электрический заряд без частиц? Объясните свой ответ.

**10.17.** Притягиваются или отталкиваются две стеклянные палочки, потертые о шелк? Ответ поясните.

**10.18.** Пластмассовая палочка электризуется при трении о мех. Обязательно ли при этом электризуется мех?

**10.19.** Наэлектризуем эбонитовую палочку шерстяной варежкой, а стеклянную палочку — шелковым платком. Подвесив палочки на нитях, увидим, что эбонит и шерсть, стекло и шелк притягивают друг друга, а стекло и шерсть, эбонит и шелк отталкиваются друг от друга (рис. 32). Объясните, почему это происходит.

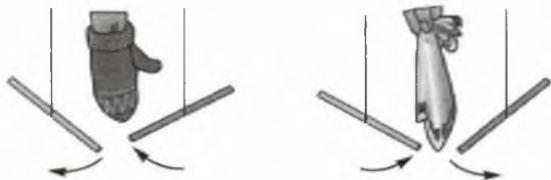


Рис. 32

**10.20.** У вас в руках пластмассовая, стальная и медная палочки. Какую из них удастся наэлектризовать трением?

**10.21.** Чем нужно потереть стеклянную палочку, чтобы она зарядилась положительно?

**10.22.** Чем нужно потереть эбонитовую палочку, чтобы она зарядилась отрицательно?

**10.23.** Каковы особенности электризации проводников?

**10.24.** Каковы особенности электризации диэлектриков?

## Второй уровень

**10.25.** Объясните взаимодействие наэлектризованной пластмассовой палочки и струйки воды (рис. 33).



Рис. 33

**10.26.** Где у вас дома быстрее всего собирается пыль? Почему?

**10.27.** Какое тело приобретает положительный заряд при электризации трением — то, которое получает «добавочные» электроны, или то, которое теряет часть электронов?

**10.28.** Иногда при окраске металлической поверхности пульверизатором ей сообщают заряд одного знака, а капелькам краски — заряд противоположного знака. Для чего это нужно?

**10.29.** Почему электрическое притяжение кусочков бумаги к натертой расческе очень заметно, а силы тяготения между этими телами обнаружить не удается?

**10.30.** Можно ли наэлектризовать эбонитовую палочку трением об эбонитовую пластинку?

**10.31.** Какова роль электрических взаимодействий в строении вещества?

**10.32.** Протерев мебель и зеркала сухой тряпкой, хозяйки огорчаются, увидев на них пыль уже через день-два. Чем это объясняется?

**10.33.** Электризуются ли при трении оба тела или только одно? Опишите опыт, подтверждающий ваш ответ.

**10.34.** Можно ли наэлектризовать воду? Объясните свой ответ.

**10.35.** Почему электризация при трении раньше всего была замечена на непроводящих электричество телах?

**10.36.** Зависит ли сила электрического взаимодействия от расстояния между заряженными телами? Подтвердите ваш ответ примером.

**10.37.** Какая опасность для бензовоза (рис. 34) может возникнуть при его движении? Как ее предотвратить?



Рис. 34

**10.38.** Можно ли концы стеклянной палочки зарядить разноименно?

**10.39.** Бывали случаи, когда быстро поднимающийся воздушный шар (рис. 35) загорался в воздухе. Чем это объяснить?



Рис. 35



### Третий уровень

**10.40.** Почему мы уверены, что электрический заряд бывает двух видов («+» и «-»), а не трех или четырех?

**10.41.** Может ли эbonитовая палочка при трении электризоваться то отрицательно, то положительно?

**10.42.** Как доказать, что стеклянная палочка, наэлектризованная трением о шелк, и эbonитовая палочка, наэлектризованная трением о шерсть, имеют противоположные по знаку заряды?

**10.43.** Каков физический смысл поговорок: как соломинка и янтарь; что шелковая ленточка к стене льнет?

**10.44.** Если к струйкам воды, падающей из крана, поднести наэлектризованную палочку, то они сольются в одну сплошную струю. «Не подлежит сомнению, — замечает по этому поводу английский физик-экспериментатор Ч. Бойс, — что именно по этой причине капли дождя во время грозы отличаются такой величиной». Объясните это явление.

**10.45.** К двум висящим на нитях заряженным шарикам подносят снизу отрицательно заряженную эbonитовую пластинку. В результате положения шариков изменяются (на рис. 36, *a*—*г* пунктирными линиями показаны первоначальные направления нитей). На каком из рисунков допущена ошибка? Каков знак заряда каждого из шариков?

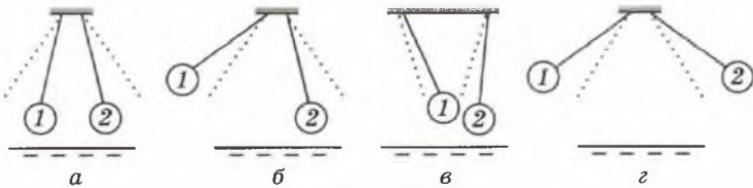


Рис. 36



**10.46.** Могут ли тела электризоваться при соприкосновении без трения?

**10.47.** Достаточно ли коснуться шарика электрометра заряженной эбонитовой палочкой, чтобы стрелка электрометра заметно отклонилась? Обоснуйте свой ответ.

**10.48.** Почему в опытах по электризации обычно используют палочки из диэлектрика, а не из проводника?

**10.49.** Две гильзы, подвешенные на шелковых нитях, притянулись друг к другу и после контакта оттолкнулись друг от друга. Объясните это явление.

**10.50.** Почему электрическое отталкивание обнаружили почти через две тысячи лет после того, как было обнаружено притяжение?

**10.51.** Если к заряженному металлическому шарику прикоснуться пальцем, он теряет практически весь заряд. Почему?

Быть может, эти электроны —  
Мирь, где пять материков,  
Искусства, знанья, войны, троны  
И память сорока веков!  
Еще, быть может, каждый атом —  
Вселенная, где сто планет;  
Там все, что здесь в объеме сжатом,  
Но также то, чего здесь нет.

В. Я. Брюсов

## 11. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА. ЗАКОН КУЛОНА

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

**11.1.** Как устроен электроскоп и для чего его применяют?

**11.2.** Зависит ли угол отклонения листочеков электроскопа от знака переданного им заряда?

**11.3.** Как по углу расхождения листочеков электроскопа судят о его заряде?

**11.4.** Почему угол отклонения листочеков заряженного электроскопа со временем уменьшается?

**11.5.** Почему разряжается электроскоп, если его шарика коснуться пальцем?

**11.6.** Сформулируйте закон сохранения электрического заряда. Каково условие его выполнения?

**11.7.** В каком случае электрический заряд системы может измениться?

**11.8.** В каком случае два взаимодействующих заряженных шарика можно считать точечными зарядами?

**11.9.** Какие закономерности взаимодействия заряженных тел установил Кулон?

**11.10.** Как изменяется сила взаимодействия между двумя точечными зарядами при увеличении расстояния между ними?

## Первый уровень

**11.11.** Почему отклоняется стрелка электрометра, если дотронуться до шарика электрометра заряженным телом?

**11.12.** Почему оставленный на долгое время заряженным электроскоп со временем разряжается?

**11.13.** Если стеклянной палочкой провести по металлическому стержню электроскопа, то электроскоп покажет наличие заряда. Откуда же появился этот заряд?

**11.14.** Изменится ли масса отрицательно заряженного шарика электроскопа, если его коснуться рукой? Если изменится, то как?

**11.15.** Какого знака заряд надо сообщить медному шару, чтобы его масса уменьшилась?

## Второй уровень

**11.16.** Почему стрелка электрометра отклоняется, когда электрометр заряжают? Зависит ли отклонение стрелки от знака заряда?

**11.17.** В каком случае при соприкосновении двух заряженных тел их заряды нейтрализуют друг друга? Подтвердите ответ примером.

**11.18.** С помощью каких опытов можно сравнить электрические заряды двух тел?

**11.19.** Сохраняется ли сумма модулей зарядов всех тел в электрически изолированной системе?

**11.20.** Как изменится сила взаимодействия между двумя точечными зарядами, если увеличить расстояние между ними в 2 раза?

**11.21.** Как изменилось расстояние между двумя точечными зарядами, если сила взаимодействия между ними уменьшилась в 9 раз?

**11.22.** С какой силой взаимодействовали бы два точечных заряда по 1 Кл каждый, расположенные в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга?

### ■ Третий уровень

 **11.23.** Заряд одного металлического шарика  $5q$ , а заряд другого такого же шарика равен  $-9q$ . Шарики привели в соприкосновение и раздвинули. Какой заряд будет после этого у каждого из шариков?

**11.24.** Заряды двух одинаковых металлических шариков равны соответственно  $-8q$  и  $-12q$ . Шарики привели в соприкосновение и раздвинули. Какой заряд будет после этого у каждого из шариков?

**11.25.** С какой силой будут взаимодействовать два точечных заряда по 100 мКл, если их расположить в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга?

**11.26.** Два точечных заряда 2,3 и 3,5 нКл расположены в вакууме на расстоянии 1,7 см друг от друга. Найдите силу взаимодействия между ними.

**11.27.** Два одинаковых точечных заряда, расположенные на расстоянии 9 см в вакууме, отталкиваются с силами 1 мН. Каковы модули этих зарядов?

**11.28.** На каком расстоянии нужно расположить в вакууме два точечных заряда 5 и 6 нКл, чтобы они отталкивались друг от друга с силой 1,2 мН?

**11.29.** Во сколько раз надо изменить заряд одного из двух точечных тел, чтобы при увеличении расстояния между ними в 16 раз сила их взаимодействия не изменилась?

**11.30.** Два одинаковых точечных заряда взаимодействуют с силой 0,4 мН, находясь на расстоянии 5 см друг от друга. Чему равен модуль каждого заряда?

### Крепкие орешки

 **11.31.** Модуль заряда одного из двух одинаковых маленьких металлических шариков в 5 раз больше модуля заряда другого. Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Во сколько раз изменился модуль силы их взаимодействия, если:

- шарики были заряжены одноименно;
- шарики заряжены разноименно?

**11.32.** Докажите, что если два одинаковых маленьких металлических шарика, имеющие неравные одноименные заряды, привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние, то сила взаимодействия обязательно увеличится.

**11.33.** Можно ли (а если можно, то как) уменьшить заряд металлического шарика в 3 раза?

Лениво катит волны голубой электролит,  
Звезда мигнула вспышкою сверхновой.  
Разряд заката тянет, как магнит,  
Как сила электрического поля.

*Вера Зен*

## 12. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

---

### Пример решения задачи

На гладком деревянном столе находятся два заряженных шара. В начальный момент шары удерживают в покое. Как будет изменяться энергия электрического поля, создаваемого зарядами шаров, если отпустить шары? Зависит ли ответ от того, имеют шары заряды одного знака или противоположного?

**Решение.** Под действием электрических сил оба шара придут в движение, т. е. их кинетическая энергия начнет увеличиваться. Следовательно, согласно закону сохранения энергии будет уменьшаться энергия электрического поля, созданного шарами. Это будет происходить как в том случае, когда шары заряжены одноименно (тогда они начнут удаляться друг от друга вследствие отталкивания), так и в том случае, когда шары заряжены разноименно (тогда они будут приближаться друг к другу вследствие притяжения).

**Ответ.** Энергия электрического поля в любом случае будет уменьшаться.

---

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

**12.1.** Чем отличается пространство, окружающее наэлектризованное тело, от пространства, окружающего нейтральное тело?

**12.2.** Как можно обнаружить электрическое поле?

**12.3.** Какой прибор, созданный человеком, прекрасно «чувствует» электрическое поле?

**12.4.** Передается ли действие заряженных тел друг на друга в вакууме?

**12.5.** Каковы главные свойства электрического поля?

**12.6.** Какие опыты указывают на то, что электрическое поле обладает энергией?

## Первый уровень

**12.7.** Как убедиться, что вокруг заряженного тела существует электрическое поле?

**12.8.** Как с помощью электрического поля можно описать взаимодействие электрических зарядов?

**12.9.** Электрическое поле заряженного шарика действует на заряженную пылинку, находящуюся вблизи него. Действует ли поле пылинки на шарик?

**12.10.** Существует ли электрическое поле вокруг электрона?

**12.11.** Будут ли взаимодействовать близко расположенные заряженные бумажные гильзы в безвоздушном пространстве, например на Луне?

## Второй уровень

**12.12.** Как вы думаете, существует ли вещество, внутри которого нет электрического поля?

**12.13.** Опишите взаимодействие заряженных тел на основе представления об электрическом поле.

**12.14.** Как можно увеличить энергию электрического поля двух одноименных зарядов?

**12.15.** Заряд одной из обкладок конденсатора  $10^{-6}$  Кл. Каков заряд другой обкладки?

**12.16.** Как взаимодействуют между собой обкладки заряженного конденсатора — притягиваются или отталкиваются?

**12.17.** Как можно убедиться, что электрическое поле в заряженном конденсаторе обладает энергией?

 **12.18.** Два одинаковых металлических шарика висят на шелковых нитях, не касаясь друг друга. Один из шариков заряжен. Как уменьшить заряд этого шарика в 2 раза? в 4 раза? Годится ли предложенный вами способ, если шарики эbonитовые?

## Третий уровень

**12.19.** Зернышко риса притягивается к отрицательно заряженной эbonитовой палочке. Можно ли утверждать, что зернышко заряжено положительно? Обоснуйте свой ответ.

 **12.20.** Две легкие одноименно заряженные гильзы из фольги подвешены на шелковых нитях одинаковой длины в одной точке. Что произойдет, если коснуться одной из гильз рукой?

 **12.21.** Как с помощью заряженной эbonитовой палочки сообщить двум металлическим шарикам заряды разного знака, причем так, чтобы заряд самой палочки при этом не изменился?

**12.22.** На тонких шелковых нитях подвешены две одинаковые легкие бумажные гильзы. Одна из них заряжена, другая нет. Как определить, какая из них заряжена?

 **12.23.** Почему стрелка электрометра отклоняется, если к нему поднести заряженное тело, не прикасаясь к электрометру?

 **12.24.** Как изменится отклонение стрелки заряженного электрометра, если поднести к нему (не прикасаясь) тело с зарядом того же знака? противоположного знака?

**12.25.** Как с помощью отрицательно заряженной эbonитовой палочки определить знак заряда электроскопа, не прикасаясь палочкой к электроскопу?

**12.26.** Как с помощью отрицательно заряженного металлического шарика зарядить положительно другой такой же шарик, не изменения заряда первого шарика?

**12.27.** Как с помощью отрицательно заряженной палочки зарядить положительно листочки электроскопа?

### Крепкие орешки

 **12.28.** Почему незаряженные тела притягиваются к заряженным, независимо от знака их заряда?

**12.29.** Заряженную стеклянную палочку подносят поочередно к металлическим стержням А и Б (рис. 37), находящимся на диэлектрической поверхности. В каком случае сила притяжения между палочкой и стержнем больше?

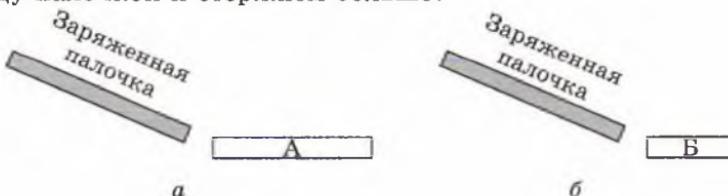


Рис. 37

 **12.30.** Как изменится сила притяжения двух разноименно заряженных тел, если между ними поместить незаряженный металлический шар?

 **12.31.** Сплошному проводнику сообщают электрический заряд. Докажите, что этот заряд распределится так, что электрического поля внутри проводника не будет.

 **12.32.** Как известно, одноименные заряды отталкиваются. А могут ли два одноименно заряженных тела притягиваться друг к другу?

## 13. ДОМАШНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

### Первый уровень

**13.1.** Потрите пластмассовую линейку о бумагу. Покажите, что линейка наэлектризовалась.

**13.2.** Проделайте опыты, доказывающие, что существуют электрические заряды двух видов.

**13.3.** Наэлектризуйте концы эbonитовой палочки зарядами разных знаков. Как вам удалось это сделать?

**13.4.** Как обнаружить, заряжено ли тело, не имея в распоряжении никаких электрических приборов? Проделайте соответствующие опыты.

**13.5.** Изготовьте «домашний» электрометр. Для этого проволоку, изогнутую в виде буквы «Г», опустите длинным концом в бутылку. На наружный ее конец навесьте согнутую пополам полоску тонкой бумаги. Установите на опыте, можно ли при электризации трением одного и того же тела (из стекла, эbonита или резины) получить различные по знаку заряды.

**13.6.** Зарядите электрометр, пользуясь только эbonитовой палочкой.

**13.7.** Возьмите полиэтиленовую расческу и проведите по чистым сухим волосам. Поднесите ее к электрометру. Почему при этом его стрелка отклоняется?

**13.8.** Потрите шарик на электрометре сухой газетой. Возникает ли при этом электрический заряд на электрометре? Почему?

### Второй уровень

**13.9.** Возьмите резиновую трубку и деформируйте ее (растягивайте и изгибайте), а затем положите на шар электрометра. Почему стрелка электрометра отклоняется?

**13.10.** Возьмите резиновую трубку и разрежьте ее ножницами на маленькие кольца, которые будут падать в шаровой кондуктор электрометра. Почему при этом стрелка электрометра отклоняется?

**13.11.** Потрите сухой рукой стекло электрометра. Отклонится ли стрелка прибора? Почему?

**13.12.** Потрите газетой воздушный шарик, поднесите его к потолку и отпустите. Шарик останется висеть у потолка и может находиться в таком положении сутками. Почему?

**13.13.** Наэлектризуйте два воздушных шарика о газету. Подвесьте их на длинных нитях рядом. Почему они отталкиваются?

**13.14.** Наэлектризуйте один воздушный шарик о газету, другой — о кусок шерстяной материи. Подвесьте их на некотором расстоянии друг от друга. Почему они притягиваются?

**13.15.** Положите на сухое стекло или пластинку текстолита лист бумаги. Проведите несколько раз по бумаге резиновым валиком, применяемым в фотографии. Если теперь лист бумаги поднести к электрометру, то он обнаруживает электрический заряд. То же самое наблюдается с резиновым валиком. Как объяснить наблюданное явление?

**13.16.** Как, имея заряженный электрометр, выяснить, проводит ли электрический заряд карандаш, линейка или другое тело?

**13.17.** Зарядите бумажный султан и поднесите к нему руку. Почему бумажные полоски притягиваются к руке?

**13.18.** Проверьте с помощью легкой сухой деревянной рейки, подвешенной на тонкой нити, что около заряженного шарика на изолирующем штативе существует электрическое поле.

**13.19.** Как, используя электрическое поле вокруг заряженной палочки, заставить кусочек ваты парить в воздухе? Проделайте опыт и дайте ему объяснение.

**13.20.** Исследуйте взаимодействие наэлектризованной палочки с небольшой струей воды. Объясните наблюдаемые явления.

## Третий уровень

**13.21.** Зарядите электроскоп зарядом любого знака. Укажите способ, с помощью которого можно изменить угол отклонения листочек прибора, не пользуясь заряженными телами.

**13.22.** Исследуйте, как ведут себя листочки электроскопа, имеющего небольшой заряд, при приближении к нему сильно наэлек-

тризованной (зарядом противоположного знака) палочки. Объясните наблюдаемое явление.

**13.23.** Попробуйте зарядить электрометр положительным зарядом, имея в распоряжении только отрицательно заряженную палочку.

**13.24.** Поднесите к электрометру заряженное тело, не прикасаясь к прибору. Почему стрелка прибора при этом отклоняется? Объясните опыт.

**13.25.** Зарядите электрометр отрицательным зарядом. Медленно подносите к нему издалека положительно заряженную стеклянную палочку. Вначале угол отклонения стрелки уменьшится до нуля. При дальнейшем приближении заряженной палочки вновь происходит отклонение стрелки электрометра. Объясните это явление.

**13.26.** Поднесите к электрометру заряженную палочку и коснитесь шарового кондуктора. Стрелка отклоняется. Одновременно пальцем другой руки прикоснитесь к шаровому кондуктору электрометра. Стрелка приходит в нулевое положение. Уберите палец, а затем наэлектризованную палочку. Стрелка электрометра отклоняется. Объясните наблюдаемое явление.

## 14. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

### Пример решения задачи

Движутся ли заряженные частицы в проводнике, когда по нему не идет электрический ток?

**Решение.** В отсутствие электрического тока заряженные частицы (электроны, ионы) движутся, но беспорядочно. При таком движении не происходит переноса заряда из одной области проводника в другую. Ток возникает, когда движение свободных заряженных частиц становится упорядоченным. Это происходит, например, под действием электрического поля.

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

**14.1.** При каких условиях существует ток в замкнутой электрической цепи?

**14.2.** Приведите пример простейшей электрической цепи.

**14.3.** Направление движения каких частиц принимают за направление электрического тока?

**14.4.** Совпадает ли направление тока в металлических проводниках с направлением движения электронов?

**14.5.** Какие виды энергии можно превращать в электрическую энергию? Приведите примеры.

**14.6.** Каковы основные части электрической цепи?

**14.7.** Какие источники электрического тока вам известны? Каково их назначение?

**14.8.** Какие потребители электрической энергии вы знаете? Какие потребители есть у вас дома?

**14.9.** Каким образом можно узнать, что по проводнику протекает электрический ток?

**14.10.** Приведите примеры теплового действия тока.

**14.11.** Приведите примеры светового действия тока.

**14.12.** Приведите примеры химического действия тока.

**14.13.** Приведите примеры магнитного действия тока. Чем оно отличается от других действий тока? Где используют это различие?

**14.14.** На чем основана работа гальванических источников тока? Используете ли вы такие источники тока сегодня? Приведите несколько примеров такого использования.

## Первый уровень

**14.15.** Какие преобразования энергии происходят в электрической цепи?

**14.16.** Каково главное преимущество передачи энергии с помощью электрического тока?

**14.17.** Возникает ли электрический ток при заземлении заряженного металлического шарика?

**14.18.** Два разноименно заряженных металлических шарика соединяют проводником. В какую сторону пойдет электрический ток по проводнику?

**14.19.** Является ли электрическим током молния, возникающая между облаком и Землей (рис. 38, а)? между облаками (рис. 38, б)?

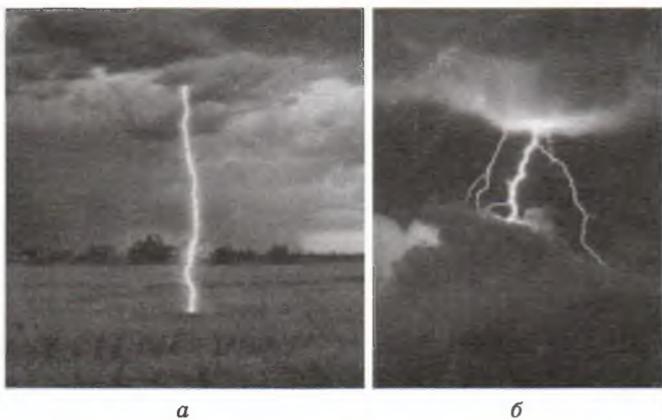


Рис. 38

**14.20.** Какие превращения энергии происходят при работе гальванического элемента (рис. 39)?



Рис. 39

**14.21.** Можно ли тепловое движение электронов в проводнике назвать электрическим током?

**14.22.** Какое действие электрического тока используют в электрических чайниках?

**14.23.** Изобразите в тетради условные обозначения источника тока, батарейки, лампочки, ключа.

**14.24.** Нарисуйте схему соединения батарейки, лампочки и двух ключей, при котором для включения лампочки необходимо замкнуть хотя бы один ключ.

## Второй уровень

**14.25.** Что понимают под скоростью распространения электрического тока? Совпадает ли она со скоростью движения свободных зарядов в проводнике?

**14.26.** В какой вид энергии преобразуется электрическая энергия вследствие теплового действия тока? светового? химического? магнитного?

**14.27.** В каких устройствах используют тепловое действие тока? магнитное действие?

**14.28.** Какие действия электрического тока можно наблюдать, пропуская его через морскую воду?

 **14.29.** Каково назначение источника тока в электрической цепи? Можно ли сказать, что он создает заряды на полюсах?

**14.30.** Во всей ли цепи электрический ток течет от положительного к отрицательному полюсу источника тока?

 **14.31.** Трамвайная линия, в отличие от троллейбусной, имеет только один электрический провод. Как в этом случае создается замкнутая цепь?

**14.32.** Нарисуйте схему соединения батарейки, двух лампочек и двух ключей, при котором включение и выключение каждой лампочки производится «своим» ключом.

**14.33.** Нарисуйте схему соединения батарейки, лампочки, звонка и двух ключей, при которой лампочка загорается при включении звонка, но может быть включена и при неработающем звонке.

**14.34.** Нарисуйте схему соединения батарейки, двух лампочек и трех ключей, при которой включение и выключение каждой лампочки производится «своим» ключом, а размыкание третьего ключа позволяет отключить обе лампочки.

**14.35.** Предложите схему соединения источника тока, звонка и двух ключей, позволяющую включить звонок из двух разных мест.

## Третий уровень

**14.36.** Начертите в тетради таблицу:

Энергия			
внутренняя	химическая	механическая	световая

Впишите в эту таблицу устройства для получения электрического тока в соответствии с тем видом энергии, который они используют: фотоэлемент, гальванический элемент, аккумулятор, ветроэлектрогенератор, солнечная батарея, теплоэлектроцентраль, гидроэлектростанция, термоэлемент.

**14.37.** Известен такой факт: Фарадей приходил на лекции в фетровой шляпе, доставал из кармана горсть медных и цинковых монет, флакон с раствором кислоты и ножницы (рис. 40). Как вы думаете, для чего Фарадею был нужен такой странный комплект предметов?



Рис. 40

**14.38.** Металлы и водные растворы солей, кислот и щелочей являются проводниками электрического тока. Что общего и в чем различие в движении частиц, составляющих эти вещества, при протекании электрического тока?

**14.39.** Две цинковые пластины опущены в сосуд с раствором серной кислоты. Является ли такое устройство гальваническим элементом? Что будет, если одну из цинковых пластинок заменить на медную?

 **14.40.** Каким образом, опустив в стакан с водой два провода, присоединенные к полюсам источника тока, можно узнать, исправлен ли он?

**14.41.** Переключатель (рис. 41) в одном из положений соединяет провода *a* и *b*, а в другом — провода *a* и *c*. Нарисуйте схему соединения батарейки, переключателя и двух ламп, при которой в зависимости от положения переключателя горит или одна лампа, или другая.

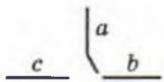


Рис. 41

**14.42.** Предложите схему соединения источника тока, лампочки и двух переключателей, позволяющую включать и выключать свет из двух разных мест.

**14.43.** Одна из клавиш выключателя позволяет включать и выключать три лампы в люстре, а другая клавиша — еще две лампы. Нарисуйте схему цепи, если известно, что перегорание одной из ламп не приводит к отключению остальных; к люстре подведены три провода.

**14.44.** Предложите схему цепи, в которой две лампы и два ключа, причем лампу  $L_1$  включает и выключает ключ  $K_1$  (независимо от состояния ключа  $K_2$ ), а лампа  $L_2$  загорается только при замыкании обоих ключей.

А как Металл — всех недр земных владыка —  
Свет отражает и проводит ток?  
Все Атомы — от мала до велика —  
Часть Электронов отдают в оброк,  
И общий образуется поток,  
Который, словно Облако, бесплотно  
Вдоль Поля устремляется охотно  
Сквозь Ионы, упакованные плотно,  
Как шарики пинг-понга в коробок.

Джон Андайк. Танцы твердых тел

## 15. СИЛА ТОКА И НАПРЯЖЕНИЕ. ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ

$$I = \frac{U}{R}, R = \rho \frac{l}{S}$$

### Пример решения задачи

На рис. 42 изображены графики зависимости силы тока от напряжения для двух резисторов (1 и 2). Чему равно сопротивление этих проводников?

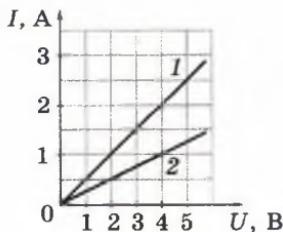


Рис. 42

**Решение.** Из закона Ома следует:  $R = \frac{U}{I}$ . Следовательно, чтобы найти сопротивление проводника, надо выбрать на графике какое-либо значение напряжения и разделить его на соответствующее ему по графику значение силы тока. Например, для резистора 1 значению напряжения  $U = 5$  В соответствует сила тока  $I = 2,5$  А. Отсюда  $R_1 = \frac{5\text{ В}}{2\text{ А}} = 2$  Ом. Для нахождения сопротивления резистора 2 удобнее взять значение напряжения  $U = 4$  В, которому соответствует сила тока  $I = 1$  А. Отсюда для резистора 2 получаем  $R_2 = \frac{4\text{ В}}{1\text{ А}} = 4$  Ом. Обратите внимание: чем больше сопротивление резистора, тем меньше угол наклона графика зависимости силы тока от напряжения. Это легко понять: ведь чем больше сопротивление резистора, тем меньше сила тока при том же напряжении.

---

## УСТНАЯ РАЗМИНКА

**15.1.** Какова сила тока в проводнике, если за 2 с через поперечное сечение этого проводника проходит заряд 6 Кл?

**15.2.** Какой заряд проходит через поперечное сечение проводника за 5 с при силе тока 3 А?

**15.3.** Каким прибором измеряют силу тока? Как этот прибор включают в цепь?

**15.4.** За некоторое время через лампу прошел заряд 5 Кл, а электрическое поле совершило при этом работу 60 Дж. Каково напряжение на лампе?

**15.5.** При напряжении на лампе 6 В через лампу прошел заряд 2 Кл. Определите, какую работу совершило электрическое поле за это время.

**15.6.** Каким прибором измеряют напряжение? Как этот прибор включают в цепь?

**15.7.** Чему равно сопротивление проводника, по которому при напряжении 12 В протекает ток силой 2 А?

**15.8.** Какую физическую величину называют сопротивлением? Какова единица сопротивления?

**15.9.** Каково сопротивление проводника, сила тока в котором равна 2 А при напряжении 8 В?

**15.10.** Что характеризует удельное сопротивление: проводник или вещество, из которого он изготовлен?

**15.11.** Удельное сопротивление меди  $0,017 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ . Каково сопротивление медного провода длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1  $\text{мм}^2$ ?

**15.12.** Где используют проводники с малым удельным сопротивлением? Приведите примеры.

**15.13.** Где используют проводники с большим удельным сопротивлением? Приведите примеры.

**15.14.** Почему провода делают обычно из меди или алюминия?

**15.15.** Необходимо вдвое увеличить силу тока в данном проводнике. Что для этого надо сделать?

### Первый уровень

**15.16.** На цоколе лампочки для фонарика написано: «0,2 А». Какой заряд проходит через лампочку за 2 с?

**15.17.** На цоколе лампочки для фонарика написано: «3,5 В». Какую работу совершают электрический ток, когда через лампочку проходит заряд 10 Кл?

**15.18.** На рис. 43 изображена шкала амперметра. Каковы цена деления и пределы измерения прибора<sup>1</sup>? Запишите показания амперметра.



Рис. 43

**15.19.** На рис. 44 изображена шкала вольтметра. Каковы цена деления и пределы измерения прибора? Запишите показания вольтметра.

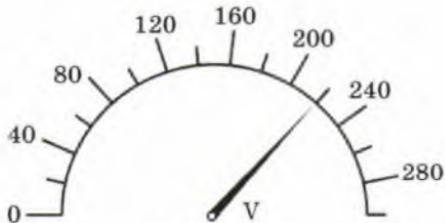


Рис. 44

<sup>1</sup> Минимальное и максимальное значения физической величины, которые может измерить прибор.

**15.20.** На рис. 45 изображены шкалы двух амперметров. Какой из приборов вы бы выбрали, чтобы как можно точнее измерить значение силы тока в цепи? Обоснуйте свой выбор.

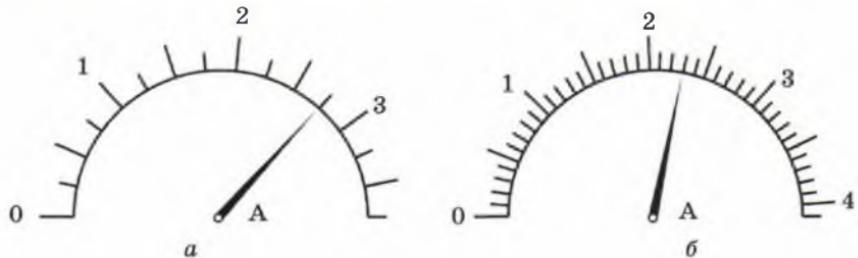


Рис. 45

**15.21.** На рис. 46 изображены шкалы двух вольтметров. Какой из приборов вы бы выбрали, чтобы как можно точнее измерить значение напряжения на участке цепи? Обоснуйте свой выбор.

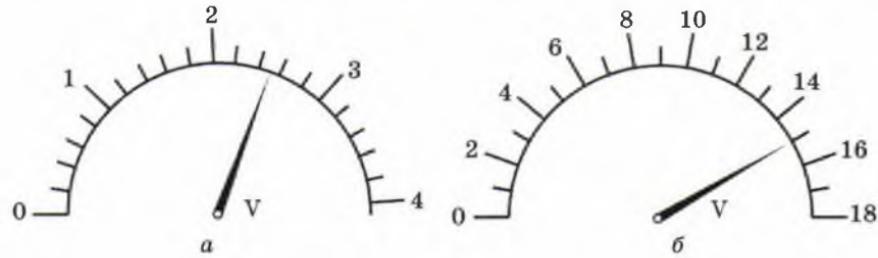


Рис. 46

**15.22.** Ученик утверждает, что амперметр, включенный в цепь перед лампой, покажет большую силу тока, чем включенный после нее (рис. 47). Прав ли он? Поясните свой ответ.



Рис. 47

**15.23.** Определите силу тока в электрической лампе, если через ее нить накала за 5 мин проходит электрический заряд 150 Кл.

**15.24.** Сила тока через электрическую лампочку карманного фонарика 0,22 А. Какой заряд проходит через лампочку за 10 с?

**15.25.** За какое время через поперечное сечение проводника при силе тока 200 мА пройдет заряд, равный 60 Кл?

**15.26.** Определите напряжение на участке цепи, если при прохождении заряда 30 Кл была совершена работа 180 Дж.

**15.27.** Напряжение на лампе 220 В. Какая совершается работа при прохождении через нить накала лампы заряда 50 Кл?

**15.28.** Напряжение на автомобильной лампочке 6 В. Какой заряд прошел через нить накала лампочки, если при этом была совершена работа 720 Дж?

**15.29.** Каково сопротивление медного провода длиной 10 м и площадью поперечного сечения  $0,5 \text{ мм}^2$ ?

**15.30.** Размеры никромового и железного проводов одинаковы. Сопротивление какого провода больше?

**15.31.** Каково сопротивление медного провода длиной 5 км и площадью поперечного сечения  $0,85 \text{ мм}^2$ ?

**15.32.** Реостат сопротивлением 21 Ом изготовлен из никелиновой проволоки. Какова длина проволоки, если площадь ее поперечного сечения  $0,5 \text{ мм}^2$ ?

**15.33.** При какой площади поперечного сечения медный провод длиной 50 м будет иметь сопротивление 0,5 Ом?

**15.34.** Каково напряжение на резисторе сопротивлением 10 Ом, сила тока в котором равна  $0,5 \text{ А}$ ?

**15.35.** Каково сопротивление проводника, сила тока в котором равна  $0,2 \text{ А}$  при напряжении 4 В?

**15.36.** На электрической лампочке написано: «4,5 В, 0,25 А». Каково сопротивление нити накала в рабочем состоянии?



## Второй уровень

**15.37.** Как по химическому действию тока можно судить о прошедшем заряде?

**15.38.** Одинаковые ли электрические заряды пройдут через поперечное сечение проводника за 3 с при силе тока 5 А и за полминуты при силе тока 0,5 А?

**15.39.** Почему сопротивление различных проводников не одинаково?

**15.40.** Как можно определить напряжение сети в квартире, используя любые приборы, кроме вольтметра?

**15.41.** Определите число электронов, проходящих за 1 с через сечение металлического проводника при силе тока в нем  $0,8 \text{ мА}$ .

**15.42.** В электронагревателе никелиновую проволоку площадью поперечного сечения  $1 \text{ мм}^2$  заменяют никромовой проволокой такой же длины. Какой должна быть площадь поперечного сечения никромовой проволоки, чтобы сопротивление нагревателя осталось прежним?

**15.43.** Каким может быть диаметр медного провода длиной 10 м, если его сопротивление во избежание перегрева не должно превышать 1 Ом?

**15.44.** На рис. 48 представлен график зависимости силы тока от напряжения для двух проводников. Какой из проводников имеет большее сопротивление?

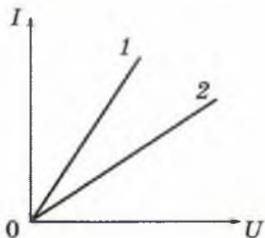


Рис. 48

**15.45.** На рис. 49 представлен график зависимости силы тока от напряжения для трех различных проводников. Каково сопротивление каждого из них?

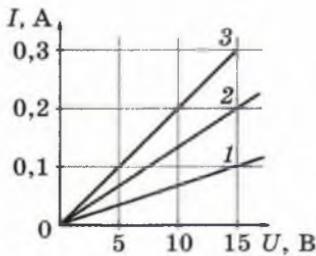


Рис. 49

**15.46.** Постройте график зависимости силы тока от напряжения для двух проводников, сопротивление которых 5 и 15 Ом.

**15.47.** Переменный резистор с максимальным сопротивлением 200 Ом подключен к источнику постоянного напряжения 12 В. Постройте график зависимости силы тока в цепи от сопротивления резистора  $I(R)$ .

**15.48.** При переносе заряда 120 Кл из одной точки электрической цепи в другую за 8 мин совершена работа 600 Дж. Определите напряжение и силу тока в цепи.

**15.49.** Напряжение на концах проводника 15 В. Какова сила тока в проводнике, если за 20 с совершена работа 150 Дж?

**15.50.** Какой заряд проходит по проводнику за 1 мин, если его сопротивление 15 Ом, а напряжение на концах проводника 6 В?

**15.51.** При перемещении заряда 60 Кл по спирали электронагревателя была совершена работа 900 Дж. Какова сила тока в спирали, если ее сопротивление 30 Ом?

**15.52.** За 20 с через проводник прошел заряд 30 Кл. Каково напряжение на концах проводника, если его сопротивление 10 Ом?

**15.53.** Определите сопротивление участка цепи, если при напряжении 12 В через этот участок за 15 с прошел заряд 30 Кл.

### Третий уровень

**15.54.** Объясните наличие электрического сопротивления у проводников с точки зрения молекулярной теории строения вещества.

**15.55.** Два алюминиевых провода имеют одинаковую массу. Диаметр первого провода в 2 раза больше, чем диаметр второго. Какой из проводов имеет большее сопротивление и во сколько раз?

**15.56.** Во сколько раз отличаются значения сопротивления двух алюминиевых проводов, если один из них имеет в 6 раз меньшую длину и в 3 раза меньшую площадь поперечного сечения, чем другой?

 **15.57.** Спираль изготовлена из никромовой проволоки с площадью поперечного сечения  $S = 1 \text{ мм}^2$ . Какова длина этой проволоки, если при силе тока  $I = 0,6 \text{ А}$  напряжение на спирали  $U = 15 \text{ В}$ ?

**15.58.** Какое напряжение нужно приложить к свинцовой проволоке длиной 2 м, чтобы сила тока в проволоке равнялась 2 А? Площадь поперечного сечения проволоки  $0,3 \text{ мм}^2$ .

**15.59.** Какова площадь поперечного сечения медной проволоки, сила тока в которой 0,05 А при напряжении 5 В? Длина проволоки 400 м.

### Крепкие орешки

 **15.60.** Сопротивление медной проволоки  $R = 1 \text{ Ом}$ , ее масса  $m = 1 \text{ кг}$ . Найдите длину проволоки  $l$  и площадь ее поперечного сечения  $S$ . Плотность меди равна  $8900 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

 **15.61.** Каково сопротивление железной трубки длиной  $l = 3 \text{ м}$ , если внутренний диаметр трубки  $d = 3 \text{ см}$ , а толщина ее стенок  $a = 1 \text{ мм}$ ?

**15.62.** Нужно изготовить провод длиной 100 м и сопротивлением 1 Ом. В каком случае провод получится легче: если его сделать из алюминия или из меди? Во сколько раз?

**15.63.** Из металла массой 1 кг нужно изготовить провод длиной 1 км. В каком случае сопротивление провода будет меньше (и во сколько раз): если его сделать из меди или серебра?

Когда разнородных металлов  
Контакт обеспечит среда  
Из водно-кислотных составов,  
То ток возникает всегда!

Э. Г. Братута

## 16. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ

$$R = R_1 + R_2, \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

### Пример решения задачи

Каково сопротивление  $R$  показанной на рис. 50 цепи? Сопротивление резисторов  $R_1 = R_2 = 30 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = R_4 = 60 \text{ Ом}$ .

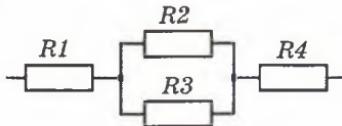


Рис. 50

**Решение.** Резисторы  $R_2$  и  $R_3$  соединены параллельно, поэтому сопротивление соответствующего участка цепи

$$R_{2-3} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{30 \text{ Ом} \cdot 60 \text{ Ом}}{30 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом}} = 20 \text{ Ом}.$$

Резисторы  $R_1$  и  $R_4$  подключены к участку цепи  $R_2-R_3$  последовательно, поэтому

$$R = R_1 + R_{2-3} + R_4 = 30 \text{ Ом} + 20 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом} = 110 \text{ Ом}.$$

*Ответ.*  $R = 110 \text{ Ом}$ .

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

**16.1.** Резисторы сопротивлением 2 и 3 Ом соединены последовательно. Чему равно их общее сопротивление?

**16.2.** Резисторы сопротивлением 2 и 3 Ом соединены параллельно. Чему равно их общее сопротивление?

**16.3.** Резисторы сопротивлением 7, 13, 29 и 127 Ом включены последовательно. Можно ли утверждать, что их общее сопротивление больше 131 Ом?

**16.4.** Резисторы сопротивлением 7, 13, 29 и 127 Ом включены параллельно. Можно ли утверждать, что их общее сопротивление меньше 7 Ом?

**16.5.** Каковы основные свойства последовательного соединения проводников?

**16.6.** Каковы основные свойства параллельного соединения проводников?

**16.7.** Является ли последовательным соединение резисторов  $R_1$  и  $R_2$ ?  $R_4$  и  $R_5$  (рис. 51)?

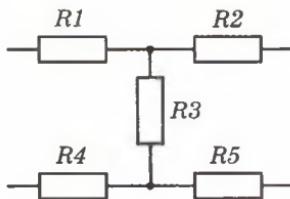


Рис. 51

**16.8.** Является ли параллельным соединение резисторов  $R_1$  и  $R_2$  (рис. 52)?

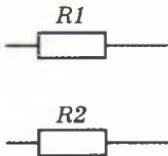


Рис. 52

## Первый уровень

**16.9.** Почему все осветительные приборы в вашей квартире подключены к сети параллельно?

**16.10.** Участок цепи состоит из двух последовательно соединенных проводников сопротивлением 5 и 10 Ом. Напряжение на каком из проводников больше? Во сколько раз?

**16.11.** Участок цепи состоит из двух параллельно соединенных проводников сопротивлением 5 и 10 Ом. В каком из проводников сила тока больше? Во сколько раз?

**16.12.** Как изменится сопротивление цепи, если сопротивление одного из резисторов в этой цепи:

- а) увеличить;
- б) уменьшить?

Зависит ли ответ от типа соединения проводников?

**16.13.** Каково сопротивление цепей (рис. 53, а—е), если сопротивление каждого из резисторов 1 Ом?

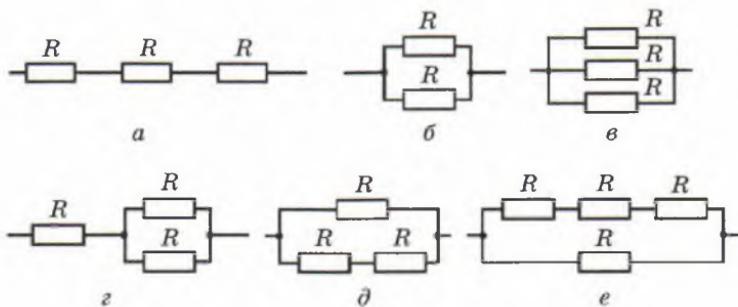


Рис. 53

**16.14.** Участок цепи состоит из двух последовательно соединенных резисторов, сопротивление которых  $R_1 = 50$  Ом и  $R_2 = 70$  Ом. Напряжение на участке цепи  $U = 60$  В. Найдите силу тока в цепи  $I$  и напряжения  $U_1$  и  $U_2$  на каждом из резисторов.

**16.15.** Резисторы, сопротивление которых 2 и 3 кОм, соединены последовательно и подключены к источнику постоянного напряжения 15 В. Найдите силу тока в цепи и напряжение на каждом из резисторов.

**16.16.** Резисторы, сопротивление которых 2 и 3 кОм, соединены параллельно и подключены к источнику постоянного напряжения 15 В. Найдите силу тока в каждом из резисторов и сопротивление цепи.

## Второй уровень

**16.17.** В елочной гирлянде перегорела всего одна лампочка, а погасли все. Почему это произошло? Что нужно сделать для того, чтобы гирлянда продолжала гореть, если нет запасной лампочки?

**16.18.** К нескольким параллельно соединенным проводникам подключают параллельно еще один. Как изменится сила тока в этом участке цепи?

**16.19.** Как можно объяснить тот факт, что общее сопротивление параллельно соединенных проводников меньше сопротивления каждого из входящих в это соединение проводников?

**16.20.** Стальная и алюминиевая проволоки одинакового размера включены последовательно. На какой из них напряжение больше? Во сколько раз?

**16.21.** Медная и свинцовая проволоки одинакового размера включены параллельно. В какой из них сила тока больше? Во сколько раз?

**16.22.** Начертите схемы возможных различных соединений из четырех одинаковых резисторов.

**16.23.** Каково сопротивление цепей (рис. 54, а—в), если сопротивление каждого из резисторов 1 Ом?

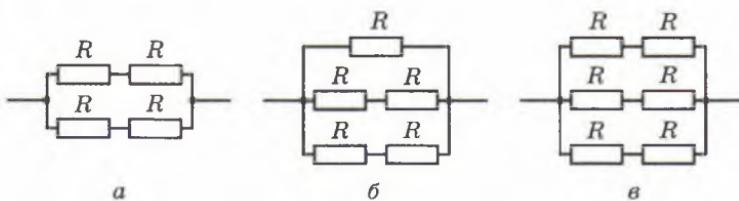


Рис. 54

**16.24.** Каково сопротивление цепи (рис. 55), если сопротивление каждого из резисторов 1 Ом?

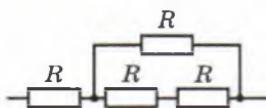


Рис. 55

**16.25.** Четыре резистора сопротивлением  $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 7 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 2 \text{ Ом}$  и  $R_4 = 8 \text{ Ом}$  соединены по схеме, изображенной на рис. 56. Определите общее сопротивление цепи.

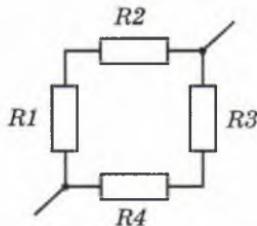


Рис. 56

**16.26.** Как будут изменяться показания приборов (рис. 57), если движок реостата перемещать вправо?

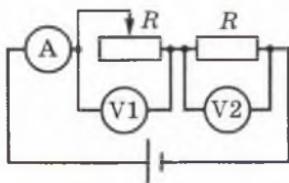


Рис. 57

**16.27.** Три резистора сопротивлением 10, 15 и 30 Ом соединены параллельно. Каково сопротивление цепи? Какова сила тока в каждом из резисторов и общая сила тока в цепи, если к цепи приложено напряжение 36 В?

**16.28.** Как получить сопротивление 25 Ом, используя минимальное число одинаковых резисторов сопротивлением по 10 Ом? Нарисуйте схему соответствующего соединения.

**16.29.** Найдите силу тока в каждом из резисторов (рис. 58, а—в). К цепи приложено напряжение 12 В, сопротивление каждого резистора 1 кОм.

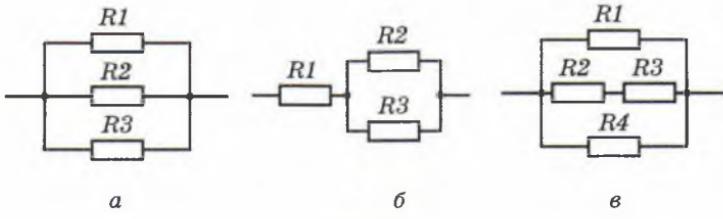


Рис. 58

**16.30.** Найдите силу тока в каждом из одинаковых резисторов (рис. 59) сопротивлением по 60 Ом, если напряжение источника тока  $U = 18$  В.

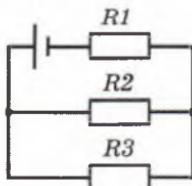


Рис. 59

**16.31.** Найдите силу тока в каждом из резисторов (рис. 60). К цепи приложено напряжение 110 В, сопротивление каждого резистора 200 Ом.

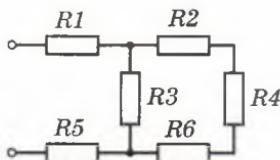


Рис. 60

**16.32.** Сопротивление каждого резистора в цепи (рис. 61) равно 6 Ом. Напряжение источника 3 В. Найдите силу тока в каждом из резисторов.

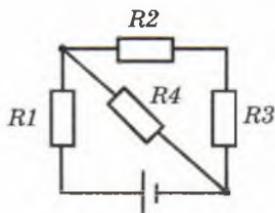


Рис. 61

**16.33.** Как следует включить в цепь амперметр, чтобы измерить силу тока в лампе — последовательно с лампой или параллельно? Нарисуйте соответствующую схему. Каким должно быть сопротивление амперметра по сравнению с сопротивлением лампы?

**16.34.** Как следует включить в цепь вольтметр, чтобы измерить напряжение на лампе — последовательно с лампой или параллельно? Нарисуйте соответствующую схему. Каким должно быть сопротивление вольтметра по сравнению с сопротивлением лампы?

### Третий уровень

**16.35.** Используя закон сохранения электрического заряда, докажите, что во всех участках цепи с последовательным соединением резисторов сила тока одна и та же.

**16.36.** Пользуясь законом сохранения электрического заряда, докажите, что сила тока в неразветвленном участке цепи с параллельным соединением проводников равна сумме сил токов в ветвях цепи.

**16.37.** Ученик по ошибке собрал цепь, показанную на рис. 62<sup>1</sup>, и с удивлением обнаружил, что лампа не горит, хотя вольтметр показывает напряжение, на которое она рассчитана. Объясните этот «опыт».

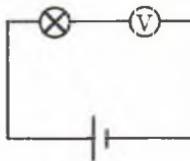


Рис. 62

 **16.38.** В ходе лабораторной работы ученик собрал цепь неправильно, поменяв местами амперметр и вольтметр. Будет ли в собранной цепи гореть лампа? Что покажут приборы? Какой прибор может выйти из строя?

**16.39.** Найдите сопротивление цепи (рис. 63) и силу тока в каждом из одинаковых резисторов сопротивлением по 200 Ом. К цепи приложено напряжение 6 В.

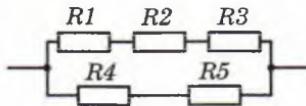


Рис. 63

**16.40.** Найдите сопротивление цепи (рис. 64) и силу тока в каждом из одинаковых резисторов сопротивлением по 500 Ом. К цепи приложено напряжение 12 В.

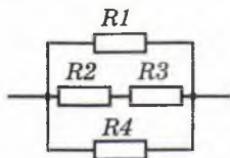


Рис. 64

**16.41.** Как нужно соединить четыре резистора, сопротивление которых  $R_1 = 0,5 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3,5 \text{ Ом}$  и  $R_4 = 4 \text{ Ом}$ , чтобы их общее сопротивление было 1 Ом?

<sup>1</sup> Здесь и далее (если не оговорено иное) сопротивление амперметра считается намного меньшим сопротивления других элементов цепи, а сопротивление вольтметра — намного большим.

**16.42.** Как получить сопротивление 9 Ом, используя минимальное число одинаковых резисторов сопротивлением по 15 Ом? Нарисуйте схему соответствующего соединения.

**16.43.** Вычислите сопротивление цепи, представленной на рис. 65, если  $R = 2$  Ом.

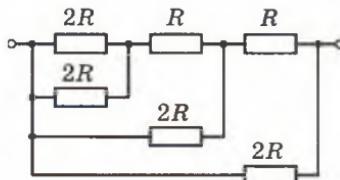


Рис. 65

**16.44.** Найдите силу тока в каждом из резисторов (рис. 66) и приложенное к цепи напряжение, если амперметр показывает силу тока 1 А. Сопротивление резисторов  $R_1 = 6$  Ом,  $R_2 = 12$  Ом,  $R_3 = 5$  Ом.

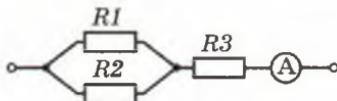


Рис. 66

**16.45.** Какова сила тока в каждом из резисторов (рис. 67) и приложенное к цепи напряжение, если вольтметр показывает напряжение 3 В? Сопротивление резисторов  $R_1 = 3$  кОм,  $R_2 = 6$  кОм,  $R_3 = 4$  кОм.

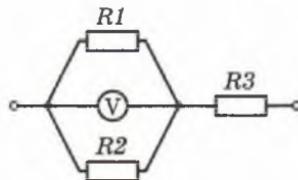


Рис. 67

**16.46.** Найдите силу тока в каждом из одинаковых резисторов (рис. 68) сопротивлением по 120 Ом, если напряжение источника тока 36 В.

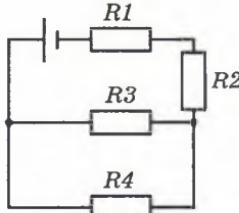


Рис. 68

**16.47.** Найдите силу тока в каждом из одинаковых резисторов (рис. 69) сопротивлением по 30 Ом, если напряжение источника тока 15 В.

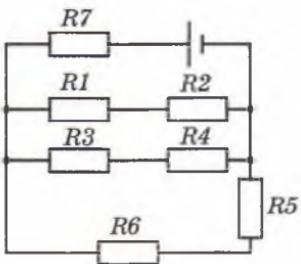


Рис. 69

### Крепкие орешки

**16.48.** Четыре одинаковые лампы соединены, как показано на рис. 70, и подключены к источнику постоянного напряжения. Как изменится накал каждой из ламп, если лампа  $L_4$  перегорит? Зависимость сопротивления ламп от температуры не учитывайте.

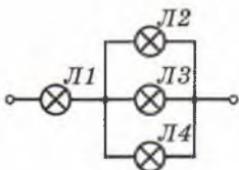


Рис. 70

**16.49.** Найдите силу тока в каждом из резисторов (рис. 71). Напряжение источника тока 91 В, сопротивление каждого из резисторов 35 Ом.

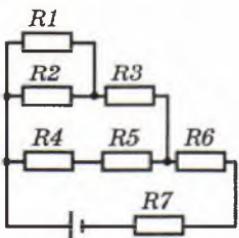


Рис. 71

-  16.50. Каково сопротивление цепи (рис. 72) при разомкнутом и замкнутом ключе? Сопротивление резисторов  $R_1 = R_4 = 600 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = R_3 = 1,8 \text{ Ом}$ .

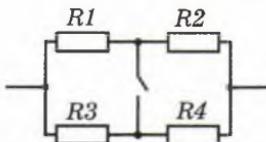


Рис. 72

Сила сцепленья  
Вяжет пары,  
Мощь тяготенья  
Держит миры,  
Атомов сродство  
Жизнь создает,  
Света господство  
К знанью ведет.

*Н. А. Морозов.  
Силы природы*

## 17. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА

$$A = UIt, \quad Q = I^2Rt, \quad P = UI$$

### Пример решения задачи

Нихромовая спираль электроплиты длиной 10 м и площадью поперечного сечения  $0,1 \text{ мм}^2$  включена в сеть напряжением 220 В. Найдите мощность тока в спирали.

**Решение.** Мощность тока в спирали  $P = IU = \frac{U^2}{R}$ .

Поскольку сопротивление спирали  $R = \rho \frac{l}{S}$ , мощность тока

$$P = \frac{U^2 S}{\rho l}.$$

Здесь  $S = 10^{-7} \text{ м}^2$ .

Подставляем числовые значения и проверяем единицы величин:

$$P = \frac{(220 \text{ В})^2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2}{110 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot 10 \text{ м}} = 440 \text{ Вт.}$$

*Ответ.* 440 Вт.

## **УСТНАЯ РАЗМИНКА**

**17.1.** С помощью каких приборов можно измерить работу, совершающую электрическим током?

**17.2.** С помощью каких приборов можно измерить мощность электрического тока?

**17.3.** Почему нить накала электрической лампы делают из вольфрама?

**17.4.** В каких лампах нить тоньше: в более мощных или менее? Почему?

**17.5.** Одна электрическая лампа включена в сеть напряжением 127 В, а другая — в сеть напряжением 220 В. В какой лампе при прохождении заряда 1 Кл совершается большая работа?

**17.6.** В течение часа в квартире горят две электрические лампы. Мощность первой лампы 60 Вт, второй — 100 Вт. В какой из ламп расход электроэнергии больше?

**17.7.** Сила тока в сетевом шнуре и спирали электроплиты одна и та же. Почему же спираль раскалена, а шнур — холодный?

**17.8.** Почему при прохождении электрического тока проводник нагревается?

**17.9.** Приведите примеры использования теплового действия тока в быту.

**17.10.** К чему приводит короткое замыкание в электрической цепи или на одном из ее участков?

**17.11.** Какие предохранители вам известны и каков принцип их действия?

**17.12.** Из каких материалов изготавливают плавкие предохранители? Почему?

## **Первый уровень**

**17.13.** Имеются две лампы, мощности которых 60 и 100 Вт. У какой из них вольфрамовая нить короче и толще?

**17.14.** С течением времени нить накала лампы становится тоньше. Как это влияет на мощность лампы?

**17.15.** Какую работу совершает электрический ток за 30 с в лампе при силе тока 0,46 А? Напряжение на лампе 220 В.

**17.16.** Сила тока в проводнике 2 А. В течение 10 мин совершается работа 6 кДж. Каково напряжение на концах проводника?

**17.17.** На цоколе лампы указано: «3,5 В; 0,28 А». На какую мощность рассчитана лампа?

**17.18.** На электрическом утюге указано: «220 В; 600 Вт». При какой силе тока работает утюг?

**17.19.** Какое сопротивление имеет электронагреватель мощностью 2 кВт, работающий при напряжении 220 В?

**17.20.** На лампе для карманного фонарика написано: «4 В, 1 Вт», а на лампе в прихожей — «220 В, 40 Вт». Какая из ламп рассчитана на большую силу тока? Во сколько раз? Каково сопротивление нитей накала ламп в рабочем состоянии?

**17.21.** Какое количество теплоты выделяется за 20 мин в проводнике сопротивлением 200 Ом при силе тока 0,4 А?

**17.22.** Какое количество теплоты выделяется за 1 ч в обмотке реостата сопротивлением 500 Ом, подключенного к источнику постоянного напряжения 12 В?

**17.23.** В проводнике за 10 мин при силе тока 5 А выделяется количество теплоты 5 кДж. Каково сопротивление проводника?

**17.24.** Два резистора имеют сопротивление по 1 Ом. Какова будет мощность тока, если подключить к источнику постоянного напряжения 1 В один резистор? два резистора параллельно? два резистора последовательно?

## ■ ■ ■ Второй уровень

**17.25.** Увеличится или уменьшится мощность электроплитки, если отрезать часть нагревательной спирали? Ответ поясните.

**17.26.** Перегоревшую нагревательную спираль заменили другой, которая отличается только меньшим диаметром проволоки. Как изменилась мощность нагревателя? Ответ поясните.

**17.27.** Увеличится или уменьшится мощность тока в елочной гирлянде, если уменьшить число лампочек на одну?

 **17.28.** В каком из двух резисторов мощность тока больше при последовательном (рис. 73, а) или параллельном (рис. 73, б) соединении? Во сколько раз больше, если сопротивление резисторов  $R_1 = 10 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 100 \text{ Ом}$ ?

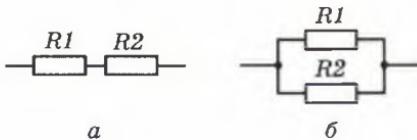


Рис. 73

17.29. Два резистора сопротивлением  $R_1 = 20 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 40 \text{ Ом}$  подключают к источнику постоянного напряжения  $U = 60 \text{ В}:$

- а) последовательно;
- б) параллельно.

Какова мощность тока в каждом из резисторов?

17.30. Участок цепи состоит из двух последовательно соединенных проводников, сопротивление которых  $40$  и  $60 \text{ Ом}$ . Напряжение на участке цепи  $60 \text{ В}$ . Какое количество теплоты выделяется в каждом из резисторов за  $1 \text{ мин}$ ?

17.31. Участок цепи состоит из двух параллельно соединенных проводников, сопротивление которых  $40$  и  $60 \text{ Ом}$ . Напряжение на участке цепи  $60 \text{ В}$ . Какое количество теплоты выделяется в каждом из резисторов за  $1 \text{ мин}$ ?

17.32. Резисторы сопротивлением  $10$ ,  $20$  и  $30 \text{ Ом}$  соединены последовательно и подключены к источнику постоянного напряжения  $36 \text{ В}$ . Какова мощность тока в каждом из резисторов? во всей цепи?

17.33. Резисторы сопротивлением  $12$ ,  $20$  и  $30 \text{ Ом}$  соединены параллельно и подключены к источнику постоянного напряжения  $60 \text{ В}$ . Какова мощность тока в каждом из резисторов? во всей цепи?

17.34. На двух лампах написано: « $220 \text{ В}, 60 \text{ Вт}$ » и « $220 \text{ В}, 40 \text{ Вт}$ ». В какой из них мощность тока будет меньше, если обе лампы включить в сеть последовательно?

17.35. Какова мощность тока в каждой из ламп (см. предыдущую задачу) при последовательном включении, если напряжение в сети  $220 \text{ В}$ ? Зависимость сопротивления ламп от температуры не учитывайте.

17.36. Какова мощность тока в каждом из резисторов (рис. 74, а—г)? Сопротивление каждого из резисторов  $10 \text{ Ом}$ , к цепи приложено напряжение  $30 \text{ В}$ .

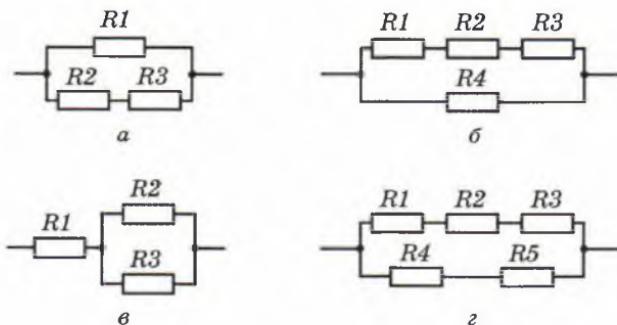


Рис. 74

**17.37.** Резисторы сопротивлением 24 и 72 Ом подключают к источнику постоянного напряжения один раз последовательно, а другой — параллельно. В каком случае в первом из резисторов выделяется большее количество теплоты за одно и то же время? Во сколько раз?

### ■ Третий уровень

**17.38.** Можно ли включать в сеть напряжением 220 В две последовательно соединенные лампы, на которых написано: «25 Вт, 110 В» и «100 Вт, 110 В»?

**17.39.** Как следует подключить к источнику постоянного напряжения пять резисторов с разным сопротивлением, чтобы получить максимальное количество теплоты за 1 мин?

**17.40.** На часть раскаленной спирали электроплитки попала вода. Как изменился накал тех участков спирали, на которые вода не попала? При решении учтите зависимость сопротивления металла от температуры.

**17.41.** Какая из одинаковых ламп (рис. 75) горит ярче других? Какая (какие) — тусклее?

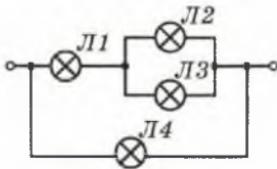


Рис. 75

**17.42.** Елочная гирлянда, включенная в сеть напряжением 220 В, состоит из одинаковых ламп, на которых написано: «4 В, 2 Вт». Какова мощность тока в гирлянде при нормальном накале ламп? Если лампа перегорает, число ламп в гирлянде уменьшается. Какой станет мощность тока в гирлянде после того, как перегорят пять ламп<sup>1</sup>? Во сколько раз изменится мощность тока в каждой лампе?

**17.43.** Помещение освещают четыре последовательно соединенные лампы, на каждой из которых написано: «12 В, 25 Вт». Лампы горят нормальным накалом. Одна из ламп перегорела; ее заменили лампой, на которой написано: «12 В, 40 Вт». Будет ли новая лампа светить ярче других? Увеличится или уменьшится общая мощность тока?

<sup>1</sup> В задачах 17.42—17.45 зависимость сопротивления ламп от накала не учитывайте.

**17.44.** Определите мощность каждой из ламп (см. предыдущую задачу) после замены перегоревшей лампы. Во сколько раз изменилась после этой замены полная мощность ламп?

**17.45.** Шесть одинаковых ламп последовательно включены в сеть напряжением 42 В. Мощность каждой из ламп 20 Вт. На сколько изменится общая мощность тока, если одну из ламп заменить новой, на которой написано: «9 В, 12 Вт»?

**17.46.** На одной лампе написано: «220 В, 40 Вт», а на другой (лампе для карманного фонарика) — «4 В, 1 Вт». Что произойдет, если эти лампы соединить последовательно и включить в сеть напряжением 220 В? Что изменится, если 40-ваттную лампу заменить на 100-ваттную?

**17.47.** Найдите мощность тока в каждом из одинаковых резисторов сопротивлением по 20 Ом (рис. 76). Напряжение источника 15 В.

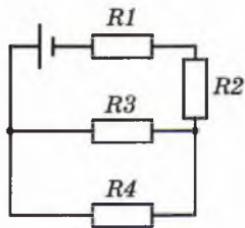


Рис. 76

**17.48.** Каково показание амперметра и мощность тока в цепи (рис. 77), если напряжение  $U = 16$  В, а сопротивление резисторов  $R_1 = 30$  Ом,  $R_2 = 60$  Ом,  $R_3 = 40$  Ом,  $R_4 = 120$  Ом?

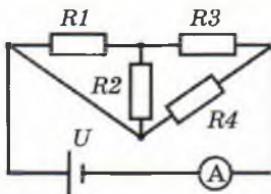


Рис. 77

**17.49.** Какой из резисторов (рис. 78) потребляет больше энергии, если их сопротивление  $R_2 = R_3 = 2R_1$ ,  $R_4 = 4R_1$ ?

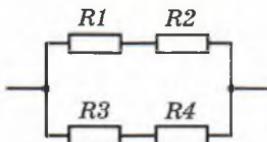


Рис. 78

**17.50.** Если два резистора подключены последовательно к источнику постоянного напряжения, то мощность тока в цепи 4 Вт; если те же резисторы подключены к этому источнику параллельно, то мощность тока 18 Вт. Какова будет мощность тока в каждом из резисторов, если их поочередно подключать к тому же источнику напряжения?

**17.51.** На электрической лампе написано: «9 В, 12 Вт». Как подключить эту лампу к источнику постоянного напряжения 18 В, чтобы она горела нормальным накалом? В вашем распоряжении достаточное число ламп, на которых написано: «9 В, 4 Вт».

**17.52.** Во сколько раз изменится мощность тока в каждом из резисторов  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  (рис. 79), если замкнуть ключ? Все резисторы одинаковы, напряжение в цепи считайте постоянным.

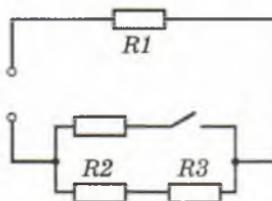


Рис. 79

**17.53.** Во сколько раз изменится мощность тока в лампах  $L_1$  и  $L_2$  (рис. 80) и общая мощность тока, если лампа  $L_3$  перегорит? Все лампы одинаковы. Напряжение в цепи считайте постоянным, зависимость сопротивления ламп от температуры не учитывайте.

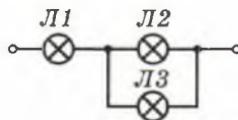


Рис. 80

**17.54.** Какова мощность тока в каждом из резисторов (рис. 81), если напряжение на источнике тока 12 В, а сопротивление резисторов  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 40 \Omega$ ?

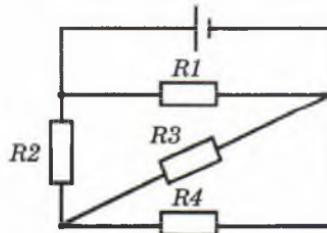


Рис. 81

**17.55.** Электровоз, работающий при напряжении  $U = 3$  кВ и силе тока  $I = 1,6$  кА, развивает при скорости  $v = 43$  км/ч силу тяги  $F = 340$  кН. Каков КПД двигателей электровоза?

**17.56.** Транспортер за время 1 мин поднимает груз массой 300 кг на высоту 8 м. КПД транспортера 60 %. Определите силу тока в электродвигателе транспортера, если напряжение в сети 380 В. Считайте, что  $g = 10$  Н/кг.

**17.57.** Каков КПД электродвигателя, который за 20 с поднимает груз массой 150 кг на высоту 12 м? Напряжение в электрической сети 380 В, сила тока в двигателе 4 А. Считайте, что  $g = 10$  Н/кг.

**17.58.** Электрический нагреватель за 20 мин доводит до кипения воду массой 3 кг, начальная температура которой  $10$  °С. Сила тока в нагревателе 7 А, напряжение в сети 220 В. Какая часть потребляемой нагревателем энергии передается окружающей среде?

### Крепкие орешки

**17.59.** Сколько витков изолированной никелиновой проволоки надо намотать на фарфоровый цилиндр диаметром 1,5 см, чтобы изготовить кипятильник, с помощью которого можно за 10 мин довести до кипения 2 л воды, взятой при температуре  $20$  °С? Диаметр проволоки 0,2 мм, напряжение сети 220 В. Считайте, что 60 % выделяющейся энергии идет на нагревание воды.

**17.60.** Электрический чайник имеет две обмотки. При включении первой вода закипает через 12 мин, при включении обеих обмоток последовательно — через 36 мин. Через какое время закипит вода в чайнике, если включить только вторую обмотку? обе обмотки параллельно? Теплообмен с окружающей средой не учитывайте.

**17.61.** В электрическом нагревателе есть два резистора сопротивлением 100 и 200 Ом. За какое время этим нагревателем можно довести 3 л воды от комнатной температуры ( $20$  °С) до кипения, если:

- включен только первый резистор;
- включен только второй резистор;
- резисторы включены последовательно;
- резисторы включены параллельно?

Потери тепла не учитывайте. Напряжение в сети 220 В.

**17.62.** В вашем распоряжении ключ и две лампы. На лампе  $L_1$  написано: «220 В, 150 Вт», на лампе  $L_2$  — «220 В, 15 Вт». Попробуйте составить такую цепь, чтобы при замыкании или размыкании ключа одна из ламп гасла, а другая зажигалась.

Тела, ...занимающие как бы среднее место между проводниками и непроводниками, обыкновенно называются полупроводниками.

И. А. Двигубский

## 18. ПОЛУПРОВОДНИКИ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

- 18.1. Какие вещества называют полупроводниками?
- 18.2. Приведите примеры полупроводников.
- 18.3. По каким электрическим свойствам можно отличить металл от полупроводника и полупроводник от диэлектрика?
- 18.4. Какой полупроводник наиболее распространен на Земле?
- 18.5. Что такое терморезисторы (термисторы)? Где их используют?
- 18.6. Что такое фоторезисторы? Где их используют?
- 18.7. Для каких целей используют транзисторы?
- 18.8. Что такое интегральные микросхемы? Где их используют?



### Первый уровень

- 18.9. Каковы свободные носители заряда в полупроводниках?
- 18.10. Как зависит сопротивление полупроводника от температуры и освещенности?
- 18.11. Почему сопротивление металла при нагревании увеличивается, а полупроводника — уменьшается?
- 18.12. Чем отличается электрический ток в полупроводниках от электрического тока в металлах?



### Второй уровень

- 18.13. Благодаря чему появляются свободные электроны в чистых полупроводниках?
- 18.14. Что такое дырка?
- 18.15. Почему дырку рассматривают как частицу с положительным зарядом? Каков этот заряд?
- 18.16. Как возникают дырки в чистых полупроводниках?
- 18.17. Как перемещаются дырки по кристаллу полупроводника?

## Третий уровень

**18.18.** На каком свойстве полупроводников основано устройство полупроводниковых диодов?

**18.19.** С помощью какого опыта можно убедиться в односторонней проводимости полупроводникового диода?

**18.20.** Терморезистор и резистор, соединенные последовательно, подключены к источнику постоянного тока. Как изменятся сила тока в терморезисторе и напряжение на нем, если температура понизится?

**18.21.** Фоторезистор и резистор, соединенные последовательно, подключены к источнику постоянного тока. Как изменятся сила тока в фоторезисторе и напряжение на нем, если фоторезистор осветить?

## **19. ДОМАШНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**

### Первый уровень

**19.1.** Прочитайте надписи на батарейках или гальванических элементах для карманного фонарика и транзисторного радиоприемника. Объясните, что означают надписи.

**19.2.** По параметрам, указанным на цоколе лампочки от карманного фонарика, определите сопротивление лампы.

**19.3.** Определите тип соединения ламп в люстре в вашей комнате и изобразите схему их соединения.

**19.4.** Рассмотрите тип соединения лампочек в елочной гирлянде и подсчитайте их число. Изобразите схему соединения лампочек.

**19.5.** Запишите номинальные мощности домашних потребителей электроэнергии (ламп, утюга, холодильника, вентилятора, телевизора и т. д.). Подсчитайте общую мощность всех этих потребителей.

**19.6.** Используя паспортные данные батарейки и лампочки карманного фонарика, определите работу электрического тока, совершаемую при использовании фонарика в течение получаса.

### Второй уровень

**19.7.** Разрежьте сырую картофелину пополам и в одну из этих половинок на расстоянии 1—2 см воткните швейные иглы. Иглы присоедините к полюсам гальванического элемента.

Пронаблюдайте за изменением цвета картофеля около игл и сделайте вывод для каждого электрода (катода и анода). Можно ли с помощью этого метода выявить наличие нитратов в картофеле?

**19.8.** Рассмотрите запасные плавкие предохранители к телевизору и другим бытовым электроприборам. Запишите предельные значения силы тока плавких вставок. Начертите схему электрической цепи включения прибора с плавким предохранителем.

**19.9.** Рассмотрите гальванические элементы к карманному фонарику или транзисторному приемнику. Запишите напряжение каждого элемента. Установите, как эти элементы соединены в вашем радиоприборе, и нарисуйте схему. Подключите вольтметр сначала к одному элементу, а затем к батарее элементов; сравните значения напряжения.

**19.10.** Возьмите елочную гирлянду и подсчитайте число лампочек в ней. Запишите паспортные данные (номинальное напряжение и силу тока) одной лампочки. Рассчитайте фактическое напряжение на лампочке при включении гирлянды в сеть напряжением 220 В и сравните его с номинальным.

**19.11.** Запишите по паспорту мощность домашнего электрического чайника (электрокипятильника). Определите количество теплоты, выделяемое за 15 мин, а также стоимость потребляемой за это время электроэнергии.

**19.12.** Запишите паспортные данные всех потребителей электроэнергии в вашей квартире и определите, на какую силу тока должны быть рассчитаны плавкие предохранители в квартире, если все эти потребители включить одновременно. Нарисуйте схему квартирной электропроводки.

**19.13.** Рассмотрите дома счетчик электроэнергии. Выясните, как снимают с него показания. Измерьте с его помощью электроэнергию, израсходованную за день. Вычислите стоимость этой энергии.

### Третий уровень

**19.14.** Изготовьте самодельный гальванический элемент. Для этого используйте раствор уксуса (2 столовые ложки на стакан воды), один электрод — медный или угольный (можно взять стержень от старой батарейки), второй — цинковый или железный. В наличии напряжения можно убедиться, коснувшись языком электродов: вы ощутите кисловатый привкус. Если у вас есть вольтметр, измерьте напряжение на полюсах вашего гальванического элемента. Какой электрод является анодом? катодом?

**19.15.** Возьмите лимон, яблоко или соленый огурец и воткните в него два проводника. Одним из них может быть медный

провод, а другим — железный гвоздь. Принесите изготовленный таким образом источник тока в школу и, присоединив его проводами к гальванометру, убедитесь, что источник работает. Объясните принцип работы изготовленного вами источника тока.

**19.16.** Возьмите электрическую лампу накаливания и внимательно прочитайте надпись на баллоне (там указаны мощность и напряжение). По этим параметрам определите сопротивление лампы в рабочем режиме. Рассчитайте длину спирали, если известно, что она изготовлена из вольфрамовой проволоки диаметром 0,08 мм.

**19.17.** Определите мощность электроприбора (электроплиты, утюга или кондиционера) с помощью счетчика электрической энергии и часов с секундной стрелкой. Для определения мощности необходимо знать постоянную счетчика, т. е. скольким оборотам диска счетчика соответствует 1 кВт · ч потребляемой энергии (этую величину обычно записывают на шкале прибора).

**19.18.** Попробуйте последовательно включить в цепь две лампы разной мощности (например, 100 и 25 Вт), рассчитанные на одинаковое напряжение. Какая из ламп будет светить ярче? Почему?

Следует испробовать, не производит ли электричество каких-либо действий на магнит.

X. Эрстед

## 20. МАГНИТНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

### Пример решения задачи

Два параллельных проводника, по которым текут токи в одном направлении, притягиваются. Почему же два параллельных электронных пучка отталкиваются? Можно ли поставить опыт так, чтобы параллельные проводники, по которым текут токи в одном направлении, тоже отталкивались?

**Решение.** Проводники, по которым текут токи, обычно электрически нейтральны, и поэтому взаимодействие между ними — только магнитное. Между электронными пучками тоже действует магнитное притяжение, но гораздо более сильным оказывается электрическое отталкивание одноименно заряженных частиц. Это отталкивание приводит также к расширению пучков. Параллельные проводники, по которым текут токи в одном направлении, тоже будут отталкиваться, если им сообщить достаточно большие одноименные заряды.

## **УСТНАЯ РАЗМИНКА**

- 20.1.** Как можно «распознать» постоянный магнит?
- 20.2.** В каком случае постоянные магниты отталкивают друг друга?
- 20.3.** Полосовой магнит разрезали пополам. Что представляют собой полученные тела?
- 20.4.** Является ли стрелка компаса магнитом?
- 20.5.** Какой из магнитных полюсов Земли находится ближе к вашему населенному пункту?
- 20.6.** Как взаимодействуют параллельные проводники с токами, если токи направлены одинаково?
- 20.7.** Как взаимодействуют параллельные проводники с токами, если токи направлены противоположно?
- 20.8.** Как убедиться в том, что катушка с током имеет полюсы — северный и южный? Как их можно определить?
- 20.9.** Что вам необходимо, чтобы изготовить простейший электромагнит?
- 20.10.** Приведите примеры использования электромагнитов в промышленности.
- 20.11.** Назовите имеющиеся у вас дома устройства, в которых есть постоянные магниты или электромагниты.
- 20.12.** Опишите опыты, с помощью которых можно обнаружить магнитное поле.
- 20.13.** Как можно доказать существование магнитного поля?
- 20.14.** Как располагаются железные опилки в магнитном поле? Почему?
- 20.15.** По какому правилу можно определить направление магнитных линий?
- 20.16.** Какое направление принято за направление линий магнитного поля?
- 20.17.** Как можно обнаружить действие магнитного поля на проводник с током?
- 20.18.** От чего зависит направление силы, действующей на проводник с током в магнитном поле? Как определить это направление?
- 20.19.** Рамку с током внесли в сильное магнитное поле. Как проявляется действие поля на рамку?
- 20.20.** Где используют вращение рамки с током в магнитном поле? Приведите примеры.

## Первый уровень

**20.21.** Каким способом можно узнать, есть ли ток в проводе, не пользуясь амперметром?

**20.22.** Какой знаменитый опыт представлен на рис. 82, *a*, *b*?

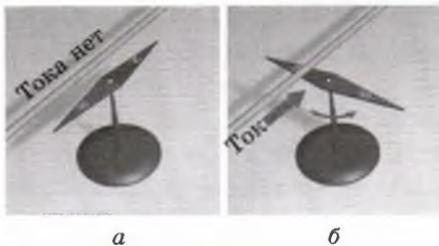


Рис. 82

**20.23.** Если поднести несколько раз к часам сильный магнит, то правильный ход часов может нарушиться. Как можно объяснить это явление?

**20.24.** Почему корпус компаса (рис. 83) никогда не делают из стали?



Рис. 83

**20.25.** У русского поэта И. А. Бунина в стихотворении «Компас» есть такие строки:

Но откуда б, в ветре и тумане,  
Ни швыряло пеной через борт,  
Верю — он опять поймает Nord.  
Крепко сплю, мотаясь на диване.  
Не събьет с пути меня никто,  
Некий Nord моей душою правит,  
Он меня в скитаньях не оставит,  
Он мне скажет, если что: не то!

В каких случаях стрелка компаса не показывает на север?

**20.26.** Предложите способ удаления из глаза попавшей в него железной соринки.

**20.27.** Почему на современном судне показания магнитного компаса могут изменяться, когда его переносят с места на место?

**20.28.** Повернется ли магнитная стрелка, находящаяся возле провода с током, если направление тока в цепи изменить?

**20.29.** Каким образом можно усилить магнитное поле катушки с током?

**20.30.** Нарисуйте магнитные линии поля полосового и дугообразного магнитов; укажите направление линий.

**20.31.** Альберт Эйнштейн на всю жизнь запомнил тот день, когда ему, четырехлетнему ребенку, подарили новую игрушку — компас. На всю жизнь сохранил он детское удивление чудесными свойствами магнита — теми самыми, которые тысячи лет назад волновали наших предков. Расскажите, какими же «чудесными» свойствами обладают магниты.

## Второй уровень

**20.32.** Впечатление от знаменитого опыта Эрстеда было столь велико, что один из присутствующих при демонстрации поднялся и с волнением произнес ставшую впоследствии знаменитой фразу: «Господа, происходит переворот...» Попробуйте объяснить смысл этого высказывания.

**20.33.** В начале XIX столетия французский учёный Франсуа Араго выпустил книгу «Гром и молния». В этой книге содержится несколько любопытнейших записей. Вот одна из них: «В июле 1681 года корабль «Квик» был поражен молнией. Когда же наступила ночь, то оказалось по положению звезд, что из трех компасов... два, вместо того, чтобы, как и прежде, указывать на север, указывали на юг, прежний северный конец третьего компаса направлен был к западу...» Попробуйте объяснить описанное явление.

**20.34.** В книге Ф. Араго описан интересный случай: «В июне 1731 года один купец поместил в углу своей комнаты в Уэксфильде большой ящик, наполненный ножами, вилками и другими предметами, сделанными из железа и стали... Молния проникла в дом именно через угол, в котором стоял ящик, разбила его и разбросала все вещи, которые в нем находились. Все эти вилки и ножи... оказались сильно намагниченными...» Как объяснить описанный в книге случай?

**20.35.** Однажды на рейде Пальмы, главного порта Майорки, появилось французское военное судно «Ля-Ралайн» (рис. 84). Состояние его было настолько жалким, что корабль едва дошел до причала. Когда команда сошла на берег и уступила палубу нескольким

французским ученым, в том числе двадцатидвухлетнему Араго, выяснилось, что корабль разрушен молнией. Пока члены комиссии осматривали судно, покачивая головами при виде обгоревших мачт и надстроек, Араго поспешил к компасам и там увидел примерно то, что ожидал: стрелки компасов указывали в разные стороны... Какой вывод сделал Араго из увиденного на корабле?



Рис. 84

**20.36.** Почему железные опилки вблизи магнита выстраиваются, образуя линии (рис. 85)?

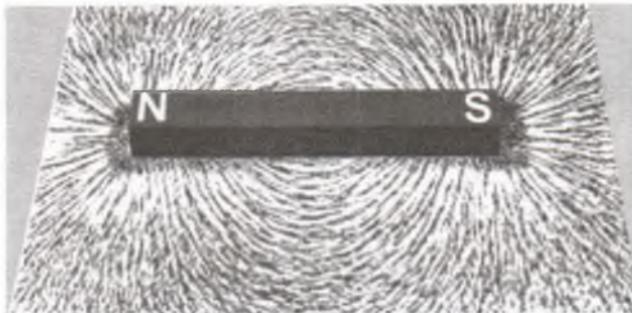


Рис. 85

**20.37.** «Любящий камень» (тшу-ши) — такое поэтическое название дали китайцы магниту. Французское слово «aimant» означает и «магнит», и «любящий». Попробуйте объяснить, с чем связано такое название магнита.

 **20.38.** Где на земном шаре магнитная стрелка показывает на север обоими концами?

**20.39.** Турист нашел в лесу стальное полотно ножовки. Как он может определить, намагничено ли это полотно, если у него нет с собой предметов из магнитных материалов?

**20.40.** Один из двух одинаковых на вид стальных стержней намагнчен. Как определить, какой из них намагнчен, не используя других предметов и не ломая стержней?

**20.41.** Укажите направление электрического тока в катушке (рис. 86).



Рис. 86

**20.42.** Назовите элемент, входящий в состав электрического звонка, телеграфного аппарата и телефонной трубки.

**20.43.** По проводу течет электрический ток (рис. 87). В каком направлении повернется магнитная стрелка, помещенная в точку A? в точку C?

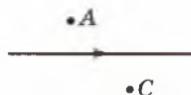


Рис. 87

**20.44.** По витку провода течет электрический ток (рис. 88). В каком направлении повернется магнитная стрелка, помещенная в точку A? в точку C?

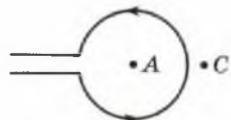


Рис. 88

**20.45.** Притягиваются или отталкиваются провода троллейбусной линии, когда по ним проходит электрический ток?

**20.46.** На рис. 89 показана «нарисованная» опилками картина магнитных линий поля прямолинейного проводника с током. Определите направление магнитных линий.

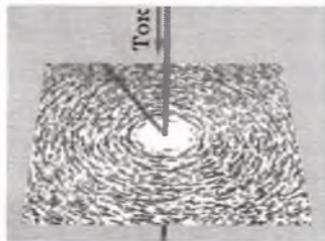


Рис. 89

**20.47.** Как будет изменяться подъемная сила электромагнита, если перемещать движок реостата вправо (рис. 90)?

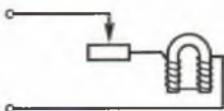


Рис. 90

**20.48.** Какое устройство схематически показано на рис. 91? Назовите части этого устройства, обозначенные цифрами.

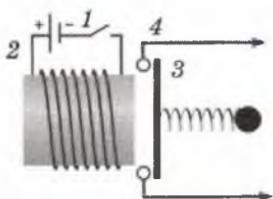


Рис. 91

**20.49.** Каково назначение цепи, схема которой представлена на рис. 92 (1 — фоторезистор, 2 — электромагнитное реле)?

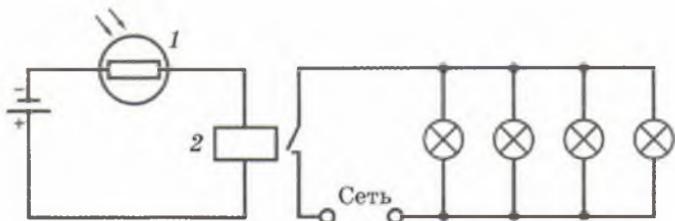


Рис. 92

**20.50.** В книге Дж.Свифта «Путешествие Лемюэля Гулливера» написано: «Но главной достопримечательностью, от которой зависит судьба Лапуты, является огромный магнит, по форме напоминающий ткацкий станок... При помощи этого магнита остров может подниматься, опускаться и передвигаться с одного места на другое, ибо по отношению к подвластной монарху части земной поверхности магнит обладает с одного конца притягательной силой, а с другого — отталкивающей».

А что знаете вы о магнитном поле, его природе и характеристиках?

## Третий уровень

**20.51.** Направление тока в катушках электромагнита можно изменять (рис. 93, а, б). Известно, что сила притяжения электромагнита максимальна, когда на концах сердечника разноименные магнитные полюсы. Какой из рисунков соответствует этому случаю?

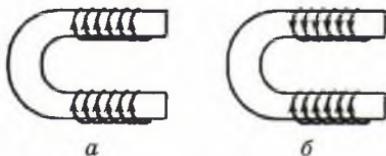


Рис. 93

**20.52.** Где находится северный полюс электромагнита (рис. 93, б)?

**20.53.** Почему магнитные стрелки, расположенные далеко друг от друга, ориентируются в одном направлении (рис. 94, а), а расположенные поблизости друг от друга (рис. 94, б) — в другом направлении?



Рис. 94

**20.54.** Как повернется магнитная стрелка вблизи провода, если сила тока в нем достаточно велика? Рассмотрите два случая:

- провод проходит над стрелкой (рис. 95, а);
- провод проходит под стрелкой (рис. 95, б).

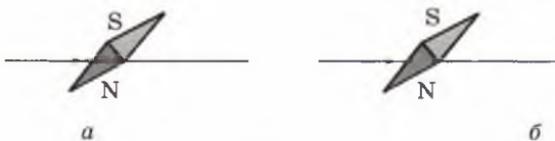


Рис. 95

**20.55.** Представьте себе, что Земля «потеряла» свое магнитное поле. Какие это повлекло бы последствия? Полезно или вредно магнитное поле Земли для жизни на планете?

 **20.56.** Мягкая легкая металлическая пружина висит, погрузившись нижним концом в соленую воду на небольшую глубину (рис. 96). Что произойдет после замыкания ключа?

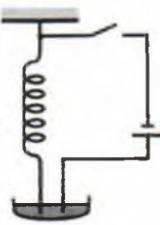


Рис. 96

**20.57.** На рис. 97 изображена катушка с током. Какой конец катушки обладает свойствами северного магнитного полюса? Почему?

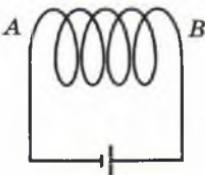


Рис. 97

**20.58.** Определите магнитные полюсы катушки с током (рис. 98).

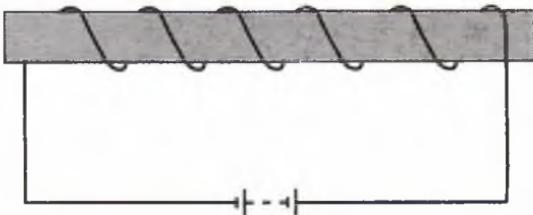


Рис. 98

**20.59.** К чему поведет постукивание по намагниченному гвоздю или его встряхивание, если внешнее магнитное поле отсутствует?

**20.60.** Поэт и философ Тит Лукреций Кар в поэме «О природе вещей» следующим образом описывает магнетизм:

Мне остается сказать, по какому закону природы  
Может железо притягивать камень, который  
Греки «магнитом» зовут по названию месторожденья,  
Ибо находится он в пределах отчизны магнетов.  
Этому камню народ удивляется, ибо нередко  
Цепью звено к звену, от него исходя, повисает.

А известно ли вам происхождение термина «магнит»? Что знаете вы о природе магнетизма? Напишите небольшое сочинение на эту тему.

### Крепкий орешек

20.61. Замкнутая электрическая цепь состоит из батарейки и резистора, причем батарейка находится в одном из стоящих на столе «черных ящиков», а резистор — в другом (рис. 99). Как можно с помощью вольтметра и магнитной стрелки, не размыкая цепи, определить, в каком именно из «черных ящиков» находится батарейка?

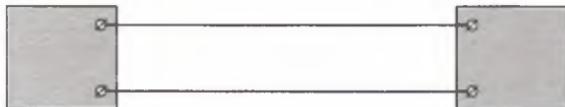


Рис. 99

Вся трудность физики состоит в том, чтобы по явлениям движения распознать силы природы, а затем по этим силам объяснить остальные явления.

И. Ньютона

## 21. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ. ПРОИЗВОДСТВО И ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

21.1. В каких опытах был впервые обнаружен индукционный ток?

21.2. При каком условии возникает индукционный ток?

21.3. Может ли возникать индукционный ток в замкнутой катушке, находящейся возле магнита:

- когда движется магнит;
- когда движется катушка?

21.4. Может ли возникать индукционный ток в катушке, когда все окружающие тела неподвижны относительно нее?

21.5. Какова причина возникновения индукционного тока в катушке, движущейся относительно неподвижного магнита?

21.6. Почему медное кольцо взаимодействует с движущимся магнитом, а пластмассовое — нет?

21.7. Чем обусловлено возникновение электрического тока во вращающейся в магнитном поле рамке?

**21.8.** Чем отличается переменный ток от постоянного?

**21.9.** Какова частота переменного тока, вырабатываемого электростанциями России?

**21.10.** Безопасно ли напряжение, под которым электроэнергия подается в квартиры?

## Первый уровень

**21.11.** Может ли возникнуть индукционный ток в неподвижной замкнутой катушке без движения магнита? Подтвердите ваш ответ примером.

**21.12.** Проволочная рамка находится в магнитном поле. В каких случаях в ней может возникнуть индукционный ток?

**21.13.** Опишите простейшую модель генератора переменного тока. На каком физическом явлении основано действие этого генератора?

**21.14.** Какой вид имеет график зависимости силы тока от времени:

- а) для постоянного тока;
- б) для переменного тока?

**21.15.** В чем состоит основное преимущество электроэнергии перед другими видами энергии?

**21.16.** Постоянный или переменный ток получают с помощью генераторов на электростанциях?

**21.17.** Каковы основные этапы производства и передачи электроэнергии? Опишите, какие преобразования энергии происходят на каждом из этих этапов.

**21.18.** Какое явление лежит в основе работы трансформатора?

**21.19.** Где и для чего используют трансформаторы?

## Второй уровень

**21.20.** При падении магнита в катушку с замкнутой обмоткой в ней появляется электрический ток. За счет какой энергии возникает ток?

**21.21.** Будет ли поворачиваться магнитная стрелка вблизи катушки, по которой течет переменный ток?

**21.22.** Почему недалеко от места удара молнии могут распластываться предохранители в осветительной сети и выйти из строя чувствительные электроизмерительные приборы?

**21.23.** Замкнутое металлическое кольцо, подвешенное на двух нитях, совершает колебания. Почему колебания кольца быстро прекращаются, если под ним находится магнит?

**21.24.** Как связано правило Ленца с законом сохранения энергии?

**21.25.** Почему при приближении магнита к замкнутому кольцу оно отталкивается от магнита, а при удалении магнита от кольца — притягивается к нему?

**21.26.** Почему силу тока в катушке нельзя изменить мгновенно?

**21.27.** Электрические генераторы вырабатывают переменный ток частотой 50 и 60 Гц. Вычислите периоды переменного тока при таких частотах.

**21.28.** Определите частоту переменного тока, если его период равен 0,02 с.

**21.29.** По графику, изображенному на рис. 100, определите период и частоту переменного тока.

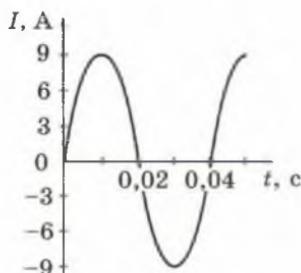


Рис. 100

**21.30.** По графику, изображенному на рис. 101, определите период и частоту переменного тока.

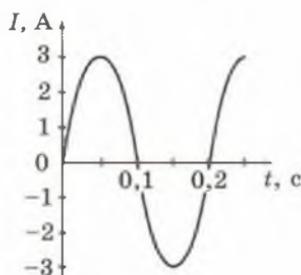


Рис. 101

**21.31.** В каком случае трансформатор является повышающим, а в каком — понижающим?

**21.32.** Для чего в линиях электропередачи используют повышающие трансформаторы?

**21.33.** Для чего при передаче электроэнергии используют понижающие трансформаторы?

**21.34.** Приведите примеры приборов, в которых используют трансформатор.

**21.35.** Почему электроэнергию на большие расстояния передают под высоким напряжением?

**21.36.** В первичной обмотке трансформатора 200 витков, а во вторичной — 25 витков. Повышает или понижает напряжение этот трансформатор? Во сколько раз?

**21.37.** Трансформатор повышает напряжение от 4 до 36 В. Сколько витков во вторичной обмотке трансформатора, если первичная содержит 80 витков?

**21.38.** Под каким напряжением находится первичная обмотка трансформатора, имеющая 1000 витков, если во вторичной обмотке 3500 витков и напряжение 105 В?

### ■ Третий уровень

**21.39.** Почему колебания стрелки компаса быстрее прекращаются, если корпус прибора латунный или алюминиевый, и медленнее — если он пластмассовый?

**21.40.** Для исследования стальных тел (рельсов, балок и др.) на них надевают катушку из изолированной проволоки, замкнутую на гальванометр, и перемещают ее вдоль этих тел (рис. 102). При всякой их неоднородности (трещины, раковины и др.) в гальванометре возникает электрический ток. Объясните это явление.



Рис. 102

**21.41.** Северный полюс магнита удаляют от металлического кольца, как показано на рис. 103. Определите направление индукционного тока в кольце.

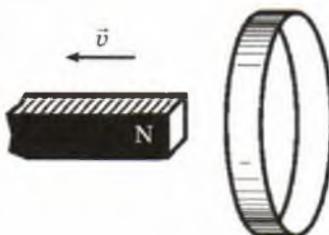


Рис. 103

**21.42.** В вертикальной плоскости на двух нитях подвешено медное кольцо. В него один раз вдвигают медный стержень, а другой раз — магнит (рис. 104). Влияет ли движение стержня и магнита на положение кольца?

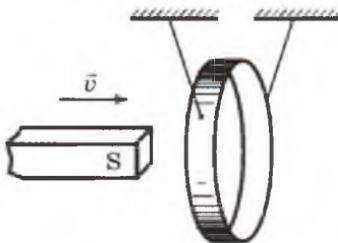


Рис. 104

**21.43.** Когда электровоз идет под уклон, его электродвигатели работают как генераторы постоянного тока и отдают энергию в контактную сеть. Какие превращения энергии при этом происходят?

**21.44.** Возникает ли ток в витке, который движется в магнитном поле параллельно его силовым линиям (рис. 105)?

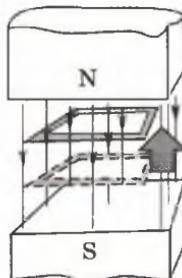


Рис. 105

**21.45.** Виток проволоки перемещается перпендикулярно линиям магнитного поля (рис. 106). Возникает ли при этом ток в витке?

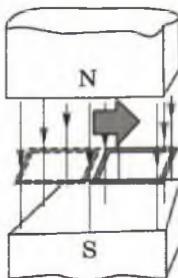


Рис. 106

**21.46.** Почему не применяют для освещения переменный ток частотой 10 Гц?

**21.47.** В чем состоит аналогия между явлениями инерции и самоиндукции?

**21.48.** Почему при замыкании цепи сила тока в ней нарастает постепенно?

**21.49.** Почему с помощью трансформатора нельзя изменить напряжение постоянного тока?

**21.50.** Что может произойти, если случайно подключить трансформатор к источнику постоянного тока?

**21.51.** Напряжение на зажимах вторичной обмотки понижающего трансформатора 60 В, сила тока во вторичной цепи 40 А. Первичная обмотка включена в сеть напряжением 240 В. Найдите силу тока в первичной обмотке трансформатора.

**21.52.** Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,5 А, напряжение на ее концах 220 В. Найдите силу тока во вторичной обмотке трансформатора, если напряжение на ее концах 10 В.

Так связан, съединен от века  
Союзом кровного родства  
Разумный гений человека  
С творящей силой естества...

Ф. И. Тютчев

## 22. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

**22.1.** Какие величины периодически изменяются при электромагнитных колебаниях?

**22.2.** Какова связь между электрическим и магнитным полями согласно теории Максвелла?

**22.3.** Приведите примеры электромагнитных волн.

**22.4.** Какова скорость электромагнитных волн?

**22.5.** Почему скорость электромагнитных волн равна скорости света?

**22.6.** Как называют процесс распространения электромагнитного поля?

**22.7.** С помощью какого прибора звуковые колебания преобразуют в электрические?

**22.8.** Почему для радиосвязи используют электромагнитные волны высокой частоты?

**22.9.** С помощью какого прибора электрические колебания преобразуют в звуковые?

### Первый уровень

**22.10.** Из чего состоит электрический колебательный контур?

**22.11.** Что представляет собой электромагнитное поле?

**22.12.** Что такое модуляция? Как она осуществляется?

**22.13.** Что такое детектирование? Как осуществляется детектирование?

**22.14.** Приведите примеры применения электромагнитных волн.

### Второй уровень

**22.15.** Какой опыт свидетельствует о том, что при изменении магнитного поля возникает электрическое поле?

**22.16.** Во время каких природных явлений излучаются электромагнитные волны?

**22.17.** Пассажиры автобуса слушают по радио концерт. Какие преобразования испытывают звуковые колебания «на пути» от концертного зала до салона автобуса?

**22.18.** Почему для радиосвязи используют модулированные колебания?

**22.19.** Благодаря чему различные радиостанции могут работать, не мешая друг другу?

### Третий уровень

**22.20.** Приведите примеры превращения энергии электрического или магнитного поля: в механическую энергию; во внутреннюю.

**22.21.** Какие явления происходят в процессе разрядки конденсатора, подключенного к катушке?

**22.22.** Проведите аналогию между электромагнитными колебаниями в колебательном контуре и механическими колебаниями маятника.

## 23. ДОМАШНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

### Первый уровень

**23.1.** Намагнитив лезвие от безопасной бритвы, обозначьте полученные магнитные полюсы. Разделите лезвие на две части. Удалось ли вам получить отдельно северный полюс и отдельно — южный?

**23.2.** Объясните, почему гвозди, канцелярские скрепки, повисшие на магните и находящиеся рядом, отклоняются от вертикального направления. Проделайте опыт и убедитесь в этом.

**23.3.** Пронаблюдайте за поведением двух рядом висящих швейных иголок при поднесении к ним постоянного магнита. Объясните наблюдаемое.

**23.4.** Заверните магнит в бумагу. С помощью компаса определите полюсы магнита.

### Второй уровень

**23.5.** Возьмите два одинаковых бритвенных лезвия, одно из которых было предварительно намагнично. С помощью компаса определите намагниченное лезвие. Опишите способ определения. Можно ли это сделать без компаса?

**23.6.** С помощью компаса определите, намагнично ли бритвенное лезвие. Проверьте возможность размагничивания этого лезвия путем нагревания в пламени свечи или газовой горелки. При нагревании лезвие держите пинцетом или плоскогубцами.

**23.7.** Намагните швейную иглу с помощью трения о магнит (или магнитную защелку для двери, или магнит динамического громкоговорителя). Подвесьте иглу на нитку и по ее отклонению при поднесении к предметам домашнего обихода определите, какие из них имеют стальные детали.

**23.8.** На гвоздь или железный стержень намотайте 40—50 витков изолированной медной проволоки и ее концы подключите к батарейке от карманного фонарика. Исследуйте тела, к которым притягивается созданный вами электромагнит.

**23.9.** Рассмотрите с помощью родителей устройство электрического звонка и телефонной трубки. Сделайте эскизный рисунок этих приборов и объясните принцип их действия.

**23.10.** На полюсы магнита положите стекло, посыпьте его сверху стальными опилками и осторожно постучите пальцем по стеклу. Зарисуйте картину линий магнитного поля.

### Третий уровень

**23.11.** Поднесите компас сначала ко дну, а затем к верхней части железного ведра (кастрюли), стоящего на земле. У дна стрелка компаса поворачивается южным полюсом к ведру, а в верхней части — северным. Проверьте это явление и объясните его.

**23.12.** Изготовьте самодельный электромагнит. Для этого возьмите гвоздь, обмотайте его изолированным медным проводом, а концы провода присоедините к источнику тока. Попробуйте определить подъемную силу электромагнита по наибольшему числу гвоздиков, удерживаемых им.

**23.13.** Можно ли с помощью компаса определить полюсы магнита, если он лежит в закрытой картонной коробке; в железной коробке; в подкрашенной воде; в песке? Ответы объясните, проверьте их на опыте.

# ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Свет — образец для искреннего слова:  
Каких бы крепостей ни возвести —  
Свет обойдет препятствия, чтобы снова  
Стремиться по кратчайшему пути.

А. И. Гитович

## 24. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ПРИРОДЕ

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

**24.1.** Приведите примеры процессов, во время которых излучается свет.

**24.2.** Приведите примеры теплового действия света.

**24.3.** Приведите примеры химического действия света.

**24.4.** Приведите примеры электрического действия света.

**24.5.** Приведите примеры естественных и искусственных источников света.

**24.6.** Приведите примеры приемников света.

**24.7.** Приведите примеры превращения световой энергии в другие формы энергии.

**24.8.** Как свет и зрение помогают учиться?

### Первый уровень

**24.9.** Используя рис. 107, расскажите о значении энергии солнечного излучения для жизни на Земле.



Рис. 107

**24.10.** Является ли Луна источником света? Какие небесные тела являются источниками света?

**24.11.** Является ли абажур на лампе источником света?

**24.12.** Какие из приведенных на рис. 108 источников света являются естественными, а какие — искусственными?



*a*



*b*



*v*

Рис. 108

**24.13.** Посмотрите на фотографию свечи (рис. 109) и ответьте на вопрос: является ли источником света вся свеча или только ее пламя?



Рис. 109

**24.14.** Положите руку под включенную настольную лампу. Какие действия света вы можете наблюдать и ощущать при этом?

### Второй уровень

**24.15.** Каково происхождение энергии, накопленной в угле и нефти?

**24.16.** Как действует свет на вещество? Приведите примеры, иллюстрирующие ваш ответ.

**24.17.** Что узнал человек о строении Вселенной благодаря свету? Какие приборы помогли человеку?

**24.18.** Какие виды искусства и как используют свойства света?

**24.19.** Как вы думаете, почему говорят, что лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать?

**24.20.** Все ли «небесные светила» являются источниками света? Обоснуйте ваш ответ.

**24.21.** Какой источник света позволяет вам читать эти строки: естественный или искусственный? Назовите этот источник света.

**24.22.** Как вы понимаете слова из сказки: «Звезда погасла, но свет ее еще миллионы лет будет радовать людей...»?

**24.23.** За счет какой энергии сильно нагретые тела светятся?

**24.24.** В сказке П. П. Ершова «Конек-Горбунок» написано:

Огонек горит светлее,  
Горбунок бежит скорее.  
Вот уж он перед огнем.  
Светит поле словно днем;  
Чудный свет кругом струится,  
Но не греет, не дымится.  
Диву дался тут Иван.  
«Что, — сказал он, — за шайтан!  
Шапок с пять найдется свету,  
А тепла и дыма нету;  
Эко чудо-огонек!»

Какое физическое явление натолкнуло писателя на создание этого красивого, хотя и фантастического образа?

**24.25.** Разделите перечисленные ниже источники света на естественные и искусственные и заполните таблицу. Источники: Солнце, свечка, молния, газовый светильник, экран включенного телевизора, светящиеся в темноте глаза кошки, полярное сияние, Луна, спички, звезды, костер, электрическая лампа, «бенгальские огни», пожар, светлячки, люминесцентная лампа, радуга, комета, метеориты, фары автомобиля, дуга электросварки.

**24.26.** Разделите перечисленные ниже источники света на тепловые и холодные и заполните таблицу. Свет излучают раскаленный металл, экран телевизора, молния, экран дисплея компьютера, пламя горящей древесины, электрическая лампа накаливания, светлячки.

### Третий уровень

**24.27.** Чем отличается излучение горячего утюга от излучения электрической лампы накаливания?

**24.28.** Несет ли свет энергию? Обоснуйте свой ответ.

**24.29.** Как человек учитывает на практике различную способность тел поглощать энергию излучения?

**24.30.** Что узнал человек о микромире благодаря зрению и свету? Какие приборы помогли человеку?

**24.31.** У Козьмы Пруткова есть афоризм: «Если у тебя спрошено будет: что полезнее, солнце или месяц? — ответствуй: месяц. Ибо солнце светит днем, когда и без того светло, а месяц — ночью...» Прав ли Козьма Прутков? Обоснуйте свой ответ.

Молюсь оконному лучу —  
Он бледен, тонок, прям.

A. A. Ахматова

## 25. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА

### Пример решения задачи

Как в солнечный день по тени можно определить высоту дерева?

**Решение.** Сначала можно определить длину тени  $l = A'C$  от шеста, высота которого  $h = A'B'$  известна (рис. 110).

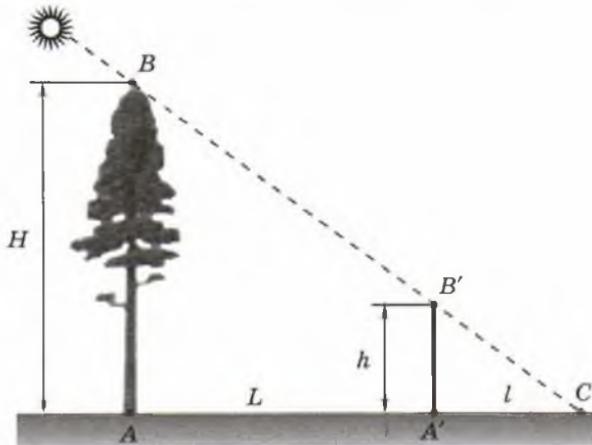


Рис. 110

Затем можно измерить длину тени дерева  $L = AC$ . Из подобия треугольников  $ABC$  и  $A'B'C$  следует соотношение  $\frac{L}{H} = \frac{l}{h}$ . Из него находим высоту дерева:  $H = \frac{Lh}{l}$ .

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

**25.1.** Как распространяется свет в вакууме и в однородной среде? Какие наблюдения и опыты подтверждают ваш ответ?

**25.2.** Приведите примеры точечных и протяженных источников света.

**25.3.** Приходилось ли вам видеть пучки света? Приведите примеры.

**25.4.** Какое явление служит доказательством прямолинейного распространения света?

**25.5.** Как просто и надежно проверить прямолинейность линии, начертанной на бумаге?

**25.6.** При каком условии тело отбрасывает тень?

**25.7.** При каком условии тело отбрасывает полутень?

**25.8.** При каких условиях возникают солнечные и лунные затмения? Какое свойство лучей света они доказывают?

## Первый уровень

**25.9.** Какие из изображенных на рис. 111 источников света являются точечными, а какие — протяженными?



a

б

в

Рис. 111

**25.10.** В чем различие между световым лучом и световым пучком?

**25.11.** По какому признаку можно обнаружить, что вы оказались в полутиени некоторого предмета?

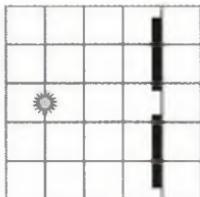
**25.12.** Какой физический смысл заложен в монгольскую пословицу: у большого дерева большая и тень?

**25.13.** Может ли один и тот же источник света рассматриваться в одном случае как точечный, а в другом — как протяженный? В качестве доказательства вашего ответа приведите пример.

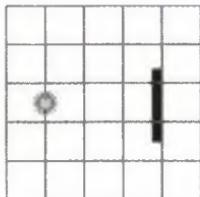
**25.14.** В одной песне говорится: «Я за тобою следую тенью...» А действительно ли тень всегда «следует» за человеком?

**25.15.** Как получить тень различной длины от одной и той же палки? Проиллюстрируйте ответ рисунком.

**25.16.** Изобразите с помощью лучей световые пучки от источников, представленных на рис. 112, а—в.



а



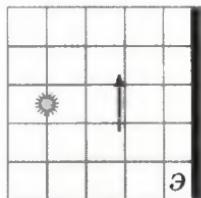
б



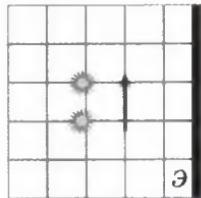
в

Рис. 112

**25.17.** Изобразите на экране Э (рис. 113, а, б) тень от предметов, освещенных источником света.



а



б

Рис. 113

**25.18.** Лампу поместили сначала в точку 1, а затем в точку 2 (рис. 114). В каком случае размеры тени мяча на экране будут больше? Покажите на рисунке тень от мяча для обоих случаев.

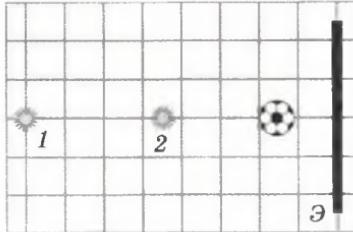


Рис. 114

**25.19.** Мяч освещается двумя источниками, как показано на рис. 115. Нарисуйте области тени и полутени.

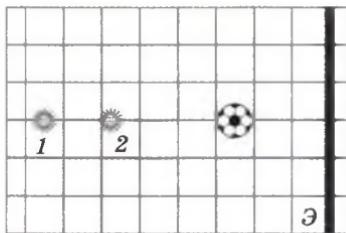


Рис. 115

**25.20.** Мяч освещается двумя источниками, как показано на рис. 116. Нарисуйте области тени и полутени.

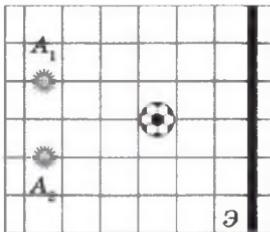


Рис. 116

## ■ ■ Второй уровень

**25.21.** В каком случае можно увидеть пучок света со стороны?

**25.22.** Как проверить, находятся ли три далеко расположенные один от другого столба на одной прямой? На чем основывается предложенный вами способ?

**25.23.** Благодаря чему во время хирургических операций тень от головы и рук хирурга не закрывает операционное поле и не мешает проведению операции (рис. 117)?



Рис. 117

**25.24.** Как влияют размеры источника света на ширину области полутени?

**25.25.** Как изменяются очертания тени и полутени человека, когда он вечером удаляется от уличного фонаря?

**25.26.** Почему в облачный день предметы не дают тени? Что в такой день является источником света?

 **25.27.** Может ли вертикально поставленный столб не отбрасывать тени в солнечный день?

**25.28.** Следя во время лунного затмения за перемещением края тени Земли по поверхности Луны, можно видеть, что эта тень имеет круглую форму. Доказательством чего это служит?

**25.29.** Может ли высоко летящий самолет не отбрасывать тени на землю в солнечный день? Сделайте схематический рисунок, подтверждающий ваш ответ.

**25.30.** Как можно в солнечный день измерить высоту дерева, не влезая на него, если вам известен ваш рост? Сделайте схематический рисунок, поясняющий ваш ответ.

**25.31.** Чем ближе тело к свече, тем больше отбрасываемая им тень. Почему? Поясните ответ с помощью рисунка.

**25.32.** Источником света является укрепленная на потолке лампа дневного света, имеющая форму длинной трубки. Как надо расположить карандаш, чтобы он отбрасывал четкую тень на стол? Сделайте схематический рисунок, поясняющий ваш ответ.

**25.33.** Человек стоит возле фонаря. Почему ноги отбрасывают на асфальт четко очерченные тени, а тень головы оказывается размытой? Сделайте схематический рисунок, поясняющий ваш ответ.

**25.34.** На рис. 118 показаны точечный источник света *A* и непрозрачный предмет *B*. Какие точки, показанные на рисунке, находятся в тени?

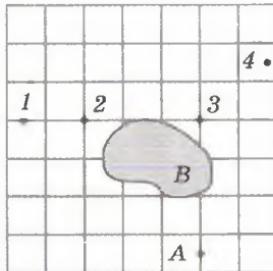


Рис. 118

**25.35.** На рис. 119 показаны точечный источник света *A* и непрозрачный предмет *B*. Сколько точек, показанных на рисунке, находятся в тени? Какие именно точки?

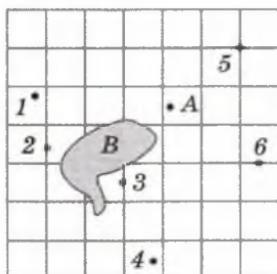


Рис. 119

### Третий уровень

**25.36.** Чем отличается математическое понятие «луч» от физического понятия «луч света»?

**25.37.** Влияет ли на распространение светового пучка в пространстве наличие других пересекающих его пучков света?

**25.38.** Тени от штанг футбольных ворот утром и вечером длиннее, чем днем. Меняется ли в течение дня длина тени от перекладины ворот?

**25.39.** Какой физический смысл заложен в корейскую пословицу: палка кривая и тень кривая?

**25.40.** На рис. 120 изображены фотографии тени мяча в полете. В одном из случаев источником света является маленькая лампочка, а в другом — большой матовый плафон. Какой рисунок соответствует лампочке? Ответ обоснуйте.

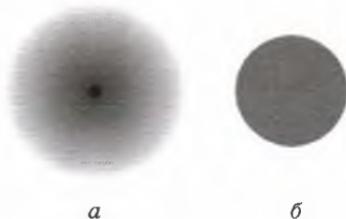


Рис. 120

**25.41.** Может ли велосипедист обогнать свою тень?

**25.42.** Г. Галилей первым наблюдал фазы Венеры, т. е. видимое изменение формы этого небесного тела. О чем свидетельствует наличие фаз у Венеры (рис. 121)?



Рис. 121

**25.43.** Всегда ли шар, освещенный точечным источником света, отбрасывает на горизонтальную плоскость круглую тень? Обоснуйте свой ответ с помощью рисунка.

**25.44.** Если вилку расположить вертикально параллельно пламени свечи, то тень от зубьев воспроизводит на экране их четкое очертание. Если вилку повернуть на  $90^\circ$ , т. е. расположить перпендикулярно пламени свечи, то тень на экране получится размытой и зубьев не видно. Почему? Сделайте поясняющий рисунок.

**25.45.** Может ли тень на стене от квадратного щита иметь форму трапеции, если источником света является:

- Солнце;
- фонарь?

Сделайте схематические рисунки, поясняющие ответ.

**25.46.** Почему солнечные затмения всегда происходят во время новолуния, а лунные затмения — во время полнолуния (рис. 122)? Обоснуйте ответ с помощью схематических рисунков.

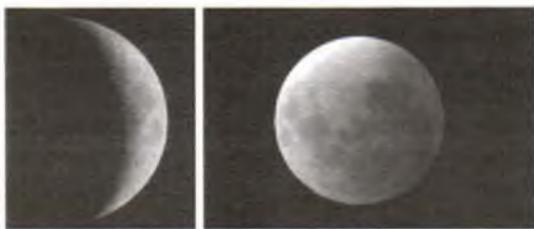


Рис. 122

**25.47.** В солнечный день длина тени от заводской трубы 30 м, а длина тени от отвесно поставленной палки высотой 1,5 м равна 2 м. Какова высота трубы?

**25.48.** На горизонтальной площадке стоят два вертикальных столба. Высота первого столба 2 м, а длина его тени 1 м. Какова высота второго столба, если длина его тени 75 см? Источником света является Солнце.

### Крепкие орешки

**25.49.** На ровной горизонтальной площадке стоят два вертикальных столба. Высота первого столба 3 м, высота второго 2 м. Длина тени первого столба 4 м, длина тени второго столба 3 м. Что является источником света: Солнце или фонарь? Обоснуйте ответ с помощью рисунка.

**25.50.** Уличный фонарь висит на высоте 4 м. Какой длины тень отбросит палка высотой 1 м, если ее установить вертикально на расстоянии 3 м от основания столба, на котором укреплен фонарь?

**25.51.** В заборе имеется круглое отверстие диаметром 1 см, а за забором напротив отверстия висит яблоко диаметром 12 см. На каком расстоянии от забора должен находиться глаз, чтобы он видел все яблоко, если расстояние от яблока до забора 1 м?

**25.52.** На ровной горизонтальной площадке стоят вертикальные столбы. Высота первого столба вдвое больше высоты второго. Может ли тень первого столба быть короче, чем тень второго, если источником света является:

- а) Солнце;
- б) фонарь?

Сделайте схематические рисунки, которые поясняют ваш ответ.

Свет мой, зеркальце! скажи  
Да всю правду доложи...

А. С. Пушкин

## 26. ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА. ИЗОБРАЖЕНИЕ В ЗЕРКАЛЕ

### Пример решения задачи

Какую высоту должно иметь вертикальное зеркало, чтобы человек мог видеть свое отражение во весь рост?

**Решение.** Построим мнимое изображение человека в плоском зеркале (рис. 123). Это изображение находится на таком же расстоянии от зеркала, как человек. Человек рассматривает свое изображение в зеркале, как в «окне». Прямые, проведенные

от глаз человека к крайним точкам изображения, должны проходить через зеркало. Из подобия треугольников, ограниченных этими прямыми, следует: высота зеркала должна быть не меньше половины роста человека.

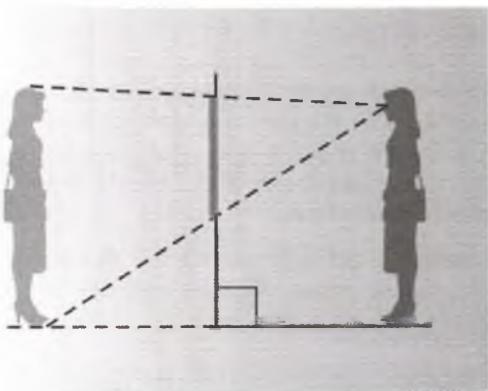


Рис. 123

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

**26.1.** Большинство окружающих нас предметов не излучает свет. Почему же мы их видим?

**26.2.** Какие из небесных тел, которые мы можем видеть на ночном небе, не излучают свет? Вследствие чего их можно увидеть?

**26.3.** Является ли зеркальным отражение света от большинства предметов, окружающих нас?

**26.4.** Какие тела отражают свет зеркально?

**26.5.** Какие тела почти не отражают свет?

**26.6.** Чему равен угол отражения лучей от плоского зеркала, если угол между падающим лучом и зеркалом  $10^\circ$ ?  $30^\circ$ ?  $45^\circ$ ?

**26.7.** Чему равен угол падения лучей на плоское зеркало, если угол между лучом и зеркалом  $20^\circ$ ?  $50^\circ$ ?  $60^\circ$ ?

**26.8.** Чему равен угол падения луча на плоское зеркало, если угол между падающим лучом и отраженным  $30^\circ$ ?  $50^\circ$ ?  $80^\circ$ ?  $100^\circ$ ?

### Первый уровень

**26.9.** В каком случае угол отражения светового луча от зеркала меньше (рис. 124)?

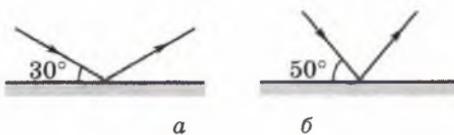


Рис. 124

**26.10.** При каком угле падения луча на плоское зеркало падающий и отраженный лучи совпадают?

**26.11.** Падающий и отраженный лучи света образуют прямой угол. Определите угол падения луча на зеркало.

**26.12.** Чем отличается зеркальное отражение от рассеянного?

**26.13.** Является ли отражение от киноэкрана зеркальным или рассеянным?

**26.14.** Какое изображение получают в плоском зеркале — действительное или мнимое?

**26.15.** Каковы размер изображения в плоском зеркале и его расстояние от зеркала (воспользуйтесь рис. 125)?

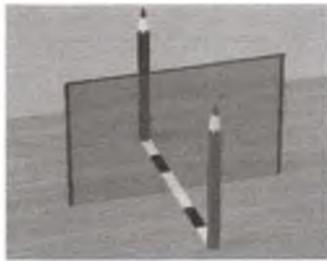


Рис. 125

**26.16.** Поднесите к зеркалу правую руку. Какую руку вы увидите в зеркале — правую или левую?

**26.17.** Какие изображения называют мнимыми?

**26.18.** Напишите на листке бумаги несколько слов, поднесите его к зеркалу и попробуйте прочитать написанное. Почему это сделать труднее, чем узнать по отражению в зеркале знакомое лицо?

**26.19.** Параллельные пучки света падают на гладкую и шероховатую поверхности (рис. 126). Постройте отраженные пучки света.



Рис. 126

**26.20.** На рис. 127 изображены лучи, падающие на зеркало. Постройте отраженные лучи.

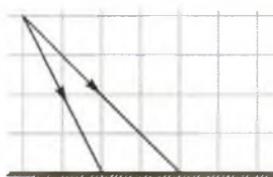


Рис. 127

**26.21.** На рисунке 128 изображены лучи, падающие на зеркало. Постройте отраженные лучи. Будут они сходиться или расходиться?

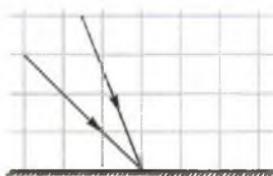


Рис. 128

**26.22.** Перед плоским зеркалом «поставьте» латинскую букву *R*. Что будет видно в зеркале?

**26.23.** Предмет находится на расстоянии 30 см от плоского зеркала. Каково расстояние между предметом и его изображением?

**26.24.** Луч света падает на плоское зеркало под углом  $45^\circ$  к его поверхности. Чему равен угол между падающим лучом и отраженным?

**26.25.** Как изменится расстояние между свечой и ее изображением в плоском зеркале, если свечу отодвинуть дальше от зеркала на 10 см?

**26.26.** Постройте изображение светящихся точек *A*, *B*, *C* в плоском зеркале (рис. 129).

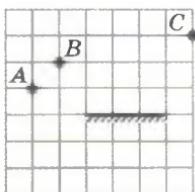


Рис. 129

**26.27.** Постройте изображение предмета  $AB$  в плоском зеркале (рис. 130).

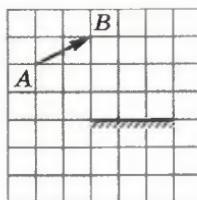


Рис. 130

### ■ Второй уровень

**26.28.** Иногда можно видеть, как сквозь тучи пробиваются «лучи света» (рис. 131). Что мы видим при этом на самом деле? Действительно ли можно увидеть со стороны пучок световых лучей?



Рис. 131

**26.29.** Луч света падает на плоское зеркало. Во сколько раз угол между падающим лучом и отраженным больше угла падения?

**26.30.** Вспомните слова из сказки А. С. Пушкина:

Свет мой, зеркальце! скажи  
Да всю правду доложи...

Действительно ли изображение в зеркальце в точности соответствует оригиналу?

**26.31.** В 1816 году в Англии была изобретена одна очень интересная оптическая игрушка. Через пару лет ее с восхищением встретили в России, а баснописец А. Измайлов так написал о ней:

Смотрю — и что ж в моих глазах?  
В фигурах разных и звездах  
Сапфиры, яхонты, топазы,  
И изумруды, и алмазы,  
И аметисты, и жемчуг,  
И перламутр — все вижу вдруг!

Лиши сдею рукои движенье —  
И новое в глазах явленье!

О какой игрушке идет речь? На каком физическом явлении основано ее действие?

**26.32.** Что мы увидели бы вокруг, если бы все предметы вдруг стали отражать свет не рассеянно, а зеркально?

**26.33.** Почему плоское зеркало передает точное изображение предмета?

**26.34.** Чем отличается отражение света от:

- а) плоского зеркала;
- б) белой бумаги;
- в) черной бумаги?

**26.35.** Можно ли увидеть поверхность идеального зеркала?

**26.36.** Если прикасаются пальцем к плоскому стеклянному зеркалу в любом месте его поверхности, то между пальцем и его изображением будет некоторое расстояние. Почему?

**26.37.** Используя рис. 132, объясните построение изображения точки в зеркале.

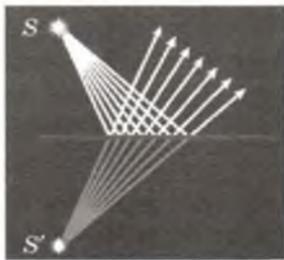


Рис. 132

**26.38.** Какой физический смысл заложен в русскую пословицу: что на зеркало пенять, коли рожа крива?

**26.39.** Угол между падающим лучом и плоским зеркалом равен углу между падающим лучом и отраженным. Чему равен угол падения?

**26.40.** На плоское зеркало падают два луча, угол между которыми  $20^\circ$ . Найдите угол между отраженными лучами.

**26.41.** Угол падения луча на зеркальную поверхность  $40^\circ$ . Чему равен угол между падающим и отраженным лучами?

**26.42.** Угол между падающим и отраженным лучами  $46^\circ$ . Чему равен угол падения луча на зеркальную поверхность?

**26.43.** Световые лучи от лампы  $A$  падают на плоское зеркало (рис. 133). Не измеряя углов, начертите отраженные от зеркала лучи.



Рис. 133

**26.44.** Постройте изображение светящейся точки  $S$  в плоском зеркале (рис. 134) и определите область видения этой точки в зеркале.



Рис. 134

**26.45.** Постройте изображения светящихся точек  $A$  и  $B$  в плоском зеркале и определите область, из которой можно видеть оба изображения (рис. 135).



Рис. 135

**26.46.** Из каких точек пространства карандаш будет виден в плоском зеркале полностью (рис. 136)?

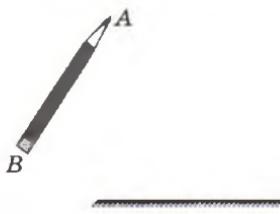


Рис. 136

**26.47.** Какие печатные буквы алфавита не изменяются при отражении в зеркале? Что общего у этих букв? Проверьте ответ с помощью зеркала.

**26.48.** Рекламные надписи над входом в магазин отражаются в зеркальной витрине на противоположной стороне улицы. Какие из приведенных букв не изменяют своего вида вследствие отражения: А, Б, В, Д, Е, Ж, И, К, Л, М, Н, О, П, С, Т, У, Ф, Х?

### Третий уровень

**26.49.** Человек, стоящий на берегу озера, видит на гладкой поверхности воды изображение Солнца. Как будет перемещаться это изображение при удалении человека от озера?

**26.50.** В ясную лунную ночь на поверхности озера или моря можно любоваться сверкающей лунной дорожкой (рис. 137). Объясните, как она образуется. Можно ли наблюдать лунную дорожку на идеально гладкой, спокойной поверхности воды? Почему дорожка всегда направлена на наблюдателя?



Рис. 137

**26.51.** Как изменятся размеры вашего изображения в висящем на стене плоском зеркале, если отойти от зеркала дальше? закрыть часть зеркала?

**26.52.** Как нужно расположить плоское зеркало, чтобы катящийся по столу шарик казался в зеркале поднимающимся вертикально вверх?

**26.53.** Перед вами фотография улицы (рис. 138). По каким признакам можно определить, что это не «зеркальное» изображение?



Рис. 138

**26.54.** Вершинами четырехугольника являются две точки и их изображения в плоском зеркале. Может ли этот четырехугольник быть:

- а) квадратом;
- б) неравнобедренной трапецией;
- в) ромбом с углом  $60^\circ$ ?

**26.55.** На какой угол повернется луч после отражения от двух зеркал, поставленных под прямым углом (рис. 139)?

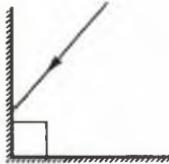


Рис. 139

**26.56.** Поставьте два зеркала под углом друг к другу. Поместите между ними какой-нибудь небольшой предмет (карандаш, ручку или свечку). Сколько изображений этого предмета видно в зеркалах?

 **26.57.** Утром солнечные лучи падают под углом  $10^\circ$  к горизонту. Как надо разместить плоское зеркало, чтобы отраженные лучи осветили дно глубокого колодца?

**26.58.** Мальчик осветил солнечным зайчиком дно глубокого колодца, держа зеркальце под углом  $60^\circ$  к горизонту. Под каким углом к горизонту падают солнечные лучи?

**26.59.** Мальчик видит в небольшой луже изображение фонаря  $A$  (рис. 140). Где расположена эта лужа? Начертите ход лучей, которые после отражения попадают в глаза мальчику.

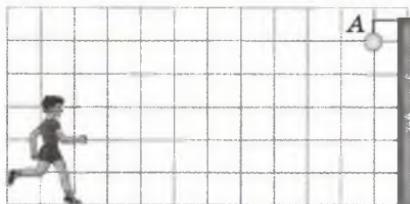


Рис. 140

### Крепкие орешки

**26.60.** На плоское зеркало падает сходящийся пучок света (рис. 141). Сделайте рисунок в тетради и постройте ход лучей после отражения от зеркала.

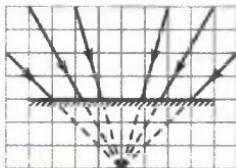


Рис. 141

**26.61.** Где надо повесить на стенку  $AB$  небольшое плоское зеркало, чтобы из точки  $C$  можно было увидеть в зеркале угол комнаты  $D$  (рис. 142)? Начертите ход лучей.

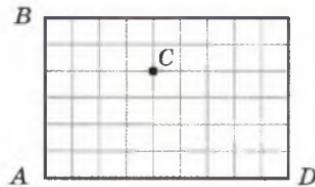


Рис. 142

**26.62.** Напишите несколько слов, которые не будут изменяться вследствие отражения от плоского зеркала.

Ⓐ **26.63.** Определите с помощью построения, куда нужно направить луч из точки  $A$  (рис. 143), чтобы после двух отражений в зеркале он попал в точку  $B$ .

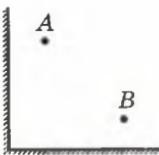


Рис. 143

**26.64.** Два зеркала (рис. 144) взаимно перпендикулярны. Сколько изображений точки  $A$  дают эти зеркала? Постройте эти изображения.

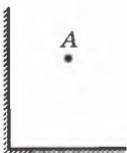


Рис. 144

**26.65.** Человек видит свое изображение, полученное с помощью двух вертикальных зеркал, расположенных под прямым углом. Человек поднимает правую руку. Какую руку «поднимет» его изображение?

**26.66.** Как расположить в комнате два зеркала, чтобы человек мог увидеть свое изображение, находясь в любой точке комнаты?

**26.67.** Сколько изображений светящейся точки  $A$  дают зеркала (рис. 145, а, б)? Постройте эти изображения.

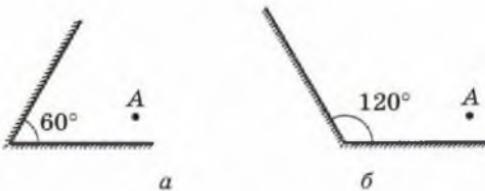


Рис. 145

**26.68.** Как с помощью двух зеркал получить бесконечно большое число изображений одного предмета?

**26.69.** Как следует расположить точку и два зеркала, чтобы точка и ее изображение находились в вершинах:

- квадрата;
- равностороннего треугольника?

**26.70.** В калейдоскопе получают узор (рис. 146) с помощью двух зеркал. Как расположены эти зеркала?

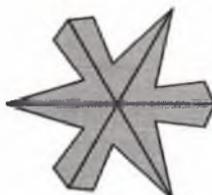


Рис. 146

**26.71.** Ваза стоит на плоском зеркале (рис. 147). При включении точечного источника света на стене появляется двойная тень вазы. Объясните это явление с помощью построения.

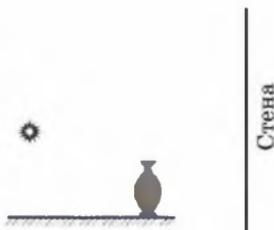


Рис. 147

Стекло приводит нас чрез Оптику к сему,  
Прогнав глубокую неведения тьму!  
Преломленных лучей пределы в нем неложны,  
Поставлены творцем; другие невозможны.

*М. В. Ломоносов*

## 27. ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

**27.1.** Как определяют угол преломления?

**27.2.** Луч света идет из воздуха в воду. Какой угол больше — угол падения или угол преломления? Изменится ли ответ, если луч идет из воды в воздух?

**27.3.** Какие примеры преломления света вы можете наблюдать у себя дома?

**27.4.** Угол падения луча из воздуха в стекло равен  $0^\circ$ . Чему равен угол преломления?

## Первый уровень

**27.5.** В каком случае угол преломления света меньше угла падения?

**27.6.** В каком случае угол преломления света больше угла падения?

**27.7.** При каких условиях угол преломления равен углу падения?

**27.8.** Когда световой луч падает из воздуха на поверхность стекла, он испытывает отражение и преломление. На каком из рисунков (рис. 148, а—г) правильно показаны отраженный и преломленный лучи?

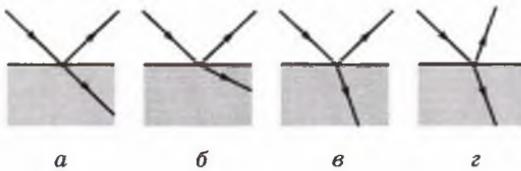


Рис. 148

**27.9.** Световой луч, который падает снизу на поверхность воды, испытывает отражение и преломление. На каком из рисунков (рис. 149, а—г) правильно показаны отраженный и преломленный лучи?

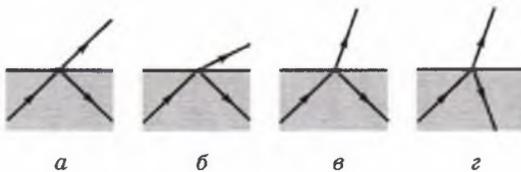


Рис. 149

**27.10.** На рис. 150 изображено преломление луча света на границе двух сред. Отметьте углы падения и преломления.

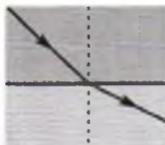


Рис. 150

**27.11.** Свет переходит из воздуха в воду. Сделайте рисунок, покажите ход луча, углы падения и преломления.

**27.12.** Свет переходит из масла в воздух. Сделайте рисунок, покажите ход луча, углы падения и преломления.

## ■ Второй уровень

**27.13.** Почему чайная ложка, поставленная в чашку с водой, кажется надломленной?

**27.14.** Почему изображения предметов, получаемые при отражении их в воде, кажутся менее яркими, чем сами предметы (рис. 151)?



Рис. 151

**27.15.** Угол между отраженным и преломленным лучами  $110^\circ$ . Чему равна сумма углов падения и преломления?

**27.16.** Луч света падает на плоскую границу раздела двух сред. Угол падения равен  $60^\circ$ , а угол между отраженным и преломленным лучами —  $80^\circ$ . Чему равен угол преломления?

**27.17.** На дне чашки лежит монета. Почему эта монета «приподнимается», когда в чашку наливают воду (рис. 152, а, б)? Обоснуйте свой ответ с помощью схематического рисунка.

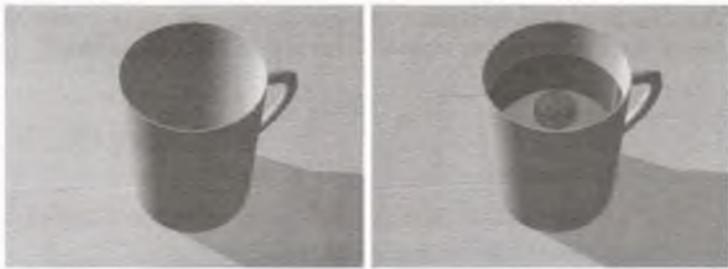


Рис. 152

**27.18.** Какой физический смысл содержится в русской пословице: не зная броду, не суйся в воду?

**27.19.** Если поверхность воды не совсем спокойная, то предметы, лежащие на дне, кажутся колеблющимися. Объясните это явление.

**27.20.** На оконное стекло падают два луча, угол между которыми  $40^\circ$ . Каким станет угол между лучами после того, как они пройдут сквозь стекло?

**27.21.** Что может быть скрыто за непрозрачным экраном, если световые лучи изменяют направление, как показано на рис. 153?



Рис. 153

### Третий уровень

 **27.22.** Объясните с помощью схематического рисунка, почему при взгляде сверху глубина озера кажется меньшей, чем она есть на самом деле.

**27.23.** Водолаз из-под воды смотрит на птицу, парящую вблизи поверхности воды. Будет ли птица казаться ему ближе или дальше, чем она находится на самом деле?

**27.24.** Почему в ясную погоду рано утром отраженный от поверхности спокойной воды солнечный свет слепит глаза, а днем — нет?

**27.25.** Почему в ясную погоду рано утром под водой еще темно, хотя солнце уже поднялось?

**27.26.** Угол падения узкого пучка света на поверхность жидкости равен  $60^\circ$ , а угол преломления —  $45^\circ$ . Под каким углом к горизонту следует разместить в жидкости плоское зеркало, чтобы отраженный пучок возвратился к источнику света?

**27.27.** Если посмотреть вдоль палочки, погруженной в воду, палочка покажется изломанной. В какую сторону? Проверьте свое предположение на опыте и объясните явление, сделав схематический рисунок, показывающий ход лучей.

**27.28.** Вы рассматриваете надпись на бумаге сквозь толстую стеклянную пластинку (рис. 154). Будет ли текст казаться вам

ближе или дальше, чем он есть на самом деле? Обоснуйте свой ответ с помощью схематического рисунка.



Рис. 154

**27.29.** Нарисуйте дальнейший ход светового луча, который падает на боковую поверхность «воздушной призмы» в воде (рис. 155).



Рис. 155

**27.30.** Постройте дальнейший ход световых лучей, которые падают на поверхность стеклянного полуцилиндра (рис. 156, а, б). Покажите как отраженные, так и преломленные лучи.

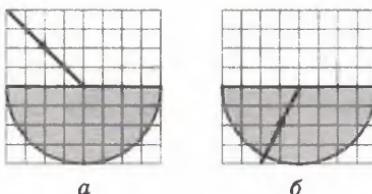


Рис. 156

 **27.31.** Луч света падает на толстое витринное стекло. Докажите, что после прохождения сквозь стекло направление луча не изменяется. А что изменяется?

Крепкие орешки

**27.32.** Толченое стекло непрозрачно, но если его залить водой, оно становится прозрачным. Какие выводы можно сделать из этого факта о свойствах воды и стекла?

 **27.33.** Правильно ли утверждение: световые лучи в воздухе прямолинейны?

 **27.34.** В жарких пустынях иногда наблюдают мираж: вдалеке «возникает» поверхность водоема. Какими физическими явлениями обусловлен такой мираж?

От микробы до Вселенной — краткий путь,  
Надо в линзы лишь другие заглянуть!

Э. Г. Братута

## 28. ЛИНЗЫ

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

### Пример решения задачи

Постройте изображение точки  $A$ , лежащей на главной оптической оси собирающей линзы (рис. 157).

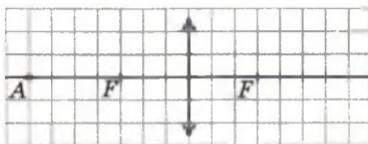


Рис. 157

**Решение.** Все лучи, которые обычно используют для построения изображения, в данном случае совпадают с главной оптической осью линзы. Воспользуемся поэтому произвольным лучом, проведенным из точки  $A$  к линзе. Построим параллельный ему луч, проходящий через центр линзы. После прохождения через линзу этот и преломленный лучи пересекутся в фокальной плоскости (рис. 158). Продолжая преломленный луч до пересечения с главной оптической осью линзы, находим изображение точки  $A$  — точку  $A_1$ .

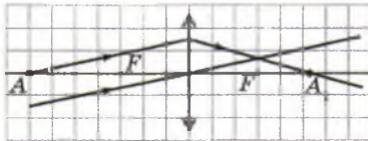


Рис. 158

Можно решить задачу другим способом: «поставить» в точке  $A$  вертикальную стрелку. Построив изображение верхушки этой стрелки, вы легко найдете и изображение точки  $A$ .

## УСТНАЯ РАЗМИНКА

**28.1.** На каком физическом явлении основано действие линзы?

**28.2.** Как на ощупь отличить собирающую линзу от рассеивающей?

**28.3.** Капля воды на столе действует как линза. Собирающая это линза или рассеивающая?

**28.4.** На рис. 159 показаны стеклянные линзы, расположенные в воздухе. Какие из этих линз являются собирающими?

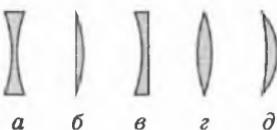


Рис. 159

**28.5.** На рис. 160 показаны воздушные линзы в стекле. Какие из этих линз являются собирающими?

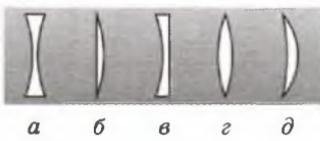


Рис. 160

**28.6.** Чем отличается мнимое изображение от действительного?

**28.7.** Ход каких двух лучей используют обычно для построения изображения, даваемого линзой?

**28.8.** Какие физические величины связывает формула тонкой линзы?

### ■ Первый уровень

**28.9.** Почему выпуклая стеклянная линза является собирающей?

**28.10.** Почему вогнутая стеклянная линза является рассеивающей?

**28.11.** На каком расстоянии от собирающей линзы надо поместить предмет, чтобы его изображение было действительным?

**28.12.** Можно ли получить мнимое изображение с помощью собирающей линзы? рассеивающей линзы?

**28.13.** Какое изображение — действительное или мнимое — можно наблюдать на экране?

**28.14.** Можно ли по характеристикам изображения, полученного с помощью линзы, определить, какая это линза — собирающая или рассеивающая?

**28.15.** Светящаяся точка расположена в фокусе собирающей линзы. Где находится изображение этой точки?

**28.16.** На рис. 161 изображено положение собирающей линзы и ее главной оптической оси. Какой из трех лучей, изображенных на рисунке штриховыми линиями, является продолжением светового луча 1 после преломления в линзе?

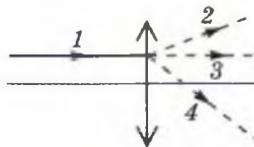


Рис. 161

**28.17.** На рис. 162 изображено положение рассеивающей линзы и ее главной оптической оси. Какой из трех лучей, изображенных на рисунке штриховыми линиями, является продолжением светового луча 1 после преломления в линзе?

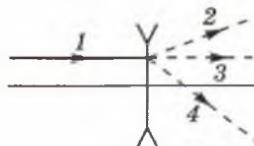


Рис. 162

**28.18.** На рис. 163 изображены собирающая линза, ее главная оптическая ось и лучи, падающие на линзу. Постройте дальнейший ход лучей.

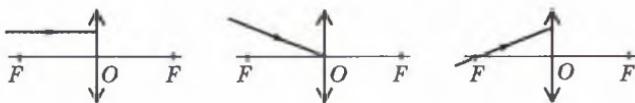


Рис. 163

**28.19.** На рис. 164 изображены рассеивающая линза, ее главная оптическая ось и лучи, падающие на линзу. Постройте дальнейший ход лучей.

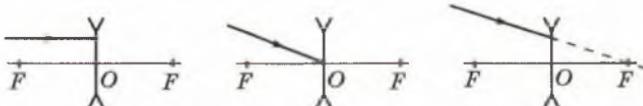


Рис. 164

**28.20.** Оптическая сила линзы 5 дптр. Какая это линза — собирающая или рассеивающая? Найдите ее фокусное расстояние.

**28.21.** Оптическая сила линзы  $-4$  дптр. Какая это линза — собирающая или рассеивающая? Найдите ее фокусное расстояние.

**28.22.** Какую оптическую силу имеет собирающая линза, фокусное расстояние которой  $10$  см?

**28.23.** Какую оптическую силу имеет рассеивающая линза, фокусы которой находятся на расстоянии  $12,5$  см от линзы?

## ■ Второй уровень

**28.24.** Почему сад или огород лучше всего поливать ранним утром?

**28.25.** Укажите, какие линзы (рис. 165) непригодны для получения действительных изображений предметов.

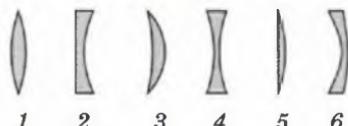


Рис. 165

**28.26.** Попробуйте объяснить смысл стихотворных строк Э. Г. Братуты:

От микробы до Вселенной — краткий путь,  
Надо в линзы лишь другие заглянуть!

**28.27.** Дайте характеристику изображения предмета, расположенного за двойным фокусом собирающей линзы.

**28.28.** Дайте характеристику изображения предмета, находящегося между фокусом и двойным фокусом собирающей линзы.

**28.29.** Дайте характеристику изображения предмета, находящегося между собирающей линзой и ее фокусом.

**28.30.** Постройте изображение стрелки в собирающей линзе (рис. 166). Охарактеризуйте полученное изображение.

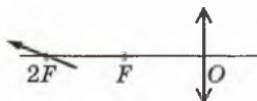


Рис. 166

**28.31.** Постройте изображение стрелки в рассеивающей линзе (рис. 167). Охарактеризуйте полученное изображение.

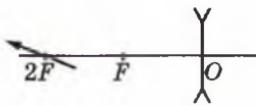


Рис. 167

**28.32.** Постройте изображение данной стрелки в линзе (рис. 168). Охарактеризуйте полученное изображение.

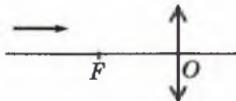


Рис. 168

**28.33.** На рис. 169 показаны главная оптическая ось  $MN$  линзы, предмет  $AB$  и его изображение  $A_1B_1$ . Определите графически положение оптического центра и фокусов линзы.

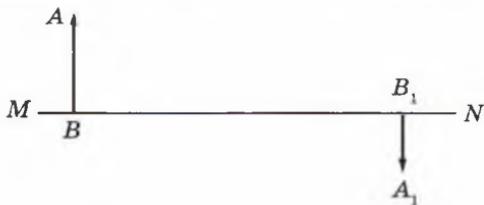


Рис. 169

**28.34.** Какая линза может давать увеличенное действительное изображение? При каком условии? Постройте соответствующее изображение.

**28.35.** Какая линза может давать уменьшенное действительное изображение? При каком условии? Постройте соответствующее изображение.

**28.36.** Какая линза может давать увеличенное мнимое изображение? При каком условии? Постройте соответствующее изображение.

**28.37.** На рис. 170 показаны лучи, которые выходят из одной светящейся точки  $A$  и проходят через собирающую линзу. Покажите дальнейший ход лучей 2 и 4.

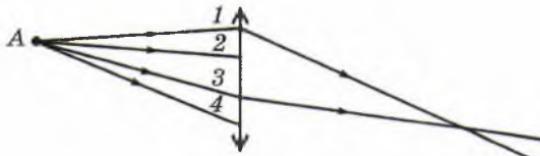


Рис. 170

**28.38.** Собирающую линзу с фокусным расстоянием  $F$  разместили на расстоянии  $4F$  от лампы. На каком расстоянии от линзы надо поместить экран, чтобы получить на нем изображение лампы? Дайте характеристику изображения. Решите задачу, используя формулу тонкой линзы.

**28.39.** Зажженную свечу поставили на расстоянии 30 см от собирающей линзы с фокусным расстоянием 10 см. На каком расстоянии от линзы надо поместить экран, чтобы получить на нем изображение пламени свечи? Дайте характеристику изображения. Решите задачу, используя формулу тонкой линзы.

### Третий уровень

**28.40.** Предложите простой способ измерения оптической силы собирающей линзы.

**28.41.** На рис. 171 изображены в разрезе линзы, изготовленные из одинакового стекла. У какой линзы большее фокусное расстояние? У какой из них больше оптическая сила?



Рис. 171

**28.42.** На рис. 172 изображены в разрезе линзы, изготовленные из одинакового стекла. Фокусы какой линзы расположены ближе к ней?



Рис. 172

**28.43.** Можно ли разжечь костер с помощью льда?

 **28.44.** Всегда ли линзы с выпуклыми поверхностями — собирающие, а линзы с вогнутыми поверхностями — рассеивающие?

**28.45.** При каком условии изображение предмета в собирающей линзе получается мнимым? Можно ли видеть это изображение? сфотографировать? получить на экране?

**28.46.** С помощью какой линзы можно получить на экране изображение пламени свечи? Как изменится это изображение, если половину линзы закрыть непрозрачным экраном?

**28.47.** При каком условии линза с фокусным расстоянием 10 см может дать прямое увеличенное изображение предмета? Каким будет изображение: действительным или мнимым?

**28.48.** Как надо расположить собирающую линзу, чтобы увидеть в ней увеличенное изображение букв этой строки? Действительным или мнимым будет изображение?

**28.49.** Каким будет изображение букв этой строки, если рассматривать их с помощью рассеивающей линзы: прямым или перевернутым? увеличенным или уменьшенным? мнимым или действительным?

**28.50.** Оптическая сила линзы 4 дптр. На каком расстоянии от линзы следует поместить предмет, чтобы получить действительное изображение предмета в натуральную величину?

**28.51.** Определите с помощью построения положение фокусов линзы, если задана главная оптическая ось и ход произвольного луча (рис. 173).

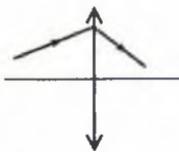


Рис. 173

**28.52.** Определите с помощью построения положение фокусов линзы, если задана главная оптическая ось и ход произвольного луча (рис. 174).

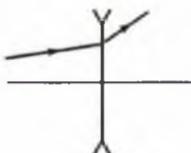


Рис. 174

**28.53.** Определите с помощью построения, где находится оптический центр тонкой линзы и ее фокусы, если  $MN$  — главная оптическая ось линзы,  $A$  — светящаяся точка,  $A_1$  — ее изображение (рис. 175). Определите вид линзы (собирающая или рассеивающая) и тип изображения (прямое или перевернутое, увеличенное или уменьшенное, мнимое или действительное).



Рис. 175

**28.54.** Определите построением, где находится оптический центр тонкой линзы и ее фокусы, если  $MN$  — главная оптическая ось линзы,  $A$  — светящаяся точка,  $A_1$  — ее изображение (рис. 176). Определите вид линзы (собирающая или рассеивающая) и тип изображения (прямое или перевернутое, увеличенное или уменьшенное, мнимое или действительное).

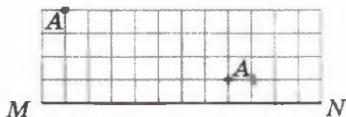


Рис. 176

**28.55.** Определите построением положение фокусов линзы, если  $A$  — светящаяся точка,  $A_1$  — ее изображение,  $MN$  — главная оптическая ось линзы (рис. 177).



Рис. 177

**28.56.** Определите фокусное расстояние собирающей линзы, если предмет находится от линзы на расстоянии 15 см, а его изображение — на расстоянии 10 см от линзы.

**28.57.** На каком расстоянии от собирающей линзы с фокусным расстоянием 20 см получится изображение предмета, если расстояние между предметом и линзой 30 см?

**28.58.** Определите фокусное расстояние рассеивающей линзы, если предмет находится от линзы на расстоянии 15 см, а его изображение — на расстоянии 6 см от линзы.

**28.59.** Оптическая сила линзы 2,5 дптр. На каких расстояниях от нее надо поместить лампу и экран, чтобы получить на экране изображение, размеры которого равны размерам лампы?

**28.60.** Постройте в удобном масштабе изображение предмета, который расположен на расстоянии 10 см от собирающей линзы с оптической силой 5 дптр. Дайте характеристику изображения. Проверьте, выполняется ли в этом случае формула тонкой линзы.

**28.61.** Постройте в удобном масштабе изображение предмета, который расположен на расстоянии 20 см от рассеивающей линзы с оптической силой -5 дптр. Дайте характеристику изображения. Проверьте, выполняется ли в этом случае формула тонкой линзы.

## Крепкие орешки

**28.62.** Линзу перемещают между неподвижными лампой  $L$  и экраном  $\mathcal{E}$  (рис. 178). На экране образуется изображение лампы при двух положениях линзы. Чем отличаются эти изображения? Каково фокусное расстояние линзы, если расстояние между линиями сетки 6 см?

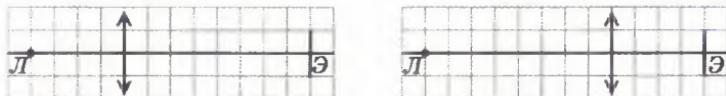


Рис. 178

**28.63.** Между пламенем свечи высотой 3 см и стеной ставят собирающую линзу, которая дает на стене изображение пламени высотой 6 см. Линзу можно передвинуть так, что на стене опять будет четкое изображение пламени. Какую высоту будет иметь это изображение?

**28.64.** Линза, состоящая из двух сложенных вплотную одинаковых «половинок», дает на экране изображение светящейся точки (рис. 179). Как изменится изображение, если верхнюю «половинку» линзы переместить немного вверх, а промежуток между половинками закрыть полоской картона?

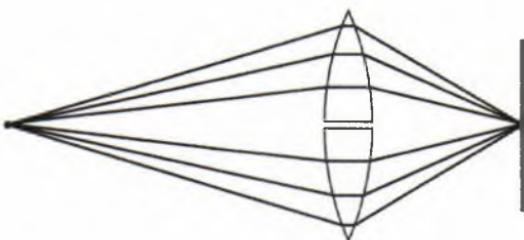


Рис. 179

**28.65.** На рис. 180 показаны стрелка  $AB$  и ее изображение  $A_1B_1$  в линзе. Найдите с помощью построения положение линзы и ее фокусов.

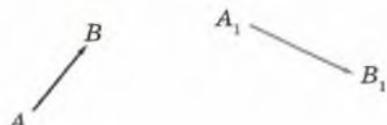


Рис. 180

Посредством глаза, а не глазом  
Смотреть на мир умеет разум.

У. Блейк

## 29. ГЛАЗ. ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

**29.1.** Какие части глаза образуют оптическую систему?

**29.2.** Какое преимущество дает зрение двумя глазами?

**29.3.** Как отличить очки для дальтоников людей от очков для близоруких людей?

**29.4.** В магазине «Оптика» имеются в продаже такие очки: +2 дптр, -0,5 дптр, -3 дптр, +2,5 дптр. Какие недостатки зрения исправляют эти очки?

**29.5.** Какой оптический прибор по своему устройству наиболее похож на глаз человека?

**29.6.** Что общего в строении глаза и в устройстве фотоаппарата?

**29.7.** Из каких оптических элементов состоит микроскоп?

**29.8.** Из каких оптических элементов состоит телескоп?

**29.9.** Действительное или мнимое изображение создает объектив фотоаппарата на фотопленке?

**29.10.** На каком «экране» создает изображение наш глаз? Какое это изображение — действительное или мнимое?

### Первый уровень

**29.11.** Рассмотрите зрачки своих глаз в плоском зеркале при малом освещении, а затем при сильном. Что вы заметили? Объясните наблюдаемое.

**29.12.** Хрусталик человеческого глаза может изменять свою кривизну. Для чего это нужно?

**29.13.** В каком случае фокусное расстояние хрусталика больше: когда вы читаете книгу или когда смотрите телевизор?

**29.14.** Что такое расстояние наилучшего зрения? Чему оно равно?

**29.15.** Какой недостаток зрения исправляют очки с рассеивающими линзами?

**29.16.** Какой недостаток зрения исправляют очки с собирающими линзами?

**29.17.** Можно ли в телескоп увидеть муху, севшую на объектив?

**29.18.** Самый простой телескоп можно изготовить из двух линз. Из каких именно?

**29.19.** Как надо расположить предмет и лупу, чтобы видеть через нее увеличенное изображение этого предмета? Каким будет это изображение — действительным или мнимым?

**29.20.** Чему равно фокусное расстояние лупы, которая дает четырехкратное увеличение?

## Второй уровень

**29.21.** Держа карандаш в руке, рассмотрите его на фоне окна. Почему мы видим четко или карандаш, или предметы за окном?

**29.22.** Объясните, почему в народе зайца называют «косым».

**29.23.** Что общего у всех оптических приборов, которые «увеличивают» или «приближают»?

 **29.24.** Почему проекционный аппарат дает увеличенное изображение предмета, а фотоаппарат — уменьшенное?

**29.25.** Почему пленку пропускают перед объективом кинопроектора так, чтобы изображение на ней было расположено «вверх ногами»?

**29.26.** Ученица пользуется очками с оптической силой +2 дптр. Каково фокусное расстояние линз в этих очках? Какой недостаток зрения они исправляют?

**29.27.** Врач порекомендовал Сергею носить очки с оптической силой -1 дптр. Какой недостаток зрения у Сергея? Каково фокусное расстояние линз этих очков?

**29.28.** Постройте ход лучей в простейшем перископе.

**29.29.** Как изменяются фокусное расстояние и оптическая сила хрусталика глаза, когда человек переводит глаза со страницы книги на облака за окном?

**29.30.** Устройство фотоаппарата напоминает строение глаза, однако «наводка на резкость» фотоаппарата и глаза происходит по-разному. В чем заключается это различие?

**29.31.** Близорукий человек оказался на необитаемом острове. Сумеет ли он развести костер, используя линзы очков как зажигательные стекла? Обоснуйте свой ответ.

**29.32.** Вы нашли очки. Предложите способ, с помощью которого можно определить, близорукость или дальнозоркость у их владельца.

**29.33.** От чего зависит время, на которое необходимо открывать затвор фотоаппарата во время фотографирования?

**29.34.** Какое изображение дает микроскоп — действительное или мнимое? прямое или перевернутое?

**29.35.** Дает ли телескоп увеличенные изображения звезд?

### ↙ Третий уровень

**29.36.** Многие любительские фотоаппараты не требуют наводки на резкость. Как обеспечивается необходимая четкость изображений при фотосъемке предметов, находящихся на разных расстояниях?

**29.37.** Мальчик, который заблудился в лесу, сумел разжечь костер без спичек: он воспользовался солнечными лучами и собственными очками. Какой недостаток зрения у этого мальчика?

**29.38.** В воде человек видит контуры окружающих его предметов размытыми. Означает ли это, что под водой глаз становится очень близоруким или очень дальнозорким? Обоснуйте свой ответ.

**29.39.** Какой дефект зрения «появится» у рыбы, которую вынули из воды, — близорукость или дальнозоркость (рис. 181)?



Рис. 181

**29.40.** Герой романа английского писателя-фантаста Г. Уэллса «Человек-невидимка» оставался невидимым для других, но сам все прекрасно видел. Не противоречит ли это известным вам законам физики?

**29.41.** В каком случае буквы на рекламном щите легче различить:

- высота букв 25 см и щит разглядывают с расстояния 20 м;
- высота букв 55 см и щит разглядывают с расстояния 40 м?

Буквы в обоих случаях имеют одинаковое начертание.

**29.42.** Какова высота  $H$  изображения человека на пленке, если рост человека  $h = 1,8$  м, а съемку производят с расстояния  $d = 3$  м? Считайте, что объектив можно рассматривать как одну собирающую линзу с фокусным расстоянием  $F = 50$  мм.

## Крепкие орешки

 **29.43.** Фотограф, стоящий в 10 м от дороги, фотографирует велогонщика, проезжающего мимо него со скоростью 36 км/ч. Фокусное расстояние объектива фотоаппарата 50 мм. Какова длина изображения велосипеда на пленке, если длина велосипеда 2 м? На какое время должен открываться при съемке затвор фотоаппарата, чтобы «размытие» изображения на пленке не превышало 0,1 мм?

 **29.44.** Самодельный «мелкоскоп». Маленький предмет можно хорошо рассмотреть с малого (меньше 10 см) расстояния через маленькое (диаметром от 0,5 до 1 мм) отверстие в листе картона или черной бумаги. Каков принцип действия такого простого оптического прибора?

**29.45.** На какой высоте над фотографом летел самолет, если длина самолета 20 м, а размер его изображения на пленке 1 мм? Фокусное расстояние объектива 30 мм.

**29.46.** При космической фотосъемке с высоты 100 км используют объектив с фокусным расстоянием 50 см. Каковы размеры полученного на фотопленке изображения школьного двора размером  $50 \times 50$  м?

Наиболее удивительная и чудесная смесь цветов — белый цвет.

*И. Ньютон*

## 30. ДИСПЕРСИЯ СВЕТА. ЦВЕТ

### УСТНАЯ РАЗМИНКА

**30.1.** В каком опыте Ньютон наблюдал дисперсию света?

**30.2.** Какая информация «зашифрована» во фразе:

*Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан?*

**30.3.** Чем обусловлена дисперсия света?

**30.4.** Приведите примеры проявления дисперсии света в природе.

**30.5.** Поэт В. Шеффнер писал:

Всего мне мало... Пусть в мгновенье это  
Все семь цветов я вижу без труда, —  
Но все ж невольно жду восьмого цвета,  
Который в детстве снился иногда.

О каких семи цветах упоминает поэт в своем стихотворении?

**30.6.** Какие лучи сильнее преломляются в стекле — красные или фиолетовые?

### Первый уровень

**30.7.** Белый луч света падает на боковую грань призмы под углом  $0^\circ$ . Получим ли на экране спектр?

**30.8.** На экране наблюдается спектр белого света. Что будет видно на экране, если свет пропустить через зеленый светофильтр? красный светофильтр? оба светофильтра, сложенные вместе?

**30.9.** Можно ли приблизиться к радуге?

**30.10.** Будет ли отражаться красный свет от зеленой поверхности? от белой?

**30.11.** Какого цвета может быть поверхность, если от нее хорошо отражается синий свет?

### Второй уровень

**30.12.** Как объяснить разложение света в спектр при его прохождении через призму?

**30.13.** Какими свойствами обладают все цветные поверхности?

**30.14.** Почему мы видим черные буквы на белом листе бумаги?

**30.15.** Почему листья деревьев зеленые?

**30.16.** На белой ткани есть красное пятно. Хорошо ли отражают ткань и пятно красный свет? синий свет?

**30.17.** На белом фоне сделана надпись красными чернилами. Через стекло какого цвета нельзя прочитать написанное?

**30.18.** Хорошо ли виден предмет через два сложенных цветных стекла — зеленое и красное?

 **30.19.** От чего зависит цвет тела? Какие цвета называют дополнительными?

**30.20.** Какими казались бы все тела на Земле, если бы Солнце излучало только красный свет?

**30.21.** Почему на транспорте сигнал опасности подается красным светом?

**30.22.** Белый свет после прохождения через призму образует спектр (рис. 182). Из этого спектра выделяют зеленый свет и

еще раз пропускают через такую же призму. Какие изменения будет испытывать зеленый свет после прохождения через вторую призму?



Рис. 182

### Третий уровень

**30.23.** Объясните происхождение цвета синей бумаги, синего стекла, синего неба.

**30.24.** Почему на Земле небо голубое, а на Луне — черное?

**30.25.** Как вы понимаете слова И. Ньютона: «Наиболее удивительная и чудесная смесь цветов — белый цвет»?

**30.26.** Почему система цветного телевидения основана на применении трех цветов — красного, зеленого и синего?

 **30.27.** Почему некоторые тела кажутся белыми, серыми или черными?

**30.28.** Вода освещена красным светом. Какой свет видит человек, открывший глаза под водой?

**30.29.** На стеклянную призму падают два параллельных луча (рис. 183). Останутся ли эти лучи параллельными после прохождения через призму? Сделайте схематический рисунок, покажите ход лучей.



Рис. 183

**30.30.** Почему звезды отличаются по цвету? Каков цвет наиболее горячих звезд?

**30.31.** Почему звезды на ночном небе кажутся нам белыми? Ведь астрономы знают, что среди звезд есть и желтые, и красные, и голубые.

## 31. ДОМАШНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

### ◀ Первый уровень

**31.1.** Поставьте зажженную свечу перед экраном на расстоянии не более 50 см. Между свечой и экраном поместите карандаш: один раз вертикально, а второй — горизонтально. Какие образуются тени? Почему?

**31.2.** Положите на стол плоское зеркало и, глядя в него, попытайтесь его поверхность пудрой. Пронаблюдайте, как начнет темнеть при сильном запылении ваше изображение. Объясните наблюдаемые явления.

**31.3.** Напишите имя НАТАША, расположив буквы одну под другой. Разрежьте запись по вертикальной оси симметрии этих букв. Приложите к линии разреза перпендикулярно плоскости листа бумаги плоское зеркало и загляните в него. Объясните наблюдаемый результат.

**31.4.** Направьте свет настольной лампы на «подошву» утюга. Какой вид отражения света наблюдается в этом случае?

**31.5.** При отключенном верхнем свете поочередно поместите между настольной лампой и стеной руку, книгу и другие предметы. Наблюдайте на стене тень и полутиень. Объясните с помощью рисунка их образование.

**31.6.** Осветите небольшой предмет с расстояния нескольких метров сначала одной маленькой лампочкой, а затем двумя. Обратите внимание, насколько резкими будут края тени. Объясните результат опыта.

**31.7.** *Проходит или не проходит свет?* Требуются: фонарик, книга, чашка, стакан с водой, кусок тонкого стекла, калька, носовой платок.

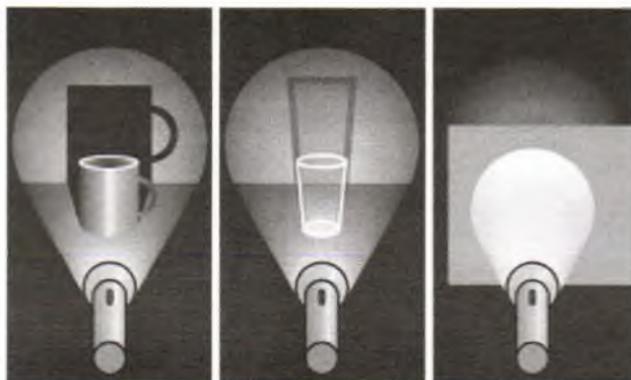


Рис. 184

По очереди освещайте на фоне стены в затемненной комнате разные предметы. Когда вы освещаете чашку или книгу, на стене образуется тень. Через стакан или стекло стена освещается (рис. 184). За калькой и носовым платком образуется слабо светящееся бесформенное пятно. Объясните результаты опыта.

## ■ Второй уровень

**31.8.** В затемненной комнате положите на край стола зажженный фонарик и сыпьте перед ним сверху пудру, растертый мел или тальк. Когда пылинки попадают в освещенную фонариком зону, они делают свет видимым. Проделав опыт, ответьте на следующие вопросы:

- а) как долго будет виден пучок света;
- б) влияют ли пылинки на направление распространения света?

**31.9. Эффект прозрачности.** Требуются: лист бумаги, несколько капель масла, соломинка, фонарик.

Нанесите на лист бумаги одну-две капли масла. Поставьте лист между включенным фонариком и стеной и определите, в каких местах на стену попадает больше света. Объясните, почему смоченная маслом бумага пропускает свет лучше, чем сухая.

**31.10. Зеркало против зеркала.** Требуются: два плоских зеркала.

- а) Посмотрите в одно из двух зеркал и помашите себе правой рукой. Изображение в зеркале машет вам левой рукой.
- б) Поставьте зеркала под углом и встаньте в центре перед ними. Снова помашите себе рукой. На этот раз движение вашей правой руки соответствует движению правой руки изображения.

Объясните результаты опыта.

**31.11.** В куске картона сделайте отверстие диаметром 3—5 мм. Расположите картон с отверстием на расстоянии около 10 см от стены, находящейся напротив хорошо освещенного солнечным светом окна. На стене вы увидите перевернутое и уменьшенное изображение окна. Объясните наблюдаемое явление. Почему изображение оказывается перевернутым?

**31.12.** С наступлением темноты зрачок человеческого глаза расширяется. Проверьте на опыте это явление и объясните, как это отражается на резкости изображений окружающих предметов. Есть ли у фотоаппарата аналогичная деталь?

**31.13.** Одноглазый пират — герой романа Стивенсона — никак не мог попасть ниткой в игольное ушко. Попробуйте совершить эту «операцию», закрыв один глаз. Сделайте выводы из этого опыта.

**31.14.** Возьмите в каждую руку по остро заточенному карандашу. Закройте один глаз и не поворачивая головы, попадите острием одного карандаша в острие другого. Разведите карандаши и повторите опыт несколько раз. Проделайте эту операцию, открыв оба глаза. Оцените преимущества зрения двумя глазами.

**31.15.** Смешиваем цвета и краски. Требуются: два фонарика, два кусочка прозрачной пленки (красного и зеленого цвета), две резинки, кусочек белого картона, краски (зеленая, красная, желтая, синяя), кисточка, тарелка.

- Закройте поверхность одного фонарика зеленой, а другого — красной пленкой и закрепите их резинками. Включите оба фонарика и направьте их на белый картон так, чтобы пучки света перекрывались. Ожидаемый результат: там, где пучки света от двух фонариков перекрылись, должен наблюдаваться желтый цвет.
- Смешайте кисточкой на краю тарелки равные количества красной и зеленой краски. Помойте кисточку и смешайте желтую краску с синей. Ожидаемый результат: смесь красного и зеленого должна дать цвет, похожий на коричневый, а смесь желтого и синего — зеленый.

Объясните полученные результаты.

**31.16.** Красный фильтр. Требуются: белый лист бумаги, фломастеры, прозрачная красная пленка.

- На листе бумаги нарисуйте пятна разного цвета.
- Посмотрите на все пятна одновременно через красную пленку. Лист бумаги покажется вам полностью красным, за исключением наиболее темных пятен.

Объясните результаты опыта.

## Третий уровень

**31.17.** Станьте вблизи от уличного светильника так, чтобы отбрасывать на землю тень. Обратите внимание на контрастность теней ног и головы. Объясните результат опыта.

**31.18.** Предложите метод, позволяющий отличить собирающую линзу от рассеивающей, не определяя при этом на ощупь их толщину в центре и по краям.

**31.19.** Что находится в чернилах? Требуются: фломастеры разного цвета, плоская широкая ванночка, вода, полоски белой промокательной бумаги длиной 20 см и шириной 2—3 см.

- На каждой полоске на расстоянии 2 см от края поставьте пятно фломастером.
- Налейте в ванночку немного воды и коснитесь ее краем каждой полоски. Подождите, пока вода дойдет до пятна.

Ожидаемый результат: некоторые пятна, в том числе и черные, разделяются на участки разного цвета (рис. 185).

Объясните результаты опыта.



Рис. 185

**31.20.** Почему небо меняет свой цвет? Требуются: большая прозрачная банка, молоко, вода, фонарик.

- Наполните банку водой, добавьте несколько капель молока. Включите фонарик и направьте свет сверху вниз. Ожидаемый результат: вода приобретет голубую окраску.
- Теперь направьте луч фонарика на стенку банки и посмотрите на свет, проходящий через воду. Ожидаемый результат: вода приобретет розоватый цвет, а та ее часть, через которую проходит свет фонарика, — оранжево-желтый.

Объясните результаты опыта.

**31.21.** Иллюзия стрелки. Еще в прошлом столетии для демонстрации оптических обманов изображали две стрелки (рис. 186). Посмотрите внимательно на рисунок и скажите, какая стрелка кажется вам более длинной. А теперь измерьте линейкой длину каждой стрелки. Сделайте выводы.

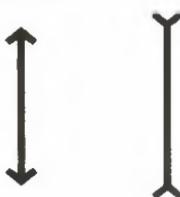


Рис. 186

**31.22.** Иллюзия железнодорожной колеи. Железнодорожные рельсы, идущие вдаль, кажутся сходящимися за горизонтом. А верхняя горизонтальная линия между ними на рис. 187 кажется

более длинной при любом положении изображения. Проверьте это, переворачивая рисунок. Сделайте выводы.

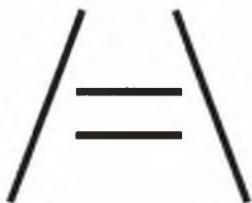


Рис. 187

**31.23. Квадрат на фоне окружностей.** Стороны квадрата кажутся вогнутыми на фоне концентрических окружностей (рис. 188). Проверьте с помощью линейки, вогнуты ли они на самом деле. Сделайте вывод, всегда ли можно «доверять глазам своим».

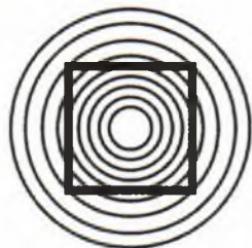


Рис. 188

**31.24. Иллюзия веера.** Горизонтальные отрезки прямых на рис. 189 воспринимаются как изогнутые линии. Убедитесь с помощью линейки, что это действительно отрезки прямых. Сделайте вывод: могут ли одни элементы рисунка влиять на восприятие других?

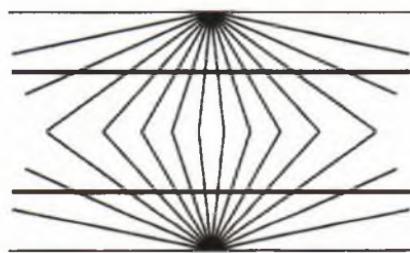
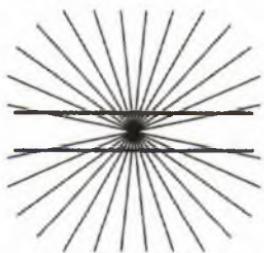


Рис. 189

## ОТВЕТЫ, УКАЗАНИЯ, РЕШЕНИЯ

**1.16. Решение.** При каждом ударе выполняется некоторая работа и гвоздь получает энергию. При забивании гвоздя эта энергия расходуется на преодоление сил сопротивления волокон дерева и сил трения (в конечном счете эта энергия переходит во внутреннюю, что приводит к нагреванию всего гвоздя и окружающих слоев дерева). Когда же гвоздь уже забит, передаваемая ему энергия переходит в основном во внутреннюю энергию шляпки гвоздя.

**1.17. Нет; да.** **1.19.** Появление тумана означает, что воздух в сосуде стал холоднее, следовательно, его внутренняя энергия уменьшилась в результате совершения работы над пробкой.

**1.21.** Больше энергии молоток передает свинцу, так как в этом случае вся его кинетическая энергия превращается во внутреннюю энергию свинца и молотка.

**1.24.** Два признака изменения внутренней энергии:

1) изменение температуры тела; 2) изменение агрегатного состояния.

**1.26. Нет:** например, когда остывает горячий чай, энергия передается воздуху в комнате, имеющему большую внутреннюю энергию.

**1.27. Решение.** При выстреле порох сгорает, образуя раскаленные газы, оказывающие огромное давление. Газы выполняют работу по увеличению кинетической энергии летящей пули и кинетической энергии винтовки при отдаче; часть энергии идет на нагревание ствола и на образование звуковой волны. Кроме того, часть энергии уносят нагретые газы, вылетающие вслед за пулей (эта энергия в конечном счете передается окружающему воздуху).

**1.30. Решение.** Давление воздуха уменьшается с высотой.

Поэтому при подъеме воздух расширяется. А при расширении он совершает работу, расходуя на это часть своей внутренней энергии. Это и является главной причиной охлаждения воздуха.

**2.19.** Нагретый свечой теплый воздух в результате конвекции поднимается вверх, увлекая за собой пушинку.

**2.20.** Создается принудительная конвекция, которая поднимает более нагретые слои жидкости вверх и приводит их в соприкосновение с менее нагретым воздухом.

**2.23.** При температуре, равной температуре человеческого тела, когда теплопередача не происходит.

**2.24.** В лед, потому что наличие воздуха в снегу уменьшает его теплопроводность.

**2.28.** Между тонкими волокнами козьего пуха удерживается воздух, имеющий низкую теплопроводность.

**2.29. Указание.** Кирпич — пористый материал.

**2.31. Неправильно.** Лед следует положить на крышку.

**2.32. Указание.** Учтите, что уменьшение мощности плиты приведет к увеличению времени нагревания воды.

**2.33.** Нагретый у поверхности Земли воздух поднимается на значительную высоту. Эти восходящие конвекционные потоки воздуха и позволяют птицам удерживаться на определенной высоте.

**2.34. Указание.** Теплопередача в воздухе обусловлена в основном кон-

**векцией.** **2.35. Решение.** Плотность горячей воды меньше, чем плотность воды комнатной температуры, поэтому нагреваться будут только верхние слои воды, а конвекции происходит не будет. Теплопередача же, обусловленная теплопроводностью, для воды очень мала. Следовательно, вскипятить воду не удастся. **2.36. Указание.** Ночью вода в море теплее, чем поверхность земли, а днем — прохладнее. **2.40.** Если термометр находится на солнце. **2.45. Указание.** Молекулы газа находятся довольно далеко друг от друга, поэтому столкновения между ними происходят редко. Вследствие этого обмен энергией между молекулами происходит медленно. **2.46. Решение.** Приятная прохлада возникает вследствие того, что тело отдает больше тепла набегающему потоку воздуха (такое возможно, если температура воздуха ниже температуры тела). Мороженое тает потому, что оно получает тепло из окружающего воздуха. По мере того как воздух, находящийся вблизи мороженного, охлаждается, он опускается вниз, а на смену ему приходит более теплый воздух. Чем быстрее происходит этот процесс, тем быстрее будет таять мороженое. Вентилятор только ускорит его таяние. **2.48. Кирпичные.** **2.50. а)** Не изменится; **б)** уменьшится. **2.51.** Нет, так как облака препятствуют охлаждению поверхности Земли. **2.52.** Температура лап птиц отличается от температуры тела: например, температура тела белой куропатки может быть почти на  $40^{\circ}\text{C}$  выше температуры ее лап. Низкая разность температур между конечностями и окружающей средой замедляет теплопередачу. **2.54. Указание.** Теплопередача между двумя телами происходит тем интенсивнее, чем больше разность температур этих тел. **2.55. Указание.** Естественная конвекция всегда проходит таким образом, что более теплый воздух поднимается, а более холодный — опускается. **2.56.** Сначала тает внешний слой льда. Стержень будет удерживать лед, пока тот весь не растает. **2.60. Решение.** Следует учесть, что термометр показывает собственную температуру, а скорость теплопередачи тем больше, чем больше разность температур тел, между которыми она происходит. Когда вы поставили термометр под мышку, сначала его температура довольно быстро приближается к температуре вашего тела, а затем изменение температуры термометра происходит все медленнее. А чтобы сделать правильные выводы о состоянии человека, надо измерить температуру с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ ! Вот почему приходится ждать довольно долго. «Сбить» же показания термометра можно, когда его температура становится ниже  $35^{\circ}\text{C}$  (т. е. не обязательно ждать, когда эта температура приблизится к температуре воздуха). Такое уменьшение температуры термометра происходит обычно быстрее, чем вы прочитаете его показания. **2.62.** В результате излучения стена прогреется и будет излучать теплоту в сторону стеарина. От стены к стеарину попадают также отраженные лучи. Кроме того, со стороны стены затруднены конвекционные потоки и стеарин со стороны стены

не охлаждается потоком воздуха. Все это приведет к тому, что стеарин в основном будет стекать у стены.

**4.5. У медной. 4.13. На нагревание воды. 4.14. Из-за большой удельной теплоемкости воды. 4.15. 25,2 кДж. 4.16. 24 г. 4.17. 900  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$ .**

**4.18. 420 °C. 4.19. 60 °C. 4.20. На 75 °C. 4.21. Если опустить алюминиевую ложку. 4.22. Главная причина — масса кирпичной печи намного больше, чем железной. 4.23. После дождя в почве много воды, у которой большая удельная теплоемкость. Кроме того, при испарении происходит охлаждение почвы. 4.27. Малой удельной теплоемкостью песка.**

**4.28. 1,2 МДж. 4.29. 720 кДж. 4.30. 50 °C. Решение.** В теплопередаче участвуют два тела: холодная вода получает количество теплоты  $Q_1 = cm_1(t - t_1)$ , кипяток отдает количество теплоты  $Q_2 = cm_2(t_2 - t)$ . Здесь  $c$  — удельная теплоемкость воды,  $t = 100$  °C. Согласно уравнению теплового баланса  $Q_1 = Q_2$ . Следовательно,  $cm_1(t - t_1) = cm_2(t_2 - t)$ ,

$$\text{откуда } t = \frac{m_1t_1 + m_2t_2}{m_1 + m_2} = \frac{1\text{ кг}\cdot10^{\circ}\text{C} + 0,8\text{ кг}\cdot100^{\circ}\text{C}}{1\text{ кг} + 0,8\text{ кг}} = 50^{\circ}\text{C}. 4.31. 0,5 \text{ кг.}$$

**4.32. На 5 км. 4.33. 1,5 л. 4.34. 60 °C. 4.35. 880  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$ . 4.36. 380  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$ .**

**4.37. Например, из меди. 4.38. В 9 раз. 4.39. Например, из алюминия. 4.40. На 5 °C. Решение.** Для подъема ртути массой  $m$  на высоту  $h$  надо затратить энергию  $E = mgh$ . Чтобы нагреть эту ртуть на  $\Delta t$ , надо сообщить ей количество теплоты  $Q = cm \cdot \Delta t$ , где  $c$  — удельная теплоемкость ртути.

Поскольку  $Q = E$ , получаем  $cm \cdot \Delta t = mgh \Rightarrow \Delta t = \frac{gh}{c}$ . **4.41. На 1,2 °C.**

**4.42. 42 км. 4.43. На 3,6 °C. 4.44. На 25 м. 4.46. 15 °C. 4.47. 85 кг** холодной воды и 65 кг горячей. **4.48. 25 кг и 75 кг. 4.49. 19,5 °C. 4.50. 55 °C. 4.51. 14 %. 4.52.** Для нагревания воздуха; в 1,8 раза. **4.53. На 43 °C. 4.54. На 12 °C. 4.55. Стального. 4.56. Алюминиевый. 4.57. 2,5 кг** воды; со ртутью. **4.58. За 4 с. 4.59. 47 %. 4.60. На 2 °C. Указание.** Предположите, что за указанное время каждую секунду вода отдавала одно и то же количество теплоты. Проверьте затем, подтверждает ли полученный ответ это предположение. **4.61. Решение.** Обозначим массы шарика и воды соответственно  $m$  и  $m_b$ , а удельные теплоемкости  $c$  и  $c_b$ , температуру после переноса  $N$  шариков  $t_N$ . Температура кипятка  $t_0 = 100$  °C. Согласно уравнению теплового баланса  $c_b m_b (t_N - t_b) = Ncm(t_0 - t_N)$ . Если  $N = 1$ , получим  $c_b m_b (t_1 - t_b) = cm(t_0 - t_1)$ . Подставив в это уравнение числовые значения известных величин, получим  $c_b m_b = 3cm$ . Тогда при любом  $N$  справедливо уравнение  $3(t_N - t_b) = N(t_0 - t_N)$ . Отсюда

$$t_N = \frac{Nt_0 + 3t_b}{N + 3}. \text{ После переноса второго и третьего шариков температу-}$$

ра в калориметре будет соответственно 52 и 60 °С. Подставив значение  $t_N = 90$  °С, получим  $N = 21$ . **4.62.** Указание. Молоко и воду можно, например, разлить в сосуды вместимостью по 0,5 л и затем осуществлять теплопередачу между этими сосудами.

**5.9.** 7,8 МДж. **5.10.** 400 г. **5.11.** 27 МДж/кг; каменный уголь. **5.12.** 128 МДж. **5.13.** 92 МДж. **5.14.** 190 г. **5.17.** У пороха меньшее удельная теплота сгорания, но больше скорость сгорания (причем без доступа воздуха). Вся энергия сгорания пороха выделяется в тысячные доли секунды. **5.18.** Некоторое количество теплоты расходуется на нагревание и испарение воды, содержащейся в сырых дровах. **5.19.** Береза имеет большую плотность, чем сосна. **5.20. Решение.** Поскольку масса воды  $m = \rho V$ , для ее нагревания потребуется количество теплоты  $Q = mc(t_2 - t_1) = \rho cV(t_2 - t_1)$ . Здесь  $\rho$ ,  $c$  — соответственно плотность и удельная теплоемкость воды. В отсутствие потерь энергии  $Q = qm_r$ , где  $q$  и  $m_r$  — соответственно удельная теплота сгорания и масса газа. Отсюда  $m_r = \frac{\rho cV(t_2 - t_1)}{q}$ . Проверив единицы величин и подставив числовые значения, получим  $m_r = 0,19$  кг. **5.21.** 55 л. **5.22.** На 27 °С. **Решение.** При сгорании керосина выделяется энергия, равная  $qm$ . Для повышения температуры воды на  $\Delta t$  необходимо количество теплоты  $Q = cm_b\Delta t = cpV\Delta t$ , где  $c$  и  $\rho$  — соответственно удельная теплоемкость и плотность воды. Согласно условию  $Q = 0,5 qm$ . Отсюда  $\Delta t = \frac{qm}{2cpV}$ . **5.23.** 29 г. **5.24.** 31 °С. **5.25.** 36 %. **5.26.** Нет. Указание. Сравните плотности бензина и спирта. **5.27.** 460 кг. **5.28.** На 23 км. **5.29.** 22 т. **5.30.** 250 м. **5.31. Решение.** При остановке кинетическая энергия автомобиля превращается во внутреннюю энергию тормозных колодок, шин и других узлов (они нагреваются). Чтобы после остановки приобрести необходимую скорость, т. е. увеличить кинетическую энергию, в двигателе должно быть израсходовано некоторое количество горючего. Поэтому при движении с остановками автомобилю требуется больше горючего. **5.32.** Пластмасса горит быстрее бумаги. Поэтому, частично сгорев, пластмассовый прутик гаснет (из-за недостатка кислорода) и воспламеняется вновь, когда до него догорит бумага. **5.33.** 86 °С. **5.34.** 81 г. **5.35.** 18 °С. **5.36.** 1 кг. **5.37.** 25 мг. **5.38.** 3 : 7. **5.39.** 29 %. **5.40.** 35 %. **5.41.** 62 л.

**6.12.** Температура отвердевания спирта ниже температуры отвердевания ртути. **6.13.** Вода при замерзании расширяется и может разорвать радиатор. **6.14.** Примета указана верно. Образование кристалликов снега и льда связано с выделением энергии в окружающую среду. Поэтому при снегопаде большого понижения температуры воздуха быть не может. **6.15.** Для таяния льда необходимо некоторое количество те-

плоты, которое поступает из окружающего воздуха. В результате воздух охлаждается. 6.19. 41 кДж. 6.20. 0,33 кг. 6.21. 126 кДж. *Решение.* Для нагревания свинца до температуры плавления ему надо сообщить количество теплоты  $Q_1 = cm(t_{\text{пл}} - t_1)$ , а для плавления — количество теплоты  $Q_2 = \lambda m$ . Следовательно,  $Q = Q_1 + Q_2 = cm(t_{\text{пл}} - t_1) + \lambda m$ . 6.22. 13 кДж. 6.23. 1,6 кг. 6.24. 0,6 кг. 6.25. 0,85 МДж. 6.28. Вода, содержащаяся в волокнах деревьев, на морозе замерзает. Лед, расширяясь, разрывает волокна и вызывает треск. 6.30. *Решение.* При трении коньков о лед выделяется некоторое количество теплоты и лед плавится. Образуется тонкий слой водяной смазки, в результате чего трение уменьшается. В сильные морозы смазка не образуется, поскольку выделяющейся при трении коньков о лед энергии недостаточно для нагревания льда до температуры плавления. 6.31. Нет. 6.32. В первом, так как на растворение сахара (на разрушение его кристаллической решетки) расходуется энергия. 6.36. 2,2 МДж. 6.37. 1,8 кг. 6.38. 2,7 кг. 6.39. 2 кг. 6.40. 0,69 кг. 6.41. 1,3 кг. 6.42. Алюминиевой; в 1,3 раза. 6.43. 0,54 кг. 6.45. В солнечную морозную погоду. Лучи солнца нагревают снег на крыше и вызывают его таяние. Вода, стекая на теневую сторону, замерзает, образуя сосульки. 6.46. Благодаря большой удельной теплоте плавления льда таяние снега и льда весной происходит постепенно. На это впервые обратил внимание шотландский ученый Джозеф Блэк в середине 18-го века. Если бы скопившийся за зиму снег таял весь сразу при повышении температуры воздуха до  $0^{\circ}\text{C}$ , каждую весну происходили бы опустошательные наводнения. 6.50. Горячая вода расплавляет тонкий слой льда и медленно замерзает. При этом она успевает равномерно растечься, и поверхность льда получается гладкой. 6.52. *Решение.* На Землю. При быстром движении в атмосфере на спускаемый аппарат действует большая сила сопротивления, вследствие чего происходит превращение кинетической энергии во внутреннюю и корпус раскалывается. Пока на нем есть легко-плавкий металл, температура корпуса не может подняться выше температуры плавления этого металла. 6.54. Свинцового; медного. 6.55. а)  $-10^{\circ}\text{C}$ ; б)  $0^{\circ}\text{C}$ ; в)  $10^{\circ}\text{C}$ . Указание. Учтите возможное плавление льда. 6.56. 660  $^{\circ}\text{C}$ . 6.57. Не более 0,76 кг. *Решение.* В результате теплопередачи вода может остывая не более чем на  $30^{\circ}\text{C}$ . При этом она отдает количество теплоты, не превышающее  $Q_b = cm_b |\Delta t|$ , где  $|\Delta t| = 30^{\circ}\text{C}$ . Для плавления льда ему необходимо передать количество теплоты  $Q_a = \lambda m_a$ .

Из неравенства  $Q_a \leq Q_b$  получаем  $m_a \leq \frac{cm_b |\Delta t|}{\lambda}$ . 6.58. Не менее  $125^{\circ}\text{C}$ .

6.59. 0  $^{\circ}\text{C}$ . *Решение.* Вода, остывая до  $0^{\circ}\text{C}$ , может передать льду количество теплоты  $Q_1 = m_b c_b t_b = 126$  кДж. Для плавления всего льда необходимо количество теплоты  $Q_2 = \lambda m_a = 165$  кДж. Поскольку  $Q_2 > Q_1$ , полного плавления льда не произойдет; в сосуде будут находиться вода и лед при

температуре 0 °С. 6.60. –30 °С. 6.62. 0 °С; 0,24 кг. 6.63. а) 20 °С; б) 0 °С. 6.64. 5,4 °С. 6.65. –50 °С. 6.66. а) 0 °С; б) 20 °С. 6.67. Будет плавать внутри ледяного шара. 6.68. 13 %.

7.12. Во влажном воздухе намного медленнее испаряется влага с поверхности тела, что приводит к его перегреву. 7.18. 36 кДж. 7.19. 115 кДж. 7.20. 5 кг. 7.21. 14 кг. 7.22. 300 г. 7.23. 400 г. 7.24. 240 кДж/кг. 7.25. 400 кДж/кг. 7.26. При конденсации невидимый пар превращается в видимые капельки воды. 7.30. Дело в том, что у лягушки кожа очень легко испаряет влагу. В сухой атмосфере кожа быстро обезвоживается, поэтому лягушка, если дело идет к теплу, сидит в воде. В сырую погоду, когда собирается дождь, она вылезает на поверхность и обезвоживание ей не грозит. 7.32. Распыление воды и взмахи пчел крыльями способствует интенсивному испарению воды и понижению температуры в улье. Когда температура в улье достигает нормы, рабочие пчелы вновь начинают собирать нектар. 7.33. Чтобы обеспечить охлаждение организма в жаркий день, собака широко открывает рот и высовывает язык. Испарение слюны с поверхности языка понижает температуру ее тела. 7.34. Белесая струйка, выходящая из носика чайника, — не пар, а туман (крошечные капельки воды, образовавшиеся в результате конденсации невидимого водяного пара). 7.37. Большое скопление людей повышает содержание водяного пара в комнате. При соприкосновении с охлажденными стеклами происходит конденсация этого пара. 7.38. *Решение*. В жаркие летние дни вода интенсивно испаряется с поверхности водоемов; воздух, содержащий водяные пары, нагревается от поверхности суши или воды, расширяется и устремляется вверх, при этом охлаждаясь. Водяные пары конденсируются, образуя облака (рис. 190). 7.39. Роза. 7.40. В жаркий день испаряется больше воды, и содержание водяного пара в воздухе увеличивается. 7.43. 13,6 МДж. 7.44. 9,3 МДж. 7.45. 120 кДж. 7.46. 510 кДж. 7.47. 60 г. *Решение*. Вода при нагревании

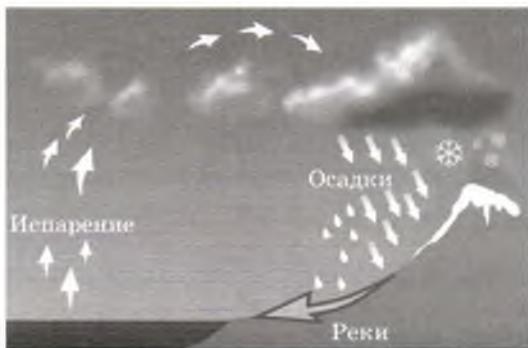


Рис. 190

получает количество теплоты  $Q_b = c_b m_b (t - t_b)$ , а при конденсации пара и охлаждении образовавшейся воды выделяется количество теплоты  $Q_n = Lm_n + c_n m_n (t_n - t)$ . Согласно уравнению теплового баланса  $Q_b = Q_n$ , откуда  $m_n = m_b \frac{c_b (t - t_b)}{L + c_n (t_n - t)}$ .

**7.51.** 57 г. **7.52.** 0,92 кг. **7.53. Решение.** Испарение продолжается, однако водяной пар теперь не выходит из банки. Чем больше количество молекул пара над водой, тем чаще они, совершая беспорядочное движение, попадают опять в воду — ускоряется процесс конденсации. При некотором количестве водяного пара в банке испарение и конденсация компенсируют друг друга: уровень воды не будет изменяться (в плотно закрытых сосудах по этой же причине уровень жидкости не изменяется в течение многих лет). **7.54.** Не будет, так как для кипения необходим приток энергии. Температура обоих сосудов 100 °С, внешний сосуд не передает энергию внутреннему. **7.55.** Воздух, соприкасаясь с оконными стеклами, охлаждается. Находившийся в воздухе водяной пар превращается в ледяные кристаллы (минута жидкое состояние). **7.59.** Вследствие испарения воды. **7.60.** Перед дождем количество водяного пара в воздухе возрастает и пар начинает конденсироваться в некоторых пористых и сыпучих веществах. **7.62.** Это можно объяснить тем, что при повышенной влажности деревянные предметы отсыревают. При горении влага из древесины интенсивно испаряется. Увеличиваясь в объеме, пар с треском разрывает древесные волокна. **7.63.** Перед дождем влажность воздуха увеличивается, в результате чего у мошек, мотыльков и других насекомых крылышки покрываются мелкими капельками воды и тяжелеют. Поэтому насекомые опускаются вниз, а следом летят и птицы, питающиеся ими. **7.65. Решение.** Вода в чайнике получает тепло от нагретого пламенем dna чайника или от электронагревателя, расположенного у dna. Слои воды у dna нагреваются до температуры кипения раньше остальных, поэтому у dna возникают пузырьки, наполненные водяным паром. Пузырьки всплывают и попадают в более холодные слои воды. В результате охлаждения пар конденсируется и пузырьки «захлопываются». Происходит это так быстро, что стенки пузырьков ударяются друг о друга с резким щелканьем. Множество таких крошечных «захлопываний» и создает характерный шум. Перед самым закипанием верхние слои воды уже имеют температуру, близкую к температуре кипения, поэтому «захлопывания» пузырьков не происходит. А после закипания мы слышим бульканье пузырьков, лопающихся на поверхности воды. **7.66. Решение.** После открывания сосуда давление в нем упадет практически до нуля, и ничто не помешает расти возникающим в воде пузырькам с паром. Вода бурно закипит. Процесс парообразования идет с поглощением энергии, поэтому вода будет быстро охлаждаться.

В результате в сосуде одновременно с кипением будет идти и «противоположный» процесс — замерзание воды. **7.67.** В очень чистой воде нет центров парообразования, на которых обычно и образуются пузырьки пара. Перегретая вода находится в неустойчивом состоянии: малейшее воздействие может вызвать бурное закипание. **7.68.** Указание. В таких сосудах имеются поры, сквозь которые вода медленно просачивается из сосуда. **7.71.** 2,3 кг. **7.72.** 0,37 кг. **7.73.** а)  $t = 32^\circ\text{C}$ ,  $m = 510$  г; б)  $t = 100^\circ\text{C}$ ,  $m = 573$  г. **Решение.** Следует учесть, что если масса пара достаточно велика, то уже конденсация некоторой части пара приведет к повышению температуры в калориметре до  $100^\circ\text{C}$ , поэтому оставшийся пар не будет конденсироваться. Проще всего сначала решать задачу, предполагая, что конденсируется весь пар; если подстановка числовых данных приведет к результату  $t < 100^\circ\text{C}$ , то это подтвердит правильность предположения, а если получится, что  $t > 100^\circ\text{C}$ , то предположение несправедливо, т. е.  $t = 100^\circ\text{C}$ . В случае а) из уравнения теплового баланса  $c_{\text{в}} m_{\text{в}}(t - t_{\text{в}}) = m_{\text{п}} L + c_{\text{п}} m_{\text{п}}(t_{\text{п}} - t)$  получим  $t = 32^\circ\text{C}$ , поэтому  $m = m_{\text{в}} + m_{\text{п}}$ ; в случае б) находим  $t = 100^\circ\text{C}$ . Вода получила от пара количество теплоты  $Q_{\text{п}} = c_{\text{п}} m_{\text{п}}(t - t_{\text{п}})$ ; следовательно, масса сконденсированного водяного пара  $m_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{п}}}{L} = \frac{c_{\text{п}} m_{\text{п}}(t - t_{\text{п}})}{L}$ , а  $m = m_{\text{в}} + m_{\text{п}}$ . **7.74.**  $46^\circ\text{C}$ . **7.75.** 61 мин.

**7.76.**  $36,5^\circ\text{C}$ . **7.77.** 98 кг. **7.78.** Не хватит. **7.81.**  $17^\circ\text{C}$ .

**8.12.** 20 %, 33 %. **8.13.** 20 %. **8.14.** 150 кДж. **8.15.** 480 кДж. **8.16.** 30 %. **8.20.** В конце такта «сжатие». **8.22.** Чтобы обеспечить наиболее полное сгорание топлива. **8.24.** 19 %. **8.25.** 1,2 кВт. **8.26.** На дизельном топливе. **8.27.** 10 г. **8.28.** 9,6 кВт. **8.29.** 25 %. **8.31.** Это следствие разреженности воздуха в верхних слоях атмосферы и недостатка в нем кислорода. **8.33.** Не противоречит: такое возможно, если газ при нагревании расширялся и выполнял работу. **8.34.** Нет. Низкий КПД тепловых машин объясняется не столько трением в механизмах, сколько необходимостью отводить большое количество теплоты в холодильник. **8.35.** **Решение.** Ни кинетическая, ни потенциальная энергия автомобиля не изменилась. Выделившаяся энергия израсходована на преодоление различных видов трения; следовательно, вся энергия перешла во внутреннюю энергию нагревшихся шин, дороги, воздуха и т. д. **8.36.** Во втором цилиндре — сжатие, в третьем — выпуск отработанной смеси, в четвертом — выпуск горючей смеси. **8.37.** 23 м/с. **8.38.** 6,1 л.

**10.35.** Потому что с таких тел заряд не стекает. **10.39.** При трении оболочки шара о воздух она электризовалась настолько, что возникнул электрический заряд. Если оболочка шара была наполнена водородом, то при возникновении разряда водород мог воспламениться. **10.41.** Может, в зависимости от того, чем ее натирают. **10.45.** Ошибка допущена на рис. 36, б. **10.46.** **Решение.** Да, могут. Именно так электризуются

тщательно отполированные тела (если они изготовлены из *разных* материалов). Одно из тел «перетягивает» электроны с поверхности другого и заряжается отрицательно, другое тело при этом заряжается положительно. **10.47. Решение.** Простого прикосновения недостаточно. Эбонит — диэлектрик, поэтому заряд не может перетекать с одного участка поверхности палочки на другой. При прикосновении на электрометр перейдет заряд лишь с очень небольшой части поверхности палочки. Проводя же палочкой по металлической поверхности шарика электрометра, мы передаем шарику электрический заряд с большей поверхности. **10.50. Решение.** Два тела испытывают электрическое притяжение, если заряжено только одно из тел, причем зарядом *любого* знака. А электрическое отталкивание проявляется себя только тогда, когда заряжены оба тела, причем обязательно одноименно. **10.51. Решение.** Человеческое тело является проводником. При соприкосновении двух проводников заряд перераспределяется между ними так, что на большем по размеру проводнике оказывается и больший по модулю заряд. Человеческое тело намного больше шарика, поэтому практически весь заряд шарика переходит на тело человека.

**11.23. Решение.** Так как шарики являются проводниками, то после соприкосновения их можно рассматривать как одно тело с общим зарядом  $Q = 5q + (-9q) = -4q$ . Шарики одинаковые, поэтому заряд делит-  
ся между ними поровну и заряд каждого шарика  $\frac{Q}{2} = -2q$ .

**11.24. -10q.**  
**11.25. 90 Н.** **11.26. 0,25 мН.** **11.27. 30 нКл.** **11.28. 15 мм.** **11.29. Уве-**  
 личить в 256 раз. **11.30. 10,5 нКл.** **11.31. а)** Увеличилась в 1,8 раза;  
**б)** уменьшилась в 1,25 раза. Указание. Примените закон сохранения  
 электрического заряда и закон Кулона. **11.33. Можно;** для этого потре-  
 буются еще два металлических шарика такого же радиуса (рис. 191).



Рис. 191

**12.18. Решение.** Надо привести шарики в соприкосновение. При этом электрический заряд разделится между ними поровну, т. е. заряд на каждом из них составит половину первоначального заряда. Затем шарики надо удалить друг от друга и после этого прикоснуться пальцем к одному из них (при этом практически весь заряд перейдет с шарика на тело эксперимен-  
 татора). Повторяя эту процедуру, можно уменьшить заряд в 4, 8, 16 раз и т. д. Такой способ годится только для шариков из проводящих мате-  
 риалов. Заряд на шарике из диэлектрика (например, из эбонита) не мо-  
 жет перетекать даже на соседний участок поверхности.

**12.20. Решение.** Прикосновение к гильзе приведет к тому, что она практически разрядится. Поэтому отталкивание гильз сменится притяжением, гильзы соприкоснутся и их заряды опять станут одинаковыми (вдвое меньшими, чем в начале опыта). В результате гильзы будут опять отталкиваться, но угол между нитями станет заметно меньше.

**12.21. Решение.** Можно привести шарики в соприкосновение и поднести заряженную палочку близко к одному из них (но не прикасаться). В результате разделения зарядов шарики приобретут равные по модулю и противоположные по знаку заряды. Затем надо раздвинуть шарики и после этого удалить палочку: шарики останутся заряженными.

**12.22.** Достаточно коснуться рукой одной из гильз. Если после этого их взаимодействие прекратится, то мы коснулись заряженной гильзы.

**12.23. Решение.** Пусть, например, мы подносим к электроскопу отрицательно заряженное тело. Часть свободных электронов, отталкиваясь от отрицательного заряда, перейдет на нижнюю часть стержня и на стрелку. Стрелка начнет отталкиваться от стержня и отклонится от вертикали (рис. 192). **12.24.** Увеличится; уменьшится. **Указание.** См. за-

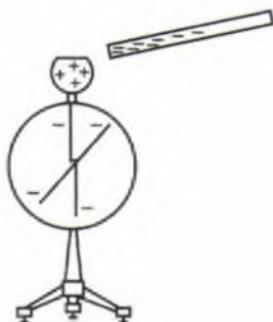


Рис. 192

дачу 12.23. 12.26. Можно поднести заряженный шарик к незаряженному и коснуться пальцем незаряженного шарика. В результате он приобретет положительный заряд. Заряд первого шарика останется неизменным. **12.28. Решение.** Заряженное тело создает вокруг себя электрическое поле, которое, действуя на отрицательные и положительные частицы в незаряженном теле, вызывает в нем *разделение зарядов* (рис. 193).

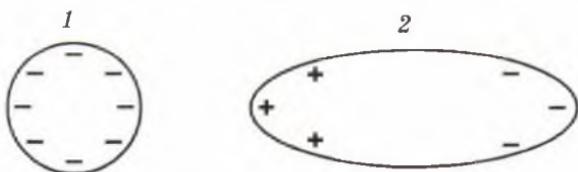


Рис. 193

В результате заряженное тело 1 будет притягивать «ближнюю половину» незаряженного тела 2 и отталкивать « дальнюю ». Хотя заряды «половин» тела 2 по модулю одинаковы, на «ближнюю» его половину действует более сильное поле, поскольку она находится ближе к заряженному телу 1. Вследствие этого притяжение «пересилит» отталкивание. 12.29. В случае а. 12.30. Увеличится. Указание. См. рис. 194.

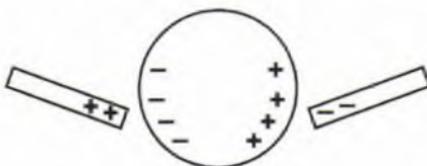


Рис. 194

12.31. *Решение.* Если бы заряд распределился так, что внутри проводника существовало бы электрическое поле, оно вызывало бы движение свободных заряженных частиц, приводящее к дальнейшему перераспределению заряда. Этот процесс завершается только тогда, когда поле внутри проводника исчезает. Можно доказать, что заряд при этом будет находиться только на поверхности проводника. 12.32. Могут. *Решение.* Эффект перераспределения зарядов может привести к притяжению одноименно заряженных тел: «ближняя» сторона одного из них может изменить знак заряда (рис. 195). Притяжение меньшего по моду-

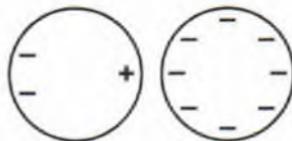


Рис. 195

лю, но ближе расположенного заряда «пересилит» отталкивание большего по модулю, но более далекого заряда. Такое возможно, если тела находятся достаточно близко друг к другу и заряд одного из них во много раз превышает заряд другого.

14.17. Возникает кратковременный ток. 14.28. Магнитное, тепловое, химическое. 14.29. *Решение.* Источник тока не создает электрические заряды. Внутри источника на заряженные частицы действуют силы, которые разделяют разноименные заряды, преодолевая их электрическое притяжение: на одном полюсе возникает избыток положительных зарядов, а на другом — избыток отрицательных. Эти заряды создают электрическое поле, которое и вызывает упорядоченное движение заряженных частиц в цепи. 14.30. Внутри источника электрический ток течет от отрицатель-



Рис. 196

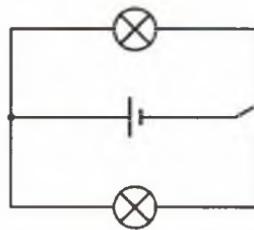


Рис. 197

ного полюса к положительному (рис. 196). 14.31. Указание. Трамвайные рельсы заземлены. 14.39. Нет. Если одну цинковую пластинку заменить на медную, получится гальванический элемент. 14.40. Решение. Если источник исправлен, то в стакане с водой (в ней всегда содержится некоторое количество примесей) потечет электрический ток. О наличии тока можно судить по пузырькам газа, собирающимся у электродов. 14.41. См. рис. 197. 14.42. См. рис. 198. 14.43. См. рис. 199. 14.44. См. рис. 200.

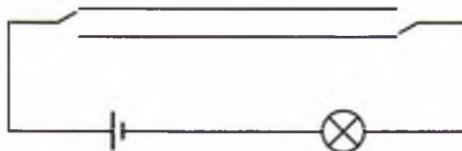


Рис. 198

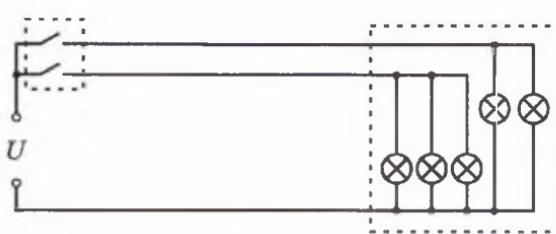


Рис. 199

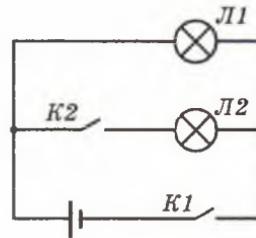


Рис. 200

15.23. 0,5 А. 15.24. 2,2 Кл. 15.25. 5 мин. 15.26. 6 В. 15.27. 11 кДж. 15.28. 120 Кл. 15.31. 100 Ом. 15.32. 25 м. 15.33. 1,7 мм<sup>2</sup>. 15.34. 5 В. 15.35. 20 Ом. 15.36. 18 Ом. 15.41.  $5 \cdot 10^{12}$ . 15.42. 2,6 мм<sup>2</sup>. 15.43. Не менее 0,47 мм. 15.48. 5 В; 0,25 А. 15.49. 0,5 А. 15.50. 24 Кл. 15.51. 0,5 А. 15.52. 15 В. 15.53. 6 Ом. 15.55. Второй, в 16 раз. 15.57. 23 м. Решение.

Из соотношений  $R = \frac{U}{I}$ ,  $R = \rho \frac{l}{S}$  следует  $\rho \frac{l}{S} = \frac{U}{I}$ , откуда  $l = \frac{SU}{\rho I}$ .

**15.58.** 2,8 В. **15.59.** 0,068 мм<sup>2</sup>. **15.60.** 81 м; 1,4 мм<sup>2</sup>. *Решение.* Воспользуемся формулами  $R = \rho \frac{l}{S}$  и  $m = dV = dlS$ . Здесь  $\rho$  — удельное сопротивление меди,  $d$  — ее плотность. Эти формулы образуют систему двух уравнений с двумя неизвестными. Перемножив почленно оба уравнения, найдем  $l = \sqrt{\frac{Rm}{\rho d}}$ ; разделив второе уравнение на первое, получим

$$S = \sqrt{\frac{m\rho}{Rd}}. \quad \text{15.61. } 3 \text{ мОм. Указание. Сопротивление трубки } R = \rho \frac{l}{S},$$

где  $\rho$  — удельное сопротивление железа, а  $S$  — площадь поперечного сечения трубки, т. е. площадь кольца с внутренним диаметром  $d$  и внешним диаметром  $d + 2a$ . **15.62.** Из алюминия, в 2 раза. **15.63.** Из меди, в 1,1 раза.

**16.12.** а) Увеличится; б) уменьшится. Ответ не зависит от типа соединения проводников в цепи. **16.14.** 0,5 А; 25 В; 35 В. *Решение.* Полное сопротивление участка цепи  $R = R_1 + R_2 = 120$  Ом. Сила тока в цепи  $I = \frac{U}{R}$ .

Сила тока в каждом из резисторов такая же. Напряжение на первом резисторе  $U_1 = IR_1$ , на втором  $U_2 = IR_2$  (можно найти  $U_2$  и из формулы  $U = U_1 + U_2$ ). **16.15.** 3 мА; 6 В; 9 В. **16.16.** 7,5 мА; 5 мА; 1,2 кОм. **16.18.** Сила тока увеличится, так как сопротивление участка электрической цепи уменьшится. **16.20.** На стальной, в 4,3 раза. **16.21.** В медной, в 12 раз. **16.25.** 5 Ом. **16.27.** 5 Ом; 3,6 А; 2,4 А; 1,2 А; 7,2 А. *Указание.*

Общая сила тока в цепи  $I = I_1 + I_2 + I_3$ , а сопротивление цепи  $R = \frac{U}{I}$ .

Сопротивление цепи можно найти и другим способом, воспользовавшись формулой  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ . **16.29.** а)  $I_1 = I_2 = I_3 = 12$  мА; б)  $I_1 = 8$  мА,

$I_2 = I_3 = 4$  мА; в)  $I_1 = I_4 = 12$  мА;  $I_2 = I_3 = 6$  мА. **16.30.**  $I_1 = 0,2$  А,  $I_2 = I_3 = 0,1$  А. *Решение.* Прежде всего определим, каковы типы соединений резисторов в данной цепи. Для этого перерисуем исходную схему (нарисуем эквивалентную схему). Мысленно заменим провода упругими «нитями» и растянем цепь, «взявшись» за полюса источника тока (рис. 201); при этом мы не разрываем провода, по которым идет ток, и не соединением их в новых узлах. Из полученной эквивалентной схемы видно, что

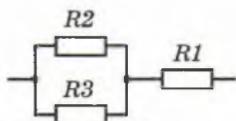


Рис. 201

резисторы  $R_2$  и  $R_3$  соединены параллельно, а резистор  $R_1$  соединен с этим участком цепи последовательно. Сопротивление цепи  $R = R_1 + R_{2-3}$ .

Следовательно,  $I_1 = I = \frac{U}{R}$ ,  $I_2 = I_3 = \frac{I}{2}$ . **16.31.**  $I_1 = I_5 = 0,2$  А,  $I_3 = 0,15$  А,  $I_2 = I_4 = I_6 = 0,05$  А. **16.32.**  $I_1 = 0,3$  А,  $I_2 = I_3 = 0,1$  А,  $I_4 = 0,2$  А.

**16.33. Решение.** Амперметр должен показывать силу тока в лампе. Поэтому амперметр нужно подключить последовательно к лампе: тогда в амперметре и лампе сила тока будет одинакова. Чтобы напряжение на лампе не изменилось заметно из-за подключения амперметра, напряжение на самом амперметре должно быть малым. Это условие выполняется, если сопротивление амперметра мало по сравнению с сопротивлением лампы. Заметим, что из-за малого сопротивления амперметра его опасно включать в цепь без нагрузки (лампы, резистора и т. д.) — сила тока в нем будет слишком велика и прибор может выйти из строя. **16.34. Решение.** Вольтметр должен показывать напряжение на лампе. Поэтому его следует подключить к лампе параллельно: тогда на лампе и вольтметре будет одно и то же напряжение. Чтобы сила тока в лампе не изменилась заметно из-за подключения вольтметра, сила тока в вольтметре должна быть малой. Для этого сопротивление вольтметра должно быть намного больше сопротивления лампы. **16.38. Решение.** В результате ошибки может получиться одна из двух цепей, схемы которых показаны на рис. 202, а, б.

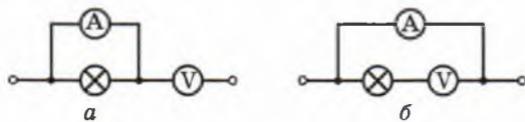


Рис. 202

В случае *a* напряжение на вольтметре практически совпадает с полным напряжением на участке цепи, а напряжение на лампе практически равно нулю. Поэтому вольтметр показывает напряжение в цепи, но сила тока в цепи настолько мала, что лампа не горит и показания амперметра практически равны нулю. В случае *b* практически вся сила тока идет через амперметр (при параллельном соединении сила тока в ветви цепи обратно пропорциональна сопротивлению этой ветви). Лампа не горит; вольтметр показывает напряжение, равное нулю. Если амперметр выйдет из строя и на его месте в цепи возникнет разрыв, то вольтметр будет показывать напряжение в цепи, но лампа так и не загорится. **16.39.** 240 Ом;  $I_1 = I_2 = I_3 = 10$  мА,  $I_4 = I_5 = 15$  мА. **16.40.** 200 Ом;  $I_1 = I_4 = 24$  мА,  $I_2 = I_3 = 12$  мА. **16.42.** См. рис. 203.

**16.43.** 2 Ом. **16.44.**  $\frac{2}{3}$  А;  $\frac{1}{3}$  А; 1 А; 9 В. **16.45.** 1 мА; 0,5 мА; 1,5 мА; 9 В.

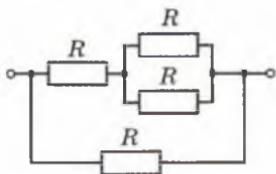


Рис. 203

**16.46.** 0,12 А; 0,12 А; 0,06 А; 0,06 А. **16.47.**  $I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_6 = 0,1$  А,

$I_7 = 0,3$  А. **16.48.** Решение. Перегорание лампы  $L4$  приведет к увеличению сопротивления цепи. Следовательно, полная сила тока в цепи уменьшится. Поэтому уменьшается накал лампы  $L1$  и напряжение на ней.

Поскольку общее напряжение в цепи не изменяется, увеличится напряжение на участке с параллельным соединением ламп. Значит, накал ламп  $L2$  и  $L3$  увеличится. **16.49.**  $I_1 = I_2 = 0,26$  А,  $I_3 = 0,52$  А,  $I_6 = I_7 = 0,91$  А. **16.50.** 1,2 кОм, 0,9 кОм. Указание. На рис. 204 приведена эквивалентная схема цепи при замкнутом ключе.

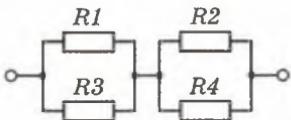


Рис. 204

**17.13.** У лампы мощностью 100 Вт. **17.14.** Мощность уменьшается, так как сопротивление нити накала лампы увеличивается. **17.15.** 3 кДж.

**17.16.** 5 В. **17.17.** 0,98 Вт. **17.18.** 2,7 А. **17.19.** 24 Ом. **17.20.** Лампочка для фонарика, в 1,4 раза; 16 Ом; 1,2 кОм. **17.21.** 38 кДж. **17.22.** 1 кДж.

**17.23.** 0,33 Ом. **17.28.** а) Во втором, в 10 раз; б) в первом, в 10 раз. Решение. При последовательном соединении сила тока в обоих резисторах одинакова. Из формулы  $P = I^2R$  следует, что при последовательном соединении мощность тока в резисторе прямо пропорциональна его сопротивлению. При параллельном соединении сила тока в резисторах не одинакова, поэтому использовать формулу  $P = I^2R$  нецелесообразно. В этом случае на всех резисторах одно и то же напряжение, поэтому целесообразно воспользоваться формулой  $P = \frac{U^2}{R}$ .

Из нее следует, что при параллельном соединении мощность тока в резисторе обратно пропорциональна его сопротивлению. **17.29.** а)  $P_1 = 20$  Вт,  $P_2 = 40$  Вт; б)  $P_1 = 180$  Вт,  $P_2 = 90$  Вт. Решение. а) Сопротивление всей цепи  $R = R_1 + R_2 = 60$  Ом.

Сила тока в каждом из резисторов  $I = \frac{U}{R} = 1$  А, мощность тока в резисторах  $P_1 = I^2R_1$ ,  $P_2 = I^2R_2$ . б) Мощность тока в резисторах  $P_1 = \frac{U^2}{R_1}$ ,

$P_2 = \frac{U^2}{R_2}$ .

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1} \cdot 17.30. 864 \text{ Дж}, 1,3 \text{ кДж. } 17.31. 5,4 \text{ кДж, } 3,6 \text{ кДж. } 17.32. 3,6 \text{ Вт;}$$

7,2 Вт; 10,8 Вт; 21,6 Вт. **17.33.** 300 Вт; 180 Вт; 120 Вт; 600 Вт. **17.34. Решение.**

В соответствии с формулой  $P = \frac{U^2}{R}$  меньшее сопротивление имеет лампа, рассчитанная на большую мощность, т. е. на 60 Вт. Пользоваться формулой  $P = \frac{U^2}{R}$  для сравнения мощностей при последовательном включении ламп нецелесообразно, так как напряжение на лампах в этом случае различно. При последовательном соединении сила тока в обеих лампах одинакова, поэтому лучше воспользоваться формулой  $P = I^2R$ , из которой следует: меньшая мощность тока при последовательном включении будет в той лампе, у которой сопротивление меньше (т. е. в рассчитанной на мощность 60 Вт). **17.35.** 9,6 Вт; 14,4 Вт. **Указание.** Общая мощность обеих ламп меньше мощности, на которую рассчитана любая из них. Это связано с тем, что сопротивление последовательно соединенных ламп больше сопротивления любой из них. **17.36.** а)  $P_1 = 90 \text{ Вт}$ ,  $P_2 = P_3 = 22,5 \text{ Вт}$ ; б)  $P_1 = P_2 = P_3 = 10 \text{ Вт}$ ,  $P_4 = 90 \text{ Вт}$ ; в)  $P_1 = 40 \text{ Вт}$ ,  $P_2 = P_3 = 10 \text{ Вт}$ ; г)  $P_1 = P_2 = P_3 = 10 \text{ Вт}$ ,  $P_4 = P_5 = 22,5 \text{ Вт}$ . **17.37.** При параллельном соединении; в 16 раз. **17.40.** Накал увеличился. **17.42.** 110 Вт; 121 Вт; увеличится в 1,21 раза. **Решение.** Лампы в гирлянде соединены последовательно, так что напряжение в сети представляет собой сумму напряжений на лампах. Следовательно, число ламп равно 55, а мощность тока в гирлянде 110 Вт. После перегорания пяти ламп в гирлянде останется 50 ламп, т. е. сопротивление гирлянды уменьшится в 1,1 раза.

Из формулы  $P = \frac{U^2}{R}$  следует, что мощность тока увеличится в 1,1 раза.

Согласно формуле  $P = I^2R$  мощность тока в каждой лампе увеличится еще заметнее — в  $1,1^2 = 1,21$  раза. Вследствие этого «укороченная» гирлянда будет недолговечной — очень скоро перегорит еще какая-нибудь лампа. **17.43.** Новая лампа будет светить слабее других; общая мощность после замены лампы увеличится. **17.44.** Мощность тока в каждой из трех одинаковых ламп 31 Вт, а в четвертой лампе — 20 Вт. Полная мощность увеличилась в 1,1 раза. **17.45.** Уменьшится на 27 Вт. **17.46. Решение.** Сопротивление лампы для карманного фонарика (16 Ом) намного меньше сопротивления 40-ваттной лампы (1,2 кОм). Поэтому при включении этих ламп последовательно сила тока в цепи как раз такая, на какую рассчитана 40-ваттная лампа (0,18 А). Лампа для карманного фонарика рассчитана на силу тока 0,25 А. Поэтому обе лампы будут гореть (лампа для карманного фонарика — неполным накалом). После замены 40-ваттной лампы на 100-ваттную сила тока в цепи возрастет до 0,44 А и лампа для карманного фонарика перегорит. **17.47.**  $P_1 = P_2 = 1,8 \text{ Вт}$ ,  $P_3 = P_4 = 0,45 \text{ Вт}$ . **17.48.** 0,4 А; 6,4 Вт. **17.49.** Второй резистор. **17.50.** 6 Вт,

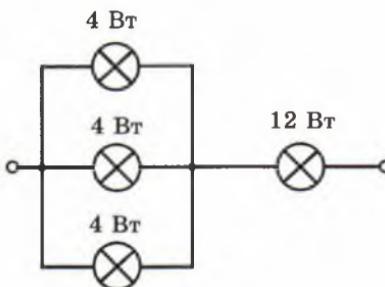


Рис. 205

12 Вт. 17.51. См. рис. 205. 17.52. Мощность тока в резисторе  $R_1$  увеличивается в  $\frac{81}{25}$  раза, а в резисторах  $R_2$  и  $R_3$  — уменьшится в  $\frac{25}{9}$  раза.

17.53. Мощность тока в лампе  $L_1$  уменьшится в  $\frac{16}{9}$  раза, в лампе  $L_2$  — увеличится в  $\frac{9}{4}$  раза, а общая мощность уменьшится в  $\frac{4}{3}$  раза.

17.54. 3,6 Вт; 1,6 Вт; 0,4 Вт. 17.55. 85 %. Решение. За время  $t$  электрический ток в двигателях электровоза совершает работу  $A_e = UIt$ ; за то же время совершается полезная работа  $A_n = Fs = Fvt$ . Согласно определению КПД получаем  $\eta = \frac{A_n}{A_e} \cdot 100\% = \frac{Fvt}{UIt} \cdot 100\% = \frac{Fv}{UI} \cdot 100\%$ .

17.56. 1,75 А. 17.57. 59 %. 17.58. 39 %. 17.59. 41 виток. 17.60. 24 мин; 8 мин. 17.61. а) 14 мин; б) 28 мин; в) 42 мин; г) 9 мин. Решение. Для доведения воды до кипения ей нужно сообщить количество теплоты  $Q = cm(t_{\text{кип}} - t_{\text{комб}}) = 10^6$  Дж. Приравнивая эту величину количеству теплоты,

выделяющуюся в первом резисторе за время  $t_1$ , получаем  $\frac{U^2}{R_1} t_1 = Q$ , откуда

$t_1 = Q \frac{R_1}{U^2}$ . Аналогично при включении только второго резистора  $t_2 = Q \frac{R_2}{U^2}$ .

При последовательном включении резисторов сопротивление нагревателя  $R_{\text{посл}} = R_1 + R_2$ , поэтому  $t_{\text{посл}} = Q \frac{R_{\text{посл}}}{U^2} = Q \frac{R_1 + R_2}{U^2}$ . При параллель-

ном включении резисторов сопротивление нагревателя  $R_{\text{пар}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ ,

поэтому  $t_{\text{пар}} = Q \frac{R_{\text{пар}}}{U^2} = \frac{QR_1 R_2}{U^2(R_1 + R_2)}$ . 17.62. См.

рис. 206. Указание. При последовательном соединении ламп напряжение на лампе  $L_1$  будет недостаточным для того, чтобы она светила.

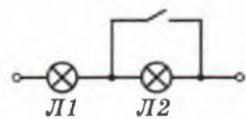


Рис. 206

**18.20.** Сила тока уменьшится, напряжение увеличится. **18.21.** Сила тока увеличится, напряжение уменьшится.

**20.23.** Стальная пружина и другие стальные детали часов намагничиваются и взаимодействуют друг с другом. **20.37.** Любящий камень (магнит) притягивает железо, как нежная мать привлекает своих детей, — так объясняли китайцы это название магнита. **20.38.** Указание. Вспомните, что магнитные полюсы Земли не совпадают с ее географическими полюсами. Куда будет показывать стрелка компаса, помещенная на южном географическом полюсе? **20.39.** Можно подвесить полотно за середину на нити и проверить, ориентируется ли оно магнитным полем Земли; можно также разломать полотно на две части и проверить, есть ли магнитное взаимодействие между частями. **20.42.** Во всех этих устройствах используют электромагнит. **20.43.** Северным полюсом к нам; северным полюсом от нас. **20.45.** Отталкиваются, поскольку токи текут по ним в противоположных направлениях. **20.51.** Рис. 93, б. **20.56. Решение.** Как только в пружине пойдет электрический ток, соседние витки притянутся, в результате чего пружина сожмется. Если сила тока достаточно велика, нижний конец пружины выйдет из жидкости и цепь разомкнется. Притяжение витков исчезнет, пружина расправится, замыкая цепь, и весь процесс повторится, т. е. в системе возникнут колебания. **20.59. Указание.** Намагниченность — результат упорядочения микроскопических токов в веществе. **20.61. Указание.** С помощью вольтметра можно определить, какой провод связан с положительным полюсом батарейки, а с помощью магнитной стрелки — каково направление тока в этом проводе.

**21.20.** За счет механической энергии магнита. **21.22.** Индукционный электрический ток может расплавить предохранители и вывести из строя приборы. **21.23.** Колебания затухают вследствие действия магнитного поля на возникающий в кольце индукционный ток. **21.27.** 20 мс; 17 мс. **21.36.** Понижает; в 8 раз. **21.37.** 720. **21.38.** 30 В. **21.39.** В металлическом корпусе возникает индукционный ток. Его взаимодействие с магнитным полем стрелки приводит к быстрому затуханию колебаний. **21.40.** Этот прибор называется дефектоскопом. Неоднородности в стальной балке создают искажения магнитного поля; следовательно, в катушке дефектоскопа возникает индукционный электрический ток. **21.43.** Механическая энергия поезда превращается в электрическую. Эта энергия поступает обратно в контактную сеть и может быть использована другими электровозами. **21.44.** Не возникает. **21.45.** Не возникает. **21.46. Решение.** Следует учитывать инерционность человеческого зрения, сохраняющего зрительные ощущения на протяжении 0,05 с и более. При частоте 10 Гц мы замечали бы неприятное и утомительное

«подмигивание» ламп. Частота 50 Гц достаточна для того, чтобы человеческий глаз не замечал изменения интенсивности излучения ламп накаливания. 21.51. 10 А. 21.52. 11 А.

**25.11.** Из области полутени видна часть источника света. **25.15.** Нужно наклонять палку. **25.24.** Размер полутени увеличивается с увеличением размеров источника. **25.27.** Может. *Решение.* Столб не отбрасывает тени, когда солнце находится точно в зените (т. е. когда солнечные лучи вертикальны). Это действительно может наблюдаться вблизи экватора. **25.28.** Доказательством шарообразной формы Земли и прямолинейного распространения света. **25.29.** Может. Солнце не является точечным источником света. **25.41.** Может. *Решение.* Пусть, например, тень образуется на стене, параллельно которой движется велосипедист, а источник света движется быстрее велосипедиста и в том же направлении. **25.42.** О том, что Венера не излучает «собственный» свет, а отражает солнечный свет. **25.47.** *Решение.* Высота трубы (рис. 207)

$$DE = \frac{AB \cdot EF}{BF} = \frac{1,5 \cdot 30}{2} = 22,5 \text{ (м).}$$

**25.50.** 1 м. **25.51.** Не более 9 см.

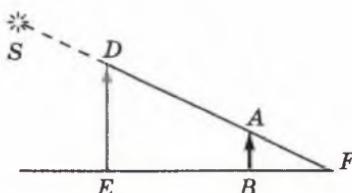


Рис. 207

**26.23.** 60 см. **26.24.**  $90^\circ$ . **26.31.** О калейдоскопе; на отражении света. **26.39.**  $30^\circ$ . **26.50.** Дорожка представляет собой совокупность большого числа изображений Луны в волнистой поверхности воды. На идеально гладкой поверхности дорожки нет, есть только одно изображение Луны. **26.52.** Под углом  $45^\circ$  к плоскости стола. **26.55.** На  $180^\circ$ . **26.57.** *Решение.* Отраженный луч должен быть вертикальным (рис. 208).

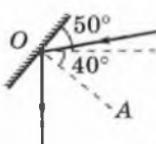


Рис. 208

Угол между падающим и отраженным (вертикальным) лучами равен  $100^\circ$ . Согласно закону отражения света перпендикуляр к плоскости зеркала делит этот угол на два одинаковых угла (по  $50^\circ$ ). Итак, этот перпендикуляр образует угол  $50^\circ$  с вертикальным лучом и угол  $40^\circ$  с горизонтальной плоскостью. Плоскость же зеркала образует угол  $50^\circ$  с горизонтом. **26.58.**  $30^\circ$ .

**26.63. Решение.** См. рис. 209, на котором  $A_1$  — изображение точки  $A$  в вертикальном зеркале, а  $B_1$  — изображение точки  $B$  в горизонтальном.

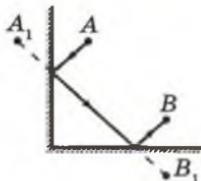


Рис. 209

**26.64. 3 изображения.** *Решение.* Вследствие отражения света от зеркала 1 возникает изображение  $A_1$ , а вследствие отражения от зеркала 2 — изображение  $A_2$  (рис. 210). Некоторые же лучи, отразившись сначала от зеркала 1, отражаются затем и от зеркала 2. После первого отражения

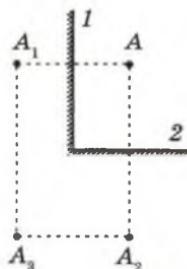


Рис. 210

пучок этих лучей как бы «исходит» из точки  $A_1$  (в этой точке пересекаются продолжения лучей). Значит, после второго отражения появится еще мнимое изображение  $A_3$  точки  $A_1$  в зеркале 2. Изображение точки  $A_2$  в зеркале 1 тоже попадает в точку  $A_3$ . Более двух отражений не испытывает ни один луч; следовательно, других изображений нет (точка  $A_3$  не может отразиться ни от одного из зеркал — для обоих зеркал она находится в «зазеркалье»). **26.69. а)** Угол между зеркалами  $90^\circ$ ; **б)** угол между зеркалами  $120^\circ$ ; в обоих случаях точка должна находиться на равных расстояниях от обоих зеркал. **26.70.** Под углом  $60^\circ$  друг к другу.

**27.13.** Лучи света, отраженные от ложки, преломляются при выходе в воздух. **27.14.** Свет, падающий на воду, отражается от поверхности не полностью. Часть света, преломляясь на границе «воздух — вода», уходит в воду. **27.15.**  $70^\circ$ . **27.16.**  $40^\circ$ . **27.19.** Угол, под которым свето-

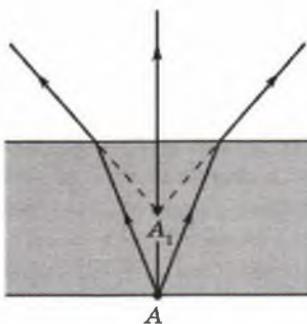


Рис. 211

вые лучи от предметов падают на границу «вода — воздух», постоянно изменяется. Вследствие этого меняется и угол преломления. Поэтому наблюдатель видит предметы в воде колеблющимися. 27.20.  $40^\circ$ . 27.21. Зеркало или призма. 27.22. Решение. На рис. 211 показан ход лучей, идущих из точки  $A$  на дне. Из рисунка видно, что изображение  $A_1$  точки  $A$  расположено ближе к поверхности воды. 27.26.  $45^\circ$ . 27.31. Решение. Свет, проходя через стекло, испытывает преломление дважды. Пусть угол падения при входе луча из воздуха в стекло равен  $\alpha$ , а угол преломления  $\beta$  (рис. 212). Поскольку плоские поверхности стекла параллельны, угол падения при выходе луча из стекла в воздух равен

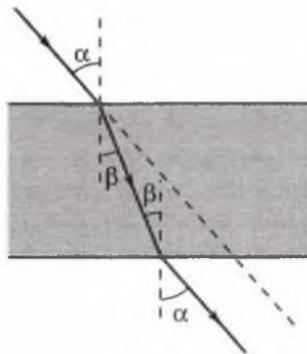


Рис. 212

углу преломления  $\beta$  при входе луча из воздуха в стекло. Поэтому при выходе из стекла в воздух угол преломления равен  $\alpha$ . Так как падающий луч и луч, прошедший сквозь стекло, образуют одинаковые углы с параллельными поверхностями, эти лучи параллельны. Следовательно, луч, прошедший сквозь стекло, не изменяет направления, однако он смещается. 27.33. Нет. Решение. Воздух не всегда можно считать однородным. Если соседние слои воздуха имеют различную плотность, то при переходе из одного слоя в другой направление световых лучей изменяется.

Изменение плотности происходит плавно, поэтому световые лучи изменяют направление также плавно: лучи искривляются. Это явление называют рефракцией. Например, изменчивые контуры предметов, находящихся по другую сторону костра, объясняются рефракцией света в восходящих потоках теплого воздуха. **27.34. Решение.** Воздух в пустыне нагревается днем, получая тепло в основном от горячего песка; поэтому нижние слои воздуха иногда оказываются самыми теплыми. Тогда они имеют меньшую плотность, чем лежащие над ними слои, а вследствие этого и меньший показатель преломления. Отраженный каким-либо предметом солнечный свет может испытать в такой атмосфере настолько большое искривление, что это приведет к полному отражению от слоя теплого воздуха у поверхности земли (рис. 213): возникнет иллюзия, будто свет отражается от зеркальной поверхности. Эту «поверхность» и принима-

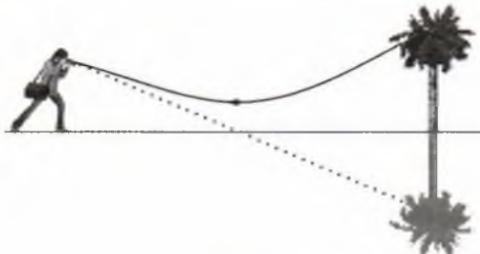


Рис. 213

ют за поверхность водоема. Аналогичный эффект возникает иногда и на сильно нагретой солнцем асфальтовой дороге: водитель видит впереди «лужи», в которых отражается голубое небо.

**28.11.** На расстоянии, большем фокусного. **28.15.** Точка, размещенная в фокусе линзы, не дает изображения, так как после преломления в линзе лучи идут параллельно. Иногда говорят, что изображение такой точки находится бесконечно далеко. **28.20.** Собирающая; 20 см. **28.21.** Рассевающая; -25 см. **28.24.** Капельки воды, оставшиеся после полива на листьях растений (рис. 214), действуют как собирающие линзы



Рис. 214

и могут даже «работать» как зажигательные стекла. 28.25. Линзы 2, 4 и 6. 28.27. Действительное, перевернутое, уменьшенное. 28.28. Действительное, перевернутое, увеличенное. 28.29. Мнимое, прямое, увеличенное. 28.34. *Решение.* Действительные изображения предметов может давать только собирающая линза. Чтобы изображение было увеличенным, оно должно быть от линзы дальше, чем сам предмет. Для этого расстояние  $d$  от предмета до линзы должно удовлетворять условию  $F < d < 2F$  (рис. 215). 28.38.  $\frac{4F}{3}$ . 28.39. 15 см. 28.40. Надо

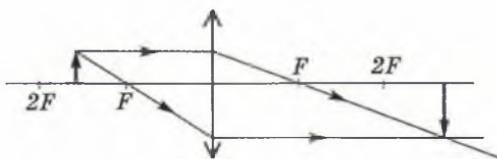


Рис. 215

с помощью линзы на листе бумаги получить четкое изображение удаленного предмета (например, Солнца). Расстояние между линзой и экраном будет равно фокусному расстоянию линзы. 28.43. Да (из льда можно изготовить собирающую линзу). 28.44. *Решение.* Линза с выпуклыми поверхностями будет рассеивающей, если у нее тонкие прозрачные стенки, внутри — воздух, а находится эта линза в воде. При таких условиях линза с вогнутыми поверхностями будет собирающей. 28.45. Предмет должен находиться между линзой и ее фокусом. Видеть и фотографировать изображение можно; получить на экране — нельзя. 28.46. Изменится только яркость изображения. 28.47. Если расстояние между предметом и линзой меньше 10 см; мнимым. 28.50. 50 см. 28.56. 6 см. 28.57. 60 см. 28.58. -10 см. 28.59. Оба расстояния должны быть равны 80 см. 28.62. Второе изображение в 4 раза меньше; 16 см. 28.63. 1,5 см. 28.64. *Решение.* Каждая половинка линзы дает свое изображение светящейся точки (правда, в 2 раза менее яркое, чем целая линза). Поэтому при сдвиге верхней половинки изображение «раздвоится»: нижняя половинка будет давать изображение на прежнем месте, а верхняя — несколько выше. 28.65. Указание. Найдите сначала плоскость линзы (рис. 216).

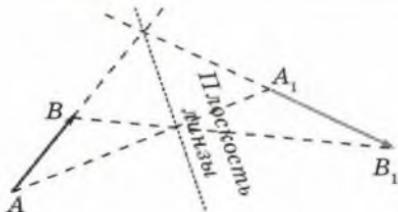


Рис. 216



Рис. 217

**29.22.** Расположение глаз зайца (рис. 217) обеспечивает ему максимально возможный обзор, но не позволяет видеть предметы, находящиеся прямо перед ним. Для того чтобы разглядеть эти предметы, заяц должен повернуть голову — «скосить». **29.24. Решение.** В обоих случаях объектив действует как собирающая линза. Однако в проекционном аппарате объект помещают чуть дальше фокальной плоскости объектива, и на удаленном экране получают действительное увеличенное изображение предмета. При фотографировании предмет обычно находится на расстоянии, большем двойного фокусного расстояния объектива. Поэтому на фотопленке или светочувствительном элементе получают действительное уменьшенное изображение. **29.26.** 0,5 м; дальность. **29.36. Решение.** У таких фотоаппаратов короткофокусные объективы (фокусное расстояние не более 3 см), а пленка расположена в фокальной плоскости объектива, поэтому при фотографировании удаленных объектов изображение оказывается как раз на пленке. Если расстояние до объекта не менее 1,5 м, оно будет в несколько десятков раз превышать фокусное расстояние объектива, поэтому изображение будет удалено от фокальной плоскости очень мало и размытость изображения на пленке тоже будет мала. **29.37. Дальность.** **29.38. Очень дальний.** **Указание.** Преломление на границе «вода — роговица глаза» намного слабее, чем на границе «воздух — роговица». **29.39. Близорукость.** **29.40. Решение.** Чтобы человек стал невидимым, все ткани его тела должны не отражать и не преломлять свет. Однако если хрусталик глаза не будет преломлять свет, он не сможет фокусировать попадающие в глаз лучи на сетчатке. А если бы даже хрусталик преломлял свет (и стал бы поэтому видимым), изображение на сетчатке трудно было бы различить из-за света, попадающего на сетчатку не через зрачок, а со всех сторон, сквозь прозрачную



Рис. 218

черепную коробку. И наконец, невидимая сетчатка не может поглощать свет, а значит, изображение на сетчатке не сможет быть «прочитано» мозгом. Таким образом, «настоящий» невидимка должен быть слепым.

**29.41.** В случае б. Указание. Легче различить те буквы, которые видны под большим углом зрения  $\phi$  (рис. 218), поскольку при увеличении угла зрения увеличивается и изображение на сетчатке.

**29.42.** 3 см. Решение. Расстояние  $d$  во много раз превышает фокусное расстояние объектива ( $d = 60F$ ). Лучи, попадающие в объектив от удаленного предмета, практически параллельны. Поэтому можно считать, что изображение находится в фокальной плоскости. Рассматривая ход луча, проходящего через оптический центр линзы, и используя подобие треугольников

(рис. 219), получаем  $\frac{H}{h} = \frac{F}{d}$ , откуда  $H = \frac{hF}{d}$ .

**29.43.** 1 см; не более чем на 2 мс. Указание. Вычислите сначала, на какое расстояние должен

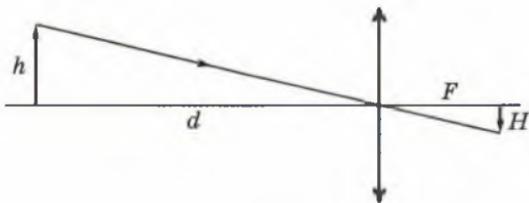


Рис. 219

переместиться велосипедист, чтобы его изображение на пленке переместилось на 0,1 мм. **29.44.** Решение. Приближая предмет к глазу, мы увеличиваем угол, под которым виден предмет (см. задачу 29.41). Однако при этом для создания четкого изображения на сетчатке требуется все большая деформация хрусталика. А поскольку хрусталик не может деформироваться слишком сильно, изображение очень близко расположенного предмета будет нечетким. Если же с помощью маленького отверстия уменьшить ширину попадающего в глаз светового пучка, изображение станет более четким (хотя и менее ярким). **29.45.** 600 м. **29.46.** 0,25 × 0,25 мм.



Рис. 220

**30.13.** Отражают свет одного («своего») цвета, свет других цветов поглощают. **30.15.** Зеленый цвет листьям растений придает хлорофилл. Хлорофилл поглощает преимущественно красные и синие лучи. В результате отраженный от листа растения «остаток» солнечного спектра приобретает зеленую окраску (рис. 220). **30.17.** Через красное. **30.18.** Нет. **30.19. Решение.** При наблюдении прозрачного тела «на просвет» — от того, какие цветные лучи лучше всего пропускает это тело; при наблюдении в отраженном свете (чаще всего именно так и происходит) — от того, какие цветные лучи лучше отражаются от поверхности тела. Цвет, получаемый при «вычитании» некоторого цвета из белого, называют дополнительным к этому цвету. Так, дополнительными друг к другу являются красный и зеленый цвета. **30.20.** Природа казалась бы двухцветной — красно-черной. **30.21.** Красные лучи меньше всего рассеиваются в атмосфере. Поэтому красный сигнал виден с большего расстояния. **30.23.** При освещении белым светом синяя бумага отражает синюю часть спектра, поглощая остальные; синее стекло пропускает синий свет, поглощая остальные; воздух рассеивает синюю часть спектра солнечного света. **30.27. Решение.** Излучений серого или черного цвета в природе нет. Такие цвета объясняются различиями в отражении света. Если тело освещено солнечным излучением, то оно кажется: 1) белым — при почти полном отражении этого излучения; 2) черным — при поглощении этого излучения; 3) серым — при частичном отражении падающего света (при этом все цветные лучи солнечного спектра должны отражаться примерно одинаково, иначе поверхность воспринимается как цветная). **30.28.** Человек видит красный свет. **30.31.** Человек может различать цвета лишь при достаточно большой интенсивности света.

**31.10.** При отражении от вертикального зеркала «правое» и «левое» меняются местами. В двух зеркалах вы увидите три изображения: два «обычных», где «левое» и «правое» поменялись местами, а между ними — третье изображение, в котором «левое» и «правое» не меняются местами. Это изображение получилось в результате двух отражений, так что на самом деле «правое» и «левое» менялись местами дважды. **31.16.** Красная пленка выступает в роли фильтра: она пропускает к нашим глазам только красный свет и поглощает все остальные. По этой же причине фильтр определенного цвета, поставленный перед фонариком,

задерживает все цвета спектра, кроме своего собственного. Поэтому луч фонарика будет иметь цвет фильтра. **31.19.** Вода разделяет краски, которые растворяются с разной скоростью. Так можно различать фломастеры, содержащие одну или несколько красок. **31.20.** Вода, забеленная молоком, по-разному рассеивает лучи различных цветов спектра, так же как атмосфера по-разному рассеивает солнечные лучи.

## Приложение

### ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ КУРСА ФИЗИКИ 8 КЛАССА

1. Количество теплоты, которое тело массой  $m$  получает при нагревании:

$$Q = cm(t_k - t_n),$$

где  $c$  — удельная теплоемкость вещества,  $t_n$  и  $t_k$  — соответственно начальная и конечная температура тела.

2. Количество теплоты, которое тело отдает при охлаждении:

$$Q = cm(t_n - t_k).$$

3. При полном сгорании топлива массой  $m$  выделяется количество теплоты

$$Q = qm,$$

где  $q$  — удельная теплота сгорания топлива.

4. Для плавления кристаллического тела массой  $m$  при температуре плавления необходимо количество теплоты

$$Q = \lambda m,$$

где  $\lambda$  — удельная теплота плавления вещества. Когда происходит кристаллизация жидкости, выделяется такое же количество теплоты.

5. Количество теплоты, необходимое для того, чтобы превратить жидкость массой  $m$  в пар при постоянной температуре:

$$Q = Lm,$$

где  $L$  — удельная теплота парообразования. Когда происходит конденсация пара при постоянной температуре, выделяется такое же количество теплоты.

6. Коэффициент полезного действия теплового двигателя:

$$\eta = \frac{A_n}{Q} \cdot 100\%,$$

где  $A_n$  — полезная работа двигателя,  $Q$  — количество теплоты, выделившееся при сгорании топлива.

7. Сила взаимодействия двух точечных зарядов  $q_1$  и  $q_2$ :

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2},$$

где  $r$  — расстояние между зарядами.

8. Закон Ома:

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

где  $I$  — сила тока в проводнике,  $U$  — напряжение на проводнике,  $R$  — сопротивление проводника.

9. Зависимость сопротивления от размеров провода:

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где  $\rho$  — удельное сопротивление материала,  $l$  и  $S$  — соответственно длина и площадь поперечного сечения провода.

10. Общее сопротивление при последовательном соединении проводников:

$$R = R_1 + R_2 + \dots$$

11. Общее сопротивление при параллельном соединении проводников:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

**12.** Количество теплоты, которое выделяется в проводнике за время  $t$ :

$$Q = I^2 R t.$$

**13.** Работа тока:

$$A = UIt.$$

**14.** Мощность тока:

$$P = UI.$$

**15.** Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$$

где  $d$  — расстояние от предмета до линзы,  $f$  — расстояние от линзы до изображения,  $F$  — фокусное расстояние линзы.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

Предисловие .....	3
-------------------	---

### **ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ**

1. Внутренняя энергия.....	4
2. Виды теплопередачи .....	7
3. Домашние экспериментальные задания .....	15
4. Удельная теплоемкость. Уравнение теплового баланса .....	17
5. Энергия топлива. Удельная теплота сгорания .....	24
6. Плавление и кристаллизация .....	28
7. Испарение, конденсация, кипение .....	36
8. Тепловые двигатели .....	45
9. Домашние экспериментальные задания .....	48

### **ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ**

10. Электризация тел. Проводники и диэлектрики .....	53
11. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона .....	57
12. Электрическое поле.....	60
13. Домашние экспериментальные задания .....	63
14. Электрический ток. Действия электрического тока .....	65
15. Сила тока и напряжение. Закон Ома для участка цепи .....	70
16. Последовательное и параллельное соединения проводников ..	77
17. Работа и мощность тока. ....	86
18. Полупроводники и полупроводниковые приборы .....	94
19. Домашние экспериментальные задания .....	95
20. Магнитные взаимодействия. Магнитное поле .....	97
21. Электромагнитная индукция.	
Производство и передача электроэнергии .....	106
22. Электромагнитные волны .....	111
23. Домашние экспериментальные задания .....	113

### **ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ**

24. Оптические явления в природе .....	115
25. Прямолинейное распространение света .....	118
26. Отражение света. Изображение в зеркале .....	125
27. Преломление света .....	136
28. Линзы .....	141
29. Глаз. Оптические приборы .....	150
30. Дисперсия света. Цвет .....	153
31. Домашние экспериментальные задания .....	156

### **ОТВЕТЫ, УКАЗАНИЯ, РЕШЕНИЯ.....**..... 161

Приложение.....	188
-----------------	-----

Учебное издание

Генденштейн Лев Элевич,  
Кирик Леонид Анатольевич,  
Гельфгат Илья Маркович

**ФИЗИКА**  
**8 класс**

В двух частях

Часть 2

**ЗАДАЧНИК**  
для общеобразовательных учреждений

Генеральный директор издательства *М. И. Безвиконная*

Главный редактор *К. И. Куроцкий*

Редактор *А. И. Юдина*

Ответственный за выпуск *С. В. Бахтина*

Художник *С. А. Сорока*

Оформление и художественное редактирование: *С. А. Сорока*

Технический редактор *И. Л. Ткаченко*

Корректор *И. Б. Копылова*

Компьютерная верстка: *А. Л. Бабабекова*

Формат 60×90  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная № 1. Гарнитура «Школьная».  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,0. Тираж 10 000 экз. Заказ № 31541 (к-т).

Издательство «Мнемозина». 105043, Москва, ул. 6-я Парковая, 29 б.

Тел.: 8 (499) 367 5418, 367 5627, 367 6781; факс: 8 (499) 165 9218.

E-mail: [ioc@mnemozina.ru](mailto:ioc@mnemozina.ru)

[www.mnemozina.ru](http://www.mnemozina.ru)

Магазин «Мнемозина»

(розничная и мелкооптовая продажа книг, «КНИГА — ПОЧТОЙ»,  
ИНТЕРНЕТ-магазин).

105043, Москва, ул. 6-я Парковая, 29 б.

Тел./факс: 8 (495) 783 8284; тел.: 8 (495) 783 8285.

E-mail: [magazin@mnemozina.ru](mailto:magazin@mnemozina.ru)

[www.shop.mnemozina.ru](http://www.shop.mnemozina.ru)

Торговый дом «Мнемозина» (оптовая продажа книг).

Тел./факс: 8 (495) 665 6031 (многоканальный).

E-mail: [td@mnemozina.ru](mailto:td@mnemozina.ru)

Отпечатано в ОАО «Смоленский полиграфический комбинат».

214020, г. Смоленск, ул. Смольянинова, 1.

## СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

### Тепловые свойства веществ

#### Твердые тела

Вещество	Удельная теплоемкость, кДж/(кг · °C)	Температура плавления, °C	Удельная теплота плавления, кДж/кг
Алюминий	0,88	660	390
Вольфрам	0,13	3400	185
Кирпич	0,88		
Лед	2,10	0	330
Медь	0,38	1083	205
Олово	0,23	232	58
Свинец	0,13	327	24
Серебро	0,24	962	87
Сталь	0,46	1400	82
Чугун	0,54	1200	96

### Жидкости

Вещество	Удельная теплоемкость, кДж/(кг · °C)	Температура кипения при нормальном атмосферном давлении, °C	Удельная теплота парообразования при нормальном атмосферном давлении и температуре кипения, МДж/кг
Вода	4,2	100	2,3
Ртуть	0,14	357	0,3
Спирт	2,4	78	0,9

Удельная теплоемкость воздуха — 1,0 кДж/(кг · °C)

**Удельная теплота сгорания топлива, МДж/кг**

Бензин	46
Газ природный	44
Дизельное топливо	42
Дрова сухие	12
Керосин	46
Порох	3,8
Спирт	26
Уголь каменный	27

**Удельное сопротивление проводников**

Вещество	$\rho, 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$
Алюминий	2,8
Железо	9,8
Медь	1,7
Никелин	42
Нихром	110
Свинец	21
Серебро	1,6
Сталь	12

### Плотность некоторых веществ

Вещество	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Воздух	1,29
Бензин	710
Керосин	800
Кирпич	1600
Свинец	11300
Сталь	7800

### ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Элементарный электрический заряд	$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
Коэффициент в формуле закона Кулона	$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$
Масса электрона	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса протона	$m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса нейтрона	$m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27}$ кг

**МНОЖИТЕЛИ И ПРИСТАВКИ  
ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ  
ДЕСЯТИЧНЫХ КРАТНЫХ  
И ДОЛЬНЫХ ЕДИНИЦ**

Наиме- нование	Обозна- чение	Множитель	Наименование множителя
тера	Т	$10^{12}$	триллион
гига	Г	$10^9$	миллиард
мега	М	$10^6$	миллион
кило	к	$10^3$	тысяча
гекто	г	$10^2$	сто
дека	да	10	десять
деци	д	$10^{-1}$	одна десятая
санти	с	$10^{-2}$	одна сотая
мили	м	$10^{-3}$	одна тысячная
микро	мк	$10^{-6}$	одна миллионная
nano	н	$10^{-9}$	одна миллиардная
пико	п	$10^{-12}$	одна триллионная