



Г. Н. СТЕПАНОВА  
И. Ю. ЛЕБЕДЕВА

# СПРАВОЧНИК

С КОММЕНТАРИЯМИ ВЕДУЩИХ ЭКСПЕРТОВ



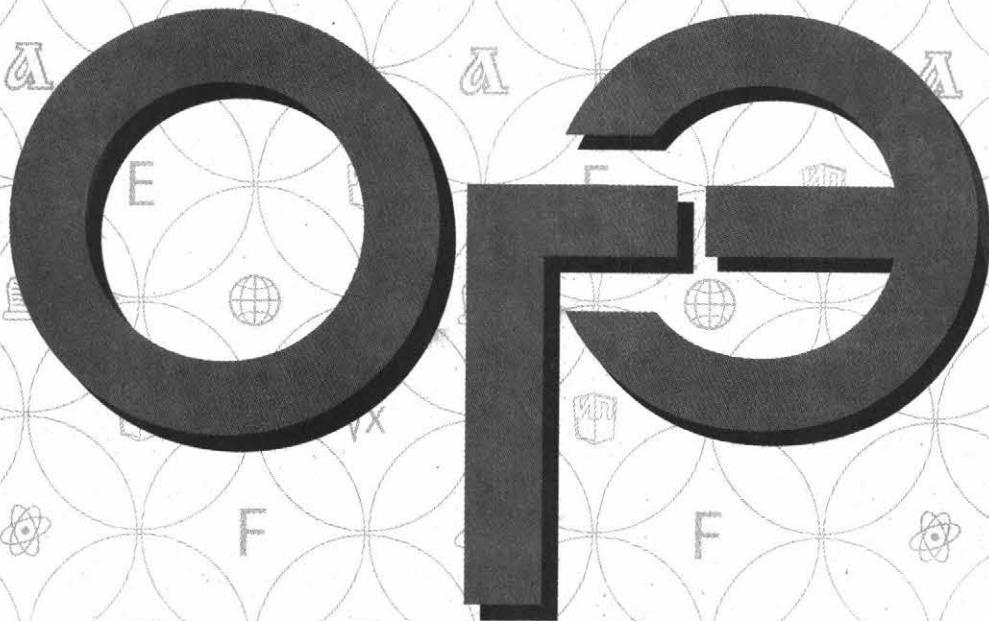
В ПОМОЩЬ  
ВЫПУСКНИКУ

# ФИЗИКА



**Г. Н. Степанова И. Ю. Лебедева**

**В ПОМОЩЬ ВЫПУСКНИКУ**



# **ФИЗИКА**

**СПРАВОЧНИК  
С КОММЕНТАРИЯМИ  
ВЕДУЩИХ ЭКСПЕРТОВ**

Учебное пособие  
для общеобразовательных организаций

Москва  
Санкт-Петербург  
**«ПРОСВЕЩЕНИЕ»**  
2019

УДК 373:53(075)

ББК 22.3я72

C79

6+

**Серия «В помощь выпускнику» основана в 2019 году**

**Степанова Г. Н.**

**C79**      ОГЭ. Физика. Справочник с комментариями ведущих экспертов: учеб.  
пособие для общеобразоват. организаций / Г. Н. Степанова, И. Ю. Лебедева. — М.; СПб.: Просвещение, 2019. — 235 с.— (В помощь выпускнику). — ISBN 978-5-09-064193-7.

Пособие предназначено для подготовки к Основному государственному экзамену (ОГЭ) по физике. Оно поможет систематизировать знания по предмету, сконцентрировать внимание на наиболее важных вопросах, выносимых на итоговую аттестацию, а также правильно выстроить стратегию и тактику подготовки к ОГЭ. Пособие составлено с учётом специфики основных учебных программ по предмету и содержит краткий теоретический курс основного общего образования, представленный на основе кодификатора, разработанного Федеральным институтом педагогических измерений (ФИПИ).

УДК 373:53(075)

ББК 22.3я72

**ISBN 978-5-09-064193-7**

© Издательство «Просвещение», 2019  
© Художественное оформление.  
Издательство «Просвещение», 2019  
Все права защищены

## **Введение**

Пособие предназначено для подготовки к Основному государственному экзамену (ОГЭ) по физике. Оно поможет систематизировать знания по предмету, сконцентрировать внимание на наиболее важных вопросах, выносимых на итоговую аттестацию, а также правильно выстроить стратегию и тактику подготовки к ОГЭ.

Всем известно, что этот экзамен проверяет не только владение теоретическим материалом в пределах Примерной программы по физике, предусмотренной Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС). Собственно теоретические знания отдельных фактов, формул, законов, определений, смысла физических величин проверяются лишь в небольшом количестве заданий с выбором ответа в первой части работы. Значительная часть заданий предназначена для проверки умения применять эти теоретические положения для объяснения физических явлений при выполнении разнообразных заданий и при решении задач: качественных, расчётных и экспериментальных.

В таблице 1 приведены модели заданий, которые используются в экзаменационной работе и рассчитаны на применение бланковой технологии и возможности автоматизированной проверки (проверяются компьютером). Такие задания представлены только в части 1 работы.

**Таблица 1**

Модель задания	Кол-во заданий	Максимальный первичный балл	Тема
Задание с ответом в виде одной цифры	13	13	Все темы школьного курса физики
Задания с ответом в виде набора цифр или числа. Из них:			
• задания на установление соответствия позиций, представленных в двух множествах	3	6	Все темы школьного курса физики
• задания на выбор двух правильных утверждений из предложенного перечня	2	4	Все темы школьного курса физики
• задания с записью краткого ответа	3	3	Механические, тепловые и электромагнитные явления (постоянный ток)
<b>ИТОГО:</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	—

\* Задание 22 (качественная задача по тексту с физическим содержанием) — задание с развернутым ответом, оно проверяется экспертами.

В таблице 2 приведены сведения о заданиях, которые проверяются экспертами — специалистами, которые выявляют в развёрнутых ответах выпускников обязательные элементы полного правильного выполнения в соответствии со специальными критериями.

Таблица 2

Модель задания	Кол-во заданий	Максимальный первичный балл	Темы
Качественная задача по тексту из части 1 работы	1	2	Все темы школьного курса физики
Экспериментальное задание	1	4	Механические, тепловые и электромагнитные явления (постоянный ток)
Качественная задача	1	2	Все темы школьного курса физики
Расчётная задача	2	6	Механические, тепловые и электромагнитные явления (постоянный ток)
ИТОГО:	5	14	—

В нашей книге мы рассмотрим только методы выполнения заданий, которые требуют **применения теоретических знаний**, краткое изложение которых приведено в первом разделе. В случае необходимости каждый из вас сможет проверить себя, восполнить или уточнить необходимые теоретические знания, обратившись к нему.

Основное внимание в нашей книге мы уделяем обучению тому, **как построить рассуждение**, которое приводит либо к выбору правильных утверждений, либо к способу получения правильного ответа. При этом мы подскажем способы визуализации мышления, которые позволяют структурировать и систематизировать факты, установить связи и отношения между ними, сформулировать выводы и тем самым предотвратить возможность упустить что-то важное, необходимое для получения правильного обоснованного ответа.

Кроме того, при обучении методам выполнения заданий с развернутым ответом мы выделим **обязательные элементы**, которые необходимо записать в развернутом ответе, чтобы получить за выполнение задания максимальный балл.

Главная особенность нашего изложения материала — это обращение к **общему методу построения рассуждения**, который с успехом может использоваться при выполнении заданий всех типов по всем разделам и темам школьного курса физики, которые используются в контрольных измерительных материалах (КИМ), предназначенных для проведения ОГЭ. Для того чтобы идея метода была вами усвоена, мы используем пошаговое (поэлементное) изложение и проиллюстрируем его заданиями из всех тем школьного курса физики и, по возможности, заданиями, в которых информация представляется разными способами (например, с использованием рисунков, схем, диаграмм, графиков, формул).

Мы уверены, что вдумчивый и внимательный читатель найдёт в нашей книге много новых и полезных сведений, которые помогут объективно оценить уровень своей готовности к экзамену, существенно повысить уровень своих знаний и умений по физике и, наконец, успешно сдать выпускной экзамен.

Пособие также может быть использовано учителями физики, методистами и репетиторами для организации изучения и повторения этого курса.

# Раздел I

## ЭЛЕМЕНТЫ СОДЕРЖАНИЯ, ПРОВЕРЯЕМЫЕ НА ОГЭ ПО ФИЗИКЕ

### 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

**Механика** — наука об общих законах движения и взаимодействия тел. **Основная задача механики** — определить положение тел в пространстве в любой момент времени. Все механические явления рассматривают в выбранной **системе отсчёта (СО)**. Выбрать систему отсчёта — значит выбрать **тело отсчёта**, связать с ним систему координат и оговорить начальный момент времени (прибор для отсчёта времени).

#### 1.1. Механическое движение. Относительность движения.

**Траектория. Путь. Перемещение. Скорость. Ускорение.**

**Равномерное и неравномерное движение. Средняя скорость.**

**Формула для вычисления средней скорости**

**Механическим движением** называется изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени.

**Материальной точкой** считается тело, размеры которого малы по сравнению с другими характерными размерами, встречающимися при решении поставленной задачи.

**Траектория** — воображаемая линия, вдоль которой движется тело.

#### Относительность механического движения

1. Механическое движение можно наблюдать только относительно других тел. Тело, относительно которого рассматривается механическое движение, называется **телем отсчёта**.

2. В различных системах отсчёта скорость и перемещение, характеризующие движение одного и того же тела, могут иметь разные модули и направления.

3. Координаты тела, траектория движения, путь зависят от выбора системы отсчёта, то есть для одного и того же тела могут быть разными.

#### Основные физические величины, характеризующие механическое движение

1. **Путь**  $\ell([\ell] = \text{м})$  — длина траектории.

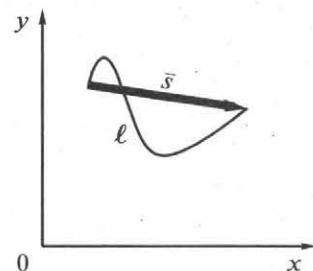
**Внимание!** Путь не может быть отрицательным!

2. **Перемещение**  $\vec{s} ([s] = \text{м})$  — направленный отрезок прямой (вектор), соединяющий начальное положение тела с его последующим положением.

**Проекция вектора перемещения** на координатную ось

$$s_x = x - x_0,$$

где  $x_0$  — начальная координата тела,  $x$  — конечная координата тела.



**Модуль вектора перемещения** может не совпадать по числовому значению с длиной пути. Его можно рассчитать с помощью проекций вектора перемещения на координатные оси

$$s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2 + s_z^2}.$$

**3. Средняя путевая скорость**  $v_{cp}$  ( $[v_{cp}] = \text{м/с}$ ) равна отношению всего пути, пройденного телом, к промежутку времени, в течение которого этот путь пройден:  $v_{cp} = \frac{\ell}{t}$ .

**Внимание!** Не является векторной величиной!

**4. Вектор средней скорости**  $\vec{v}_{cp}$  ( $[v_{cp}] = \text{м/с}$ ) равен отношению вектора перемещения к промежутку времени, в течение которого это перемещение произошло:  $\vec{v}_{cp} = \frac{\vec{s}}{t}$ . В проекциях на координатную ось  $Ox$   $v_{cp}x = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ .

**Внимание!** Вектор средней скорости сонаправлен с вектором перемещения.

**5. Мгновенная скорость**  $\vec{v}$  ( $[v] = \text{м/с}$ ) — скорость тела в данной точке пространства в данный момент времени.

**Внимание!**

1. Вектор мгновенной скорости направлен по касательной к траектории движения в каждой её точке.

2. Проекция перемещения на соответствующую координатную ось численно равна площади под графиком зависимости проекции скорости на эту ось от времени.

**6. Ускорение**  $\vec{a}$  ( $[a] = \text{м/с}^2$ ) — векторная физическая величина, характеризующая изменение скорости с течением времени. Для равноускоренного движения вектор ускорения равен отношению вектора изменения скорости к тому промежутку времени, в течение которого это изменение произошло:  $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ . В проекциях на координатную ось  $a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$ .

**Физический смысл:** численно равно изменению скорости за 1 с.

## 1.2. Равномерное прямолинейное движение.

**Зависимость координаты тела от времени в случае равномерного прямолинейного движения. Графики зависимости от времени для проекции скорости, проекции перемещения, пути, координаты при равномерном прямолинейном движении**

**Равномерное прямолинейное движение** — прямолинейное движение, при котором скорость тела не меняется.

**Внимание!** Для описания любого прямолинейного движения достаточно одной координатной оси.

**Уравнение движения** — уравнение, выражающее зависимость координат от времени, например:  $x = x(t)$ .

**Характер изменения основных величин, характеризующих движение**

1. **Ускорение.** Равно нулю:  $\vec{a} = 0$ .

2. **Скорость.** Не равна нулю, постоянна по величине и направлению:  $\vec{v} = \text{const.}$

Для равномерного движения проекция вектора скорости равна отношению изменения координаты (проекции вектора перемещения) к тому промежутку времени, в течение которого это изменение произошло:  $v_x = \frac{x - x_0}{t} = \frac{s_x}{t}$ .

**Физический смысл:** численно равна изменению координаты (проекции вектора перемещения) за 1 с.

**3. Перемещение.** Вектор перемещения при равномерном прямолинейном движении прямо пропорционален времени:  $\vec{s} = \vec{v}t$ . В проекциях на координатную ось:  $s_x = v_x t$ .

**Внимание!** Здесь и применительно к описанию зависимости других величин от времени под  $t$  понимается промежуток времени от начала движения

$$(t_0 = 0)!$$

В первом и во втором случае тело движется в направлении координатной оси  $0x$ . Во втором случае тело движется в направлении, противоположном направлению оси  $0x$ .

По модулю  $v_1 > v_2 > v_3$  (сравниваем модули перемещения за одинаковые промежутки времени).

Для расчёта проекции вектора перемещения удобно пользоваться графиком зависимости проекции скорости от времени: величина проекции вектора перемещения численно равна площади под графиком зависимости проекции скорости от времени.

**4. Координата.** Поскольку  $x = x_0 + s_x$ , зависимость координаты от времени описывается линейной функцией:  $x = x_0 + v_x t$ .

**На графике изображены следующие случаи движения.**

1. Движение в направлении оси  $0x$ , начальная координата отрицательна.

2. Движение в направлении оси  $0x$ , начальная координата положительна.

3. Движение в направлении, противоположном направлению оси  $0x$ , начальная координата равна нулю.

4. Движение в направлении оси  $0x$ , начальная координата отрицательна.

5. Движение в направлении, противоположном направлению оси  $0x$ , начальная координата положительна.

**5. Путь.** При равномерном прямолинейном движении в одном направлении равен модулю вектора перемещения:  $\ell = s$ .

**Внимание!** Путь не может быть отрицательным!

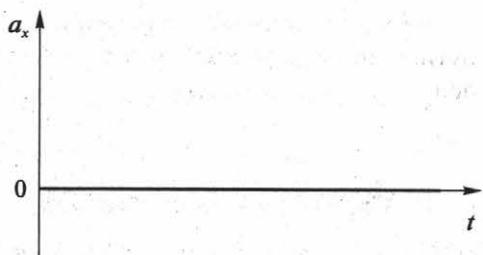


График зависимости проекции ускорения от времени

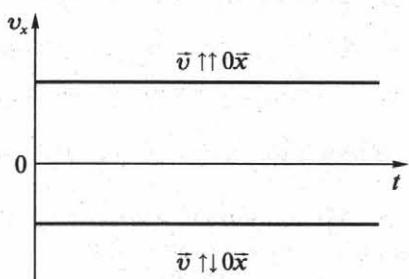


График зависимости проекции вектора скорости на координатную ось от времени

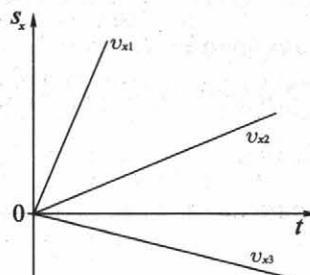


График зависимости проекции вектора перемещения на координатную ось от времени

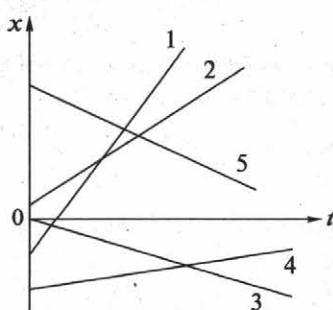


График зависимости координаты от времени

### 1.3. Прямолинейное равноускоренное движение.

**Зависимость координаты тела от времени в случае равноускоренного прямолинейного движения. Формулы для проекции перемещения, проекции скорости и проекции ускорения при равноускоренном прямолинейном движении. Графики зависимости от времени для проекции ускорения, проекции скорости, проекции перемещения, координаты при равноускоренном прямолинейном движении**

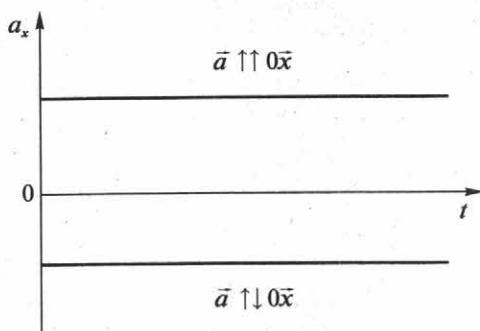


График зависимости проекции ускорения от времени

**Прямолинейное равноускоренное движение** — прямолинейное движение, при котором скорость тела изменяется одинаково за любые равные промежутки времени.

**Основные величины, характеризующие движение.**

**1. Ускорение.** Не меняется, то есть постоянно по величине и направлению:  $\ddot{a} = \text{const}$ .

**Физический смысл:** ускорение численно равно изменению скорости за 1 с.

Например, ускорение равно  $5 \text{ м/с}^2$  — это значит, что скорость тела изменяется на  $5 \text{ м/с}$  за каждую секунду своего движения.

**2. Мгновенная скорость.** Меняется равномерно, увеличиваясь или уменьшаясь одинаково за равные промежутки времени.

Уравнение, описывающее изменение скорости с течением времени:  $v = v_0 + \dot{a}t$ , в проекциях  $v_x = v_{0x} + a_x t$ .

**На графике изображены следующие случаи движения.**

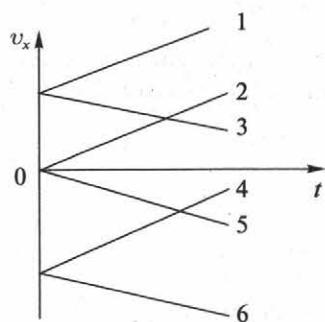


График зависимости проекции скорости на координатную ось от времени

1. Проекция начальной скорости больше нуля.

$$v_x > 0 (\vec{v} \uparrow\uparrow 0\vec{x}), v \uparrow (\ddot{a} \uparrow\uparrow \vec{v}),$$

то есть тело движется в направлении координатной оси с увеличивающейся по модулю скоростью.

2. Проекция начальной скорости равна нулю.

$$v_x = 0 (\vec{v} \uparrow\uparrow 0\vec{x}), v \uparrow (\ddot{a} \uparrow\uparrow \vec{v}),$$

то есть тело движется в направлении координатной оси с увеличивающейся по модулю скоростью.

3. Проекция начальной скорости больше нуля.

$$v_x > 0 (\vec{v} \uparrow\uparrow 0\vec{x}), v \downarrow (\ddot{a} \downarrow\downarrow \vec{v}),$$

то есть тело движется в направлении координатной оси с уменьшающейся по модулю скоростью.

4. Проекция начальной скорости меньше нуля.

$$v_x < 0 (\vec{v} \downarrow\downarrow 0\vec{x}), v \downarrow (\ddot{a} \downarrow\downarrow \vec{v}),$$

то есть тело движется в направлении, противоположном направлению координатной оси, с уменьшающейся по модулю скоростью.

5. Проекция начальной скорости равна нулю.

$$v_x = 0 (\vec{v} \downarrow\downarrow 0\vec{x}), v \uparrow (\ddot{a} \uparrow\uparrow \vec{v}),$$

то есть тело движется в направлении, противоположном направлению координатной оси, с увеличивающейся по модулю скоростью.

6. Проекция начальной скорости отрицательна.

$$v_x < 0 \quad (\vec{v} \downarrow \uparrow 0 \vec{x}), \quad v \uparrow (\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{v}),$$

то есть тело движется в направлении, противоположном направлению координатной оси, с увеличивающейся по модулю скоростью.

**3. Перемещение.** Зависимость перемещения от времени описывается квадратичной функцией:  $\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$ . В проекциях на координатную ось:  $s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ .

Иногда удобно пользоваться другими формулами для расчёта перемещения, которые получаются из исходной и уравнения зависимости проекции скорости от времени:

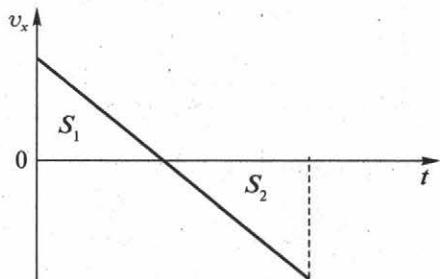
$$s_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} t \quad \text{и} \quad s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2 a_x}.$$

Для расчёта проекции вектора перемещения удобно пользоваться графиком зависимости проекции скорости от времени.

В случае, изображённом на рисунке:

$$s_x = S_1 - S_2,$$

где  $S_1$  и  $S_2$  — числовые значения площадей треугольников.



**4. Координата.** Поскольку  $x = x_0 + s_x$ , зависимость координаты от времени тоже описывается квадратичной функцией:  $x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ .

Если использовать другие варианты расчёта ускорения при равноускоренном движении, получаем:  $x = x_0 + \frac{v_{0x} + v_x}{2} t$  и  $x = x_0 + \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2 a_x}$ .

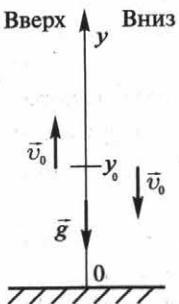
**5. Путь.** Если направление движения не меняется, то  $\ell = s$ . Если направление движения меняется, то  $\ell = s_1 + s_2$ , где  $s_1$  — модуль вектора перемещения до остановки,  $s_2$  — модуль вектора перемещения при движении в обратном направлении.

**Внимание!** Путь не может быть отрицательным!

#### 1.4. Свободное падение. Формулы, описывающие свободное падение тела по вертикали (движение тела вниз или вверх относительно поверхности Земли). Графики зависимости от времени для проекции ускорения, проекции скорости и координаты при свободном падении тела по вертикали

**Свободное падение** — движение под действием одной силы тяжести, частный случай равноускоренного движения. Ускорение свободного падения обозначается особой буквой:  $\vec{a} = \vec{g}$ . Оно одинаково для всех тел в данной точке планеты, направлено к центру планеты и равно  $g \approx 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$  (см. раздел 1.13). В зависимости от направления начальной скорости тела может реализовываться один из представленных ниже вариантов движения.

Независимо от направления движения тела (вверх или вниз) для свободного падения справедливы формулы для расчёта основных кинематических величин при равноускоренном движении с учётом того, что ускорение заранее известно и равно  $\vec{g} = \text{const}$ .



**Проекция мгновенной скорости:**  $v_y = v_{0y} + g_y t$ .

**Проекция вектора перемещения:**  $s_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$  или  $s_y = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g_y}$ .

**Координата в любой момент времени:**  $y = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$  или

$$y = y_0 + \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g_y}.$$

### 1.5. Скорость равномерного движения тела по окружности.

**Направление скорости. Формула для вычисления скорости через радиус окружности и период обращения. Центростремительное ускорение.**

**Направление центростремительного ускорения.**

**Формула для вычисления центростремительного ускорения.**

**Формула, связывающая период и частоту обращения**

**Равномерное вращение** — движение точки с постоянной по модулю скоростью ( $v = \text{const}$ ) по траектории, представляющей собой окружность. Равномерное движение точки по окружности — это движение, при котором точка за любые равные промежутки времени проходит равные пути.

Но так как скорость всегда направлена по касательной к траектории движения, то по направлению она изменяется. Значит, равномерное движение по окружности — это **ускоренное движение!**

**Величины, характеризующие равномерное вращение**

**1. Линейная скорость равномерного вращения**  $\bar{v}$  ( $[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ). По величине  $v = \frac{\ell}{t}$ , где  $\ell$  — путь, пройденный по дуге окружности за промежуток времени  $t$ . Вектор линейной скорости в каждой точке направлен по касательной к дуге окружности в данной точке.

**2. Период обращения**  $T$  ( $[T] = 1 \text{ с}$ ). Время одного полного оборота:  $T = \frac{\ell}{N}$ , где  $N$  — число полных оборотов за промежуток времени  $t$ .

**3. Частота обращения**  $\nu$  ( $[\nu] = \frac{1}{\text{с}}$ ). Число оборотов в единицу времени:  $\nu = \frac{N}{t}$ . Связана с периодом обращения соотношением  $\nu = \frac{1}{T}$ .

**Внимание!** Полезно установить связь между линейной скоростью с другими параметрами обращения!

За один полный оборот  $v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R\nu$ .

**4. Центростремительное ускорение**  $\vec{a}_{\text{цс}}$  ( $[a_{\text{цс}}] = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ):

$$a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{R},$$

где  $v$  — модуль линейной скорости в данной точке окружности.

Вектор центростремительного ускорения перпендикулярен вектору скорости и направлен по радиусу к центру окружности. Центростремительное ускорение меняет скорость по направлению, но не меняет по величине. При равномерном вращении центростремительное ускорение постоянно по величине и связано с периодом и частотой вращения соотношениями:

$$a_{\text{цс}} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = 4\pi^2 \nu^2 R = 4\pi^2 v^2 R.$$

## 1.6. Масса. Плотность вещества. Формула для вычисления плотности

**Инертность** — свойство различных материальных объектов приобретать разные ускорения при одинаковых внешних воздействиях со стороны других тел. Свойство инертности проявляется в том, что для изменения скорости тела необходимо время. Чем труднее изменить скорость тела, тем оно инертнее.

**Масса** — скалярная положительная величина, являющаяся мерой инертности тела (традиционные обозначения —  $m$ ,  $M$ ). Чем инертнее тело, тем больше его масса.

Единица измерения массы в СИ — килограмм (кг). Наиболее употребляемые производные единицы:  $1 \text{ мг} = 10^{-6} \text{ кг}$ ,  $1 \text{ г} = 10^{-3} \text{ кг}$ ,  $1 \text{ т} = 10^3 \text{ кг}$ .

**Плотность** — скалярная физическая величина, равная отношению массы тела к его объёму:  $\rho = \frac{m}{V}$ . Одна из основных характеристик вещества, из которого сделано тело (табличная величина).

**Физический смысл:** плотность численно равна массе  $1 \text{ м}^3$  однородного вещества.

Единица измерения плотности в СИ:  $[\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Наиболее часто употребляемая производная единица:  $1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{10^{-3} \text{ кг}}{10^{-6} \text{ м}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Масса аддитивна, то есть масса тела равна сумме масс его частей:  $m = \sum_{i=1}^n m_i$ .

Массу можно определить:

- по взаимодействию с эталоном:  $m_t = m_3 \frac{a_3}{a_t}$ , где  $a_3$  — ускорение эталона при его взаимодействии с другим телом известной массы;
- по известной плотности и объёму:  $m = \rho V$ ;
- путём взвешивания на весах.

## 1.7. Сила — векторная физическая величина. Сложение сил

Опыты по изучению взаимодействия тел устанавливают, что  $\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$ . Поэтому за меру действия на данное тело другого тела принимается **сила** — физическая величина, равная произведению массы данного тела на ускорение, приобретённое им в результате взаимодействия с другим телом:  $\vec{F} = m\vec{a}$ , где  $\vec{F}$  — векторная физическая величина, являющаяся мерой взаимодействия тел.

Единица измерения силы в СИ — ньютон (Н); сила равна одному ньютону, если под действием этой силы тело массой 1 кг приобретает ускорение  $1 \text{ м/с}^2$ :

$$[F] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}.$$

Для характеристики силы надо знать: 1) модуль; 2) направление; 3) точку приложения.

**Внимание!** Векторы ускорения и силы всегда сонаправлены!

**Принцип суперпозиции (сложения) сил:** Если на данное тело действуют одновременно несколько других тел силами  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  и т. д., то результат их совместного действия таков, как будто на тело действует одна (равнодействующая) сила; её чаще всего обозначают  $\vec{R}$ , и она равна векторной сумме всех действующих на тело сил:  $\vec{R} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$ .

**Внимание!** Складывать можно только силы, приложенные к одному телу!

Силу можно рассчитать: 1) как произведение массы тела на сообщаемое ему ускорение; 2) с помощью частных законов, характеризующих особенности отдельных сил.

Силу можно измерить динамометром.

## 1.8. Явление инерции. Первый закон Ньютона

Первый закон динамики постулирует существование инерциальных систем отсчёта, относительно которых выполняются другие законы динамики.

**Первый закон Ньютона:** Существуют такие системы отсчёта (СО), относительно которых материальная точка сохраняет своё состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока остаётся изолированной (то есть на неё не действуют другие тела или их действия скомпенсированы:  $\vec{R} = 0$ ).

Явление сохранения скорости телом при отсутствии или компенсации внешних воздействий называется **инерцией**.

Системы отсчёта, относительно которых выполняется первый закон Ньютона, называются **инерциальными системами отсчёта** (ИСО).

**Свойство ИСО:** все СО, движущиеся прямолинейно и равномерно относительно данной ИСО, тоже являются инерциальными. СО, движущиеся относительно любой ИСО с ускорением, являются неинерциальными.

**Внимание!** При решении стандартных динамических задач система отсчёта, связанная с Землей, считается инерциальной.

**Принцип относительности Галилея:** Все инерциальные системы отсчёта равноправны: законы механики одинаковы во всех ИСО.

## 1.9. Второй закон Ньютона.

### Сонаправленность вектора ускорения тела и вектора силы, действующей на тело

**Второй закон Ньютона:** Равнодействующая сил, приложенных к телу, равна произведению массы этого тела на сообщаемое ему ускорение:  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = m\vec{a}$ .

Второй закон Ньютона справедлив для сил любой природы. При этом следует помнить, что сила (равнодействующая сил) определяет только ускорение тела. Величины скорости и перемещения могут быть любыми в зависимости от начальных условий.

**Внимание!** Направление ускорения всегда совпадает с направлением равнодействующей силы  $\vec{R}$ !

**Внимание!** Под действием постоянной силы тело движется равноускоренно:  $\vec{R} = \text{const} \Rightarrow \vec{a} = \text{const}$ .

**Внимание!** Основная модель при решении динамических задач с помощью второго закона Ньютона — материальная точка. Все силы считаются приложенными к одной точке — центру масс.

## 1.10. Взаимодействие тел. Третий закон Ньютона

**Третий закон Ньютона:** Любые два тела взаимодействуют силами одной природы, направленными вдоль одной прямой, равными по величине и противоположными по направлению:  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ , где  $\vec{F}_{12}$  — сила, с которой первое тело действует на второе, а  $\vec{F}_{21}$  — сила, с которой второе тело действует на первое.



**Внимание!** Две силы, возникающие при взаимодействии, приложены к разным телам, поэтому их нельзя складывать! Они не могут уравновешивать друг друга!

Третий закон Ньютона часто используется для расчёта сил, действующих на одно из двух взаимодействующих тел, если известны силы, действующие на другое тело.

### 1.11. Трение покоя и трение скольжения.

#### Формула для вычисления модуля силы трения скольжения

Сила трения возникает при движении одного тела по поверхности другого. Существуют следующие виды сил трения.

**1. Сила трения покоя.** Возникает в ситуации возможного движения одного тела по поверхности другого и направлена вдоль поверхности соприкосновения, против направления возможного движения. Сила трения покоя саморегулирующаяся — может принимать любые значения от 0 до максимального:  $F_{\text{тр.п. max}}: 0 < F_{\text{тр.п}} \leq F_{\text{тр.п. max}}$ .

**Внимание!** Сила трения покоя имеет важную особенность — она может не только препятствовать возможному движению, но и обеспечивать это движение. Например, при ходьбе поверхность обуви взаимодействует с поверхностью дороги — они «отталкиваются» друг от друга. При этом в соответствии с третьим законом Ньютона возникают две силы взаимодействия — силы трения покоя. Одна из них действует на поверхность дороги, другая — на поверхность обуви, обеспечивая тем самым движение пешехода.

**2. Сила трения скольжения.** Возникает при движении тела по поверхности другого тела, направлена в сторону, противоположную направлению вектора скорости движущегося тела.

**Внимание!** При решении стандартных физических задач принимается, что максимальная сила трения покоя равна силе трения скольжения и рассчитывается по формуле  $F_{\text{тр}} = \mu N$ , где  $N$  — сила реакции опоры;  $\mu$  — коэффициент трения.



**Коэффициент трения** — это безразмерная величина. Он зависит от свойств соприкасающихся поверхностей и не зависит от силы давления (соответственно, и от силы реакции опоры, так как это силы, описываемые третьим законом Ньютона) и от площади соприкасающихся поверхностей.

### 1.12. Деформация тела. Упругие и неупругие деформации.

#### Закон упругой деформации (закон Гука)

**Деформация** — изменение формы или объёма тела под действием внешних сил. Деформация может быть упругая или неупругая.

**Упругая деформация** — деформация, при которой после прекращения действия силы размеры и форма тела полностью восстанавливаются.

**Изменение длины тела**  $\Delta l = l - l_0$ , где  $l_0$  — начальная длина недеформированного тела,  $l$  — длина деформированного тела, принято называть величиной деформации.

**Величина деформации** — это скалярная физическая величина, которая может быть и положительной (тело растягивается), и отрицательной (тело сжимается).

Сила упругости направлена против смещения частей тела при деформации, возникает в деформируемом теле, но приложена к тому объекту, действием которого вызвана деформация.

**Закон Гука:** Для малых деформаций модуль силы упругости прямо пропорционален величине деформации:  $F_{\text{упр}} = k|\Delta\ell|$ , где коэффициент пропорциональности  $k$  называется жёсткостью.

Единица измерения жёсткости в системе СИ:  $\frac{\text{Н}}{\text{м}}$ . Жёсткость зависит от материала, формы и размеров деформируемого тела.

**Внимание!** Если тело отсчёта выбранной ИСО расположить у свободного конца деформируемого тела, то при его деформации координата этого конца тела равна величине деформации. Тогда формула закона Гука, записанного для проекции силы упругости, принимает вид  $F_{\text{упр},x} = -kx$ . Знак «минус» в этом случае указывает на то, что сила упругости направлена в сторону, противоположную смещению частей тела при деформации.

Величины деформаций, для которых справедлив закон Гука, определяются экспериментально для каждого деформируемого тела.

**Внимание!** Линейная зависимость между модулем силы упругости и удлинением пружины (закон Гука) лежит в основе способа измерения силы с помощью динамометра.

При этом модуль измеряемой силы равен силе упругости пружины, которая, в свою очередь, рассчитывается по величине деформации. Для правильного измерения силы, растягивающей пружину динамометра, необходимо, чтобы во время измерения динамометр находился в покое или двигался прямолинейно и равномерно! Только в этом случае модуль измеряемой силы и модуль силы упругости равны друг другу.

#### Частные случаи силы упругости

**1. Сила реакции опоры**  $\vec{N}$ : возникает при деформации опоры, приложена к телу, деформирующему опору, и направлена перпендикулярно поверхности опоры.

**2. Сила натяжения (нити, скрепки)**  $\vec{T}$ : возникает в нити, приложена к телу, действие которого вызывает деформацию нити, и направлена вдоль нити в сторону, противоположную деформации.

**Внимание!** При решении задач часто используется физическая модель «невесомая нерастяжимая нить». Если нить невесома, то она не рассматривается в качестве отдельного тела, для неё не пишется уравнение движения. Условие невесомости приводит также к тому, что силы упругости, возникающие в нити и приложенные к двум связанным телам, равны по модулю (исключение могут составлять задачи, в которых нить перекинута через весомый блок). Нерастяжимость нити приводит к тому, что связанные ею тела движутся с одинаковым по модулю ускорением.

### 1.13. Всемирное тяготение. Закон всемирного тяготения.

**Сила тяжести. Ускорение свободного падения.**

**Формула для вычисления силы тяжести вблизи поверхности Земли.**

**Искусственные спутники Земли**

Закон всемирного тяготения не объясняет причин тяготения, а только устанавливает количественные закономерности.

**Закон всемирного тяготения** (И. Ньюton, 1667 г.): Тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ , где  $F$  — сила тяготения,  $m_1$  и  $m_2$  — массы взаимодействующих тел,  $r$  — расстояние между телами (центрами масс),  $G$  — гравитационная постоянная  $\left( G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{кг}^2} \right)$ .

Закон справедлив для: 1) материальных точек; 2) однородных шаров и сфер; 3) концентрических тел.

**Физический смысл гравитационной постоянной  $G$ :** гравитационная постоянная  $G$  численно равна модулю силы тяготения, действующей между двумя точечными телами массой по 1 кг каждое, находящимися на расстоянии 1 м друг от друга.

Гравитационная постоянная  $G$  очень мала, и гравитационное взаимодействие существует только при больших массах взаимодействующих тел.

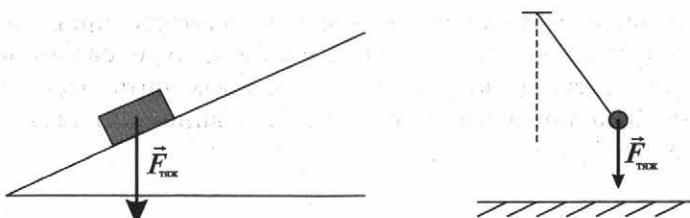
**Внимание!** Силы притяжения — центральные. В соответствии с третьим законом Ньютона:  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ .

Сила тяжести — частный случай силы всемирного тяготения. Рассмотрим взаимодействие планеты и тела (по сравнению с планетой тело можно считать материальной точкой).

Изображённая на рисунке сила  $\vec{F}_{12}$  — сила притяжения тела к планете, которая называется **силой тяжести**.

Применительно к ней формулу закона всемирного тяготения можно записать так:  $F = G \frac{Mm}{r^2} = gm$ , где  $m$  — масса тела,  $M$  — масса планеты,  $r$  — расстояние между телом и центром планеты,  $g$  — ускорение свободного падения. Тогда для ускорения свободного падения получаем:  $g = G \frac{M}{r^2}$ . Если обозначить через  $R$  радиус планеты, а через  $h$  — расстояние до тела от поверхности планеты, то  $g = G \frac{M}{(R+h)^2}$ .

Сила тяжести и ускорение свободного падения направлены к центру масс планеты (перпендикулярно сферической поверхности планеты в данной точке).



**Ускорение, сообщаемое телу силой тяжести (ускорение свободного падения), зависит от:**

- массы планеты;
- радиуса планеты;
- высоты над поверхностью планеты;
- географической широты (на Земле на полюсах  $g \approx 9,83 \text{ м/с}^2$ , на экваторе  $g \approx 9,79 \text{ м/с}^2$ );
- наличия полезных ископаемых.

**Внимание!** Ускорение силы тяжести (свободного падения) не зависит от массы и других параметров тела!

**Внимание!** При решении задач ускорение силы тяжести (свободного падения) принимается равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

## 1.14. Импульс тела — векторная физическая величина.

### Импульс системы тел

**Импульс тела (количество движения)**  $\vec{p}$  — векторная физическая величина, численно равная произведению массы тела на его скорость:  $\vec{p} = m\vec{v}$ .

Единицы измерения в СИ:  $[p] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ . Импульс механической системы равен геометрической сумме импульсов всех тел системы.

**Внимание!** Вектор импульса тела всегда сонаправлен с вектором скорости тела.

**Внимание!** Вектор импульса силы всегда сонаправлен с вектором силы.

Рассмотрим второй закон Ньютона для случая равноускоренного движения:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} = \frac{m\vec{v} - m\vec{v}_0}{\Delta t} = \frac{\vec{p} - \vec{p}_0}{\Delta t}, \text{ следовательно, } \vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}.$$

Или сила равна отношению изменения импульса тела к промежутку времени, в течение которого эта сила действовала  $(\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t})$ , или сила равна изменению импульса тела за 1 с.

## 1.15. Закон сохранения импульса для замкнутой системы тел.

### Реактивное движение

**Закон сохранения импульса тела:** Геометрическая (векторная) сумма импульсов взаимодействующих тел, составляющих замкнутую систему, остаётся неизменной:  $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_i = \text{const}$ .

Система реальных тел может рассматриваться как **замкнутая**, если:

- действие на систему внешних тел пренебрежимо мало;
- действия на систему внешних тел скомпенсированы;
- рассматриваются изменения, происходящие в системе в течение такого малого промежутка времени, что действие внешних тел не успевает существенно изменить состояние системы.

Если система тел **не замкнута**, то изменение суммарного импульса системы тел равно импульсу внешней результирующей силы:  $\Delta\vec{p} = \vec{F}_{\text{внешн}}\Delta t$ .

Примеры применения закона сохранения импульса:

- 1) любые столкновения тел (бильярдных шаров, автомобилей, элементарных частиц и т. д.);
- 2) движение воздушного шарика при выходе из него воздуха и другие примеры реактивного движения;
- 3) разрывы тел, выстрелы и т. д.

**Реактивное движение** — движение тела, возникающее при отделении некоторой его части с определённой скоростью относительно тела.

Например, движение ракеты. Если представить, что всё топливо вытекает одновременно, то согласно закону сохранения импульса в проекции на координатную ось:  $Mv - mu = 0$  или  $v = \frac{m}{M}u$ . Здесь  $m$  — масса топлива,  $M$  — масса ракеты,  $v$  — скорость, приобретаемая ракетой,  $u$  — скорость истечения топлива.

## 1.16. Механическая работа.

### Формула для вычисления работы силы. Механическая мощность

**Работа силы** — физическая величина, характеризующая результат действия силы.

Механическая работа  $A$  постоянной силы ( $\vec{F} = \text{const}$ ) равна произведению модуля вектора силы на модуль вектора перемещения ( $\vec{s}$ ) и на косинус угла  $\alpha$  между вектором силы и вектором перемещения:  $A = F s \cos \alpha$ .

Единица измерения работы в СИ — джоуль:  $[A] = \text{Дж} = \text{Н} \cdot \text{м}$ .

Механическая работа равна 1 Дж, если под действием силы в 1 Н тело перемещается на 1 м в направлении действия этой силы.

Анализ формулы для расчёта работы показывает, что механическая работа не совершается если:

- сила действует, а тело не перемещается;
- тело перемещается, а сила равна нулю;
- угол между векторами силы и перемещения равен  $90^\circ$  ( $\cos \alpha = 0$ ).

**Внимание!** При движении тела по окружности под действием постоянной силы, направленной к центру окружности, работа равна нулю, так как в любой момент времени вектор силы перпендикулярен вектору мгновенной скорости.

Работа — скалярная величина, она может быть как положительной, так и отрицательной.

1. Если угол между векторами силы и перемещения  $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ , то работа положительна.
2. Если угол между векторами силы и перемещения  $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ , то работа отрицательна.

**Работа обладает свойством аддитивности:** если на тело действует несколько сил, то полная работа (работа всех сил) равна алгебраической сумме работ, совершаемых отдельными силами, что соответствует работе равнодействующей силы.

#### Примеры расчёта работы отдельных сил

**Работа силы тяжести:** не зависит от формы траектории и определяется только начальным и конечным положением тела:  $A = mg(h_1 - h_2)$ . По замкнутой траектории работа силы тяжести равна нулю.

**Внимание!** При движении вниз работа силы тяжести положительна, при движении вверх работа силы тяжести отрицательна.

**Работа силы трения скольжения:** всегда отрицательна и зависит от формы траектории. Если сила трения не изменяется по модулю, то её работа  $A = -F_{\text{тр}} \ell$ , где  $\ell$  — путь, пройденный телом (длина траектории). Очевидно, что чем больший путь проходит тело, тем большую по модулю работу совершает сила трения. Работа силы трения по замкнутой траектории не равна нулю!

**Мощность  $N$**  — физическая величина, характеризующая быстроту (скорость) совершения работы и равная отношению работы к промежутку времени, за который эта работа совершена:  $N = \frac{A}{\Delta t}$ .

Мощность показывает, какая работа совершается за 1 с.

Единица измерения мощности в СИ — ватт:  $[N] = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}$ .

Мощность равна одному ватту, если за 1 с совершается работа 1 Дж.

**Может пригодиться!** 1 л. с. (лошадиная сила)  $\approx 735$  Вт.

**Внимание!** Для случая равномерного движения (равнодействующая сила равна нулю) при расчёте мощности отдельных сил, действующих на тело, получим  $N = \frac{Fs \cos \alpha}{\Delta t} = Fv \cos \alpha$ .

Для равноускоренного движения ( $F = \text{const}$ )  $N = Fs \cos \alpha / \Delta t = Fv_{\text{ср}} \cos \alpha$ , где  $v_{\text{ср}}$  — средняя скорость движения за расчётный промежуток времени.

### 1.17. Кинетическая и потенциальная энергия.

**Формула для вычисления кинетической энергии. Формула для вычисления потенциальной энергии тела, поднятого над Землёй**

**Энергия** — физическая величина, характеризующая состояние тела или системы тел. Причиной изменения состояния системы тел (изменения энергии) является работа внешних по отношению к рассматриваемой системе сил. В механике энергия тела или системы тел определяется взаимным положением тел (потенциальная энергия) и их скоростями (кинетическая энергия).

Единица измерения энергии в СИ — джоуль.

**Кинетическая энергия** — часть механической энергии, энергия движущегося тела. Скалярная величина, численно равная половине произведения массы тела на квадрат скорости:  $W_k = \frac{mv^2}{2}$ .

**Теорема о кинетической энергии:** Работа, совершаемая силой при изменении скорости тела, равна изменению кинетической энергии тела:  $A = W_{k2} - W_{k1} = \Delta W_k$ .

Причём если  $A > 0$ , то  $W_k$  увеличивается, и если  $A < 0$ , то  $W_k$  уменьшается.

Эта теорема справедлива для любого движения и для сил любой природы.

Кинетическая энергия — величина относительная, зависящая от выбора СО, так как скорость тела зависит от выбора СО.

Если тело разгоняется из состояния покоя, то  $W_{k1} = 0$ ,  $A = W_{k2}$ . Следовательно, **физический смысл кинетической энергии:** кинетическая энергия численно равна работе, которую необходимо совершить, чтобы разогнать тело из состояния покоя до данной скорости.

**Внимание!** Кинетическая энергия механической системы тел равна сумме кинетических энергий всех частей системы.

**Потенциальная энергия** — часть механической энергии тела (системы тел), энергия взаимодействия тел или частей тела. Потенциальная энергия определяется взаимным расположением тел или частей тела, то есть расстояниями между ними.

Потенциальная энергия относительна, зависит от выбора системы отсчёта, в частности от выбора тела отсчёта, которому соответствует **нулевой уровень** потенциальной энергии.

**Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести** численно равна произведению массы тела на ускорение свободного падения и на высоту относительно выбранного нулевого уровня:  $W_p = mgh$ .

**Связь работы силы тяжести и изменения потенциальной энергии:**

$$A = mg(h_1 - h_2) = -(mgh_2 - mgh_1) = -(W_{p2} - W_{p1}) = -\Delta W_p$$

**Внимание!** Работа силы тяжести равна изменению потенциальной энергии тела в поле силы тяжести, взятому с противоположным знаком.

## 1.18. Механическая энергия. Закон сохранения механической энергии. Формула для закона сохранения механической энергии в отсутствие сил трения. Превращение механической энергии при наличии силы трения

Изменение механической энергии системы тел в общем случае равно сумме работы внешних по отношению к системе тел и работы внутренних сил трения и сопротивления:  $\Delta W = A_{\text{внешн}} + A_{\text{диссип}}$ .

Если система тел **замкнута** ( $A_{\text{внешн}} = 0$ ), то  $\Delta W = A_{\text{диссип}}$ , то есть полная механическая энергия системы тел меняется только за счёт работы внутренних диссипативных сил системы (сил трения).

Если система тел **консервативна** (то есть отсутствуют силы трения и сопротивления  $A_{\text{тр}} = 0$ ), то  $\Delta W = A_{\text{внешн}}$ , то есть полная механическая энергия системы тел меняется только за счёт работы внешних по отношению к системе сил.

**Закон сохранения механической энергии:** В замкнутой и консервативной системе тел полная механическая энергия сохраняется:  $\Delta W = 0$  или  $W_{\text{п1}} + W_{\text{к1}} = W_{\text{п2}} + W_{\text{к2}}$ .

Применим законы сохранения импульса и энергии к основным **моделям столкновений тел**.

**Абсолютно неупругий удар** (удар, при котором тела движутся после столкновения вместе, с одинаковой скоростью). Импульс системы тел сохраняется, а полная механическая энергия не сохраняется:

$$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = (m_1 + m_2) \vec{v}; \\ \frac{m_1 v_{01}^2}{2} + \frac{m_2 v_{02}^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2} + Q.$$

**Абсолютно упругий удар** (удар, при котором сохраняется механическая энергия системы). Сохраняются и импульс системы тел, и полная механическая энергия:

$$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2; \\ \frac{m_1 v_{01}^2}{2} + \frac{m_2 v_{02}^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}.$$

Удар, при котором тела до соударения движутся по прямой, проходящей через их центры масс, называется **центральным ударом**.

## 1.19. Простые механизмы. Золотое правило механики. Рычаг. Момент силы. Условие равновесия рычага. Подвижный и неподвижный блоки. КПД простых механизмов

**Простыми механизмами** называются устройства, позволяющие совершить работу без применения источников немеханической энергии. С их помощью можно получить выигрыш в силе или изменить направление её действия.

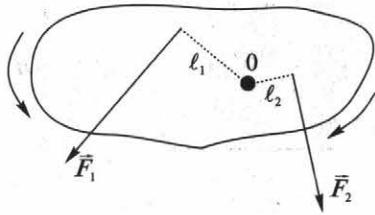
**Золотое правило механики:** При отсутствии трения выигрыш в силе равен проигрышу в расстоянии (простые механизмы не дают выигрыша в работе).

**Коэффициент полезного действия (КПД,  $\eta$ )** — физическая величина, равная отношению полезной работы (мощности, энергии) ко всей затраченной работе (мощности, энергии), выраженному в процентах:  $\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} \cdot 100\% = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{з}}} \cdot 100\%$ .

### Виды простых механизмов

**1. Рычаг** — твёрдое тело, имеющее закрепленную ось вращения.

**Условие равновесия рычага:** Суммарный момент сил, вращающих рычаг по часовой стрелке, равен суммарному моменту сил, вращающих рычаг против часовой стрелки.



**Момент силы  $M$**  ( $[M] = \text{Н}\cdot\text{м}$ ) — физическая величина, равная произведению модуля силы на плечо:  $M = F\ell$ .

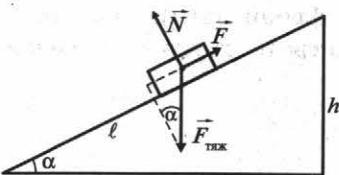
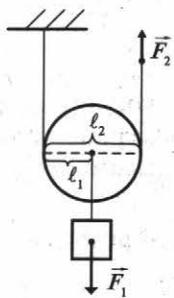
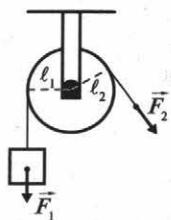
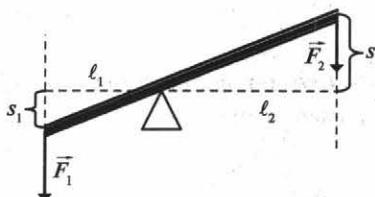
**Плечо силы ( $\ell$  или  $d$ ) относительно указанной точки** — кратчайшее расстояние от точки до линии действия силы, то есть длина перпендикуляра, опущенного из точки на линию действия силы.

**Линия действия силы** — прямая линия, на которой лежит вектор силы.

$$\text{Выигрыш в силе: } \frac{F_1}{F_2} = \frac{\ell_2}{\ell_1}.$$

$$\text{Работа полезная: } A_{\text{п}} = F_1 s_1.$$

$$\text{Работа затраченная: } A_3 = F_2 s_2.$$



## 2. Неподвижный блок (частный случай рычага).

$$\text{Выигрыш в силе: } \frac{F_1}{F_2} = \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1 \text{ — выигрыша в силе нет, но}$$

меняется направление её действия.

$$\text{Работа полезная: } A_{\text{п}} = F_1 s_1.$$

$$\text{Работа затраченная: } A_3 = F_2 s_2.$$

## 3. Подвижный блок (частный случай рычага).

$$\text{Выигрыш в силе: } \frac{F_1}{F_2} = \frac{\ell_2}{\ell_1} = 2 \text{ — выигрыш в силе в 2 раза.}$$

$$\text{Работа полезная: } A_{\text{п}} = F_1 s_1.$$

$$\text{Работа затраченная: } A_3 = F_2 s_2, \text{ при этом } s_2 = 2s_1.$$

## 4. Наклонная плоскость.

$$\text{Выигрыш в силе: } \frac{F_{\text{так}}}{F} = \frac{\ell}{h}.$$

$$\text{Работа полезная: } A_{\text{п}} = mgh.$$

$$\text{Работа затраченная: } A_3 = F\ell.$$

## 1.20. Давление твёрдого тела.

**Формула для вычисления давления твёрдого тела. Давление газа.**  
**Атмосферное давление. Гидростатическое давление внутри жидкости.**

**Формула для вычисления давления внутри жидкости**

Силу, действующую перпендикулярно поверхности какого-либо тела, принято называть **силой давления**.

Скалярная физическая величина, равная отношению модуля силы давления  $F$  к площади этой поверхности  $S$ , называется **давлением**:  $p = \frac{F}{S}$ .

Единица измерения давления в СИ — паскаль (Па).

Давление равно 1 Па, если на поверхность тела площадью 1 м<sup>2</sup> действует сила давления 1 Н: 1 Па =  $\frac{1\text{Н}}{1\text{м}^2}$ .

**Давление столба несжимаемой жидкости (гидростатическое давление):**

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Vg}{S} = \rho gh,$$

где  $h$  — высота столба жидкости,  $\rho$  — плотность жидкости.

**Внимание!** На одном уровне гидростатическое давление одинаково во всех направлениях. Формула  $p = \rho gh$  определяет давление на любую площадку, помещённую на глубине  $h$ , независимо от того, как эта площадка расположена.

**Внимание!** Давление столба жидкости (гидростатическое давление) зависит только от плотности жидкости и высоты столба жидкости и не зависит от формы сосуда, в том числе и от площади дна сосуда. Следовательно, оно не зависит от веса жидкости. В этом заключается гидростатический парадокс.

Земля окружена воздушной оболочкой — атмосферой, состоящей из смеси различных газов. Слои воздуха, расположенные выше, давят на нижележащие слои, оказывая таким образом давление на поверхность Земли и на все находящиеся на ней тела. Это давление называется **атмосферным**.

Атмосферное давление можно измерить с помощью столба жидкости.

При переворачивании трубки, наполненной жидкостью, запаянным концом вверх часть жидкости выливается, а часть остаётся внутри трубки. На уровне свободной поверхности жидкости в широком сосуде (см. рисунок) давление столба жидкости высотой  $h$  уравновешивает атмосферное давление:  $p_a = \rho gh$ .

Первые опыты по измерению атмосферного давления проведены Э. Торричелли. В качестве жидкости использовалась ртуть.

**Внимание!** Атмосферное давление, уравновешиваемое при 0 °С столбом ртути высотой 760 мм, считается нормальным и называется **физической атмосферой** (атм). Давление, производимое столбом ртути высотой 1 мм, называется **миллиметром ртутного столба** (мм рт. ст.):

— 1 атм = 760 мм рт. ст. = 101325 Па ≈ 10<sup>5</sup> Па;

— 1 мм рт. ст. ≈ 133,3 Па.

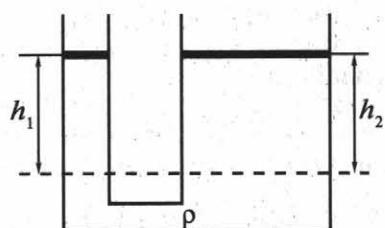
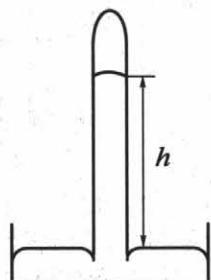
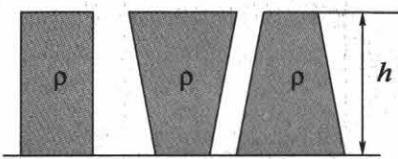
Приборы для измерения атмосферного давления называются барометрами. Приборы, измеряющие разницу между давлением газа в сосуде и атмосферным давлением, называются манометрами.

## 1.21. Закон Паскаля. Гидравлический пресс

Для жидкостей и газов справедлив **закон Паскаля**: Жидкости и газы передают оказываемое на них давление без изменения по всем направлениям во все точки жидкости или газа.

Закон Паскаля позволяет объяснить особое свойство сообщающихся сосудов, то есть сосудов, соединённых между собой каналом, заполненным жидкостью.

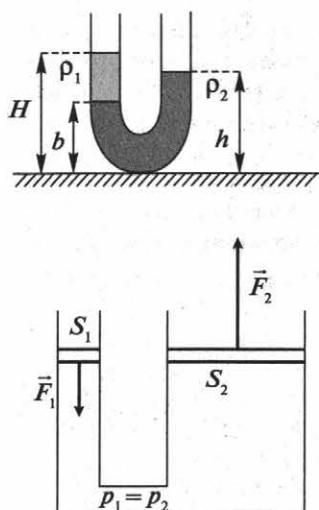
**Закон сообщающихся сосудов:** В сообщающихся сосудах однородная жидкость всегда устанавливается на одном уровне.



Жидкость находится в покое, поэтому на любом уровне (см. пунктир на рисунке) давление в левом сосуде должно равняться давлению в правом сосуде:

$$p_a + \rho g h_1 = p_a + \rho g h_2 \Rightarrow h_1 = h_2.$$

**Внимание!** Если в сообщающихся сосудах находятся две несмешивающиеся жидкости с разными плотностями, то уровни жидкостей будут разными. Из равенства  $p_a + \rho_1 g h_1 = p_a + \rho_2 g h_2$  следует, что отношение высот столбов жидкостей по отношению к любому уровню, выше которого в каждом из сосудов находятся жидкости одного сорта, равно обратному отношению плотностей:  $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ .



**Гидравлический пресс** представляет собой два сообщающихся сосуда с различной площадью поперечного сечения, в которых имеются поршни, плотно прилегающие к стенкам сосудов.

Давление, оказываемое на поршень меньшей площади, в соответствии с законом Паскаля передаётся без изменения во все точки жидкости, в том числе находящиеся непосредственно под вторым поршнем:

$$p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}.$$

Гидравлический пресс даёт выигрыш в силе, равный отношению площади большего поршня к площади меньшего поршня:  $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$ .

**Внимание!** Как и в других простых механизмах, выигрыша в работе нет: при опускании малого поршня совершается работа, равная работе, совершаемой при подъёме большого поршня (если отсутствуют силы трения и сопротивления).

## 1.22. Закон Архимеда. Формула для определения выталкивающей силы, действующей на тело, погруженное в жидкость или газ.

**Условие плавания тел. Плавание судов и воздухоплавание**

**Выталкивающая сила, действующая на тело со стороны жидкости и газа (общий случай)**

Увеличение гидростатического давления по мере погружения в жидкость или газ является причиной возникновения выталкивающей силы:  $F_{\text{выт}} = F_1 - F_2$ .

**Сила Архимеда** — выталкивающая сила, действующая на тело со стороны жидкости (газа) в случаях, если:

- тело полностью погружено в жидкость (газ), при этом со всех сторон окружено жидкостью (газом);

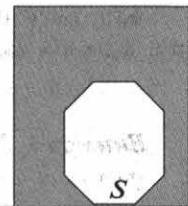
- тело плавает на поверхности жидкости, частично погрузившись в неё.

$F_A = \rho_* g V_{\text{пнт}}$ , где  $\rho_*$  — плотность жидкости (газа),  $V_{\text{пнт}}$  — объём погруженной в жидкость части тела.

Так как  $\rho_* V_{\text{пнт}} = m_*$  — масса жидкости (газа), вытесненной телом, то  $F_{\text{выт}} = F_A = m_{\text{выт.ж}} g = P_{\text{выт.ж}}$ .

**Закон Архимеда:** На тело, погруженное в жидкость (или газ), действует выталкивающая сила, равная весу жидкости (газа), вытесненной телом.

**Внимание!** Выталкивающую силу не всегда удается рассчитать с помощью формулы  $F_A = \rho_{ж} g V_{пн}$ . Например, часть поверхности тела площадью  $S$  плотно соприкасается с дном сосуда. В этом случае выталкивающая сила будет равна  $F = \rho_{ж} g V_t - F_d S$ , где  $F_d$  — сила гидростатического давления жидкости на уровне дна сосуда.

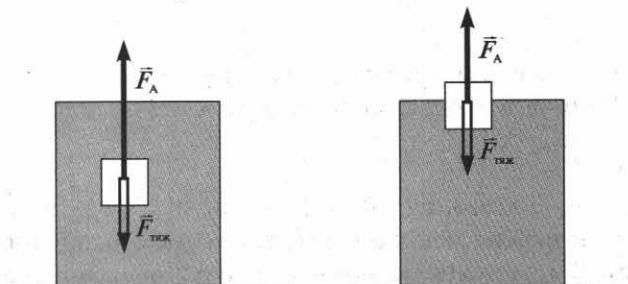


1. Если тело плотно прилегает ко дну, значит, под телом жидкости нет и нет силы давления, направленной вверх. Архимедова сила не действует, тело прижимается верхним слоем жидкости ко дну.

2. Если какая-то часть поверхности тела плотно прилегает ко дну, а под другой частью поверхности есть жидкость, то нужно провести расчёт выталкивающей силы для данного конкретного случая. Для этого нужно подсчитать силы давления, действующие на верхнюю поверхность тела, и те части нижней поверхности тела, под которыми находится слой жидкости.

### Условия плавания тел

1. Тело целиком погружено в жидкость. Выталкивающая сила больше силы тяжести:  $F_{выт} > mg$  ( $\rho_{жидкости} > \rho_{тела}$ ). Тело всплывает до тех пор, пока силы не уравновесятся за счёт уменьшения выталкивающей силы (уменьшается объём погруженной в жидкость части тела).



2. Тело целиком погружено в жидкость. Выталкивающая сила равна силе тяжести:  $F_{выт} = mg$  ( $\rho_{жидкости} = \rho_{тела}$ ). Тело плавает в любой точке жидкости (газа).

3. Тело целиком погружено в жидкость. Выталкивающая сила меньше силы тяжести:  $F_{выт} < mg$  ( $\rho_{жидкости} < \rho_{тела}$ ). Тело тонет.

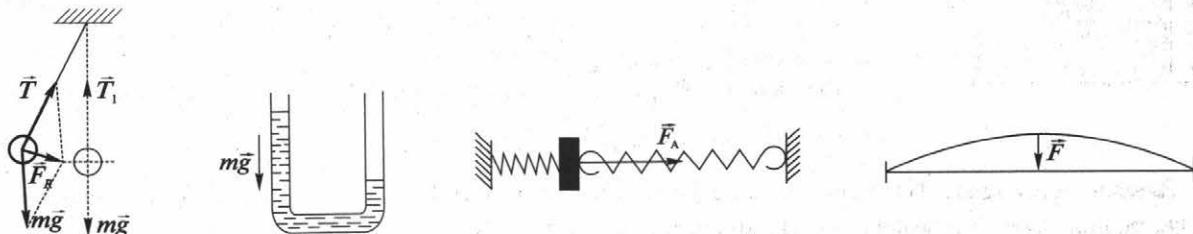
### 1.23. Механические колебания и волны.

**Амплитуда, период и частота колебаний. Формула, связывающая частоту и период колебаний. Механические волны.**

**Продольные и поперечные волны. Длина волны и скорость распространения волны. Звук. Громкость и высота звука.**

**Скорость распространения звука. Отражение и преломление звуковой волны на границе двух сред. Инфразвук и ультразвук**

Движение, при котором состояния движущегося тела с течением времени повторяются, причём тело проходит через положение своего устойчивого равновесия поочерёдно в противоположных направлениях, называется **механическим колебанием**.



Условием возникновения колебания является наличие в системе возвращающей силы, всегда направленной к положению устойчивого равновесия.

Каждый законченный цикл колебательного движения, после которого оно вновь повторяется, называется **полным колебанием**.

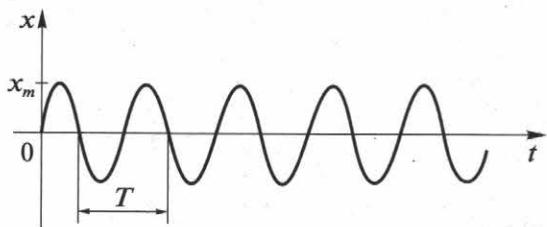
**Смещением  $x$**  называется отклонение колеблющейся точки от положения равновесия в данный момент времени.

**Амплитудой колебаний  $x_m$**  называется модуль наибольшего смещения тела от положения равновесия при колебательном движении.

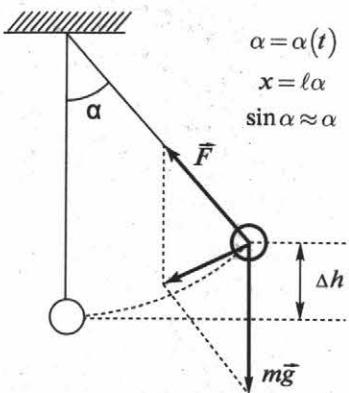
**Периодом колебания  $T$**  называется время, за которое совершается одно полное колебание:  $T = \frac{t}{N}$ .

Величину, равную числу колебаний, совершаемых за единицу времени, называют **частотой колебаний  $v$** :  $[v] = 1/c = \text{Гц}$ ;  $v = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}$ .

Механическое колебание, при котором координата тела меняется по закону синуса или косинуса, называется **гармоническим колебанием**.

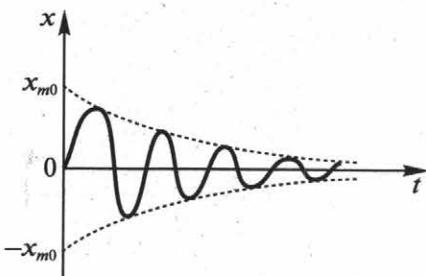


**Математическим маятником** называют материальную точку, подвешенную на тонкой нерастяжимой нити. Маленький металлический шарик, подвешенный на длинной нити, можно условно считать математическим маятником.



При колебаниях математического маятника (в отсутствие сил трения) выполняется закон сохранения механической энергии и периодически происходит переход потенциальной энергии в кинетическую и обратно.

В положении максимального отклонения от положения равновесия потенциальная энергия маятника максимальна, а кинетическая равна нулю. При приближении к положению равновесия потенциальная энергия уменьшается, а кинетическая увеличивается, достигая максимального значения в положении равновесия, в котором потенциальная становится равной нулю:



$$W_{\text{полн}} = W_{\text{n}} + W_{\text{k}} = \text{const}; E_{\text{полн}} = E_{\text{k max}} = E_{\text{n max}}$$

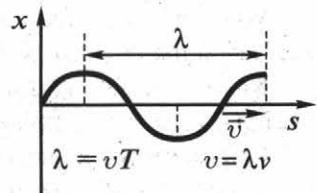
**Затухающими** называются колебания, амплитуда которых уменьшается с течением времени. Затухание свободных механических гармонических колебаний связано с уменьшением механической энергии колебательной системы за счёт работы сил сопротивления (трения).

### Механические волны. Звук

Если в упругой среде (газ, жидкость или твёрдое тело) имеется источник колебаний, то в ней с течением времени происходит процесс распространения колебаний, этот процесс называется **волной**.

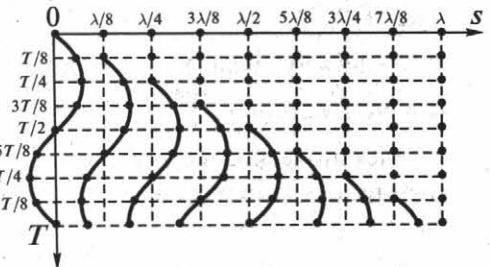
Волны, распространяющиеся в упругой среде, называются **механическими волнами**. В волне осуществляется перенос энергии колебательного движения без переноса вещества (массы) среды, в которой распространяется волна. **Периодом  $T$  волны** является период колебаний точек среды при распространении волны. **Длиной волны  $\lambda$**  называется расстояние, на которое распространяется волна за один период колебаний:

$$\lambda = vT; \quad v = \lambda\nu.$$



**Продольными волнами** называются волны, в которых направление колебаний частиц происходит в направлении распространения волны.

Продольные механические волны могут распространяться в твёрдых, в жидких и в газообразных средах.



**Поперечными** называются волны, в которых направление колебаний частиц происходит перпендикулярно направлению распространения волны.

Поперечные механические волны могут распространяться только в твёрдых телах и на свободной поверхности жидкости.

**Звуковыми волнами** называются механические волны, вызывающие у человека ощущение звука:  $v_{\text{зв}} = (16 \div 20\,000)$  Гц.

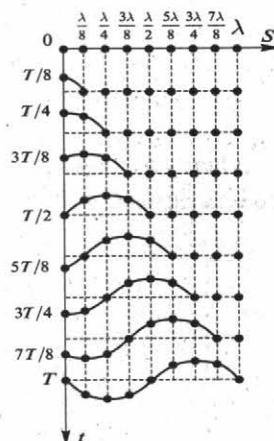
### Характеристики звука

**Громкость звука** определяется амплитудой колебаний.

**Высота тона** определяется частотой колебаний.

**Скорость звука** зависит от плотности среды. Скорость звука в твёрдых телах больше, чем в жидкостях, а в жидкостях больше, чем в газах.

Скорость звука увеличивается с ростом температуры среды.

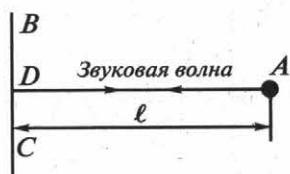


### Скорость звука в воздухе

$t, {}^\circ\text{C}$	$v, \text{ м/с}$
0	332
15	340

В случае, когда отражающая поверхность перпендикулярна распространению волны, звуковая волна после отражения возвращается обратно к источнику звука. Такой случай отражения называется **эхом**.

В гидролокации эхо используется для определения глубин, расстояний до препятствий и других судов.



## 2. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

### 2.1. Молекула — мельчайшая частица вещества.

Агрегатные состояния вещества.

#### Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел

##### Основные положения молекулярно-кинетической теории.

1. Все вещества состоят из мельчайших частиц — молекул и атомов. Молекулы разделены промежутками.

2. Молекулы находятся в беспрерывном хаотическом движении.

3. Между молекулами существуют силы взаимодействия (притяжение и отталкивание).

**Атом** — наименьшая частица химического элемента, которая является носителем его химических свойств. Атом состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов, движущихся по законам квантовой механики. Размеры атома  $\approx 10^{-10}$  м.

**Молекула** — наименьшая устойчивая частица вещества, обладающая всеми его химическими свойствами и состоящая из одинаковых (простое вещество) или разных (сложное вещество) атомов, объединённых химическими связями.

При уменьшении расстояния между молекулами сила притяжения увеличивается медленнее, чем сила отталкивания.

#### Модели строения газа, жидкости и твёрдого тела

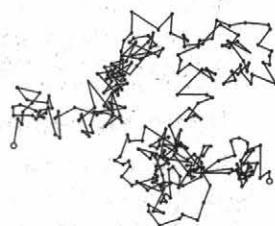
Агрегатное состояние вещества	Расположение частиц	Характер движения частиц	Соотношение между кинетической энергией молекул и потенциальной энергией межмолекулярного взаимодействия	Некоторые свойства
Твёрдое	Расстояния между частицами сравнимы с размерами частиц. Кристаллические твёрдые тела имеют правильную пространственную структуру (кристаллическую решётку).	Колебания около положения равновесия. Для кристаллических тел — в узлах кристаллической решётки.	Потенциальная энергия намного больше кинетической.	Сохраняют форму и объём, упругость, прочность, твёрдость.
Жидкое	Частицы расположены почти вплотную друг к другу, не образуя пространственных структур. Наблюдается ближний порядок упорядоченности.	В основном колеблются около положения равновесия, изредка перескакивая в другое. С повышением температуры время оседлой жизни уменьшается.	Кинетическая энергия лишь незначительно меньше модуля потенциальной энергии.	Сохраняют объём, но не сохраняют форму, малосжимаемы, текучи.
Газообразное	Расстояния между частицами намного больше размеров частиц. Расположение их совершенно хаотическое.	Хаотическое движение с многочисленными столкновениями.	Кинетическая энергия намного больше модуля потенциальной.	Не сохраняют ни форму, ни объём, легко сжимаемы, заполняют весь предоставленный им объём.

## 2.2. Тепловое движение атомов и молекул.

**Связь температуры вещества со скоростью хаотического движения частиц.**  
**Броуновское движение. Диффузия. Взаимодействие молекул**

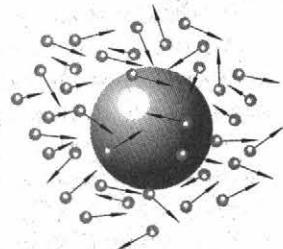
**Молекулы находятся в беспрерывном хаотическом движении** (одно из основных положений молекулярно-кинетической теории). Интенсивность теплового движения увеличивается с повышением температуры.

Тепловое движение атомов и молекул вещества — особая форма движения материи.

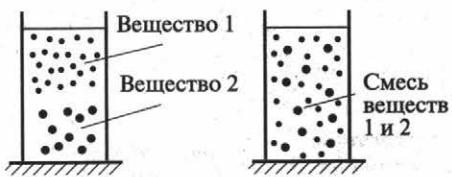


**Броуновское движение** — беспорядочное движение мелких частиц, взвешенных в жидкости или газе, происходящее под влиянием теплового движения молекул жидкости. Является одним из доказательств положения молекулярно-кинетической теории о непрерывном хаотическом тепловом движении молекул.

Броуновское движение никогда не прекращается и усиливается с ростом температуры.



**Диффузия** — явление наблюдается при наличии контакта двух разнородных веществ и состоит в самоизвестном проникновении частиц одного вещества в промежутки между частицами другого. Скорость диффузии зависит от температуры и агрегатного состояния вещества (быстрее в газах). Является одним из доказательств первых двух положений молекулярно-кинетической теории.



## 2.3. Тепловое равновесие

Состояние термодинамической системы, в которое она самопроизвольно приходит через достаточно большой промежуток времени в условиях изоляции от окружающей среды, называется **тепловым равновесием**.

В этом состоянии параметры системы не изменяются со временем, то есть в системе не меняются объём и давление, не происходит теплообмен, отсутствуют превращения газов, жидкостей и твёрдых тел. В состоянии теплового равновесия температура во всех частях термодинамической системы одинакова.

Температура является мерой средней кинетической энергии движения молекул.

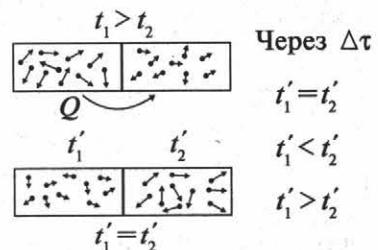
Микроскопические процессы внутри тела в состоянии теплового равновесия не прекращаются: меняются положения молекул, их скорости при столкновениях.

Температуры тел, находящихся в тепловом контакте, выравниваются. На этом явлении основан принцип измерения температуры термометром.

### Измерение температуры:

- 1) тело необходимо привести в тепловой контакт с термометром;
- 2) термометр должен иметь массу значительно меньше массы тела;
- 3) показание термометра следует отсчитывать после наступления теплового равновесия.

Температура может быть выражена в единицах различных шкал.



**Шкала Цельсия.** За  $0^{\circ}\text{C}$  взята температура плавления льда при нормальном атмосферном давлении, за  $100^{\circ}\text{C}$  — температура парообразования воды при нормальном атмосферном давлении:  $[t] = ^{\circ}\text{C}$ .

**Абсолютная шкала температур** (шкала Кельвина). Температурная шкала, в которой за ноль принимается температура  $T$ , при которой прекращается тепловое движение молекул.

Единица измерения абсолютной температуры в СИ — кельвин (К):  $[T] = \text{К}$ .

Связь между абсолютной температурой и температурой по шкале Цельсия:  $T = t^{\circ}\text{C} + 273$ .

## 2.4. Внутренняя энергия.

### Работа и теплопередача как способы изменения внутренней энергии

Сумма кинетических энергий хаотического теплового движения всех частиц тела (молекул, атомов) относительно центра масс этого тела и потенциальных энергий взаимодействия молекул и атомов друг с другом называется **внутренней энергией тела ( $U$ )**.

Кинетическая энергия теплового движения частиц определяется скоростью их хаотического движения, а значит, температурой тела. Потенциальная энергия зависит от расстояния между частицами, а значит, зависит от объёма тела. Следовательно, внутренняя энергия тела зависит от объёма и температуры:  $U = U(T, V)$ .

При нагревании тела его внутренняя энергия увеличивается, а при охлаждении уменьшается. Процесс изменения внутренней энергии тела без совершения работы называется теплопередачей (теплообменом).

Энергию, переданную от одного тела к другому при теплообмене, называют **количеством теплоты ( $Q$ )**:  $[Q] = \text{Дж}$ .

При контакте тел с разной температурой более горячее тело отдаёт некоторое количество теплоты, а более холодное тело её получает.

Способы изменения внутренней энергии: 1) совершение работы; 2) теплопередача.

При осуществлении первого из этих способов внутренняя энергия тела изменяется на величину совершённой работы  $A$ , а при осуществлении второго из них — на величину, равную количеству переданной теплоты  $Q$ .

## 2.5. Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение

Процесс изменения внутренней энергии без совершения работы называется теплопередачей (теплообменом).

### Виды теплопередачи.

1. **Теплопроводность** — вид теплопередачи, при котором энергия передаётся от более нагретого участка тела к менее нагретому благодаря движению и взаимодействию частиц тела. При теплопроводности вещество не перемещается от одной части тела к другой.

2. **Конвекция** — вид теплопередачи, при котором энергия переносится потоками (струями) вещества. Этот вид теплопередачи может наблюдаться в жидкостях и газах.

3. **Излучение** — вид теплопередачи, при котором энергия переносится электромагнитными волнами. Может происходить и в вакууме.

## **2.6. Нагревание и охлаждение тел. Количество теплоты. Удельная теплоёмкость**

Если телу массой  $m$  передать некоторое количество теплоты  $Q$ , его температура изменится. Изменение температуры связано с переданным количеством теплоты следующим соотношением:  $Q = cm(t_2^\circ - t_1^\circ)$ , где  $c$  — удельная теплоёмкость вещества, из которого изготовлено тело.

**Удельная теплоёмкость**  $c$  вещества показывает, какое количество теплоты необходимо для нагревания 1 кг данного вещества на 1 К или на  $1^\circ\text{C}$ :  $[c] = \text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) = \text{Дж}/(\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C})$ ;  $c = \frac{Q}{m(t_2^\circ - t_1^\circ)}$ .

При теплообмене количество теплоты считается положительным, если оно поглощается (передаётся телу от нагревателя) телом (нагревание, плавление, испарение). Количество теплоты отрицательно, если оно выделяется (отводится холодильнику) в окружающую среду (охлаждение, кристаллизация, конденсация).

**Поглощение энергии телом:**  $Q > 0$ .

**Выделение энергии телом:**  $Q < 0$ .

## **2.7. Закон сохранения энергии в тепловых процессах.**

### **Уравнение теплового баланса**

Изменение внутренней энергии системы при переходе её из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе.

При любых процессах, происходящих в замкнутой системе (в системе, изолированной от внешних воздействий), её внутренняя энергия остаётся неизменной.

**Уравнение теплового баланса:** Если между телами, образующими замкнутую термодинамическую систему, происходит теплообмен, то алгебраическая сумма (с учётом знаков) количества теплоты равна нулю. Всё переданное в результате теплообмена количество теплоты равно по модулю всему полученному в результате теплообмена количеству теплоты.

Количество слагаемых в уравнении теплового баланса равно количеству процессов, происходящих в системе при теплообмене:  $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$ .

Количество теплоты, отданное при теплообмене более нагретыми телами, равно по модулю количеству теплоты, полученному менее нагретыми телами:  $Q_{\text{пол}} = |Q_{\text{отд}}|$ .

## **2.8. Испарение и конденсация.**

### **Изменение внутренней энергии в процессе испарения и конденсации.**

### **Кипение жидкости. Удельная теплота парообразования**

**Конденсация** — процесс перехода вещества из газообразного состояния в жидкое.

**Парообразование** — процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное при кипении жидкости.

**Испарение** — парообразование, происходящее со свободной поверхности жидкости. Испарение может происходить при любой температуре.

**Кипение** — процесс активного парообразования во всём объёме жидкости. Сопровождается образованием и ростом пузырьков пара внутри жидкости. Пузырьки образуются около центров парообразования (примеси, микротрещины). Рост пузырьков начинается после того, как давление пара внутри пузырька станет равным давлению окружающей жидкости:  $p_{\text{пара}} > p_{\text{атм}} + \rho gh$ . Условие подъёма пузырька:  $F_A \geq mg$ .

Температура, при которой наблюдается кипение жидкости, называется **температурой кипения**.

Температура кипения определяется: 1) родом жидкости; 2) внешними условиями, в частности атмосферным давлением или давлением газа внутри закрытого сосуда. С понижением атмосферного давления температура кипения понижается.

Во время кипения температура жидкости и пара над ней не меняется. Температура не меняется до тех пор, пока вся жидкость не выкипит.

Кипение жидкости происходит только при постоянном притоке теплоты к жидкости, находящейся при температуре кипения.

Физическая величина  $L$ , показывающая, какое количество теплоты необходимо для превращения 1 кг жидкости в пар при постоянной температуре, называется **удельной теплотой парообразования**:  $L = \frac{Q}{m}$ ,  $[L] = \text{Дж/кг}$ .

При парообразовании количество теплоты поглощается, при конденсации — выделяется:  $Q = \pm Lm$ , где «+» — парообразование, «—» — конденсация.

## 2.9. Влажность воздуха

Вещество в газообразном состоянии, находящееся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называется **насыщенным паром**.

**Динамическим равновесием** является состояние, при котором число молекул, покидающих жидкость, равно числу молекул, возвращающихся в жидкость за то же время.

Основные свойства насыщенного пара любой жидкости:

— давление насыщенного пара зависит от температуры (при возрастании температуры давление насыщенного пара увеличивается);

— давление насыщенного пара при постоянной температуре не зависит от объёма.

**Влажность воздуха** — физическая величина, характеризующая состояние водяного пара (плотность или давление пара), находящегося в воздухе, по сравнению с состоянием насыщенного пара (плотность или давление насыщенного пара) при той же температуре.

**Относительной влажностью** воздуха называется отношение плотности пара ( $\rho_p$ ) к плотности ( $\rho_n$ ) насыщенного водяного пара при той же температуре, выраженное в процентах:  $\phi = \frac{\rho_p}{\rho_n} \cdot 100\%$ ,  $[\phi] = \text{кг}/\text{м}^3$ .

Приборы для измерения влажности: 1) волосной гигрометр; 2) жидкостный (конденсационный) гигрометр; 3) гигрометр психрометрический (психрометр).

## 2.10. Плавление и кристаллизация.

### Изменение внутренней энергии при плавлении и кристаллизации. Удельная теплота плавления

Переход вещества из твёрдого состояния в жидкое называется **плавлением**. Переход из жидкого состояния в твёрдое называется **кристаллизацией**.

В процессе плавления и кристаллизации кристаллического вещества его температура не изменяется.

Температура, при которой вещество плавится или кристаллизуется, называется **температурой плавления**.

Физическая величина, показывающая, какое количество теплоты необходимо для превращения при температуре плавления 1 кг кристаллического вещества в жидкость, называется **удельной теплотой плавления** ( $\lambda$ ):  $\lambda = \frac{Q}{m}$ ;  $[\lambda] = \text{Дж/кг}$ .

Плавление происходит, если при температуре плавления телу непрерывно передаётся некоторое количество теплоты (она поглощается), при кристаллизации при температуре плавления необходимо обеспечить постоянный отток теплоты (она выделяется):  $Q = \pm \lambda m$ , где «+» — плавление, «-» — кристаллизация.

## 2.11. Термовые машины. Преобразование энергии

в термовых машинах. Внутренняя энергия сгорания топлива.

### Удельная теплота сгорания топлива

Машины, преобразующие внутреннюю энергию в механическую работу, называют термовыми машинами (двигателями). Основные элементы термовой машины: тело, нагреватель, холодильник.

Нагреватель передаёт рабочему телу количество теплоты  $Q_1$ . Рабочее тело совершает полезную механическую работу  $A'$  (например, газ — расширяется). Отработавшее рабочее тело передаёт холодильнику (охладителю) некоторое количество теплоты  $Q_2$  и возвращается в исходное состояние, обеспечивая циклический процесс. Полезная работа, произведённая машиной за цикл, равна разности количества теплоты, полученного рабочим телом, и количества теплоты, отданного холодильнику:  $A' = Q_1 - Q_2$ .

Коэффициент полезного действия теплового двигателя равен отношению полезной работы, совершаемой рабочим телом за цикл, к полученному от нагревателя за цикл количеству теплоты:

$$\eta = \frac{A'}{Q_1} \cdot 100\% = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%.$$

Существуют разные виды термовых двигателей: паровая машина, двигатель внутреннего сгорания, газовая и паровая турбины, реактивный двигатель.

В каждом из этих двигателей энергия топлива сначала переходит в энергию газа (или пара), который затем, расширяться, совершает работу. В процессе совершения этой работы часть внутренней энергии газа превращается в механическую энергию движущихся частей двигателя.

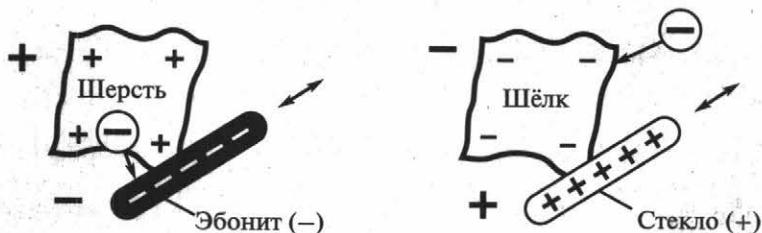
В нагревателе теплового двигателя при сжигании топлива выделяется некоторое количество теплоты. Каждый вид топлива характеризуется **удельной теплотой сгорания** — физической величиной  $q$ , которая показывает, какое количество теплоты выделяется при полном сгорании 1 кг этого вида топлива. Если сгорает  $m$  кг топлива, то рассчитать выделенное количество теплоты можно по формуле  $Q = qm$ ,  $[q] = \text{Дж}/\text{кг}$ , числовые значения удельной теплоты сгорания разных видов топлива представлены в справочных материалах к экзамену.



### 3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

#### 3.1., 3.2. Электризация тел. Два вида электрических зарядов. Взаимодействие электрических зарядов

Заряд — скалярная физическая величина, являющаяся количественной мерой электромагнитного взаимодействия. Тело обладает электрическим зарядом, если мы знаем, что при определённых условиях оно может притягиваться к другим телам или отталкиваться от них.



Существует два вида зарядов, которые условно называют положительными (например, заряд на стекле, потёртом о шёлк) и отрицательными (например, заряд на эбоните, потёртом о шерсть).

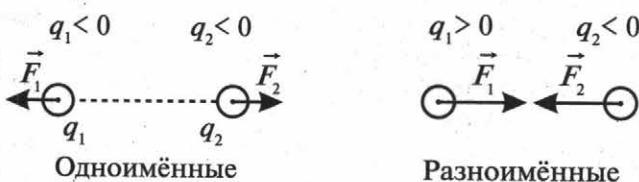
**Внимание!** В процессе электризации переходить с одного тела на другое могут только **электроны**. Тело, с которого электроны уходят, заряжается положительно. Тело, на которое электроны перемещаются, заряжается отрицательно. Заряд тела положителен (+) — не хватает электронов; заряд тела отрицателен (−) — имеется избыток электронов.

Одноимённо заряженные тела отталкиваются. Разноимённо заряженные тела притягиваются.

**Внимание!** Если рассматривается взаимодействие заряженного тела с нейтральным телом, то возможны две ситуации:

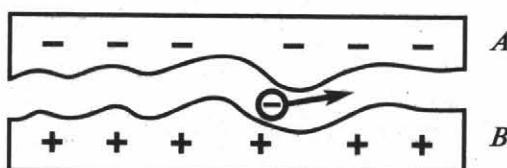
1) нейтральное тело можно считать точечным; в этом случае взаимодействием можно пренебречь ( $F=0$ );

2) нейтральное тело является протяжённым (нельзя считать точечным); в этом случае надо учитывать, что произойдёт смещение зарядов внутри нейтрального тела и всегда будет наблюдаться притяжение.



Электризация — процесс сообщения телу электрического заряда.

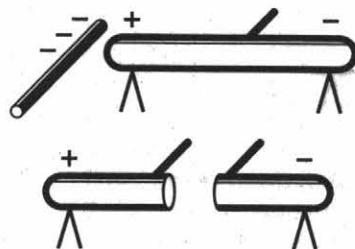
1. Электризация при соприкосновении (трением, ударом, при ссыпании). Электроны переходят от тела  $B$  к телу  $A$ .



**2. Электризация через влияние (электрическая индукция).** Например, если поднести заряженную палочку к проводящему телу, не дотрагиваясь до него, а затем разделить тело на две части, то обе части будут заряжены противоположными по знаку зарядами.

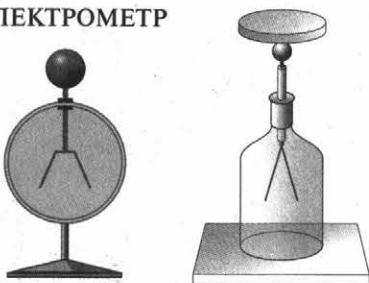
Обозначение заряда:  $q$ .

Единица измерения заряда в СИ — кулон:  $[q] = \text{Кл}$ . 1 Кл — это заряд, проходящий через поперечное сечение проводника за 1 с при силе тока 1 А.



### ЭЛЕКТРОСКОП

#### ЭЛЕКТРОМЕТР



Приборы для измерения электрического заряда

**Внимание!** Заряд 1 Кл — очень большой в электростатике. Обычные электрические заряды, получаемые телами при электризации, составляют несколько микро- или нанокулон (мкКл, нКл).

Минимально возможный заряд — элементарный заряд. Такой заряд имеет электрон ( $-$ ), протон ( $+$ ) и другие заряженные элементарные частицы.

**Делимость заряда:** Любой электрический заряд, больший элементарного, выражается целым числом элементарных зарядов, то есть  $q = Ne$ .

Элементарный заряд  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

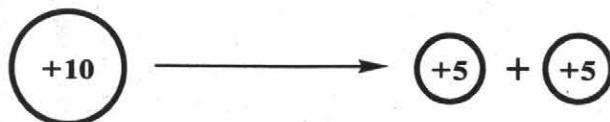
### 3.3. Закон сохранения электрического заряда

**Закон сохранения электрического заряда:** Алгебраическая сумма зарядов, составляющих замкнутую систему, остаётся неизменной при любых взаимодействиях зарядов этой системы:  $\sum_1^N q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + \dots = \text{const.}$

Говоря о замкнутой системе, подразумевают, что в систему не добавляются извне новые заряды (нет внешних источников заряда), а имеющиеся заряды взаимодействуют только с телами, входящими в систему (заряды не выходят из системы).

**Примеры выполнения закона сохранения заряда** (на рисунках заряды выражены в единицах элементарного электрического заряда).

1. Заряженная капля делится на две одинаковые капли:



2. Соединение одинаковых заряженных шариков:



### 3.4. Электрическое поле. Действие электрического поля на электрические заряды. Проводники и диэлектрики

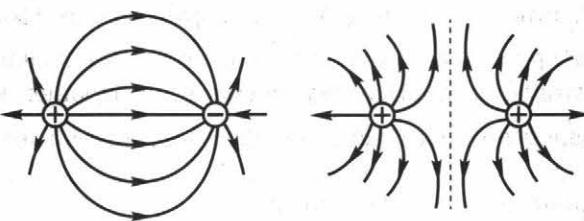
Для объяснения механизма электромагнитного взаимодействия используется понятие **электрического поля** (впервые введено М. Фарадеем). Электрическое поле — особый вид материи, существующий вокруг любого электрического заряда и проявляющий себя в действии на другие заряды.

#### Графическое представление электростатического поля

**Силовые линии** — непрерывные (воображаемые) линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с вектором напряжённости. Способ описания с помощью силовых линий введён Фарадеем.

#### Свойства силовых линий:

- начинаются на положительных и заканчиваются на отрицательных зарядах;
- не пересекаются;
- густота линий тем больше, чем больше напряжённость; напряжённость поля прямо пропорциональна количеству силовых линий, проходящих через единицу площади поверхности.



Электрическое поле разноимённых (а) и одноимённых (положительных) зарядов (б)

Обычно по договорённости изображают поля так, что количество проведённых линий пропорционально величине заряда.

**Проводниками** называют вещества, в которых в обычном состоянии имеется значительное количество «свободных» электрически заряженных частиц, которые могут свободно перемещаться между ионами кристаллической решётки (электроны в металлах) или внутри растворов электролитов (положительно и отрицательно заряженные ионы). В обычных условиях свободные заряженные частицы движутся подобно молекулам в газах, совершающим тепловое движение. В присутствии электрического поля, действующего на заряженные частицы в определённом направлении, возникает движение в этом выделенном направлении — **электрический ток**.

**Диэлектрики** — вещества, в которых свободных заряженных частиц так мало, что ими можно пренебречь. В таких веществах под действием электрического поля происходит смещение (поляризация) электронов в составе атомов в направлении силы, действующей на отрицательно заряженные частицы. При этом электроны не покидают свои атомы и не могут создать ток.

### 3.5. Постоянный электрический ток. Действия электрического тока. Сила тока. Напряжение

Направленное (упорядоченное) движение свободных заряженных частиц под действием электрического поля называется **электрическим током**.

**Условия существования тока:** 1) наличие свободных зарядов; 2) наличие электрического поля.

Свободные заряды имеются в проводниках. Электрическое поле создаётся источниками тока.

При прохождении тока через проводник он оказывает следующие действия:

- 1) тепловое (нагревание проводника током);
- 2) магнитное (возникновение магнитного поля вокруг проводника с током);
- 3) химическое (химические реакции при прохождении тока через некоторые вещества);
- 4) световое (сопровождает тепловое действие);
- 5) механическое (сопровождает магнитное или тепловое действие);
- 6) биологическое (физиологическое).

Примеры: работа электрического чайника, утюга и т. д.; работа электродвигателя, электроизмерительных приборов; электролиз; свечение нити накала электрической лампочки; поворот рамки с током в магнитном поле; поражение человека током; использование действия тока в медицине.

#### Основные величины, описывающие процесс прохождения тока по проводнику

**1. Сила тока  $I$**  — скалярная величина, равная отношению заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника, к промежутку времени, в течение которого шёл ток. Сила тока показывает, какой заряд проходит через поперечное сечение проводника за 1 с:  $I = \frac{q}{t}$ .

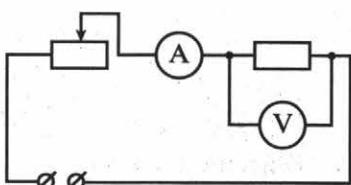
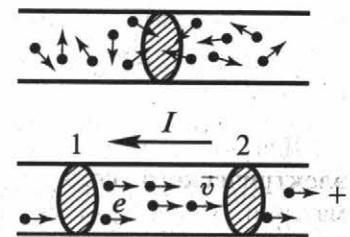
Единица измерения силы тока в СИ — ампер (А).

Ток называют **постоянным**, если сила тока не меняется со временем. Прибор для измерения силы тока называется амперметром. Он включается в электрическую цепь последовательно с тем участком цепи, на котором измеряется сила тока.

**2. Напряжение  $U$** . Напряжение численно равно работе электрического поля по перемещению единичного положительного заряда вдоль силовых линий поля внутри проводника:  $U = \frac{A}{q}$ .

Единица измерения напряжения в СИ — вольт (В).

Прибор для измерения напряжения называется вольтметром. Он включается в электрическую цепь параллельно тому участку цепи, на котором измеряется сила тока.

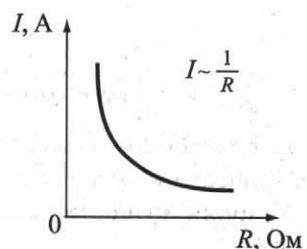


#### 3.6. Электрическое сопротивление. Удельное электрическое сопротивление

**Электрическое сопротивление ( $R$ )** — физическая величина, равная отношению напряжения (разности потенциалов) на концах проводника к силе тока, проходящего через проводник.

Единица измерения электрического сопротивления в СИ:  $[R] = \frac{V}{A} = \Omega$ .

Сопротивление проводника равно 1 Ом, если при разности потенциалов на его концах в 1 В по нему протекает ток силой 1 А.



**Внимание!** Сопротивление — характеристика электрических свойств проводника! Определяется только формой, размерами и материалом проводника:  $R = \frac{U}{I}$ .

Зависимость сопротивления от материала и размеров проводника:  $R = \rho \frac{\ell}{S}$ , где  $\ell$  — длина,

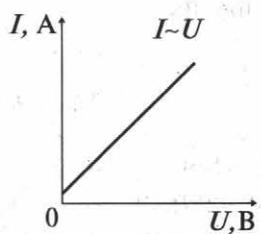
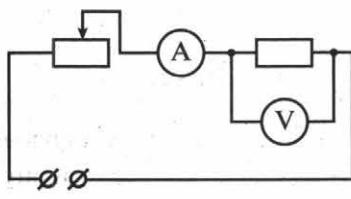
$S$  — площадь поперечного сечения,  $\rho$  — удельное сопротивление. Удельное сопротивление показывает, чему равно сопротивление проводника длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м<sup>2</sup>.

Единицы измерения удельного сопротивления в СИ:  $[\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м}$ , практическая —  $[\rho] = [\rho] \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} = 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .

### 3.7. Закон Ома для участка электрической цепи.

#### Последовательное соединение проводников. Параллельное соединение проводников. Смешанные соединения проводников

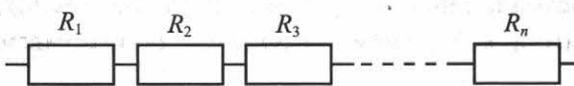
Сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна сопротивлению этого участка:  $I = \frac{U}{R}$ .



Выполняется для металлов и электролитов.

#### Последовательное соединение

1. Сила тока во всех последовательно соединённых участках цепи одинакова:  $I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n = \dots$ .



2. Напряжение в цепи, состоящей из нескольких последовательно соединённых участков, равно сумме напряжений на каждом участке:  $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n + \dots$ .

3. Сопротивление цепи, состоящей из нескольких последовательно соединённых участков, равно сумме сопротивлений каждого участка:  $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n + \dots$ .

Если все сопротивления в цепи одинаковы, то  $R = R_{\text{пн}}$ . При последовательном соединении общее сопротивление увеличивается (становится больше большего).

#### Параллельное соединение

1. Сила тока в неразветвлённом участке цепи равна сумме сил токов во всех параллельно соединённых участках:  $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n + \dots$ .

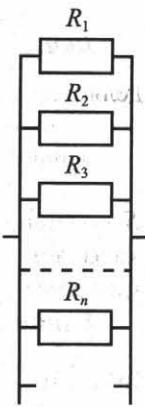
2. Напряжение на всех параллельно соединённых участках цепи одинаково:  $U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n = \dots$ .

3. При параллельном соединении проводников проводимости складываются (складываются величины, обратные сопротивлению):

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

Если все сопротивления в цепи одинаковы, то  $R = \frac{R_1}{n}$ .

При параллельном соединении общее сопротивление уменьшается (становится меньше меньшего).



### 3.8. Работа и мощность электрического тока

Электрическое поле действует на заряд силой, под действием которой заряд перемещается, и следовательно, электрическое поле совершают работу.

**Работа электрического тока:**  $A = IUt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R} t$ .

**Мощность электрического тока** (работа за 1 с):  $P = \frac{A}{t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ .

В электричестве иногда применяется внесистемная единица работы — кВт·ч (киловатт-час):  $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ .

### 3.9. Закон Джоуля — Ленца

В электрической цепи происходит преобразование энергии упорядоченного движения заряженных частиц во внутреннюю (тепловую) энергию. Согласно закону сохранения энергии работа тока равна количеству выделившемуся тепла.

**Закон Джоуля — Ленца:** Количество теплоты, выделившееся при прохождении электрического тока по проводнику, прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени, в течение которого шёл ток:  $Q = I^2 Rt$ .

### 3.10. Опыт Эрстеда. Магнитное поле прямого проводника с током. Линии магнитной индукции. Электромагнит

В 1820 г. датский физик Х. Эрстед открыл магнитное действие тока. (Опыт: действие электрического тока на магнитную стрелку.)

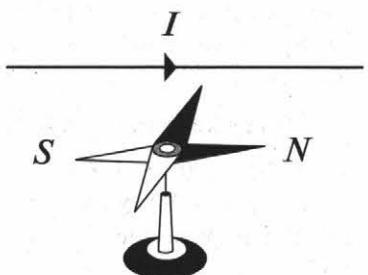
Магнитное действие удобно рассматривать, используя понятие **магнитного поля**:

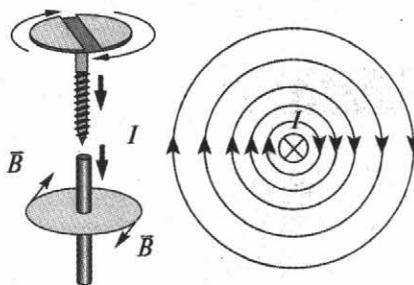
1) магнитное поле порождается током, то есть движущимися электрическими зарядами;

2) магнитное поле обнаруживается по действию на магнитную стрелку или на электрический ток (движущиеся электрические заряды).

Поле изображают с помощью линий магнитной индукции. Они обладают следующими свойствами:

1) магнитные линии (линии магнитной индукции) магнитного поля всегда замкнуты;

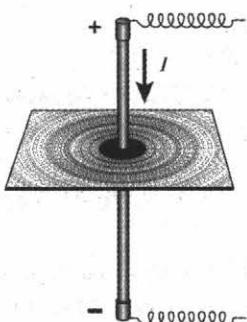




2) снаружи магнита магнитные линии выходят из северного полюса и входят в южный, внутри магнита они замыкаются, то есть идут от южного полюса к северному;

3) магнитные линии не пересекаются.

Направление магнитных линий определяется **правилом буравчика (правого винта)**: если поворачивать головку винта так, чтобы поступательное движение острия винта происходило вдоль тока в проводнике, то направление вращения головки указывает направление линий магнитной индукции поля прямого проводника с током:



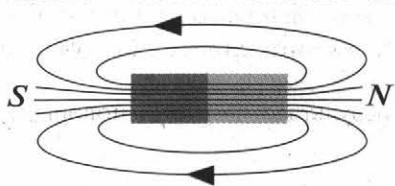
Расположение железных опилок  
вокруг прямого проводника с током

### 3.11. Магнитное поле постоянного магнита.

#### Взаимодействие постоянных магнитов

**Постоянные магниты** — это тела, длительное время сохраняющие намагниченность. Основное свойство магнитов — притягивать тела из железа или его сплавов (например, стали).

Постоянный магнит всегда имеет два магнитных полюса: северный (*N*) и южный (*S*). Полюс — область наиболее сильного магнитного поля постоянного магнита.

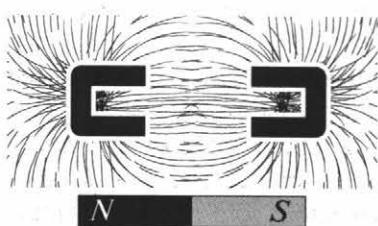


у природных, так и у искусственных магнитов. Магниты оказывают своё действие через стекло, кожу или воду.

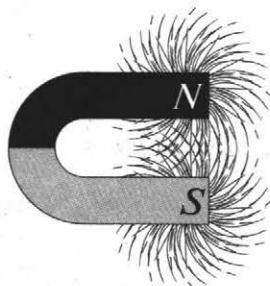
При взаимодействии магнитов одноимённые полюсы отталкиваются, а разноимённые полюсы притягиваются.



Представление о магнитном поле можно получить с помощью железных опилок.



Полосовой магнит



Дугообразный магнит

### 3.12. Опыт Ампера.

**Взаимодействие двух параллельных проводников с током.**

**Действие магнитного поля на проводник с током.**

**Направление и модуль силы Ампера**

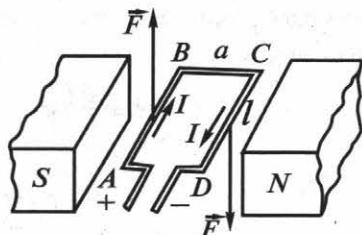
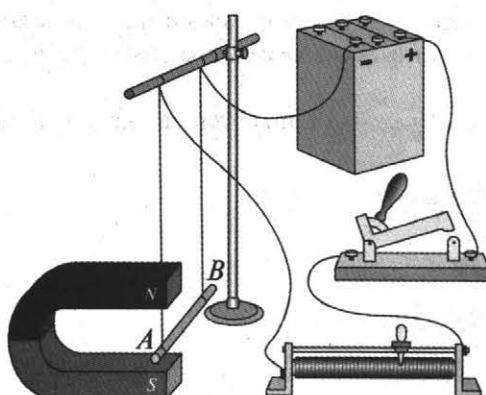
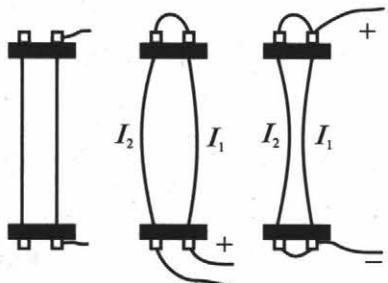
Если по параллельным проводникам текут электрические токи, то противоположно направленные токи отталкиваются, токи одного направления притягиваются (опыт Ампера).

Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле, называется **силой Ампера**. Эта сила прямо пропорциональна силе тока  $I$ , длине проводника  $\ell$  (части проводника, находящейся в магнитном поле) и величине магнитного поля (модулю вектора индукции магнитного поля  $B$ ), а также зависит от угла между вектором индукции магнитного поля и проводником:  $F_A = BI\ell \sin \alpha$ , где  $\alpha = \angle(\vec{B}; \vec{I})$ .

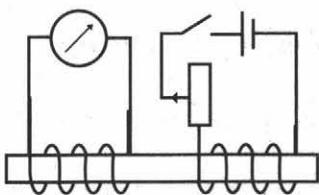
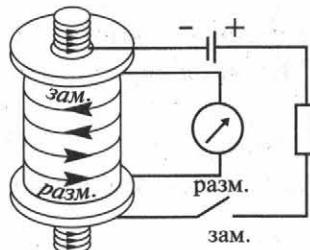
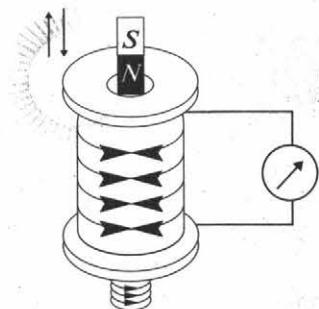
Максимальная сила Ампера действует, если ток направлен перпендикулярно магнитному полю:  $F_A = BI\ell$ .

**Направление силы Ампера (правило левой руки):** Если левую руку расположить так, чтобы вектор  $B$  входил в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены по направлению тока, то отогнутый на  $90^\circ$  большой палец покажет направление силы, действующей на проводник с током.

На рамку с током в магнитном поле действует пара сил, в результате чего она поворачивается (см. рисунок).



### 3.13. Электромагнитная индукция. Опыты Фарадея



В 1831 г. М. Фарадей обнаружил, что в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного поля возникает **индукционный ток**. (Индукция в данном случае — появление, возникновение.)

Индукционный ток в катушке возникает при:

- перемещении постоянного магнита относительно катушки;
- перемещении электромагнита относительно катушки;
- перемещении сердечника относительно электромагнита, вставленного в катушку;
- регулировании тока в цепи электромагнита;
- замыкании и размыкании цепи.

Явление возникновения электрического поля при изменении магнитного поля называется **электромагнитной индукцией**.

Если в изменяющееся поле поместить замкнутый проводящий контур, то появление тока в контуре свидетельствует о действии в контуре сторонних электрических сил (или о возникновении в контуре ЭДС индукции).

Явление возникновения электрического тока в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного поля, пронизывающего контур, является следствием электромагнитной индукции.

Основные области применения электромагнитной индукции: генерирование тока (индукционные генераторы на всех электростанциях, динамомашины), трансформаторы.

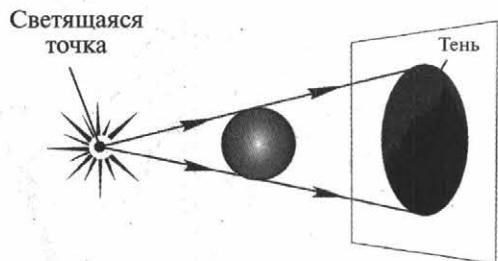
### 3.14. Переменный электрический ток.

#### Электромагнитные колебания и волны. Шкала электромагнитных волн

Тема «Переменный электрический ток» изучается в ознакомительном плане, поэтому задания по этой теме в КИМ ОГЭ отсутствуют. Задания по теме «Электромагнитные волны. Шкала электромагнитных волн» представлены весьма скучно и затрагивают преимущественно определения величин, описывающих волновые процессы, и связи между ними. В случае необходимости вы можете получить сведения в разделе 1.23.

### 3.15. Закон прямолинейного распространения света

**Геометрическая оптика** — раздел оптики, изучающий закономерности распространения света на основе представлений о нём как о совокупности световых лучей.



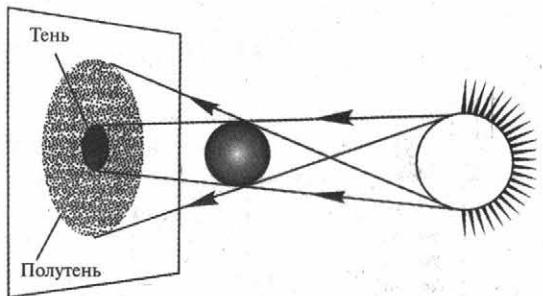
**Луч** — часть прямой, указывающая направление распространения света.

Свет в однородной среде распространяется прямолинейно.

За непрозрачным телом, освещённым **точечным источником света**, образуется **тень** (область пространства, в которую свет не попадает). Форма тени не всегда совпадает с формой тела. Исключение — тела сферической формы.

При освещении тела **протяжённым источником света** (или несколькими точечными источниками света) образуются тени и **полутени**.

Световые пучки распространяются независимо друг от друга.



### 3.16. Закон отражения света. Плоское зеркало

При падении света на границу раздела двух сред часть падающего светового потока, изменив направление своего распространения, остаётся в той же среде. Это явление называется **отражением света**.

Другая часть светового потока, изменив направление своего распространения, обычно проходит через границу раздела во вторую среду. Это явление называется **преломлением света**.

Угол между падающим лучом и перпендикуляром, восстановленным в точку падения луча, называется **углом падения ( $\alpha$ )**.

Угол между перпендикуляром, восстановленным в точку падения луча, и отражённым лучом называется **углом отражения ( $\gamma$ )**.

Угол между перпендикуляром, восстановленным в точку падения луча, и преломлённым лучом называется **углом преломления ( $\beta$ )**.

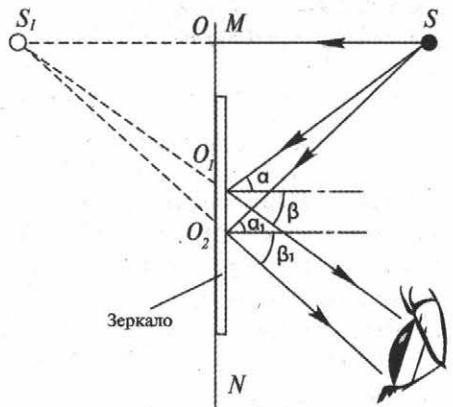
#### Законы отражения света

1. Луч падающий, луч отражённый и перпендикуляр, восстановленный в точку падения, лежат в одной плоскости.

2. Угол отражения луча равен углу падения:  $\gamma = \alpha$ .

Изображение светящейся точки предмета образуется там, где пересекаются не менее двух лучей или продолжений лучей, исходящих из этой точки.

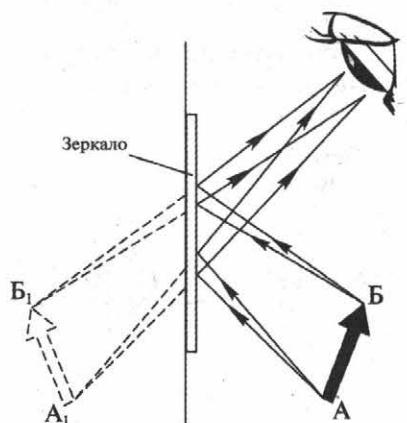
Если пересекаются сами лучи, то получается **действительное изображение**, а если продолжения лучей — **минимое**.



#### Изображение в плоском зеркале

Из множества лучей, падающих из точки  $S$  на зеркало  $MN$ , выделим три произвольных луча:  $SO$ ,  $SO_1$ ,  $SO_2$ . Каждый луч отразится от зеркала под таким же углом, под каким падает на зеркало. Если продолжить отражённые лучи за зеркало  $MN$ , то они сойдутся в точке  $S_1$ . Глаз воспринимает их как бы исходящими из точки  $S_1$ . Таким образом, точка  $S_1$  является изображением точки  $S$  в зеркале.

Изображение любого предмета в плоском зеркале **минимое**, равно по размерам самому предмету и расположено относительно зеркала симметрично предмету.



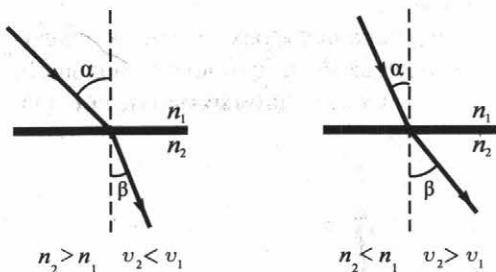
### 3.17. Преломление света

 **Законы преломления света:**

1) луч падающий, луч преломлённый и перпендикуляр, восставленный в точку падения, лежат в одной плоскости;

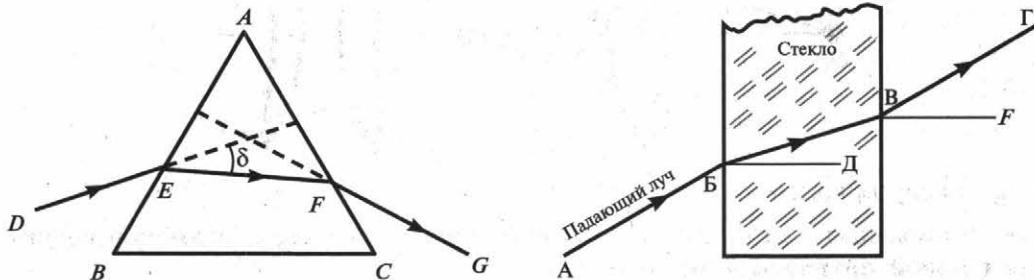
2) отношение синуса угла падения к синусу угла преломления для двух данных сред есть величина постоянная; эту величину называют относительным показателем преломления  $n_{21}$  второй среды относительно первой:  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$ .

Если свет переходит из среды оптически менее плотной в среду оптически более плотную ( $n_1 < n_2$ ), то угол преломления меньше угла падения, и наоборот.



Свойство среды уменьшать скорость проходящего через неё света по сравнению с его скоростью в вакууме называется **оптической плотностью среды**. Чем больше оптическая плотность среды, тем больше у неё абсолютный показатель преломления.

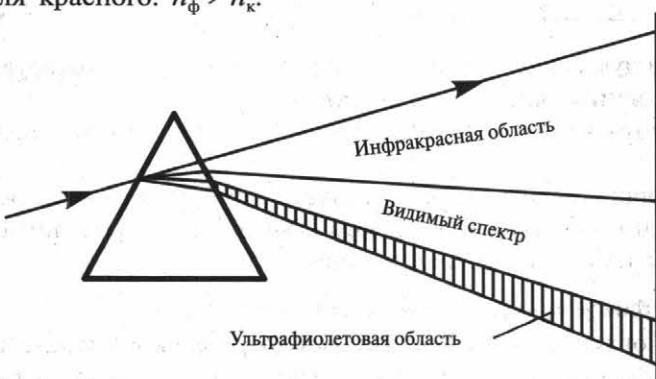
В призме или плоскопараллельной пластине преломление происходит на каждой грани в соответствии с законом преломления света.



**Внимание!** Ход луча в призме зависит и от показателя преломления, и от преломляющего угла — угла при вершине призмы.

### 3.18. Дисперсия света

Зависимость показателя преломления света от частоты (цвета) света называется **дисперсией**. Вследствие дисперсии при прохождении через стеклянную призму пучков монохроматического света разной частоты под одним и тем же углом падения фиолетовый луч преломляется больше, чем красный. Следовательно, показатель преломления для фиолетового света больше, чем для красного:  $n_\Phi > n_\kappa$ .



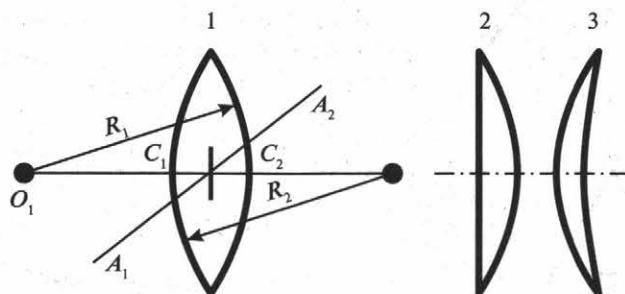
Так как частота фиолетового света больше частоты красного ( $v_\phi > v_k$ ), и показатель преломления больше ( $n_\phi > n_k$ ), то для одной и той же среды скорость распространения в ней фиолетового света меньше скорости распространения красного ( $v_\phi < v_k$ ). В одном и том же веществе скорости света для разных частот различны.

Вследствие дисперсии при прохождении белого света через призму наблюдается его разложение в спектр.

### 3.19. Линза. Фокусное расстояние линзы

Прозрачное для света тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями (одна из которых может быть плоской), называется **оптической линзой**.

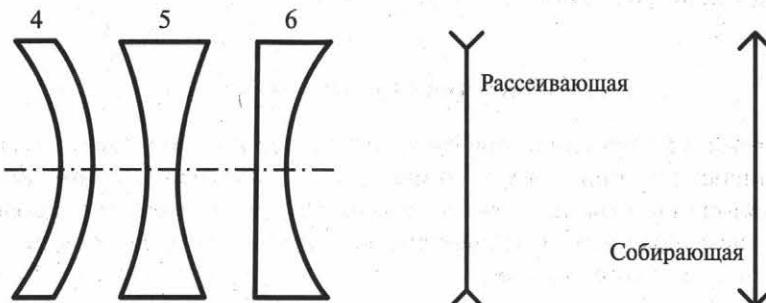
**Собирающие линзы** — это линзы, преобразующие пучок параллельных лучей в сходящийся. Выпуклые линзы, изготовленные из вещества с оптической плотностью большей, чем у среды, в которой находится линза, являются собирающими: **двоековыпуклая** (1); **плоско-выпуклая** (2); **выпукло-вогнутая** (3).



$R_1$  и  $R_2$  — радиусы кривизны поверхностей.

Прямая, проходящая через центры сферических поверхностей, ограничивающих линзу, называется **главной оптической осью** ( $O_1O_2$ ).

**Рассеивающие линзы** — это линзы, преобразующие пучок параллельных лучей в расходящийся: **вогнуто-выпуклая** (4), **двоековогнутая** (5), **плоско-вогнутая** (6).



Точку в линзе, лежащую на главной оптической оси, через которую свет проходит, не преломляясь, называют **оптическим центром линзы**.

Любую прямую, проходящую через оптический центр линзы, называют **оптической осью**.

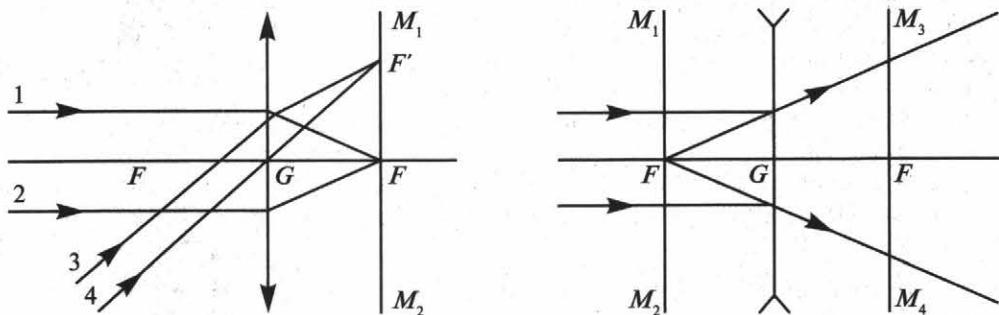
Линзу, толщина которой много меньше радиусов кривизны поверхности линзы и расстояния  $d$  от предмета до линзы, называют **тонкой линзой**. В тонкой линзе можно пренебречь смещением луча при его прохождении внутри линзы.

#### Главные фокусы и фокусное расстояние линзы

Точка  $F$  на главной оптической оси, в которой пересекаются после преломления лучи 1 и 2, падающие на линзу параллельно этой оптической оси, называется **главным фокусом**.

Плоскость, перпендикулярная главной оптической оси линзы и проходящая через её главный фокус, называется **фокальной плоскостью** ( $M_1M_2$ ).

**Побочный фокус  $F'$**  – это точка на фокальной плоскости, в которой собираются лучи 3 и 4, падающие на линзу параллельно побочной оптической оси ( $OF'$ ).



Расстояние между линзой и главным фокусом ( $OF$ ) называется **фокусным расстоянием**  $F$ . Для собирающей линзы  $F > 0$ , для рассеивающей –  $F < 0$ .

Величину, обратную фокусному расстоянию линзы, называют **оптической силой линзы**  $D$ :  $D = \frac{1}{F}$ .

Единица измерения оптической силы линзы в СИ – диоптрия:  $1 \text{ дптр} = 1 \text{ м}^{-1}$ .

Оптическая сила собирающей линзы положительна, а рассеивающей – отрицательна.

Расстояние от линзы до предмета  $D$ , расстояние от линзы до изображения предмета  $f$  и оптическая сила связаны между собой **формулой тонкой линзы**:  $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ .

**Линейное увеличение**  $\Gamma$  характеризует отношение высоты изображения  $H$  к высоте предмета  $h$ :  $\Gamma = \frac{H}{h} = \left| \frac{f}{d} \right|$ .

Используя подобие треугольников, можно показать, что линейное увеличение равно модулю отношения расстояния от линзы до изображения к расстоянию от линзы до предмета.

#### Правила построения изображений в тонкой линзе

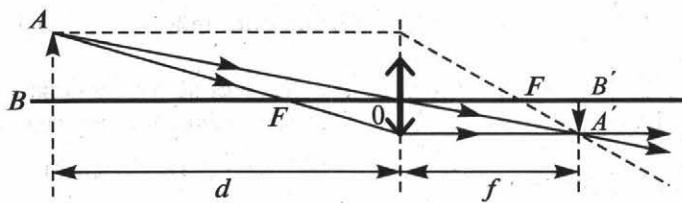
1. Изображение точки получается в месте пересечения не менее чем двух лучей (продолжений не менее двух лучей).

2. Наиболее удобны три луча, построение которых оказывается наиболее простым:

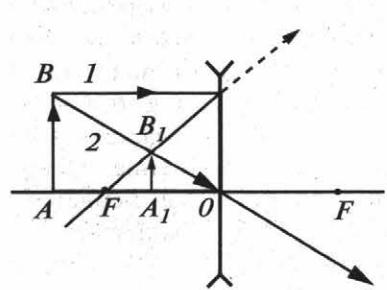
— луч, идущий через оптический центр линзы без преломления;

— луч, параллельный главной оптической оси, проходящий после преломления через главный фокус линзы (в случае собирающей линзы); продолжение которого проходит через главный фокус линзы (в случае рассеивающей линзы);

— луч, проходящий через фокус линзы, после преломления идущий параллельно главной оптической оси.



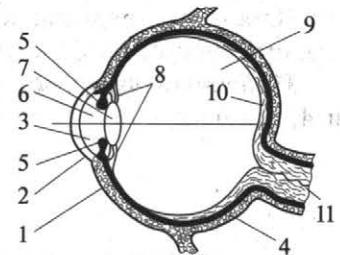
В случае если предмет находится на главной оптической оси, можно выбирать произвольные лучи и использовать при построении побочные оптические оси, параллельные этим лучам.



### 3.20. Глаз как оптическая система. Оптические приборы

**Глаз** — это система линз. Диаметр глаза  $\approx 23$  мм. Через глаз мы получаем до 90% информации.

Состоит из склеры — 1 (защитная оболочка из эластичной ткани), роговицы — 2, камеры — 3 (полость, заполненная прозрачной жидкостью), сосудистой оболочки — 4, радужной оболочки — 5, зрачка — 6 ( $d$  от 2 до 8 мм), хрусталика — 7 ( $n = 1,44$ ), мышц, изменяющих оптические свойства глаза, — 8, прозрачной студенистой массы (стекловидное тело) — 9, сетчатки (глазное дно) — 10 (7 млн колбочек, 130 млн палочек, которые реагируют на свет разной частоты неодинаково), разветвлений зрительного нерва — 11.



#### Основные свойства и оптические характеристики глаза

**Аккомодация** — свойство глаза, обеспечивающее чёткое восприятие разноудалённых предметов. Изменяется главный фокус глаза от 16 до 13 мм. Оптическая сила глаза от 60 до 75 дптр.

**Предельный угол зрения** ( $\varphi = 1'$ ): с приближением предмета увеличивается угол зрения, под которым мы видим две близкие точки предмета.

**Адаптация** — приспособляемость к различным условиям освещённости: диаметр зрачка меняется от 2 до 8 мм.

**Поле зрения:** по оси  $0x$   $150^\circ$ , по оси  $0y$   $125^\circ$ . Спектральная чувствительность от 380 до 760 нм. Самая большая чувствительность 555 нм (зелёный цвет).

**Острота зрения** — свойство глаза раздельно различать две близкие точки.

**Расстояние наилучшего зрения:**  $d_0 = 25$  см. Удалённые предметы глаз видят без напряжения.

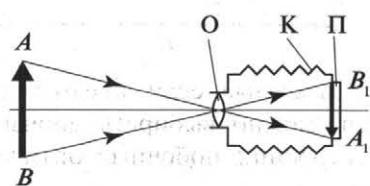
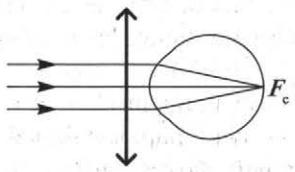
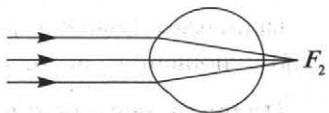
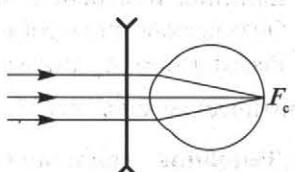
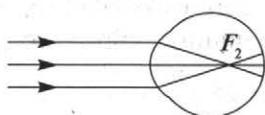
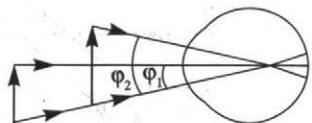
**Дальнозоркость** — дефект зрения, состоящий в том, что изображение предмета в ненапряжённом состоянии глаза получается за сетчаткой. При рассматривании близких предметов предел аккомодации исчерпывается при расстояниях больше 25 см. Исправляется ношением очков с собирающими линзами.

**Близорукость** — дефект зрения, при котором глаз в ненапряжённом состоянии создаёт изображение удалённого предмета не на сетчатке, а перед ней, то есть не может видеть удалённые предметы. Исправляется ношением очков с рассеивающими линзами.

**Лупой** называется короткофокусная двояковыпуклая линза. Используя лупу, можно увеличить угол зрения, под которым глаз рассматривает предмет.

**Фотоаппаратом** называется прибор, предназначенный для получения действительного уменьшенного изображения предмета на светочувствительной пленке.

Основные части фотоаппарата: К — светонепроницаемая камера, О — объектив (может перемещаться относительно пленки), П — пленка или светочувствительная пластина (матрица), АВ — предмет, В<sub>1</sub>А<sub>1</sub> — изображение. Как и в глазу, в фотоаппарате получается действительное перевёрнутое уменьшенное изображение. Основное отличие заключается в том, что у хрусталика меняется фокусное расстояние (аккомодация), а у фотоаппарата меняется расстояние от линзы до изображения.



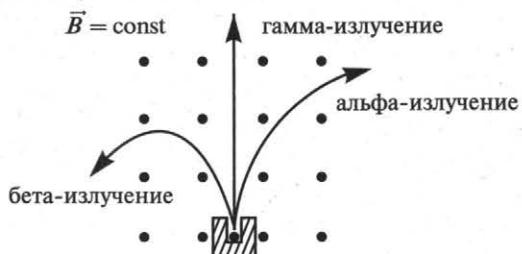
## 4. КВАНТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

### 4.1. Радиоактивность. Альфа-, бета- и гамма-излучения. Реакции альфа- и бета-распада

Явление самопроизвольного превращения неустойчивых ядер в устойчивые, сопровождающееся испусканием частиц и выделением энергии, называется естественной радиоактивностью.

Все химические элементы, начиная с порядкового номера 83, являются радиоактивными.

Существует три вида радиоактивного распада: альфа-, бета- и гамма-излучения.



**Альфа-распад.** Превращение атомных ядер, сопровождаемое испусканием альфа-частиц (ядер гелия  ${}^4_2\text{He}$ ).

Если  ${}_Z^A\text{X}$  — материнское ядро, то превращение этого ядра при альфа-распаде происходит по следующей схеме (правило смещения):  ${}_Z^A\text{X} \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}\text{Y} + {}^4_2\text{He}$ , где  ${}_{Z-2}^{A-4}\text{Y}$  — символ дочернего ядра;  ${}^4_2\text{He}$  — ядро атома гелия.

При альфа-распаде происходит смещение химического элемента на две клетки влево в таблице Менделеева.

**Бета-распад.** Радиоактивные ядра могут выбрасывать поток электронов, которые рождаются, согласно гипотезе Ферми, в результате превращения нейтронов в протоны. В соответствии с правилом смещения массовое число ядра не изменяется:  ${}_Z^A\text{X} \rightarrow {}_{Z+1}^{A-1}\text{Y} + {}^{-1}_0e + \gamma + \tilde{\nu}$ .

При бета-распаде химический элемент перемещается на одну клетку вправо в периодической системе Менделеева и, кроме электронов, испускается антинейтрино.

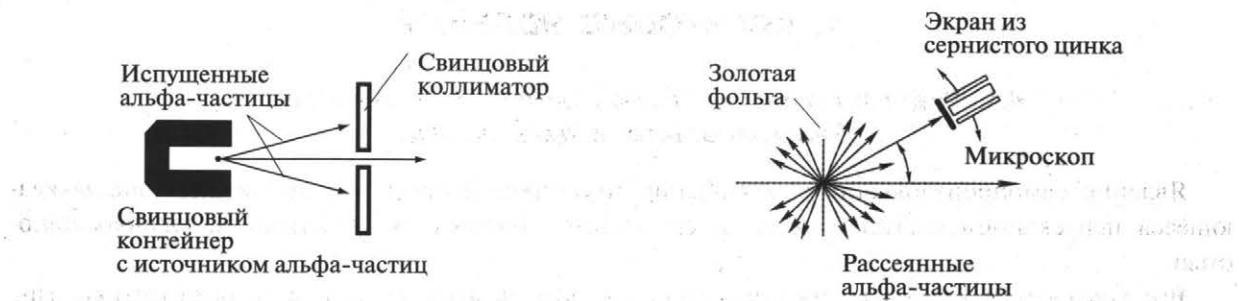
**Гамма-излучение.** Возникает при ядерных превращениях и представляет собой электромагнитное излучение. Имеет высокую энергию.

Э. Резерфорд установил, что воздух сильнее всего ионизуют альфа-лучи, в меньшей степени — бета-лучи и совсем плохо — гамма-лучи. Поэтому проникающая способность оказалась самая малая у альфа-лучей (лист бумаги, несколько сантиметров слоя воздуха), а бета-лучи проходят сквозь алюминиевую пластины толщиной в несколько миллиметров. Очень велика проникающая способность у гамма-лучей (например, для алюминия — пластины толщиной в десятки сантиметров).

### 4.2. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Планетарная модель атома

Идея опытов Э. Резерфорда заключалась в пропускании через тонкие слои различных металлов (фольги) пучков альфа-частиц. В результате опытов было обнаружено, что:

- большинство альфа-частиц проходит через фольгу, не отклоняясь;
- с увеличением угла рассеяния число рассеивающихся альфа-частиц резко уменьшается;
- отдельные альфа-частицы рассеиваются на очень большие углы (порядка  $180^\circ$ ).



По результатам опытов Резерфорд предложил **планетарную модель строения атома**:

- 1) атом имеет ядро, размеры которого малы по сравнению с размерами самого атома ( $\sim 10^{-15}$  м);
- 2) в ядре сконцентрирована почти вся масса атома;
- 3) отрицательный заряд всех электронов компенсирует положительный заряд ядра;
- 4) электроны врачаются вокруг ядра по круговым орбитам.

### 4.3. Состав атомного ядра. Изотопы

Ядро атома состоит из положительно заряженных **протонов** и не имеющих заряда **нейтронов**. Протоны и нейтроны называются **нуклонами**. Число нуклонов в ядре называется **массовым числом**.

Заряд ядра кратен элементарному электрическому заряду  $Q=Ze$ . Число  $Z$  называется **зарядовым числом**, оно совпадает с номером элемента в периодической системе элементов Менделеева. Число нейтронов  $N$  равно разности массового и зарядового чисел:  $N=A-Z$ .

Ядро химического элемента обозначается как  ${}_Z^AX$ , где  $X$  — символ химического элемента.

Например,  ${}_1^1H = {}_1^1p$  — протон;  ${}_0^1n$  — нейtron;  ${}_{-1}^0e$  — электрон;  ${}_2^4He$  — альфа-частица.

Ядра с одинаковым числом протонов, но различным числом нейтронов являются ядрами одного и того же химического элемента и называются **изотопами**. Изотопы имеют одинаковые химические свойства, что обусловлено одинаковым электрическим зарядом ядра, но разные физические свойства.

### 4.4. Ядерные реакции. Ядерный реактор.

#### Термоядерный синтез

Силы притяжения, связывающие протоны и нейтроны в ядре, называются **ядерными силами**.

##### Свойства ядерных сил:

- 1) зарядовая независимость — ядерное (сильное) взаимодействие между двумя протонами, двумя нейтронами или между протоном и нейтроном одинаково;
- 2) короткодействующий характер — ядерные силы быстро убывают с расстоянием; радиус их действия порядка  $10^{-15}$  м;
- 3) насыщаемость — ядерные силы могут удерживать друг возле друга в ядре ограниченное количество нуклонов; с ростом числа нуклонов ядра становятся менее стабильными.

Энергия, которая необходима для полного расщепления ядра на отдельные нуклоны, называется **энергией связи**.

Измерения показали, что масса покоя ядра  $M$  всегда меньше суммы масс покоя нуклонов (протонов и нейтронов), входящих в состав, на величину  $\Delta m$ , называемую **дефектом массы**:  $\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M$ .

Энергия связи атомного ядра  $E_{\text{св}}$  равна произведению дефекта масс на квадрат скорости света:  $E_{\text{св}} = \Delta m c^2$ .

Массу ядер удобно выражать в атомных единицах массы: 1 а. е. м. =  $1,67 \cdot 10^{-27}$  кг.

**Ядерными реакциями** называются превращения атомных ядер, вызванные их взаимодействиями с различными частицами или друг с другом.

При записи ядерных реакций используются **законы сохранения заряда и массового числа** (числа нуклонов).

## Раздел II

# ТИПЫ ЗАДАНИЙ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ

### ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

**Задание 1.** В этом задании проверяется владение основным понятийным аппаратом школьного курса физики. В задании приведены два списка: первый содержит, как правило, три понятия (они обозначены буквами А, Б, В), во втором — пять позиций, обозначенных цифрами от 1 до 5. Ответом на это задание является код из трёх цифр, являющихся номерами позиций во втором списке.

Как показывает статистика, значительная часть выпускников получает за выполнение этого задания 1 или 2 балла. Поэтому при подготовке к экзамену может возникать желание пропустить такие лёгкие задания. Это ошибочный шаг! Напротив, начинать подготовку к экзамену нужно именно с них, ведь выполнение остальных, более сложных заданий напрямую зависит от того, насколько уверенно вы ориентируетесь в понятийном аппарате физики.

**Важно помнить о порядке записи цифр в коде ответа:** сначала записывается цифра ответа, соответствующего понятию А, затем — понятию Б и наконец — понятию В из первого списка.

Если задание выполнено полностью правильно, вы получите 2 балла. В случае если записан хотя бы один правильный ответ — верно установлено одно соответствие, — 1 балл.

**К сведению:** на листе вашего экзаменационного задания вы можете делать любые пометки, дополнительные записи, изображать рисунки или выбирать точки на графике. Главное, не залезать на табличку «Ответ», так как в ней нужно будет аккуратно вписать номер правильного ответа, код ответа или полученное числовое значение. После выполнения работы сведения из этих табличек нужно будет перенести в соответствующий бланк ответов.

Рассмотрим наиболее распространённые примеры **заданий на установление соответствие**. Обратите внимание, что каждое задание сопровождается табличкой, в которую вам предлагается самостоятельно вписать числовой код после ознакомления с комментарием, который приводится справа от текста задания.

## Продолжение таблицы

**Пример 1.** Для каждого физического понятия из первого столбца подберите соответствующий пример из второго столбца. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ	ПРИМЕРЫ
A) физическая величина	1) секунда
Б) единица физической величины	2) манометр
В) прибор для измерения физической величины	3) испарение 4) взаимодействие 5) плотность

Ответ: 

A	Б	В

Скорее всего, задание не вызовёт затруднений. Полезно сперва прочитать столбец «Примеры» и провести предварительную классификацию. Часто такой приём позволяет отбросить заведомо неверные позиции.

**На заметку:** явление — это то, что происходит (процесс) с каким-то объектом. Главный признак любого явления: оно происходит во времени. В русском языке названия явления обычно имеет окончание «-ия», «-ие», например: движение, плавление, инерция, нагревание, отражение, падение, конденсация и т. п. Поэтому из столбца «Примеры» можно вычеркнуть «испарение» и «взаимодействие». Это — физические явления.

**На заметку:** название многих (но не всех!) физических приборов — сложные слова, второй основой в них является слово «метр», например: термометр, динамометр, амперметр, интерферометр и т. п.

**Пример 2.** Для каждого физического понятия из первого столбца подберите соответствующий пример из второго столбца. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ	ПРИМЕРЫ
A) физическая величина	1) дифракционная решётка
Б) физическое явление	2) световой луч на границе воздух-стекло меняет направление своего распространения
В) физический закон (закономерность)	3) для луча, отражённого на границе двух сред, угол отражения равен углу падения 4) длина световой волны 5) солнечный спектр

Ответ: 

A	Б	В

В этом задании используется иной список физических понятий, а примеры представляют собой словосочетания или даже целые предложения. Очевидно, что название физической величины А чаще всего представлено одним словом или словосочетанием из двух-трёх слов. Поэтому предложения 2 и 3 следует в этом случае исключить из рассмотрения. Остаются примеры 1, 4 и 5. Если вы забыли (волнуется, сразу не можете припомнить), воспользуйтесь таким приёмом: посмотрите, нет ли в словосочетании названия привычной вам физической величины. В нашем случае это длина (световой волны). Напомним, что решётка (дифракционная) — это объект, спектр (солнечный) — это тоже объект, то есть к величине (её можно измерить) не относятся.

Осталось установить соответствие для позиций Б и В. На выбор остались утверждения 2 и 3. Проведём их сравнение. В обоих случаях речь идёт о поведении светового луча на границе раздела двух сред. Но в случае 2 констатируется только факт изменения направления распространения светового луча, то есть наличие явления. Явление — это изменение чего-либо (что происходит?). В случае 3 тоже рассмат-

**Пример 3.** Установите соответствие между физическими понятиями и их определениями: к каждому элементу первого столбца подберите соответствующий элемент из второго столбца. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ	ОПРЕДЕЛЕНИЯ
A) радиоволны	1) заряд, проходящий через поперечное сечение проводника за единицу времени
Б) электрический ток	2) процесс распространения механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде
В) электромагнитное поле	3) длинноволновая часть спектра электромагнитного излучения 4) вид материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами 5) упорядоченное (направленное) движение заряженных частиц

Ответ:

A	Б	В

**Пример 4.** Установите соответствие между физическими величинами и приборами, с помощью которых эти величины измеряются. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

риваются явления (падение луча на поверхность и отражение луча от неё), но констатируется закономерность (связь угла отражения и угла падения) и факт равенства этих углов (закон).

В данном задании проверяется знание и понимание определений тех или иных физических понятий. Строго говоря, в правом столбце приведены не сами определения, а их фрагменты. Эти фрагменты являются продолжением высказывания «Радиоволны — это...» или началом высказывания «... называется радиоволнами», поэтому можно сделать попытку сконструировать и мысленно проговорить полное определение. Возможно, что при этом возникнут ассоциации, которые помогут сделать правильный выбор.

Но более эффективным будет анализ сведений, приведённых в левом столбце. Например, сразу можно отнести понятия к разделу «Электромагнитные явления». Тогда можно исключить определение 2 — оно относится к механическим явлениям.

В названии физического понятия В имеется слово «поле», оно часто употребляется в связке с понятием «вещество». Это — два вида материи. Такая ассоциация позволит установить соответствие с определением 4.

Возможно, вы смутно припоминаете, что электрический ток связан с движением зарядов (электронов), тогда выбор придётся делать между утверждениями 1 и 5. По сути это выбор между тем, является электрический ток физической величиной (заряд в единицу времени) или явлением. Это нужно знать. Оставшееся утверждение 3 является определением радиоволн.

**На заметку:** Часто при выполнении заданий с выбором ответа полезно воспользоваться способом отбрасывания заведомо неверных утверждений. Если вы уверены, что данное утверждение неверное, то его сразу надо вычеркнуть, чтобы ваше внимание не рассеивалось. Например, в этом случае можно сразу вычеркнуть из списка приборов секундомер (измеряет время) и весы (измеряют массу). Теперь остаётся

## Продолжение таблицы

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ПРИБОРЫ
А) сила	1) динамометр
Б) температура	2) весы
В) объём жидкости	3) секундомер
	4) термометр
	5) мензурка

Ответ: 

A	B	V

вспомнить: «термо» — тепло — температура; «динамис» — сила; мензурка — мерный цилиндр — объём жидкости.

**Пример 5.** Установите соответствие между физическими величинами и единицами этих величин. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ЕДИНИЦЫ (СИ)
А) сила	1) ньютон (1 Н)
Б) момент силы	2) джоуль (1 Дж)
В) работа силы	3) ньютон-метр (1 Н · м)
	4) метр (1 м)
	5) килограмм (1 кг)

Ответ: 

A	B	V

Если вы помните, что сила измеряется в ньютонах, то самый простой способ — это рядом с величинами Б и В в левом столбике написать её формулу-определение. Это будет выглядеть так:

- А) сила  $F = 1 \text{ Н};$
- Б) момент силы  $M = Fd;$
- В) работа силы  $A = Fs.$

Теперь замените в правых частях формулы символ величины на её единицу:

- Б) момент силы  $M = Fd = \text{Н} \cdot \text{м};$
- В) работа силы  $A = Fs = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$  (это общепринятое название для единицы работы, количества теплоты и энергии).

**Пример 6.** Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым эти величины определяются. К каждой физической величине из левого столбца подберите формулу из правого столбца. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

**На заметку:** формула — это комбинация математических знаков, выражающая какое-либо предложение. В физике формула, как правило, выражает связь между величинами, входящими в неё. Записанные в столбике «Формулы» выражения, возможно, не похожи на привычные для вас формулы.

**Первый способ выполнения задания:** чтобы установить соответствие между двумя множествами, поставьте в первом столбике стандартные обозначения перечисленных физических величин, например: длина звуковой волны —  $\lambda.$  Представьте себе, что выражения в правом столбике имеют следующий вид:  $? = v\lambda$  и т. д.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
A) длина звуковой волны	1) $v\lambda$
Б) период колебаний частиц среды в волне	2) $\lambda/v$
В) частота колебаний частиц среды в волне	3) $v/v$ 4) $v/\lambda$ 5) $vv$

Ответ:

A	Б	В

Мысленно подставьте вместо знака вопроса букву  $\lambda$ :  $\lambda = v\lambda$  — неверно! Тогда можно отбросить 1, 2 и 4 выражения и делать выбор из выражений 3 и 5. Для этого можно воспользоваться формулой-определением длины волны:  $\lambda = vT = v/(1/v) = v/v$ .

**Второй способ выполнения задания:** поставьте в левом столбике рядом с названием физической величины её наименование, например: «длина звуковой волны — м (метр)». Теперь подставляйте в выражения в правом столбике вместо символов величин их наименование, например:  $v\lambda = (m/c) m = m^2/c$ ;  $\lambda/v = m/(m/c) = c$  и т. д. Тогда соответствие будет легко установить, ориентируясь на наименование величин.

**Какой способ выбрать?** Если вы дружите с математикой и не допускаете ошибок в простейших преобразованиях, то второй способ позволит вам сэкономить время. Если вы понимаете смысл физических величин или наверняка помните формулы, то можно воспользоваться первым способом. В любом случае вы можете провести хронометраж при выполнении аналогичных заданий, приобрести опыт и сделать окончательный выбор. Кстати, если вдруг возникнут сомнения в правильности вашего решения, его всегда можно проверить другим способом.

**Пример 7.** Установите соответствие между физическими величинами и соотношениями, по которым эти величины определяются. К каждому элементу первого столбца подберите соответствующий элемент из второго столбца. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Для выполнения этого задания нужно воспользоваться советами, которые приведены для предыдущего задания. Мы приводим его только потому, что в данном случае (впрочем, довольно редком) двум позициям из левого столбца соответствует одно и то же соотношение. Значит, в коде ответа могут повторяться цифры. Как правило, такие случаи сопровождаются фразой «Цифры в ответе могут повторяться». Если такой фразы нет, то её следует иметь в виду.

Действительно, количество теплоты, необходимое для нагревания твёрдого тела, и количество теплоты, выделяющееся при его охлаждении, рассчитываются по одной и той же формуле:  $Q = cm(t_2 - t_1)$ . Возможно, что при обучении вас учили записывать эту формулу по-разному для ситуаций

## Продолжение таблицы

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	СООТНОШЕНИЯ
A) количество теплоты, необходимое для нагревания твёрдого тела	1) $Qm(t_2 - t_1)$
B) количество теплоты, необходимое для плавления тела при температуре плавления	2) $Qm$ 3) $m(t_2 - t_1)$ 4) $\lambda m$
B) количество теплоты, выделяющееся при охлаждении твёрдого тела	5) $cm(t_2 - t_1)$

Ответ: 

A	Б	В

**Пример 8.** Два проводника, имеющие одинаковые сопротивления  $R_1 = R_2 = r$ , включены последовательно. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым рассчитываются соответствующие величины при последовательном соединении проводников.  $I_1$  и  $I_2$  — силы тока,  $U_1$  и  $U_2$  — напряжения на этих сопротивлениях. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
A) напряжение на участке цепи	1) $U_1 = U_2$
Б) сила тока в цепи	2) $I_1 = I_2$
В) общее сопротивление участка цепи	3) $U = U_1 + U_2$ 4) $R = r/2$ 5) $R = 2r$

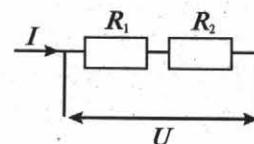
Ответ: 

A	Б	В

нагревания тела и его охлаждения, так чтобы в скобках стояла положительная величина: «из большего вычитаем меньшее». Это неправильно, так как в таком случае мы теряем важную часть информации: в случае нагревания требуется передавать телу теплоту извне ( $Q > 0$ ), при охлаждении тело отдаёт тепло вовне ( $Q < 0$ ). Этот знак («больше» или «меньше» нуля) следует из формулы, в которую входит в качестве одного из сомножителей «изменение температуры» ( $t_2 - t_1$ ) тела в конкретном процессе.

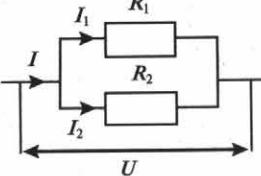
В отличие от предыдущего задания, формулы записаны в привычном для вас виде, потому что они относятся к конкретной ситуации — распределение тока и напряжения в участке электрической цепи. Обратите внимание: все формулы, приведённые в списке, правильные, то есть описывают **возможные ситуации**. Однако не все они, а только три из них правильно отражают **конкретную ситуацию**, описанную в тексте задания.

В таких случаях, чтобы подстраховаться или визуализировать (сделать наглядной) описанную конкретную ситуацию, полезно изобразить участок электрической цепи и подписать на рисунке элементы этого участка. Например, это может выглядеть так:



Выполнение рисунка не займёт много времени, но существенно уменьшит вероятность досадной ошибки.

**Пример 9.** Два проводника, имеющие одинаковые сопротивления  $R_1 = R_2 = r$ , соединены параллельно. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым рассчитываются соответствующие величины при параллельном соединении.  $I_1$  и  $I_2$  — силы тока,  $U_1$  и  $U_2$  — напряжения на этих сопротивлениях. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
A) сила тока в цепи	1) $I = I_1 + I_2$
Б) напряжение на участке цепи	2) $U_1 = U_2$
В) общее сопротивление участка цепи	3) $U = U_1 + U_2$ 4) $R = r/2$ 5) $R = 2r$

Ответ:

A	Б	В

**Пример 10.** Резисторы  $R_1$  и  $R_2$  соединены последовательно в электрической цепи. Установите соответствие между измеряемыми физическими величинами и правильной схемой включения приборов для измерения этих величин: к каждому элементу первого столбца подберите соответствующий элемент из второго столбца. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

- А) сила тока в цепи
- Б) напряжение на участке цепи
- В) сопротивление участка цепи
- Г) сопротивление всей цепи

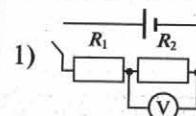
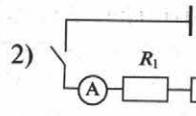
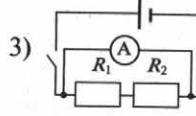
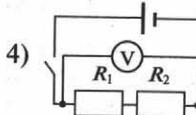
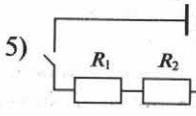
**На заметку:** в этом задании схема участка цепи дополняет текст задания, упрощает его выполнение и позволяет сократить время его выполнения.

При выполнении этого задания важно знать правила подключения электроизмерительных приборов в электрической цепи. Прежде всего обратите внимание на соединение резисторов в представленных схемах: во всех них резисторы соединены последовательно, как это и отмечено в тексте задания. Теперь проверьте правильность подключения приборов. Амперметр включён правильно, если он подключен последовательно с тем(-и) резистором(-ами), в которых предполагается измерить силу тока. Сразу вычеркнем схему 3 как неправильную.

Вольтметр подключают параллельно резистору(-рам), на котором измеряют напряжение. Значит, можно зачеркнуть как ошибочную схему 5.

Теперь внимательно и по очереди читаем словосочетания в левом столбце: А) сила тока в резисторе  $R_2$ . У нас осталась

## Продолжение таблицы

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	СХЕМЫ
А) сила тока в резисторе $R_2$ Б) напряжение на резисторе $R_2$ В) общее напряжение на резисторах $R_1$ и $R_2$	    

Ответ:

A	Б	В

**Пример 11.** Для каждого примера из первого столбца подберите соответствующее физическое явление из второго столбца. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

только одна схема с амперметром, но проверим её дополнительно — в ней амперметр измеряет силу тока как в первом, так и во втором резисторах (по правилам последовательного соединения резисторов). Верно.

Чтобы установить соответствие для случая Б, найдём схему, в которой вольтметр подключён своими концами (клеммами) к концам (клеммам) резистора  $R_2$ . Это схема 1.

В оставшейся схеме с правильным включением вольтметра проверим, на каком резисторе или участке цепи, содержащем несколько резисторов, измеряется напряжение. В нашем случае это напряжение на участке цепи, содержащем оба последовательно соединённых резистора  $R_1$  и  $R_2$ , то есть общее напряжение на этих резисторах.

Обратите внимание: позиции А и Б из списка в левом столбце относятся к световым явлениям (изображение, видимое изменение), а позиция В — к звуковым. Следовательно, для позиций А и Б остаются для выбора 1, 2 и 3 физические явления.

Для установления соответствия позиций для варианта А в этом случае удобно мысленно перефразировать: «изображение стоящих на берегу деревьев в „зеркале“ воды» — ассоциация «зеркальное отражение» — «деревья на берегу (отражаются) в зеркале воды».

ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ	ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ
A) изображение стоящих на берегу деревьев в «зеркале» воды	1) отражение света
Б) видимое изменение положения камня на дне озера	2) преломление света
В) эхо в горах	3) дисперсия света 4) отражение звуковых волн 5) преломление звуковых волн

Ответ:

A	Б	В

Для установления соответствия Б воспользуйтесь ассоциацией «дисперсия — спектр — все цвета радуги» и припомните, переливается ли всеми цветами радуги камень на дне озера. С эхом тоже не сложно: ваш крик должен вернуться к вам же, то есть назад, в обратном направлении, значит, отразиться.

В заключение приведём примеры заданий на установление соответствия, требующих для выполнения точного знания назначения и (или) принципа действия соответствующих технических устройств и исторических сведений.

**Пример 12.** Установите соответствие между техническими устройствами и физическими явлениями, лежащими в основе их работы.

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА	ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ
A) генератор электрического тока	1) взаимодействие постоянных магнитов
Б) электрический двигатель	2) взаимодействие проводников с током
В) электромагнитное реле	3) возникновение электрического тока в проводнике при его движении в магнитном поле 4) магнитное действие проводника с током 5) действие магнитного поля на проводник с током

Ответ:

A	Б	В

Генератор электрического тока преобразует в электрическую энергию другие виды энергии (механическую, тепловую). Ключевые слова — электрический ток, его возникновение, позиция 3.

Электрический двигатель, напротив, потребляет электрическую энергию из сети (возникает ток в обмотке) и преобразует её в механическую энергию. Ключевые слова — действие на электрический ток магнитного поля, позиция 5.

Электромагнитное реле — устройство для автоматического включения или размыкания электрической цепи. Реле «срабатывает», приводит в движение «ключ» или «якорь», когда, например, ток в цепи появляется. Ключевые слова — магнитное действие тока, позиция 4.

## Окончание таблицы

**Пример 13.** Установите соответствие между двигателями и преобразованием энергии, которое в них происходит.

ДВИГАТЕЛИ	ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ
А) двигатель внутреннего сгорания	1) механической во внутреннюю
Б) паровая турбина	2) внутренней в механическую
В) двигатель постоянного тока	3) механической в электрическую
	4) механической энергии и энергии магнитного поля в электрическую
	5) электрической энергии и энергии магнитного поля в механическую

Ответ:

A	B	V

**Пример 14.** Установите соответствие между научными открытиями и именами учёных, которым эти открытия принадлежат. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОТКРЫТИЯ	ИМЕНА УЧЁНЫХ
А) электрона	1) А. Беккерель
Б) атомного ядра	2) М. Склодовская-Кюри
В) естественной радиоактивности урана	3) Э. Резерфорд 4) Дж. Дж. Томсон 5) Дж. Чедвик

Ответ:

A	B	V

Конечно, знания никогда не помешают, но в случае затруднений полезно прибегать к пониманию смысла слов и здравому смыслу. Так, например, слово «двигатель» ассоциируется со словосочетанием «приводить в (механическое) движение», то есть что-то (какую-то энергию, её запас) превращать в механическую энергию.

Тогда для позиций А и В нужно выбрать утверждения, в которых речь идёт о превращении в механическую энергию (позиции 2 и 5), и определиться с тем видом энергии, который в механическую преобразуется. Тогда выбор становится очевидным — двигатель внутреннего сгорания работает, когда в нём сгорает топливо (внутренняя энергия), а двигатель постоянного тока требует подключения к электрической сети.

Турбина ассоциируется с быстрым вращением. Она предназначена для превращения механической энергии в тот вид энергии, который легко использовать по своему усмотрению, то есть в электрическую.

Открытие электрона связано с именем Дж. Дж. Томсона, который предложил первую модель атома.

Э. Резерфорд провёл экспериментальную проверку модели атома Томсона и установил, что положительный заряд атома сконцентрирован в его центральной части и имеет малые (по сравнению с размерами атома) размеры. Эту часть атома он назвал атомным ядром.

Явление естественной радиоактивности было экспериментально установлено и исследовано А. Беккерелем.

## ЗАДАНИЯ С ВЫБОРОМ ДВУХ ВЕРНЫХ УТВЕРЖДЕНИЙ

**Задания 9 и 19** в контрольных измерительных материалах ОГЭ 2019 года представляют собой задания с множественным выбором: при их выполнении необходимо найти два верных утверждения из пяти предложенных в списке.

Ответ записывается в виде кода, состоящего из двух цифр – номеров выбранных вами ответов. В отличие от задания 1 последовательность цифр в ответе несущественна. Например, при выполнении задания вы выбрали второе (2) и пятое (5) утверждения, тогда код ответа может быть записан так: 25 или 52.

Это задание оценивается в 2 балла. Как и прежде, 2 балла выставляется, когда обе цифры в коде ответа правильные, 1 балл – если верна только одна (любая) цифра.

В заданиях могут быть представлены все темы школьного курса физики. Кроме того, к тексту этих заданий, как правило, прилагаются рисунки, таблицы данных, графики и другие наглядные способы представления информации. В них содержатся сведения, без которых задание не может быть выполнено правильно. Поэтому при выполнении этих заданий важно уметь правильно извлекать необходимую для выполнения задания информацию, а затем её интерпретировать. При этом в рассуждениях важно опираться именно на представленные в тексте задания сведения, независимо от того, что по этому поводу вы раньше где-то читали или слышали.

Обычно задание представляет собой описание некоторой ситуации, опыта или исследования. Задания с множественным выбором можно разделить на группы. В одной из них в списке утверждений присутствуют как верные, так и ошибочные утверждения. Отличительная особенность заданий другой группы состоит в том, что все утверждения в приведённом списке не противоречат основным закономерностям или законам физики, то есть по существу являются справедливыми, правильными. Однако три из этих правильных утверждений не проверялись, не были и не могли быть установлены в описанном эксперименте: они **не соответствуют** результатам проведённых экспериментальных наблюдений. Непосредственное отношение к описанной в задании ситуации имеют только два утверждения, их и необходимо выявить.

Рассмотрим задания, в которых используется только верbalное (словесное) описание ситуации. В этих заданиях наряду с двумя верными утверждениями могут быть представлены: а) ошибочные утверждения; б) правильные по сути, но не имеющие отношения к рассматриваемой ситуации утверждения.

**Пример 1.** Цилиндры из олова и стали одинаковой массы, имеющие комнатную температуру, положили в горячую воду. Удельная теплоёмкость олова  $230 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ , удельная теплоёмкость стали  $500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ . Из предложенного перечня утверждений выберите **два** правильных. Укажите их номера.

- 1) В результате теплообмена температура стального цилиндра станет выше температуры оловянного цилиндра.
- 2) В процессе теплообмена цилиндры получат одинаковое количество теплоты.
- 3) В процессе теплообмена цилиндры получат количество теплоты, равное количеству теплоты, отданному водой.
- 4) В результате теплообмена температура воды и оловянного цилиндра станет одинаковой, а у стального цилиндра она будет ниже.
- 5) В результате теплообмена температура цилиндров и воды станет одинаковой.

Ответ:

--	--

Обратите внимание: в данном задании описана знакомая всем ситуация: в горячую воду поместили менее нагретое тело «комнатной температуры». Для выбора верного утверждения нельзя позволить себе дополнять ситуацию стандартным набором вопросов: какой будет температура, у какого тела она будет больше или меньше и т. п. Сначала нужно отработать очевидное: между телами («менее нагретое тело» и вода, являющаяся «более нагретым телом») будет происходить теплообмен.

Закономерности теплообмена: а) самопроизвольный процесс; б) тепло передаётся от более нагретого к тела к менее нагретому; в) если нет потерь энергии, то «что отдано, то и получено»; г) процесс идёт до установления теплового равновесия, при котором температура обоих тел становится одинаковой.

Эти факты и следует искать среди приведённых утверждений.

**Пример 2.** Ученик исследовал характер изображения предмета в двух стеклянных линзах: оптическая сила одной линзы  $D_1 = -5 \text{ дптр}$ , другой  $D_2 = +8 \text{ дптр}$ , и сделал определённые выводы. Из приведённых ниже выводов выберите **два** правильных и запишите их номера.

- 1) Обе линзы собирающие.
- 2) Радиус кривизны сферической поверхности первой линзы равен радиусу кривизны сферической поверхности второй линзы.
- 3) Фокусное расстояние первой линзы по модулю больше, чем второй.
- 4) Изображение предмета, созданное и той и другой линзой, всегда прямое.
- 5) Изображение предмета, созданное первой линзой, всегда мнимое, а созданное второй линзой — мнимое только в том случае, когда предмет находится между линзой и фокусом.

Быстро просмотрите утверждения: обратите внимание, что первые три имеют отношение к линзам (их свойствам, форме, размерам и т. п.), а оставшиеся два — к свойствам изображений. Постарайтесь отбросить ненужные ассоциации, возникающие из-за того, что вы, конечно, неоднократно рассматривали изображения предметов в линзах. Задумайтесь: какие сведения дают информацию и о свойствах линзы, и о свойствах изображений, получаемых с их помощью?

Выделите **факты**: это указание на оптические силы линз. Во-первых, линзы принципиально по-разному преломляют в воздухе падающий на них световой пучок: одна линза рассеивающая (её оптическая сила отрицательная), а другая — собирающая (положительная оптическая сила). Тип линзы определяет главное свойство получаемого изображения — действительное или мнимое. Если линза, рассеиваю-

шая то изображение предмета не может быть получено на экране — оно всегда мнимое. Если же линза собирающая, то свойства её изображения зависят от положения предмета по отношению к фокусу линзы. Изображение предмета действительное, если предмет находится от линзы на расстоянии больше фокусного (за фокусом), и мнимое, если это расстояние меньше фокусного.

Во-вторых, чем больше модуль оптической силы, тем «сильнее» изменяется направление падающего на линзу светового пучка, то есть тем ближе к линзе расположен её фокус. Математически это выражается так:  $D = 1/F$ . Эти главные сведения и помогут выбрать правильные утверждения.

Рассмотрим теперь задания, содержащие рисунок (или рисунки). Рисунок в некоторых случаях помогает визуализировать текст, но чаще позволяет уточнить его содержание или включает дополнительную информацию, важную для выбора верного утверждения.

**Пример 3.** Ареометр — прибор для измерения плотности жидкостей, принцип работы которого основан на законе Архимеда. Обычно он представляет собой стеклянную трубку, нижняя часть которой при калибровке заполняется дробью для достижения необходимой массы (рисунок 1). В верхней, узкой части находится шкала, которая проградуирована в значениях плотности раствора. Плотность раствора равняется отношению массы ареометра к объёму, на который он погружается в жидкость. Так как плотность жидкостей сильно зависит от температуры, измерения плотности должны проводиться при строго определённой температуре, для чего ареометр иногда снабжают термометром.

Используя текст и рисунки, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Согласно рисунку 2 плотность жидкости во второй мензурке меньше плотности жидкости в первой мензурке.
- 2) Ареометр приспособлен для измерения плотности только тех жидкостей, плотность которых равна средней плотности ареометра.

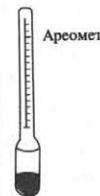


Рис. 1

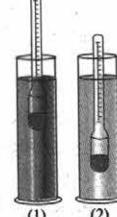


Рис. 2

Допустим, вы ещё не прочитали задание, но увидели слово «ареометр». Вы знаете, что такое ареометр? А может быть, посмотрев на рисунок 1, вы в целом уже получили некоторые сведения о нём? Тогда не читайте первые два абзаца! Экономьте время. Главная информация, необходимая для выполнения задания, содержится в рисунках!

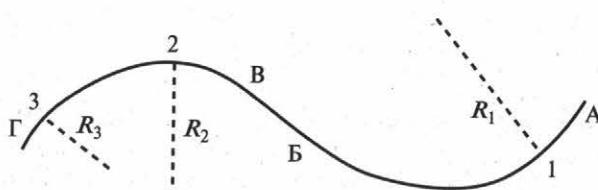
**Ассоциация:** тело погружено в жидкость — значит, архимедова сила и плавание тел.

Извлечём факты (достоверную информацию) из рисунка 2. Первый: в мензурках находятся разные жидкости (окраска разная!). Второй: в мензурках находится один и тот же ареометр (иначе было бы специальное указание). Третий: оба ареометра плавают (равновесие). Четвёртый: объём части ареометра, погруженной в жидкость (1), меньше объёма части того же ареометра, погруженной в жидкость (2).

**Первая интерпретация:** сила тяжести ареометра постоянна — ареометр плавает, значит, архимедова сила равна силе тяжести, значит, архимедовы силы в случаях (1) и (2) равны, значит, там, где больше объём погруженной части, плотность жидкости меньше.

- 3) При охлаждении жидкости глубина погружения в неё ареометра увеличивается.
- 4) При увеличении количества дроби в ареометре глубина его погружения в жидкостях (1) и (2) увеличится.
- 5) Выталкивающая сила, действующая на ареометр в жидкости (1), меньше выталкивающей силы, действующей на ареометр в жидкости (2).

**Пример 4.** Тело движется по криволинейной траектории (см. рисунок), причём на участке АБ его скорость неизменна по модулю и равна 2 м/с, а на участке ВГ равна 4 м/с. Для радиусов кривизны траектории в точках 1, 2 и 3 выполняется соотношение  $R_1 > R_2 > R_3$ .



Используя текст и рисунок, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Во всех точках участка АБ ускорение тела направлено перпендикулярно вектору скорости.
- 2) Во всех точках траектории ускорение тела направлено по касательной к траектории.
- 3) Центростремительное ускорение тела в точке 1 в 4 раза меньше центростремительного ускорения в точке 2.
- 4) В точке 3 центростремительное ускорение тела имеет наибольшее значение.
- 5) На участке БВ тело двигалось равномерно и прямолинейно.

Стратегия выбора утверждений: выбираем те, которые строго согласуются с приведённым рассуждением, а остальные временно пропускаем. Тогда первое — верное, второе и третье пропускаем, четвёртое — нужно вернуться и уточнить рассуждение.

**Вторая интерпретация:** увеличим количество дроби, тогда увеличится масса ареометра, значит, увеличится его сила тяжести. Для плавания архимедова сила должна увеличиваться, следовательно, должен увеличиться объём погруженной части, то есть глубина погружения. Сделайте выбор.

Это пример, в котором рисунок позволяет уточнить и конкретизировать описание ситуации в тексте задания. Важно проверять адекватность восприятия задания, сопоставляя текст и рисунок. Выберем **факты**. Во-первых, речь идёт о криволинейном движении с изменением модуля линейной скорости. Следовательно, сразу можно отбросить как неверные утверждения 2 и 5.

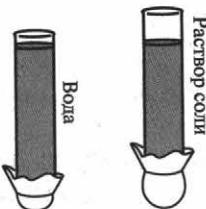
Во-вторых, чтобы судить о направлении вектора ускорения на каком-либо участке криволинейной траектории, необходимы сведения только о модуле скорости на этом участке. Если модуль скорости не меняется, то ускорение должно обеспечить только изменение направления вектора скорости, то есть должно быть направлено перпендикулярно вектору скорости.

В-третьих, модуль центростремительного ускорения в двух точках траектории зависит только от радиуса траектории в этих точках, если модули скорости в них равны между собой. Эта зависимость обратно пропорциональная, можно, если помните, записать формулу центростремительного ускорения. Но если не можете записать формулу (волнуетесь), то обратитесь к жизненному опыту: при плавном повороте (большой радиус кривизны) изменять направление движения проще (ускорение меньше).

**Пример 5.** В стеклянную трубку, нижнее отверстие которой закрыто тонкой резиновой плёнкой, наливают поочерёдно чистую воду и водный раствор соли (см. рисунок). В результате резиновое дно прогибается.

Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений. Укажите их номера.

- 1) Жидкость оказывает давление на дно сосуда.
- 2) Давление, создаваемое жидкостью на дно сосуда, зависит от рода жидкости.
- 3) Давление, создаваемое жидкостью на дно сосуда, не зависит от формы сосуда.
- 4) Давление, создаваемое жидкостью на дно сосуда, зависит от высоты столба жидкости.
- 5) Давление внутри жидкости на одном и том же уровне одинаково по всем направлениям.



Отметим две особенности этого задания. Первая: в данном случае рисунок помогает не только представить себе установку для проведения опыта, но и установить инварианты (то есть постоянные, не изменяющиеся условия его проведения).

Вторая особенность может быть обнаружена, если вы точно помните, от каких факторов зависит гидростатическое давление. Перечислим их: жидкость в поле тяготения Земли оказывает давление на дно и стенки сосуда; гидростатическое давление зависит только от плотности жидкости и высоты столба жидкости над уровнем, в котором давление рассчитывается, и не зависит от формы сосуда.

Если теперь вы прочитаете приведённые к заданию высказывания, то все они — верные, если рассматривать гидростатическое давление как такое.

Но в данном конкретном опыте некоторые из них **не проверяются экспериментально**, то есть не соответствуют проведённым экспериментальным наблюдениям. Вот почему важно начать с выявления инвариантов.

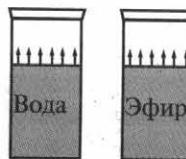
Что при проведении опыта остаётся постоянным (одинаковым)?

1. Размеры и форма трубки — значит, установить зависимость или независимость давления от формы сосуда в этом опыте нельзя.
2. Упругие свойства плёнки, затягивающей нижнее отверстие трубы. Значит, различия в степени деформации плёнки позволяют (при прочих равных условиях) судить о величине давления.
3. Жидкости наливают в трубку до одной и той же высоты над плёнкой.
4. Опыт не предусматривает возможность измерения давления внутри жидкости на одном уровне по всевозможным направлениям. Отсюда следует, что последние три утверждения в данном опыте не проверялись.

**Пример 6.** В два одинаковых цилиндрических сосуда налили равное количество воды и эфира, находящихся при комнатной температуре (см. рисунок). В результате наблюдений было отмечено, что эфир испарился в несколько раз быстрее, чем вода.

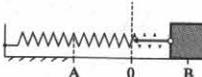
Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений. Укажите их номера.

- 1) Процесс испарения воды можно наблюдать при комнатной температуре.
- 2) Скорость испарения жидкости растёт с увеличением её температуры.
- 3) Скорость испарения жидкости зависит от площади её поверхности.
- 4) Скорость испарения жидкости зависит от рода жидкости.
- 5) При наличии ветра испарение воды происходит быстрее.



**Пример 7.** Пружинный маятник совершает незатухающие колебания между точками А и В. Точка 0 соответствует положению равновесия маятника.

Используя текст и рисунок, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.



- 1) За время, равное периоду колебаний, маятник проходит расстояние, равное  $2AB$ .
- 2) При перемещении груза из положения  $B$  в положение 0 потенциальная энергия маятника уменьшается, а его кинетическая энергия увеличивается.
- 3) В точке 0 кинетическая энергия маятника минимальна.
- 4) Расстояние  $AB$  соответствует амплитуде колебаний.
- 5) В точке  $A$  полная механическая энергия маятника принимает максимальное значение.

Приведём аналогичное задание из другого раздела курса физики.

**Разное:** две жидкости — вода и эфир.

**Одноковое:** размеры и форма сосудов; температура жидкостей; состояние воздуха над поверхностью жидкостей; время проведения наблюдения.

**Что наблюдали:** эфир испарился быстрее.

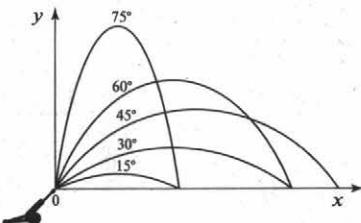
Продолжите фразы:

1. Температура жидкости не менялась, значит...
2. Площадь свободной поверхности жидкости не менялась, значит...
3. Состояние воздуха над поверхностью жидкостей не менялось, значит...

Рисунок в этом задании позволяет конкретизировать разные состояния (положения) груза, совершающего незатухающие колебания. Успешность выполнения подобных задач обеспечивает знание определений физических величин, характеризующих колебательный процесс. Выделим ключевые слова и выстроим логические цепочки.

1. Незатухающие колебания  $\rightarrow$  потери энергии отсутствуют  $\rightarrow$  полная энергия системы сохраняется  $\rightarrow$  происходит эквивалентное превращение энергии из кинетической в потенциальную и обратно.
2. Положение равновесия  $\rightarrow$  пружина не деформирована  $\rightarrow$  потенциальная энергия равна нулю.
3. Период — промежуток времени, через который повторяется любое выбранное состояние системы (повторяются координата и направление вектора скорости).
4. Амплитуда — модуль максимального смещения (удаления) от положения равновесия.

**Пример 8.** На рисунке представлены результаты исследования движения снаряда, выпущенного под углом к горизонту с одинаковой по модулю начальной скоростью, в зависимости от угла выстрела.



Из предложенного перечня выберите **два** утверждения, соответствующие проведённым наблюдениям. Укажите их номера.

- 1) Длительность полёта снаряда не зависит от угла выстрела.
- 2) Максимальная дальность полёта соответствует углу выстрела  $45^\circ$  к горизонту.
- 3) Дальность полёта увеличивается с увеличением угла выстрела.
- 4) Время полёта снаряда, выпущенного под углом  $15^\circ$  к горизонту, равно времени полёта снаряда, выпущенного под углом  $75^\circ$  к горизонту.
- 5) Дальности полёта при углах выстрела  $30^\circ$  и  $60^\circ$  к горизонту совпадают.

**Пример 9.** На рисунке представлены результаты исследования явления смачивания и несмачивания различными жидкостями поверхности твёрдых тел.

Из предложенного перечня утверждений выберите **два**, которые соответствуют результатам проведённых экспериментов. Укажите их номера.

- 1) Стекло смачивается любыми жидкостями.
- 2) Вода смачивает поверхности всех твёрдых тел.
- 3) Ртуть не смачивает поверхности любых твёрдых тел.
- 4) Воск не смачивается водой.
- 5) Ртуть не смачивает поверхность стекла.



Для успешного выполнения этого задания важно уяснить, что собой представляют «результаты исследования движения снаряда». Это траектории движения снаряда, то есть линии, позволяющие установить дальность полёта (по оси  $0x$ , точка с координатой  $y=0$ ) и максимальную высоту подъёма (по оси  $0y$ ). Вид траектории не позволяет судить о времени движения.

При выборе утверждения нужно сравнивать его с семейством траекторий, приведённых на рисунке. Если хотя бы одна из них противоречит утверждению, его следует отбросить как неверное.

Выберем для примера утверждение 3. Из рисунка видно, что сначала при увеличении угла до  $45^\circ$  дальность полёта увеличивается, а затем при дальнейшем увеличении его до  $75^\circ$  дальность полёта уменьшается. Утверждение неверное.

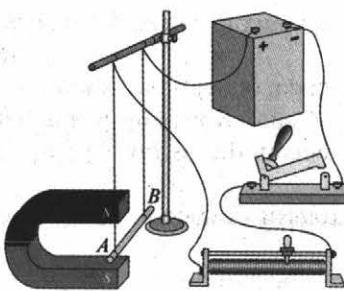
Это несложное задание мы приводим потому, что в физике важно помнить, что результаты конкретных исследований нельзя распространять (экстраполировать) на другие объекты, не использованные в данных исследованиях. В этом смысле слова и словосочетания «любые», «все твёрдые тела», «все жидкости» не следует применять при формулировке утверждений по итогам конкретных исследований.

В нашем случае в тексте задания фигурируют «различные жидкости» и «поверхности твёрдых тел», а рисунок конкретизирует: твёрдые тела представлены стеклом и воском, а жидкости — водой и ртутью. Поэтому результатам проведённых экспериментов соответствуют только высказывания, в которых фигурируют объекты (жидкости и твёрдые тела), которые использовались в опытах.

**Пример 10.** Электрическая схема содержит источник тока, проводник *AB*, ключ и реостат. Проводник *AB* помещён между полюсами постоянного магнита (см. рисунок).

Используя рисунок, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) При замкнутом ключе электрический ток в проводнике имеет направление от точки *B* к точке *A*.
- 2) Магнитное поле в области расположения проводника *AB* направлено вертикально вверх.
- 3) Электрический ток в проводнике *AB* создаёт однородное магнитное поле.
- 4) При замкнутом ключе проводник будет выталкиваться из области магнита вправо.
- 5) При перемещении ползунка реостата вправо сила Ампера, действующая на проводник *AB*, увеличится.



**Пример 11.** На рисунках 1 и 2 приведены опыты по наблюдению отражения и преломления светового луча на границе воздух-стекло.

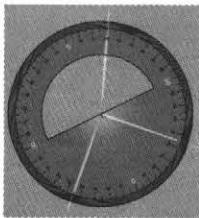


Рис. 1

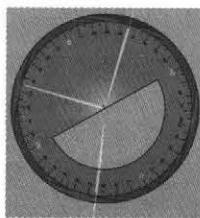


Рис. 2.

Из предложенного перечня выберите **два** утверждения, соответствующие проведённым опытам. Укажите их номера.

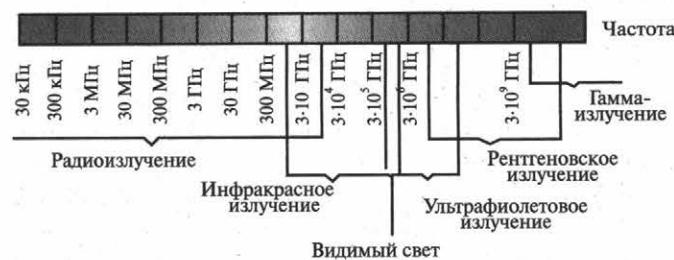
В этом задании необходимо проверить справедливость утверждений, используя знания и умения, приобретённые на уроках физики. Рисунок в этом задании позволяет не только визуализировать конкретную ситуацию, но и правильно определить:

- а) направление тока в проводнике по полюсам источника тока (от «+» к «-»);
- б) направление линий магнитной индукции в промежутке между полюсами подковообразного постоянного магнита (выходят из северного полюса и входят в южный полюс);
- в) является ли картина линий магнитного поля прямого проводника с током картиной однородного магнитного поля;
- г) направление движения проводника с током в магнитном поле (правило левой руки);
- д) как изменится сопротивление обмотки реостата, а значит, и сила тока в цепи, а значит, и сила Ампера, действующая на проводник с током, при изменении положения ползунка реостата.

В этом задании представлены изображения реального эксперимента, причём изображения с разными опытами расположены так, чтобы выявить тех учеников, которые выбирают ответы не на основе знаний, а на основе своей зрительной памяти и стереотипов. Конечно, когда есть рисунок, все сначала замечают его и по нему получают первоначальную ориентировку. Возможно, что некоторые и не читают внимательно текст самого задания, а сразу начинают выбирать «правильные» утверждения. Но наша задача — научиться в различных ситуациях поступать так, чтобы сделать выбор осознанно, а не полагаясь на случай. Итак, читаем первое предложение задания и выбираем ключевые слова. Явления (отражение и преломление) происходят на границе воздух-стекло. Что из этого следует?

- Угол преломления в первом опыте равен примерно  $45^\circ$ .
- В обоих опытах угол преломления равен углу отражения.
- В обоих опытах угол отражения больше угла преломления.
- Отношение угла падения к углу преломления есть величина постоянная.
- Угол падения во втором опыте равен примерно  $60^\circ$ .

**Пример 12.** На рисунке представлена шкала электромагнитных волн.



Используя данные шкалы, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- Электромагнитные волны частотой 3000 кГц принадлежат только радиоизлучению.
- Наибольшую скорость распространения в вакууме имеют гамма-лучи.
- Электромагнитные волны частотой  $10^5$  ГГц могут принадлежать как инфракрасному излучению, так и видимому свету.
- Рентгеновские лучи имеют большую длину волн по сравнению с ультрафиолетовыми лучами.
- Длины волн видимого света составляют десятые доли микрометра.

1. На рисунке 1 луч падает на границу раздела двух сред слева и снизу, а на рисунке 2 — справа и сверху. Признак: падающий луч самый яркий, он ещё не разделился на части (энергия сохраняется!).

2. Воздух — среда оптически менее плотная по сравнению со стеклом, значит, угол преломления для такой пары сред **всегда** будет меньше угла падения. Это утверждение, даже если вы забыли, что углы падения и отражения отчитываются от перпендикуляра, восстановленного в точке падения луча, поможет найти верное утверждение и вспомнить правила отсчёта углов (если, конечно, вы снова внимательно посмотрите на рисунки).

Это задание на проведение расчёта и предполагает проверку умения считывать информацию с фрагмента шкалы, на которой нет привычной единицы масштаба и оцифрованные штрихи кроме числового значения имеют и собственную единицу измерения. Напомним, что кратные приставки можно и не знать, и забыть от волнения, но они приведены в **справочных материалах** к вашей экзаменационной работе.

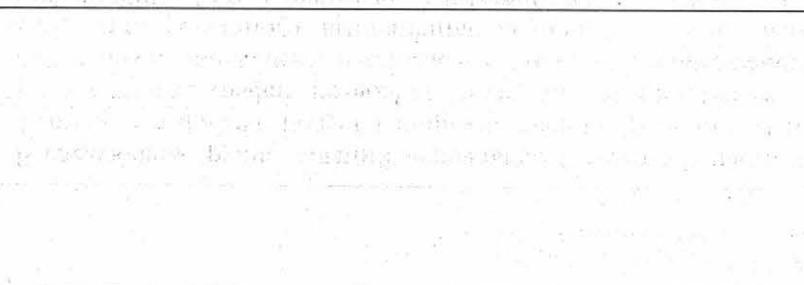
Какие знания, а возможно, ассоциации помогут выполнить задание?

1. Ключевые слова — «электромагнитные волны». Их главные характеристики: скорость, частота и длина волны. Как они связаны?

Если забыли формулу или помните смутно, воспользуйтесь ассоциацией и здравым смыслом! Есть слово, которое вы хорошо знаете, — «длина (волны)», иначе — «расстояние»; а как расстояние связано со скоростью?

Теперь — «время»; время — частота: какая связь? Поможет простая ассоциация: большой промежуток времени — встречаетесь редко, маленький — часто! Вспомнили? Теперь внесите дополнение в шкалу: нарисуйте шкалу «длин волн», чисел на этой шкале указывать не надо, просто укажите, в каком направлении по шкале происходит уменьшение длины волны излучения.

## Продолжение таблицы



**Пример 13.** На рисунке 1 представлены диапазоны слышимых звуков для человека и различных животных, а на рисунке 2 — диапазоны, приходящиеся на инфразвук, звук и ультразвук.



Рис. 1



Рис. 2

Используя данные рисунков, из предложенного перечня утверждений выберите **два** правильных. Укажите их номера.

- 1) Частота ультразвука выше частоты инфразвука.
- 2) Из представленных животных наиболее широкий диапазон слышимых звуков имеет дельфин.
- 3) Диапазон слышимых звуков у собаки сдвинут в область инфразвука по сравнению с человеческим диапазоном.
- 4) Звуки с частотой 100 Гц услышит и волнистый попугай, и кошка.
- 5) Звуковой сигнал, имеющий в воздухе длину волны 3 м, услышат все представленные животные и человек. (Скорость звука в воздухе равна 340 м/с.)

2. Внимательно рассмотрите шкалу и обратите внимание, что границы некоторых диапазонов пересекаются. Возможно, некоторые утверждения будут относиться к этим «общим» частям шкалы.

3. И ещё простой совет: пока не выбрали никакие утверждения, пробегите их глазами и подчеркните или обведите слова «частота» и «длина волны». Так вероятность подмены одного понятия другим будет сведена к минимуму!

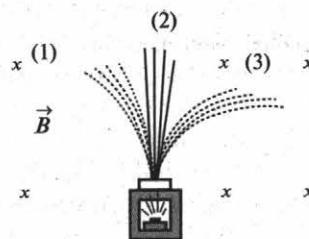
Данное задание проиллюстрировано диаграммой диапазонов частот звуков, которые слышат человек и ряд животных, а также фрагментом шкалы частот с указанием диапазонов частот, относящихся к инфразвуку, звуку и ультразвуку.

Выполнение этого задания не должно вызвать у вас затруднений. Выполните его самостоятельно.

**Пример 14.** Контейнер с радиоактивным веществом помещают в магнитное поле, в результате чего пучок радиоактивного излучения от этого вещества распадается на три компоненты (см. рисунок). Магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости рисунка от читателя.

Используя рисунок, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Компонента 1 представляет собой поток отрицательно заряженных частиц.
- 2) Компонента 2 представляет собой гамма-излучение.
- 3) Если магнитное поле направить в плоскости чертежа слева направо, то разделить пучок радиоактивного излучения на компоненты не получится.
- 4) В магнитном поле может измениться направление движения заряженной частицы.
- 5) Компонента 3 представляет собой поток протонов.

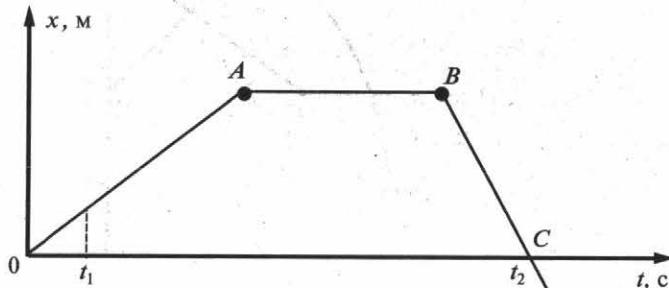


Это задание по теме «Строение атома и атомного ядра», оно проверяет знания о радиоактивном распаде и умение идентифицировать компоненты радиоактивного распада. При выполнении этого задания вам потребуются также знания об особенностях движения заряженных частиц в однородном магнитном поле и умение применять правило левой руки для определения знака электрического заряда частицы, движущейся в магнитном поле.

Прочтите первую часть задания (описание ситуации) и рассмотрите рисунок. Найдите на нём контейнер с радиоактивным веществом, три компоненты радиоактивного излучения (два пучка (1) и (3) испытывали отклонение в магнитном поле и один (2) не отклоняется). Обратите внимание на условное обозначение направления магнитного поля и уточните в тексте задания: «магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости рисунка от читателя». Когда будем применять правило левой руки, ваша левая рука должна лежать на листе задания ладонью вверх (вы смотрите на неё сверху). Теперь линии магнитного поля входят в вашу ладонь, четыре пальца руки показывают направление движения радиоактивных излучений (из контейнера наружу), а отставленный большой палец указывает направление отклонения положительно заряженной компоненты радиоактивного излучения. Поставьте рядом с ней знак «+» или подпишите словом. Затем рядом с оставшимися компонентами поставьте их знаки заряда. Теперь можно заняться анализом и выбором утверждений. Учитывая, что протон — положительно заряженная частица, а гамма-излучение электрическим зарядом не обладает, выберите верные утверждения.

В следующей группе заданий верbalная (текстовая) часть дополняется **графиками**. Графический способ представления информации в физике получил широкое распространение. И не только потому, что он чрезвычайно информативен, но и потому, что только график позволяет обнаружить наличие связи между величинами, характеризующими объекты и явления, которые с ними происходят, и определить **вид этой зависимости**, а значит, записать соответствующую ей математическую формулу. Для успешного выполнения подобных заданий необходимо не только правильно выбрать из графика «нужную информацию», но и грамотно её интерпретировать. Как это делать, научимся на приведённых ниже примерах.

**Пример 15.** На рисунке представлен график зависимости координаты от времени для тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ .



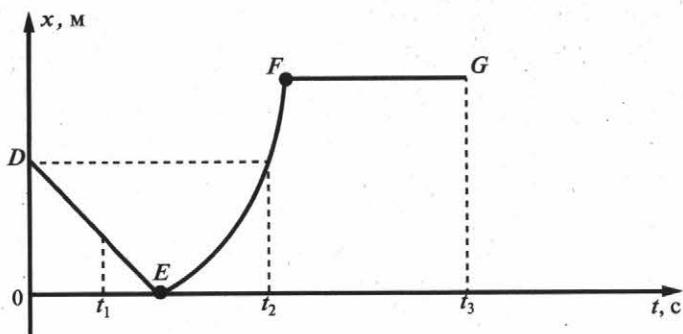
Используя данные графика, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) В момент времени  $t_1$  тело имело максимальную по модулю скорость.
- 2) Участок  $BC$  соответствует ускоренному движению тела.
- 3) Участок  $AB$  соответствует состоянию покоя тела.
- 4) В момент времени  $t_2$  тело изменило направление своего движения.
- 5) Участок  $OA$  соответствует равномерному движению тела.

Возможно, это задание покажется вам простым. Но воспользуемся им, чтобы проверить себя: умеете ли вы правильно считывать информацию с графика и интерпретировать её?

1. «График зависимости координаты от времени»: а) по вертикальной оси отложена координата  $x$  в метрах; б) по горизонтальной —  $t$ , время в секундах.
  2. «Тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ »: можно считать, что траектория движения тела совпадает с осью  $Ox$ .
  3. На графике можно выделить три участка:  $OA$ ,  $AB$  и  $BC$  (с продолжением после пересечения оси времени в момент времени  $t_2$ ).
  4. Участок  $OA$ . Начальная координата тела:  $t=0$ ,  $x_0=0$ . Координата  $x$  возрастает со временем линейно, тело движется равномерно (то есть с постоянной скоростью), прямолинейно до  $A(x_A, t_A)$ . В момент времени  $t_1$  скорость тела равна скорости на участке  $OA$ .
  5. Участок  $AB$ :  $x_B=x_A$ ;  $t_B > t_A$ . В течение некоторого времени ( $t_B - t_A$ ) координата тела не менялась, тело не двигалось (покоилось).
  6. Участок  $BC$ . Для этого участка движения  $(t_B, x_B)$ , в конце участка  $(t_2, x_C=0)$ , то есть координата тела уменьшалась линейно, тело двигалось в направлении, противоположном оси  $Ox$ , к телу отсчёта, и в момент  $t_2$  прошло мимо тела отсчёта. Движение на этом участке равномерное прямолинейное.
  7. Можно сравнить модули скорости тела на участках  $OA$  и  $BC$  (качественно, а не количественно, так как по осям нет масштаба). Модули перемещения тела на этих участках равны (**ассоциация**: тело сначала отъехало от тела отсчёта на  $x_A$ , а потом вернулось от  $x_B=x_A$  назад к телу отсчёта), но по графику видно, что на движение «туда» затрачено времени больше ( $t_A - 0$ ), чем на движение «обратно» ( $t_2 - t_B$ ). При одинаковых перемещениях (путях, расстояниях) чем меньше время движения, тем скорость больше.
- Теперь нетрудно выбрать правильные утверждения.

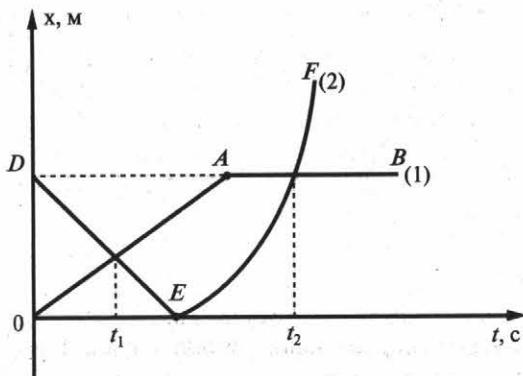
**Пример 16.** На рисунке представлен график зависимости координаты от времени для тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ .



Используя данные графика, выберите из предложенного перечня два верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) В интервале времени от  $t_1$  до  $t_2$  тело изменило направление движения на противоположное.
- 2) Участок  $DE$  соответствует ускоренному движению тела.
- 3) Участок  $FG$  соответствует состоянию покоя тела.
- 4) Момент времени  $t_2$  соответствует остановке тела.
- 5) В момент времени  $t_3$  тело имело максимальную скорость.

**Пример 17.** На рисунке представлены графики зависимости координаты от времени для двух тел, движущихся вдоль оси  $Ox$ .



Это задание вы легко выполните сами, оно аналогично предыдущему. Мы приводим его исключительно для того, чтобы предупредить, что участок  $EF$  никак не может и не должен повлиять на выбор правильного утверждения. Не нужно придумывать версии: «Точно не прямая линия, а кривая. А какая? Может быть, парабола?»

Это точно не прямая линия, значит, движение точно неравномерное. А какое? Чтобы ответить на этот вопрос, нужны чёткие указания в тексте задания. Раз их нет, то сведений достаточно для выбора верного утверждения.

А вот заметить, что движение на этом участке проходит в направлении координатной оси, вы и так должны.

Такие задания предполагают не только проверку умения извлекать достоверную информацию из графика, но и проводить сравнение характера движения двух (или более) тел. Кроме того, появляется возможность проверить понимание описанных движений в процессе интерпретации появившихся «точек пересечения графиков».

Будем исходить из того, что изображённые на рисунке графики вам знакомы по предыдущим заданиям, и проведём анализ утверждений, из списка которых вам необходимо выбрать два верных утверждения. В нашем анализе попытаемся выявить возможные ошибки, которые приводят к неверному выбору.

1. Момент времени  $t_1$  отвечает точке пересечения графиков (есть и другая точка пересечения графиков, в момент

Используя данные графика, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) В момент времени  $t_1$  тела имели одинаковую по модулю скорость.
- 2) Момент времени  $t_2$  соответствует встрече двух тел.
- 3) В интервале времени от  $t_1$  до  $t_2$  оба тела поменяли направление своей скорости на противоположное.
- 4) В момент времени  $t_1$  оба тела двигались равномерно.
- 5) К моменту времени  $t_1$  тела прошли одинаковые пути.

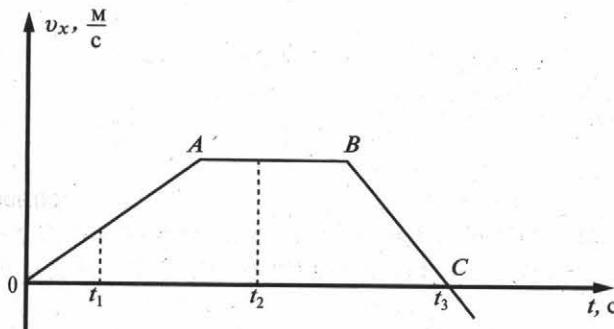
времени  $t_2$ ). Если вы, начиная работать с графиками, чётко зафиксируете факт, что по вертикальной оси отложена координата, то не ошибётесь: эта точка фиксирует место и время встречи этих тел.

**Ошибочная ассоциация:** в момент времени  $t_1$  тела движутся в противоположных направлениях — направления разные, а модули (скорости) могут быть как одинаковыми, так и разными. В нашем случае они разные.

2. Третье утверждение можно выбрать, если «излом» графика ассоциируется с изменением «чего-то», а разбираться, что именно изменяется, не хочется (или очень спешите, или нет времени, или «почему бы и нет» и т. п.). И это правильно: что-то изменилось, только если у второго тела изменение действительно связано с направлением движения, то первое тело просто остановилось.

3. Выбор последнего утверждения можно объяснить ошибочным отождествлением координаты тела с пройденным телом путём. Для первого тела это верно, а вот второе своё движение начало из точки  $D$ .

**Пример 18.** На рисунке представлен график зависимости проекции скорости от времени для тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ .



Используя данные графика, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

Задание с таким графиком уже было? Не спешите с выводами! Посмотрите внимательно на вертикальную ось — теперь по ней отложена не координата, а проекция скорости. Предлагаем внести изменения в прежнее рассуждение и выделить их курсивом.

1. «График зависимости проекции скорости от времени»:  
а) по вертикальной оси отложена проекция скорости  $v_x$  в метрах в секунду; б) по горизонтальной —  $t$ , время в секундах.

2. «Тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ »: можно считать, что траектории движения тела совпадают с осью  $Ox$ .

3. На графике можно выделить три участка:  $0A$ ,  $AB$  и  $BC$  (с продолжением после пересечения оси времени в момент времени  $t_2$ ).

- 1) Участок  $OA$  соответствует ускоренному движению тела.
- 2) Участок  $AB$  соответствует состоянию покоя тела.
- 3) В момент времени  $t_1$  тело имело максимальное по модулю ускорение.
- 4) Момент времени  $t_3$  соответствует остановке тела.
- 5) В момент времени  $t_2$  тело имело максимальное по модулю ускорение.

4. Участок  $OA$ . Проекция начальной скорости тела:  $t=0, v_{0x}=0$ . Проекция скорости тела возрастает со временем линейно, тело движется равноускоренно (то есть с постоянным ускорением), прямолинейно до  $A (v_{Ax}, t_A)$ . Вектор ускорения сонаправлен вектору скорости.

В момент времени  $t_1$  ускорение тела равно ускорению на всём участке  $OA$ , то есть в любые другие моменты времени, соответствующие этому участку.

5. Участок  $AB$ :  $v_{0x}=v_{Ax}$ ;  $t_B > t_A$ . В течение некоторого времени  $(t_B - t_A)$  проекция скорости тела не менялась, ускорение равнялось нулю, тело двигалось с постоянной скоростью (равномерно прямолинейно).

6. Участок  $BC$ . Для этого участка движения  $(t_B, v_{Cx})$ , в конце участка  $(t_2, v_{Ax}=0)$ , то есть проекция скорости тела уменьшалась линейно до нуля, но оставалась положительной, то есть тело двигалось в прежнем направлении, удаляясь от тела отсчёта.

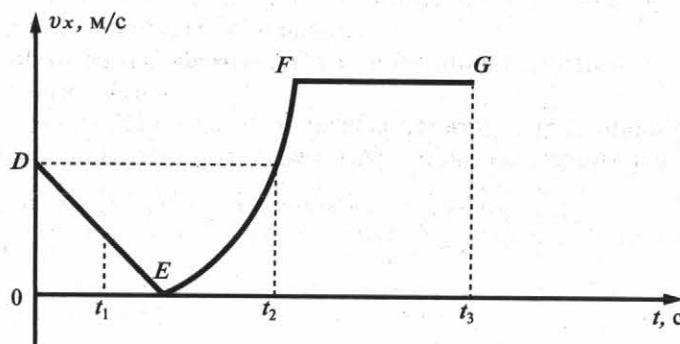
**Ассоциация:** автомобиль приближается к перекрёстку с запрещающим сигналом светофора. Разве направление его движения изменилось? А скорость уменьшается!

Движение на этом участке равноускоренное прямолинейное. Вектор ускорения направлен в сторону, противоположную вектору скорости.

7. Можно сравнить модули ускорения тела на участках  $OA$  и  $BC$  (качественно, а не количественно, так как по осям нет масштаба). Модули изменения скорости на этих участках равны, но по графику видно, что скорость возрастила больше времени ( $t_A - 0$ ), чем было затрачено на торможение ( $t_2 - t_B$ ). При одинаковых изменениях скорости чем меньше время движения, тем больше ускорение.

Теперь нетрудно выбрать правильные утверждения.

**Пример 19.** На рисунке представлен график зависимости проекции скорости от времени для тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ .



Используя данные графика, выберите из предложенного перечня **два верных утверждения**. Укажите их номера.

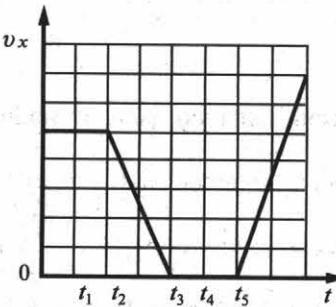
- 1) Участок  $DE$  соответствует равномерному движению тела.
- 2) Участок  $FG$  соответствует движению тела с максимальным по модулю ускорением.
- 3) В момент времени  $t_1$  тело двигалось в направлении, противоположном направлению оси  $Ox$ .
- 4) В момент времени  $t_2$  тело имело скорость, равную скорости в начальный момент времени.
- 5) Точка  $E$  соответствует остановке тела.

Проверьте, сможете ли выполнить это задание, пользуясь рассуждением, приведённым к предыдущему заданию.

Обратите внимание: термин «остановка» не всегда совпадает со смыслом слова «остановка», которое часто употребляется в быту. Принципиальное отличие состоит в том, что в бытовом употреблении остановка подразумевает некоторый промежуток времени, в течение которого скорость была равна нулю. Термин «остановка» просто констатирует факт: «скорость равна нулю». Продолжительность промежутка времени в этом случае роли не играет.

**Пример 20.** Тело движется вдоль оси  $Ox$ . На рисунке представлен график зависимости проекции скорости тела на ось  $Ox$  от времени  $t$ .

Используя рисунок, выберите из предложенного перечня **два верных утверждения**. Укажите их номера.

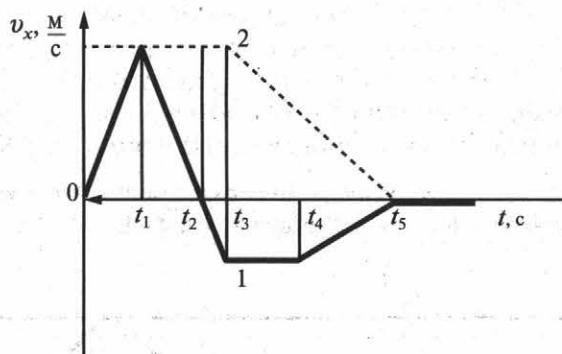


Совет: перед выбором верных утверждений быстро просмотрите весь список утверждений и в каждом выберите ключевые слова или словосочетания; подчеркните или обведите их. Например, такие, как «состояние покоя», «равномерно», «координата» и т. п. Попробуйте отбросить неверные утверждения. Какие утверждения остались?

Задумайтесь, есть ли в тексте задания или на графике **явная информация** о координатах тела? А **латентная, скрытая**? Если вам кажется, что здесь есть подвох, будем разбираться.

- В момент времени  $t_1$  тело находилось в состоянии покоя.
- На протяжении интервала времени  $t_2 < t < t_3$  тело двигалось равномерно.
- На протяжении интервала времени  $t_3 < t < t_5$  координата тела не изменялась.
- В момент времени  $t_3$  координата тела была больше, чем в момент времени  $t_2$ .
- В момент времени  $t_1$  модуль ускорения тела больше, чем в момент времени  $t_4$ .

**Пример 21.** Два тела движутся вдоль оси  $Ox$ . На рисунке представлены графики зависимости проекции скорости движения тел 1 и 2 от времени.



Используя данные графика, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

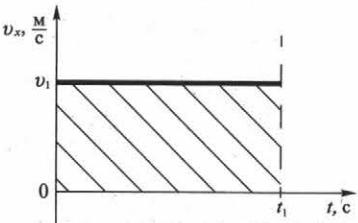
- Момент времени  $t_5$  соответствует остановке обоих тел.
- К моменту времени  $t_1$  от начала движения тела прошли одинаковые пути.
- В промежутке времени  $t_3 < t < t_5$  проекция ускорения  $a_x$  тела 2 имеет отрицательное значение.
- В промежутке времени  $t_3 < t < t_4$  проекция ускорения  $a_x$  тела 1 имеет отрицательное значение.
- В промежутке времени  $0 < t < t_3$  тело 2 находится в покое.

В промежутке времени  $t_3 < t < t_5$  (проекция) скорости тела равна нулю. Это значит, что тело не изменяет своего положения относительно выбранной системы отсчёта. Какой бы ни была его координата, она не могла измениться в этот промежуток времени.

А что происходило с координатой тела в промежутке  $t_2 < t < t_3$ ? Явной информации об этом нет. Но из графика ясно, что в этом промежутке времени скорость тела уменьшалась, но её направление не менялось, то есть тело двигалось в прежнем направлении. И что происходит с координатой?

На примере этого задания мы научимся извлекать из графика зависимости проекции скорости движения тела от времени  $v_x(t)$  дополнительные сведения об особенностях движения тела. Как обычно, после прочтения задания пробегите глазами утверждения и выберите в них ключевые слова и словосочетания. Наверняка выделите такие: «одинаковые пути» и «проекция ускорения имеет отрицательное значение».

Можно ли по графику зависимости  $v_x(t)$  сравнить пути, пройденные телами к заданному моменту времени? Да, можно. Для этого нужно воспользоваться геометрической интерпретацией пути (перемещения) для случая прямолинейного движения. Напомним, что в случае равномерного прямолинейного движения тела со скоростью  $v_1$  за время  $t_1$  тело пройдёт путь  $s = v_1 t_1$ . Если подсчитать площадь заштрихованного прямоугольника, то получится  $S = v_1 t_1$ , то есть площадь фигуры под графиком зависимости скорости от времени численно равна искомому пути. В физике строго показано, что этот приём можно распространить на все случаи прямолинейного движения, важно, чтобы в нашем распоряжении был график зависимости  $v_x(t)$ .



Как на графике выделить фигуру? На оси времени нужно найти моменты времени, в промежутке между которыми требуется найти пройденный путь, восстановить в них перпендикуляры до пересечения с графиком скорости, и получим искомую фигуру. Площадь фигуры рассчитываем по геометрическим формулам: площадь прямоугольника мы уже рассчитали, площадь прямоугольного треугольника равна половине произведения его катетов (при этом один из катетов равен промежутку времени, а другой — скорости), и т. п. Попробуйте установить правильность утверждения 2 из списка утверждений к заданию. Для наглядности нанесите штриховку на соответствующие фигуры.

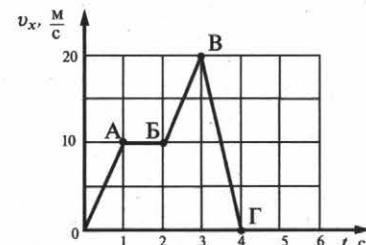
Теперь напомним правила определения знака проекций скорости и ускорения по графику и уточним интерпретацию (смысл) знаков. Со скоростью всё просто, ведь по вертикальной оси на графике отложена проекция скорости. Если линия графика скорости расположена над осью времени, то проекция скорости положительная. Это означает, что движение тела происходит в положительном направлении координатной оси (тело движется в направлении оси  $0x$ ). Даже если скорость уменьшается, тело движется в направлении оси. Если график скорости расположен под осью времени (отрицательные значения проекции скорости), то это означает, что тело движется в противоположном направлении по отношению к оси.

**Знак проекции скорости определяется по отношению к координатной оси. Знак проекции ускорения определяется по отношению к направлению скорости.** Это позволяет судить о том, что происходит с модулем скорости. Если модуль скорости увеличивается, то вектор ускорения имеет то же направление, что и вектор скорости, а проекция ускорения имеет тот же знак, что и проекция вектора скорости. Если модуль скорости уменьшается, то вектор ускорения противоположен по отношению к вектору скорости. В этом случае знак проекции вектора ускорения противоположен знаку проекции вектора скорости.

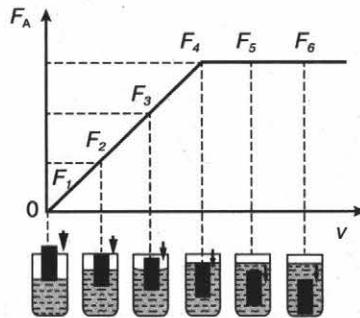
**Пример 22.** Тело массой 2 кг движется вдоль оси  $Ox$ . На рисунке представлен график зависимости проекции скорости  $v_x$  этого тела от времени  $t$ .

Используя график, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) На участках 0A и БВ на тело действовала одинаковая по модулю и по направлению равнодействующая сила.
- 2) На участке АБ тело двигалось со скоростью, равной по модулю 1 м/с.
- 3) На участке ВГ ускорение тела равно по модулю 10 м/с<sup>2</sup>.
- 4) Модуль равнодействующей силы на участке ВГ равен 40 Н.
- 5) На участке БВ тело двигалось с ускорением, равным по модулю 2 м/с<sup>2</sup>.



**Пример 23.** Ученник провёл эксперимент по изучению выталкивающей силы, действующей на тело по мере погружения тела в жидкость. На рисунке представлен график зависимости силы Архимеда от объёма погруженной в жидкость части тела (цилиндра).



Из предложенного перечня выберите **два** утверждения, соответствующие проведённым опытам. Укажите их номера.

В этом задании на осях нанесены числовые значения проекции скорости и времени в выбранном масштабе, поэтому в утверждениях используются числовые значения величин. Значения проекции скорости и времени можно определить, пользуясь обычными правилами. В этом случае можно также провести расчёты ускорения и равнодействующей силы. Для этого необходимо воспользоваться формулой для определения ускорения. Для расчёта равнодействующей силы необходимо будет применить второй закон Ньютона, предварительно рассчитав ускорение, с которым двигалось тела в заданном промежутке времени.

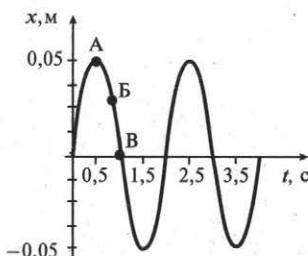
В некоторых случаях, прежде чем проводить вычисления, полезно проверить, является ли движение тела ускоренным, потому что только в этом случае равнодействующая сила обязательно отлична от нуля.

В этом задании график зависимости силы Архимеда от объёма погруженной в жидкость части тела проиллюстрирован рисунком. Выделенные на графике экспериментальные точки были получены в конкретных ситуациях, изображённых на рисунке и пронумерованных по числу проведённых опытов и измерений.

Когда в задании рассматривается конкретное исследование (изучение), важно уяснить, какие характеристики объектов изменялись в ходе опытов, а какие оставались неизменными. В нашем случае **не менялись**: жидкость в сосуде (и следовательно, её плотность); материал цилиндра (и, следовательно, его плотность). Это означает, что в описанном исследовании не могли устанавливаться зависимости архimedовой силы от плотности жидкости и от плотности вещества цилиндра. Поэтому все утверждения, в которых фигурируют словосочетания «от плотности жидкости» и «материал» или «плотность вещества, из которого изготовлен цилиндр», должны быть исключены как **не соответствующие приведённым опытам**. Вопрос

- 1) Выталкивающая сила зависит от плотности жидкости.
- 2) Выталкивающая сила не зависит от материала, из которого изготовлен цилиндр.
- 3) Выталкивающая сила увеличивается при увеличении объёма погруженной части тела.
- 4) По мере погружения выталкивающая сила прямо пропорциональна объёму погруженной части тела.
- 5) Выталкивающая сила прямо пропорциональна плотности вещества, из которого изготовлен цилиндр.

**Пример 24.** На рисунке представлен график гармонических колебаний математического маятника.



Используя данные графика, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

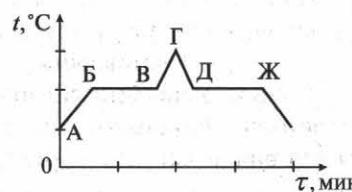
- 1) В начальный момент времени кинетическая энергия маятника равна нулю.
- 2) Частота колебаний маятника равна 0,5 Гц.
- 3) При переходе из состояния, соответствующего точке А, в состояние, соответствующее точке Б, потенциальная энергия маятника уменьшается.
- 4) Амплитуда колебаний маятника равна 0,1 м.
- 5) Точка В соответствует максимальному смещению маятника из положения равновесия.

о правильности или ложности этих утверждений в задании не обсуждается.

Словосочетание «график гармонических колебаний» не поможет выполнить задание правильно: обязательно, как всегда при работе с графиком, выясните, какие величины отложены по осям. В данном случае по вертикальной оси отложено смещение тела из положения равновесия (или координата), а по горизонтальной — время.

Форма кривой отражает суть гармонических колебаний: периодичность (состояние системы полностью повторяется через некоторый промежуток времени — период колебаний) и неизменность максимального смещения тела из положения равновесия (в случае отсутствия потерь энергии — незатухающие колебания) — амплитуды колебания. Именно эти параметры гармонического колебания — амплитуду и период — можно определить по этому графику. Частоту можно рассчитать по периоду колебаний. А можно ли по этому графику сориентироваться в отношении скорости (и кинетической энергии)? Конечно можно, ведь в положении с максимальным смещением происходит изменение направления движения. Значит, тело должно в этом положении «на мгновение» остановиться: в точках с максимальным смещением скорость (а значит, импульс и кинетическая энергия) равна нулю. Тогда нетрудно догадаться, что при движении к положению равновесия скорость тела возрастает, а при движении от него — уменьшается.

**Пример 25.** На рисунке представлен график зависимости температуры  $t$  от времени  $\tau$  при непрерывном нагревании и последующем непрерывном охлаждении вещества, первоначально находящегося в твёрдом состоянии.



Используя данные графика, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Участок БВ графика соответствует процессу плавления вещества.
- 2) Участок ГД графика соответствует охлаждению вещества в твёрдом состоянии.
- 3) В процессе перехода вещества из состояния А в состояние Б внутренняя энергия вещества не изменяется.
- 4) В состоянии, соответствующем точке Е на графике, вещество находится целиком в жидком состоянии.
- 5) В процессе перехода вещества из состояния Д в состояние Ж внутренняя энергия вещества уменьшается.

К такому графику вы много раз обращались на уроках физики при изучении тепловых явлений. В этом задании по вертикальной оси отложена температура в  $^{\circ}\text{C}$ ; по горизонтальной — время в минутах. Но в тексте задания читаем: «при непрерывном нагревании и последующем непрерывном охлаждении вещества, первоначально находящегося в твёрдом состоянии».

Это означает, что температура тела (вещества) увеличивается от  $t_A$  до  $t_G$ , пока веществу **передают** теплоту, а затем теплоту **отводят** от него, и температура уменьшается.

На графике есть горизонтальные участки — на них температура остаётся постоянной, хотя теплоту передают телу (участок БВ) или отводят (участок ДЖ) от него. Это означает, что в процессе эксперимента происходят **агрегатные превращения** вещества. Какие? В тексте задания сказано: «вещество, первоначально находящееся в твёрдом состоянии». Значит,  $t_B$  — это температура плавления данного вещества, и при такой же температуре  $t_D = t_B$  происходит отвердевание (кристаллизация) этого вещества.

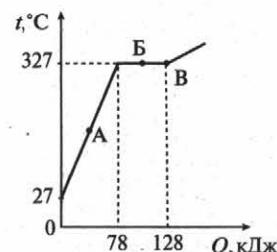
При выборе утверждений полезно помнить, что, если тело получает теплоту, его внутренняя энергия возрастает; если отдаёт, то внутренняя энергия уменьшается.

**Важное замечание:** агрегатные превращения происходят при соответствующей температуре (горизонтальный участок графика), пока тело получает или отдаёт теплоту, то есть не мгновенно, а через некоторое время. Поэтому граничные точки горизонтального участка соответствуют двум разным состояниям, например: всё вещество в твёрдом состоянии при температуре плавления и всё вещество в жидком состоянии при температуре плавления. В промежуточных точках часть вещества находится в твёрдом состоянии, а другая — уже в жидком.

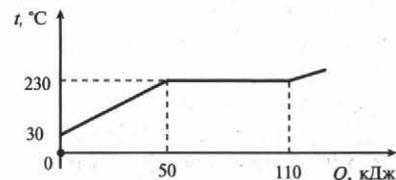
**Пример 26.** На рисунке представлен график зависимости температуры от полученного количества теплоты для слитка свинца.

Используя график, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) На процесс плавления свинца при температуре плавления было затрачено 50 кДж энергии.
- 2) Масса свинца равна 1 кг.
- 3) В точке А свинец находится частично в жидком, частично в твёрдом состоянии.
- 4) При переходе из состояния, соответствующего точке Б на графике, в состояние, соответствующее точке В, температура свинца увеличивается.
- 5) Точка В соответствует окончанию процесса плавления.



**Пример 27.** На рисунке представлен график зависимости температуры некоторого вещества массой 1 кг от полученного количества теплоты.



Используя данные графика, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) При температуре 30 °C вещество могло находиться в любом агрегатном состоянии: твёрдом, жидком, газообразном.
- 2) При температуре 230 °C вещество могло либо плавиться, либо кипеть.

По вертикальной оси отложена температура тела (вещества) в °C, по горизонтальной — количество теплоты, переданное телу, в кДж.

Воспользуйтесь справочными сведениями, и вы сразу получите подсказку: температура 327 °C — это температура плавления свинца. Значит, из графика следует:

- a) начальная температура слитка 27 °C;
- б) слиток нагревали (температура увеличивается!) до температуры плавления;
- в) на нагревание затратили 78 кДж;
- г) затем, хотя тепло продолжали передавать, температура оставалась постоянной — процесс плавления;
- д) на процесс плавления затратили  $128 - 78 = 50$  (кДж) теплоты;
- е) далее продолжали нагревать расплавленный свинец.

Теперь, когда информация из графика извлечена, можно выбирать верные утверждения.

График зависимости температуры тела (вещества) от переданного ему количества теплоты имеет горизонтальный участок, следовательно, в рассматриваемом процессе происходит агрегатное превращение этого вещества (плавление или кипение).

Однако в тексте задания не приведено название конкретного вещества: «некоторое вещество». Это означает, что нам неизвестны (мы не можем их найти в справочных таблицах) температуры плавления и кипения этого вещества, поэтому при выборе верных утверждений этот факт нельзя упустить из виду.

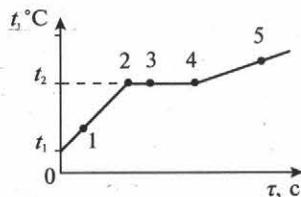
Для расчётов удельной теплоёмкости вещества следует воспользоваться формулой  $Q = cmt^{\circ}$ . Масса вещества указана в условии, количество теплоты и соответствующее ему изменение температуры нужно извлечь из графика.

- 3) Если считать, что вещество находилось изначально в твёрдом состоянии, то удельная теплоёмкость вещества в твёрдом состоянии равна  $250 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ .
- 4) Если считать, что тело изначально находилось в жидком состоянии, то при температуре  $230^\circ\text{C}$  вещество начинает кристаллизоваться.
- 5) При температуре выше  $230^\circ\text{C}$  вещество может находиться только в газообразном состоянии.

**Пример 28.** На рисунке представлен график зависимости температуры  $t$  от времени  $t$ , полученный при равномерном нагревании вещества нагревателем постоянной мощности. Первоначально вещество находилось в твёрдом состоянии.

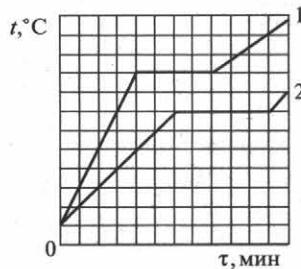
Используя данные графика, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Точка 2 на графике соответствует жидкому состоянию вещества.
- 2) Внутренняя энергия вещества при переходе из состояния 3 в состояние 4 увеличивается.
- 3) Удельная теплоёмкость вещества в твёрдом состоянии равна удельной теплоёмкости этого вещества в жидком состоянии.
- 4) Испарение вещества происходит только в состояниях, соответствующих горизонтальному участку графика.
- 5) Температура  $t_2$  равна температуре плавления данного вещества.



В этом задании по горизонтальной оси отложено время проведения опыта и указано, что в ходе опыта теплота передавалась некоторому веществу от «нагревателя постоянной мощности». Это означает, что каждую секунду телу передавалось одно и то же количество теплоты (если вы вспомните определение мощности, то сможете записать формулу:  $Q = Pt$ ). Так что смело можно рядом с горизонтальной осью поставить вместо времени количество теплоты и проводить рассуждения точно так же, как в предыдущих заданиях.

**Пример 29.** Два вещества одинаковой массы, первоначально находившиеся в твёрдом состоянии при температуре  $20^\circ\text{C}$ , равномерно нагревают на плитках одинаковой мощности в сосудах с пренебрежимо малой теплоёмкостью. На рисунке представлены экспериментально полученные графики зависимости температуры от времени нагревания.



Здесь, как и в предыдущем случае, можно заменить время на количество теплоты, так как при проведении эксперимента использовались плитки одинаковой и постоянной мощности («равномерно нагревают»). Значит, можно считать, что по горизонтальной оси отложено количество теплоты.

Нагревание проводится «в сосудах с пренебрежимо малой теплоёмкостью» — это означает, что потерями теплоты на нагревание сосудов можно пренебречь, то есть считать, что потерь энергии не происходит.

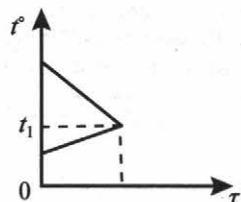
Из предложенного перечня выберите **два** утверждения, соответствующие экспериментальным наблюдениям. Укажите их номера.

- 1) Удельная теплоёмкость первого вещества в твёрдом состоянии больше удельной теплоёмкости второго вещества в твёрдом состоянии.
- 2) Температура плавления первого вещества равна  $180^{\circ}\text{C}$ .
- 3) В процессе нагревания оба вещества расплавились.
- 4) Удельная теплота плавления первого вещества больше удельной теплоты плавления второго вещества.
- 5) За время проведения эксперимента первое вещество получило большее количество теплоты.

**Пример 30.** Смешали холодную и горячую воду. На рисунке приведён график зависимости температуры  $t^{\circ}$  воды от времени  $\tau$ .

Из предложенного перечня утверждений выберите **два** правильных. Укажите их номера.

- 1) Количество теплоты, отданное горячей водой, больше количества теплоты, полученного холодной водой.
- 2) Масса холодной воды больше массы горячей воды.
- 3) Изменение температуры холодной воды больше, чем изменение температуры горячей воды.
- 4) Температура  $t_1$  соответствует состоянию теплового равновесия.
- 5) Удельная теплоёмкость горячей воды больше, чем холодной.



О телах (веществах) известно, что их **массы одинаковы и первоначально оба они находились в твёрдом состоянии**.

Так как массы тел равны, то различия в графиках определяются только **тепловыми характеристиками** веществ (удельной теплоёмкостью и удельной теплотой плавления). Особенность графика — наличие масштабной сетки, причём масштаб по оси температуры задан в условии: начальная температура обоих тел  $20^{\circ}\text{C}$ .

В таких случаях полезно взглянуть на утверждения и, если в них присутствуют указания на значения величин, заранее расставить на осях числовые значения.

Теперь можно выбирать верные утверждения.

Ситуация, описанная в задании, знакома каждому, а вот графики нужно прокомментировать. Дело в том, что в реальном процессе, как только смешали горячую и холодную воду, невозможно измерять температуру «бывшей горячей воды» и «бывшей холодной воды». Поэтому подобный график строится по трём точкам: начальным температурам порций воды и температуре, установившейся в результате теплообмена.

Полезно для наглядности подписать графики, учитывая, что массы воды в тексте не указаны. На рисунке отметим массы горячей и холодной воды соответственно  $m_r$  и  $m_x$ .



Учтём, что теплообмен с окружающей средой пренебрежимо мал. Из этого следует, что количество теплоты, отданное горячей водой, было целиком получено холодной.

Кроме того, в процессе участвует одно и то же вещество — вода, следовательно, удельная теплоёмкость у обеих порций воды одинакова. Таким образом, различия в ходе графиков обусловлены только различием в массах порций. А какие различия в ходе графиков вы можете отметить? Разные изменения температуры! Отметим их на рисунке. Видно, что изменение температуры горячей воды больше, чем модуль изменения температуры холодной, значит, масса горячей воды меньше массы холодной. Это можно подтвердить и формулами:

$$Q_r = cm_r \Delta t_r;$$

$$Q_x = cm_x \Delta t_x;$$

$$Q_r = |Q_x|;$$

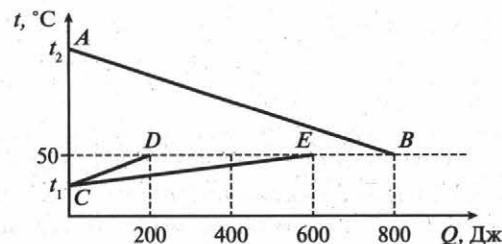
$$cm_r \Delta t_r = cm_x |\Delta t_x|;$$

$$m_r \Delta t_r = m_x |\Delta t_x|;$$

$$m_r < m_x.$$

Теперь нетрудно выбрать верные утверждения.

**Пример 31.** На рисунке графически изображён процесс теплообмена для случая, когда нагретый до  $t_2$  °С металлический брускок опускают в медный калориметр, содержащий воду при температуре  $t_1$ .



Используя рисунок, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

В этом задании рассматривается теплообмен между тремя телами (веществами). Важно правильно интерпретировать информацию из графика!

В конце процесса все тела пришли в состояние теплового равновесия, то есть имеют одинаковую температуру. Чему она равна? (Правило простое: для каждого тела нужно увидеть на оси температур «что было» и «что стало» и сравнить то, «что стало».)

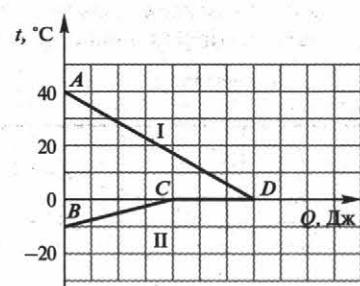
Теперь нужно подписать графики словами «вода», «калориметр» и «брюсок». У какого тела начальная температура была самая высокая, а у каких — одинаковая?

Теперь по горизонтальной оси найдите и запишите в явном виде следующее: количество теплоты, отданное бруском (800 Дж); количество теплоты, полученное калориметром (200 Дж); количество теплоты, полученное водой (600 Дж). Не ошиблись?

Теперь можно выбирать верные утверждения.

- 1) В результате теплообмена установилась температура, равная  $50^{\circ}\text{C}$ .
- 2) Точка  $E$  на графике соответствует окончанию процесса нагревания калориметра.
- 3) Температура воды изменилась на большую величину, чем температура калориметра.
- 4) На нагревание воды и калориметра вместе потребовалось  $800 \text{ Дж}$  энергии.
- 5) Точка  $D$  на графике соответствует окончанию процесса нагревания воды.

**Пример 32.** На рисунке графически изображён процесс теплообмена для случая, когда в нагретую до  $40^{\circ}\text{C}$  жидкость опускают кусок льда такой же массы. Потерями энергии при теплообмене можно пренебречь.



Используя рисунок, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Процессы нагревания и плавления льда идут с выделением энергии.
- 2) Внутренняя энергия льда при переходе из состояния  $C$  в состояние  $D$  увеличивается.
- 3) Внутренняя энергия воды при переходе из состояния  $A$  в состояние  $D$  уменьшается.
- 4) Внутренняя энергия льда при переходе из состояния  $C$  в состояние  $D$  уменьшается.
- 5) Вся энергия, выделившаяся при охлаждении воды, пошла на нагревание льда.

И **ещё одно** задание на теплообмен, но теперь с учётом агрегатного превращения. Сразу сделайте дополнительные подписи и обозначения на графике!

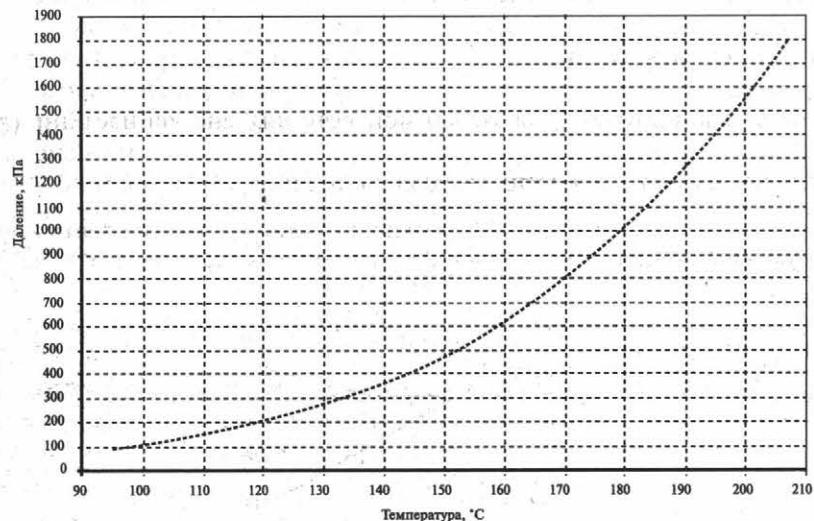
Ключевые слова: «Потерями энергии при теплообмене можно пренебречь». Что отсюда следует? (Всю теплоту, которую отдала жидкость, получил лёд.) «Масса жидкости равна массе льда» — этот факт важен только в случае утверждений, которые содержат количественные оценки.

Какие процессы происходят со льдом? (Нагревание льда от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$ , плавление льда.) Здесь отметим, что вопрос о том, весь ли лёд растаял, остаётся открытым. Ответ на него требует специальных расчётов.

Какие процессы происходят с жидкостью? (Охлаждение от  $40^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$ .) Замерзает ли вода? Нет!

Теперь можно выбирать верные утверждения.

**Пример 33.** На графике приведены экспериментальные данные зависимости температуры кипения воды от давления воздуха над её поверхностью.



Из предложенного перечня выберите **два** утверждения, соответствующие данным графика. Укажите их номера.

- 1) Температура кипения увеличивается с увеличением внешнего давления.
- 2) При нормальном атмосферном давлении температура кипения воды равна 100 °C.
- 3) Температура кипения прямо пропорциональна внешнему давлению.
- 4) При увеличении внешнего давления в 8 раз по сравнению с нормальным атмосферным температура кипения увеличивается на 170 °C.
- 5) Температура кипения зависит от наличия примесей в воде.

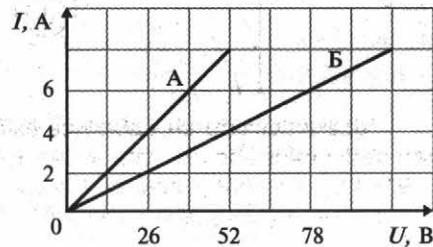
Для выполнения этого задания необходимо просто правильно считывать информацию из графика, последовательно читая утверждения.

По вертикальной оси отложено (внешнее) давление воздуха над поверхностью воды в кПа, а по горизонтальной — температура кипения воды в °C.

В справочных материалах найдите (или уточните) сведения о величине нормального атмосферного давления (100 кПа) и о температуре кипения воды при нормальном атмосферном давлении.

Не поддавайтесь на провокацию: оперируйте только сведениями из графика и справочных материалов, несмотря на то что температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении, скорее всего, вам хорошо известна!

**Пример 34.** На рисунке приведены графики зависимости силы тока в медных проволоках одинаковой площади поперечного сечения от напряжения на их концах.



Используя рисунок, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

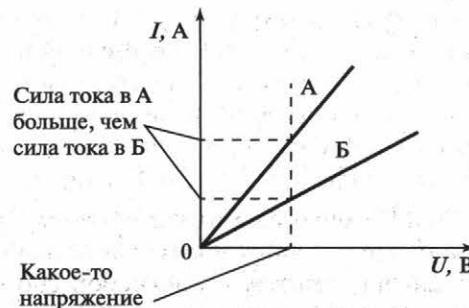
- 1) Сопротивление проволоки А равно 104 Ом.
- 2) Сопротивление проволоки Б равно 52 Ом.
- 3) Длина проволоки Б больше длины проволоки А.
- 4) Длина проволоки А больше длины проволоки Б.
- 5) Удельное сопротивление проволоки А равно удельному сопротивлению проволоки Б.

Это задание проверяет ваши знания по другой теме — «Постоянный ток», но умение извлекать информацию из графика и интерпретировать её — это умение универсальное. Поэтому вам придётся проводить те же операции, что и ранее при выполнении заданий по механике и теплоте. Начнём с объектов (они описаны в тексте задания). Это две проволоки, у которых одинаковые: а) площади поперечного сечения и б) материал (вещество) — они медные. А что разное? Делаем разумные предположения: разной может быть длина, тогда обязательно разными будут масса и электрическое сопротивление. Заметим, что в случае, когда вы затрудняетесь выбрать отличия, бегло просмотрите (пока речь не идёт о выборе утверждения!) варианты утверждений. Отмечайте только ключевые слова: в двух утверждениях речь идёт о сопротивлении проволок, в двух других — о длине проволок и в последнем — об удельном сопротивлении проволок, а точнее, вещества, из которого они сделаны. Ещё раз напомним: название величин, содержащее слово «удельная», как правило, относится к веществу. Но обе проволоки — медные, значит, после внимательного прочтения утверждения 5 мы убеждаемся, что оно верное. Остаётся найти ещё одно верное.

Для этого нужно обратиться к графику. Если знаете науки, действуйте: по графикам можно найти сопротивления проводников **по определению**, разделив напряжение на соответствующее значение силы тока:  $R = U/I$ . Например, при напряжении 26 В в проводнике А возникает сила тока 4 А ( $26 \text{ В} : 4 \text{ А} = 6,5 \text{ Ом}$ ), а в проводнике Б — сила тока при таком же напряжении равна 2 А ( $26 \text{ В} : 2 \text{ А} = 13 \text{ Ом}$ ). Эти расчёты позволят отбросить неверные утверждения. Но самое главное — это вывод о том, что сопротивления разные, а причина этого различия — разная длина проводников. Значит, верное утверждение нужно искать в утверждениях о длине проводников. У какого же проводника длина больше? Снова нужно точное знание: чем длина проводника больше (при прочих

равных условиях), тем больше сопротивление ( $R = \rho \cdot \ell / S$ ). А у какого проводника сопротивление больше? Мы это уже нашли, значит, можем выбрать и верное утверждение в отношении длины.

Если вы сомневаетесь в своих знаниях, воспользуйтесь ассоциациями. Слово «сопротивление» ведь выбрано тоже ассоциативно: большое сопротивление, значит «току сложно его преодолевать», он «слабый, маленький».



Действуйте: находите на графике какое-то (любое!) значение напряжения, затем соответствующие ему значения силы тока (по точкам пересечения вертикальной линии с графиками  $A$  и  $Б$ ). На оси (даже без чисел!) видно, в каком проводнике сила тока больше. Большая сила тока — маленькое сопротивление. (При прочих равных условиях! Каких? Помните? Это важно.)

**Пример 35.** Две катушки надеты на железный сердечник (см. рисунок 1). Через первую катушку протекает электрический ток (график зависимости силы тока от времени представлен на рисунке 2). Вторая катушка замкнута на гальванометр.

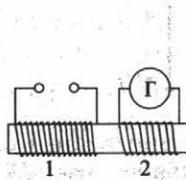


Рис. 1

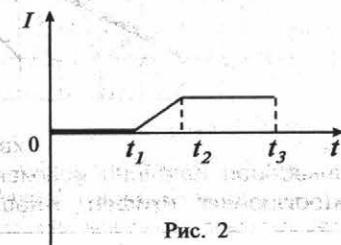


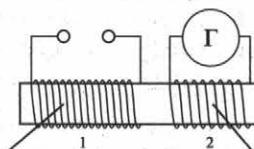
Рис. 2

В этом задании график позволяет определить, в какие промежутки времени выполняются условия наблюдения явления электромагнитной индукции.

Сначала внимательно рассмотрите рисунок. Удобно сделать дополнительные записи на рисунке. Заметьте, пока делаете записи, спадает психологическое напряжение, вы успокаиваетесь. Кроме того, ваш мозг отыскивает аналогии, которые помогут найти подходы к выполнению задания.

Используя текст и рисунки, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Заряд, прошедший через первую катушку в интервале времени от  $t_1$  до  $t_2$ , равен нулю.
- 2) Индукционный ток, возникающий в катушке 2 в интервале времени от  $t_1$  до  $t_2$ , имеет наибольшее значение.
- 3) В течение всего времени наблюдения (от 0 до  $t_3$ ) в катушке 1 отсутствует магнитное поле.
- 4) В интервале времени от  $t_2$  до  $t_3$  магнитное поле в катушках не меняется.
- 5) В течение всего времени наблюдения (от 0 до  $t_3$ ) в катушке 2 протекает индукционный ток.



В этой катушке течёт ток.  
График тока для этой катушки

В этой катушке может  
появиться индукционный ток

Теперь можно выстраивать логические цепочки.

1. Ток есть  $\rightarrow$  есть магнитное поле  $\rightarrow$  сердечник  $\rightarrow$  поле пронизывает витки обеих катушек.
2. Ток не меняется  $\rightarrow$  магнитное поле постоянное  $\rightarrow$  индукционного тока нет.
3. Ток изменяется  $\rightarrow$  магнитное поле переменное (изменяется)  $\rightarrow$  индукционный ток есть.

Только теперь начинаем изучать график: выделите участки графика, на которых тока нет, ток не меняется (постоянный), ток изменяется. Можно это подписать на графике — думать легче, когда руки работают!

Теперь можно выбирать верные утверждения.

Рассмотрим задания с множественным выбором, в которых текстовая информация дополнена сведениями, представленными в виде таблицы. Заметим, что таблицы могут содержать сведения, относящиеся как к одному разделу школьного курса физики, так и к нескольким.

**Пример 36.** В таблице приведены значения скорости движения в живой природе.

Живое существо	Скорость	Живое существо	Скорость	Живое существо	Скорость
Акула	8,3 м/с	Жираф	54 км/ч	Лисица	36 км/ч
Ворона	15 м/с	Жук	11 км/ч	Слон	40 км/ч
Дельфин	70 км/ч	Кит	10 м/с	Скворец	21 м/с

Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и запишите их номера.

Это задание — пример самого простого и очевидного задания, в котором необходимо попарно сравнить между собой скорости движения объектов из приведённого списка. Для сравнения необходимо выразить все значения скоростей в одинаковых единицах. Какая-то общая стратегия в таких случаях не работает: каждый должен сам решить, что ему проще — переводить м/с в км/ч или наоборот. Впрочем, в данном конкретном случае можно обойтись без специальных вычислений. Например, можно (если вы не помните значения) перевести в км/ч скорость, скажем, 5 м/с: 5 м за 1 с,  $(5 \cdot 3600 = 18000)$  м за 1 ч или 18 км/ч. Тогда можно записать  $5 \text{ м/с} = 18 \text{ км/ч}$ ;  $10 \text{ м/с} = 36 \text{ км/ч}$ ;

- 1) Скорость кита равна скорости лисицы.
- 2) Скорость акулы меньше скорости жука.
- 3) Скорость дельфина больше скорости скворца.
- 4) Скорость вороны больше скорости слона.
- 5) Скорость жирафа больше скорости вороны.

$15 \text{ м/с} = 54 \text{ км/ч}$ ;  $20 \text{ м/с} = 72 \text{ км/ч}$  и провести «прикидку». Например, в утверждении 2 у акулы скорость  $8,3 \text{ м/с}$ , это больше  $18 \text{ км/ч}$ ; а у жука — только  $11 \text{ км/ч}$ . Ответ очевиден. У скворца скорость  $21 \text{ м/с}$ . Это больше  $72 \text{ км/ч}$ , а у дельфина — только  $70 \text{ км/ч}$ . Тоже очевидно. Далее проведите сравнение самостоятельно и выберите верные утверждения.

**Пример 37.** В таблице приведены экспериментальные данные зависимости температуры кипения раствора этилового спирта в воде от внешнего давления.

Давление, мм рт. ст.	Температура кипения, °С
100	34,2
150	42,0
200	47,8
400	62,8
760	78,2
1100	87,8
1450	95,3

Из предложенного перечня выберите **два** утверждения, соответствующие данным таблицы. Укажите их номера.

- 1) Температура кипения зависит от внешнего давления.
- 2) Температура кипения раствора не зависит от его химического состава.
- 3) Температура кипения обратно пропорциональна внешнему давлению.
- 4) При нормальном атмосферном давлении температура кипения раствора больше температуры кипения воды.
- 5) При нормальном атмосферном давлении температура кипения раствора равна  $78,2^\circ\text{C}$ .

В таблице к этому заданию приведены результаты эксперимента: в левом столбце таблицы — давление воздуха (синонимы из утверждений: внешнее, атмосферное давление) в мм. рт. ст., а в правом — температура кипения раствора этилового спирта в воде. В тексте задания также сообщается, что в исследовании изучали свойства только одной жидкости: раствора этилового спирта в воде.

В таких случаях полезно обратить внимание на следующий факт: в процессе эксперимента давление воздуха увеличивалось. Естественно заметить, что и температура кипения жидкости не оставалась постоянной, а тоже возрасала. То есть температура кипения зависит от внешнего давления, причём увеличение давления приводит к увеличению температуры кипения.

Обратите внимание: в нашем утверждении нет упоминания о **виде зависимости**. Если увеличение одной величины приводит к увеличению другой, это не означает, что зависимость прямо пропорциональная, как и в случае, если при увеличении одной величины другая уменьшается, нельзя утверждать, что эта зависимость обратно пропорциональная. Определение вида зависимости (если это предполагается в утверждениях) определяется на основании дополнительного анализа данных (нахождение коэффициента пропорциональности, построение графика зависимости и т. п.).

Иногда в утверждениях могут фигурировать некоторые сведения, которые требуют обращения к справочным материалам. Например, вы можете забыть значение «нормального атмосферного давления» или значение температуры

**Пример 38.** Ниже приведена таблица удельной теплоты сгорания ( $q$ ) различных видов топлива.

Топливо	$q, \text{Дж}/\text{кг}$	Топливо	$q, \text{Дж}/\text{кг}$
Порох	$0,38 \cdot 10^7$	Древесный уголь	$3,4 \cdot 10^7$
Дрова сухие	$1,0 \cdot 10^7$	Природный газ	$4,4 \cdot 10^7$
Торф	$1,4 \cdot 10^7$	Нефть	$4,4 \cdot 10^7$
Антрацит	$3,0 \cdot 10^7$	Бензин	$4,6 \cdot 10^7$
Каменный уголь	$2,7 \cdot 10^7$	Керосин	$4,6 \cdot 10^7$
Спирт	$2,7 \cdot 10^7$	Водород	$12,0 \cdot 10^7$

Из предложенного перечня утверждений выберите **два** правильных. Укажите их номера.

- 1) Зимой воздух в деревянном доме будет нагреваться быстрее, если печь топить древесным углём, а не сухими дровами.
- 2) При полном сгорании 5 кг нефти выделится меньшее количество теплоты, чем при полном сгорании 6 кг древесного угля.
- 3) В двух одинаковых сосудах нагревали воду одинаковой массы, используя в качестве топлива в одном случае спирт, а в другом случае керосин такой же массы, что и спирт. При полном сгорании спирта температура воды будет более высокой, чем при полном сгорании керосина. (Потерями энергии на нагревание воздуха можно пренебречь.)

кипения воды (а тем более какой-то другой, менее знакомой жидкости) при нормальном атмосферном давлении. В этом случае не нужно жалеть времени — нужно обратиться к справочным материалам.

Среди утверждений может присутствовать обычная констатация факта, как, например, в пятом. В этом случае нужно найти соответствующую строку таблицы и убедиться в справедливости утверждения или в его ошибочности.

В этом задании приведена таблица справочных данных об удельной теплоте сгорания некоторых видов топлива. Значения величин расположены в порядке их возрастания. Все приведённые к заданию утверждения позволяют проверить понимание смысла термина «удельная теплота сгорания» в различных типовых ситуациях.

Поскольку речь идёт о числовых значениях этой величины по отношению к разным видам топлива, то для выбора верного утверждения в некоторых случаях придётся выполнить числовые расчёты или прикидки. Их нужно выполнять внимательно и аккуратно, так как ошибки в расчётах могут привести к неверному выводу.

Обращайте внимание на ключевые слова: «такой же массы», «потерями энергии можно пренебречь». В ряде случаев полезно допустить, что процесс происходит «при прочих равных условиях» и т. п.

Перед выбором утверждений обратите также внимание, что во всех числовых данных присутствует общий для всех сомножитель:  $10^7$  (он определяет порядок величины). Поэтому в расчётах, необходимых «для сравнения», можно оперировать только коэффициентами.

- 4) При полном сгорании 5 кг антрацита выделяется такое же количество теплоты, что и при полном сгорании 15 кг сухих дров.
- 5) Удельная теплота сгорания жидкого топлива в основном меньше, чем твёрдого.

**Пример 39.** На рисунке представлен фрагмент Периодической системы химических элементов.

79 Au Золото 197	80 Hg Ртуть 200,61	81 Tl Таллий 204,37	82 Pb Свинец 207,19	83 Bi Висмут 209	84 Po Полоний [210]	85 At Астат [210]	86 Rn Радон [222]
------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	------------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------

Используя данные рисунка, из предложенного перечня утверждений выберите **два** правильных. Укажите их номера.

- 1) Радиоактивный распад ядра свинца-187 в ядро ртути-183 сопровождается испусканием альфа-частицы.
- 2) Радиоактивный распад ядра свинца-212 в ядро висмута-212 сопровождается испусканием протона.
- 3) Ядро висмута содержит 83 протона.
- 4) Ядро ртути содержит 80 нейтронов.
- 5) Ядро золота содержит 197 нейтронов.

Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева представляет собой таблицу, каждая ячейка которой содержит информацию о конкретном химическом элементе: название и химический символ элемента, его порядковый номер в системе и относительная масса атома. Эта информация позволяет ориентироваться в вопросах строения атома и атомного ядра изотопов данного химического элемента. Покажем, как эта информация позволит выполнить задание по теме «Строение атома и атомного ядра».

В этом и аналогичных заданиях изучение фрагмента таблицы целесообразно проводить после прочтения каждого утверждения из списка.

Начнём с первого. В нём речь идёт о **радиоактивном распаде** — физическом явлении, при котором из ядра атома некоторого химического элемента самопроизвольно выбрасывается частица (обычно альфа-частица, протон, электрон и др.). В результате образуется ядро другого химического элемента. При радиоактивном распаде выполняются все фундаментальные законы природы: закон сохранения энергии, закон сохранения электрического заряда, закон сохранения массового числа и другие. Эти законы позволяют проверить, возможны ли те или иные превращения.

В утверждении фигурируют ядро свинца-187 и ядро ртути-183. Найдите клетки таблицы, в которых сообщаются сведения об этих химических элементах. Обведите (или подчеркните, выделите) порядковые номера этих элементов. Припомните, что порядковый номер, в соответствии с современными представлениями о строении атома,

## Продолжение таблицы

<p><b>Пример 40.</b> На рисунке представлена цепочка превращений радиоактивного урана-238 в стабильный свинец-206.</p> <p>Используя данные рисунка, выберите из предложенного перечня <b>два</b> верных утверждения. Укажите их номера.</p>	<p>показывает также, чему равны: а) число электронов в нейтральном атоме этого элемента; б) число протонов в его ядре; в) заряд атомного ядра.</p> <p>Числа 187 и 183 в этом утверждении указывают на:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) конкретный изотоп данного химического элемента;</li> <li>б) массовое число этого изотопа; в) общее число нуклонов (протонов и нейтронов) в составе этого ядра.</li> </ul> <p>В этом же утверждении речь идёт об альфа-частице. Альфа-частица: а) ядро атома гелия-4; б) заряд равен «+2» (порядковый номер гелия в Периодической системе элементов); в) массовое число равно 4; г) в состав входят 2 протона и 2 нейтрона.</p> <p>Этой информации достаточно, чтобы сделать выбор всех верных утверждений из приведённого списка.</p> <p>Завершим анализ первого утверждения. Ядро свинца-187 (условное обозначение <math>^{82}_{187}\text{Pb}</math>) содержит 82 протона. Если из него вылетит альфа-частица (условное обозначение), число протонов в ядре уменьшится на 2, то есть станет <math>82 - 2 = 80</math>. Посмотрите в таблицу: сколько протонов содержит ядро 80-го элемента Периодической системы, то есть ртути? Массовое число свинца-187 при вылете альфа-частицы уменьшится на 4 единицы, то есть станет равным <math>187 - 4 = 183</math>. Значит, в таком процессе образуется <math>^{80}_{183}\text{Hg}</math>. То есть утверждение 1 — верное.</p> <p>Пользуясь описанным алгоритмом, найдите второе верное утверждение из числа оставшихся.</p>
	<p>При выполнении этого задания воспользуйтесь информацией из комментария к предыдущему заданию.</p> <p>Рассмотрите внимательно рисунок к заданию. Его можно рассматривать в качестве таблицы, левый столбец которой имеет название «Вид излучения и энергия (МэВ)», средний — «Ядро» и правый — «Период полураспада». В зависимости от того, о чём идёт речь в утверждении, мы будем искать информацию в соответствующем столбце.</p>

Вид излучения и энергия (МэВ)	Ядро	Период полураспада
альфа (4,15–4,2)	Уран 238	4,47 млрд лет
бета	Торий 234	24,1 суток
бета	Протактиний 234	1,17 минуты
альфа (4,72–4,78)	Уран 234	245 000 лет
альфа (4,62–4,69)	Торий 230	8 000 лет
альфа (4,60–4,78)	Радий 226	1 600 лет
альфа (5,49)	Радон 222	3,823 суток
альфа (6,0)	Полоний 218	3,05 минуты
бета	свинец 214	26,8 минуты
бета	Висмут 214	19,7 минуты
альфа (7,69)	Полоний 214	0,000164 секунды
бета	Свинец 210	22,3 года
бета	Висмут 210	5,01 суток
альфа (5,305)	Полоний 210	138,4 суток
	Свинец 206	Стабильный

- 1) Уран-238 превращается в стабильный свинец-206 с последовательным выделением шести альфа-частиц и шести бета-частиц.
- 2) Самый малый период полураспада в представленной цепочке радиоактивных превращений имеет полоний-214.
- 3) Свинец с атомной массой 206 не подвержен самопроизвольному радиоактивному распаду.
- 4) Уран-234 в отличие от урана-238 является стабильным элементом.
- 5) Самопроизвольное превращение радия-226 в радон-222 сопровождается испусканием бета-частицы.

Сначала полезно просмотреть все утверждения и определить, при анализе которого достаточно будет воспользоваться информацией только из одного столбца. Например, утверждение 2 можно проверить, просматривая правый столбец (можно ориентироваться только по единицам измерения!) и находя в нём самый маленький период полураспада — 0,000164 с у полония-214.

Можно последовательно проверять остальные утверждения, но можно заметить среди утверждений то, которое содержит информацию из текста задания и информацию из столбца «Период полураспада», — о стабильности изотопа свинца-206.

Слово «стабильный» и означает «не подвержен самопроизвольному распаду».

**Пример 41.** В таблице указаны некоторые характеристики планет Солнечной системы. Все параметры в таблице, кроме плотности, указаны в отношении к аналогичным данным Земли.

Планета	Диаметр	Масса	Орбитальный радиус	Период обращения	Сутки	Плотность, $\text{kg/m}^3$	Спутники
<b>Планеты земной группы</b>							
Меркурий	0,382	0,06	0,38	0,241	58,6	5427	Нет
Венера	0,949	0,82	0,72	0,615	243	5243	Нет
Земля	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5515	1
Марс	0,53	0,11	1,52	1,88	1,03	3933	2
<b>Планеты-гиганты</b>							
Юпитер	11,2	318	5,20	11,86	0,414	1326	67
Сатурн	9,41	95	9,54	29,46	0,426	687	62
Уран	3,98	14,6	19,22	84,01	0,718	1270	27
Нептун	3,81	17,2	30,06	164,79	0,671	1638	13

Используя данные таблицы, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) По мере удаления от Солнца период обращения планет увеличивается.
- 2) Чем меньше плотность планеты, тем больше спутников она имеет.
- 3) Самую большую плотность из планет Солнечной системы имеет Земля.
- 4) По мере удаления от Солнца увеличивается радиус планет.
- 5) Планеты-гиганты характеризуются более длительными сутками по сравнению с планетами земной группы.

В этом задании приведена таблица, содержащая большое количество разнообразных сведений, поэтому может возникнуть иллюзия, что задание «очень сложное» и «лучше его пропустить и не тратить попусту время». Однако не спешите. Выработаем алгоритм работы с подобными таблицами.

Во-первых, обратим внимание, что в столбцах приведены физические величины, но во всех случаях, кроме одного (плотность), не указаны единицы измерения. Это означает, что в этом конкретном случае для измерения величин выбраны **условные единицы**. Теперь пробегите глазами список утверждений. Есть в утверждениях числовые данные? Нет, значит, считать не придётся, а какое число в столбике самое большое или маленькое, и так понятно!

Во-вторых, маловероятно, что придётся сравнивать информацию из нескольких столбцов одновременно. Поэтому при выполнении задания нужно чётко понимать, информацию из каких столбцов нужно интерпретировать. Чтобы не держать в голове лишние сведения, сразу выделяйте те столбцы, с которыми работаете.

В-третьих, важно чётко понимать смысл величин, вынесенных в заголовки столбцов. Скорее всего, вы не затруднитесь с понятиями диаметр, масса, плотность (планеты) и спутники (наличие и число). А вот «орбитальный радиус» — это радиус орбиты, то есть расстояние от Солнца до соответствующей планеты. «Период обращения» и «сутки»: по аналогии с привычными «сутками на Земле». Следует понимать, что сведения из столбца «Сутки» относятся к вращению планеты вокруг своей собственной оси, тогда термин «Период обращения» относится к обращению планеты вокруг Солнца, то есть аналогичен году на Земле.

Теперь нетрудно сделать правильный выбор, читая внимательно каждое из утверждений по очереди.

Ещё одно замечание. Если утверждение предполагает выявление зависимости, то среди приведённых сведений важно

**Пример 42.** В справочнике физических свойств различных материалов представлена следующая таблица.

Вещество	Плотность в твёрдом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	Удельная теплота плавления, кДж/кг
Алюминий	2700	380
Олово	7300	59
Железо (сталь)	7800	82
Медь	8900	180
Серебро	10 500	87
Свинец	11 300	25

Используя данные таблицы, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Удельная теплота плавления вещества прямо пропорциональна его плотности в твёрдом состоянии.
- 2) Для плавления 1 кг меди требуется большее количество теплоты, чем для плавления 1 кг свинца. Вещества предварительно нагреты до их температур плавления.
- 3) Количество теплоты, необходимое для плавления бруска алюминия объёмом 1 м<sup>3</sup>, больше количества теплоты, необходимого для плавления бруска свинца объёмом 1 м<sup>3</sup>. Вещества предварительно нагреты до их температур плавления.
- 4) Для плавления двух сплошных тел одинакового объёма, изготовленных из железа и серебра, потребуется одинаковое количество теплоты. Вещества предварительно нагреты до их температур плавления.
- 5) При равных объёмах железный бруск будет иметь большую массу по сравнению с медным бруском.

найти хотя бы одно противоречие: если есть противоречие, закономерность уже нарушена. Значит, просматриваем сведения до первого противоречия и экономим время.

В этом задании приведены сведения, взятые из справочных таблиц. Это значения плотности и удельной теплоты плавления некоторых веществ. В этом задании проверяется понимание физического смысла этих величин и умение применять их в стандартных ситуациях. Поэтому при выполнении задания необходимо проверять каждое утверждение.

Сначала вспомним физический смысл характеристик вещества. Плотность — масса 1 м<sup>3</sup> вещества. Удельная теплота плавления: а) количество теплоты, необходимое для плавления 1 кг вещества, б) взятого при температуре плавления.

Затем полезно быстро просмотреть все утверждения и выделить группы утверждений по ключевым словам. Две группы сведений — два ключевых понятия: «плотность» и «плавление». Заметим, что в первых четырёх утверждениях фигурирует слово «плавление», а в пятом — ключевое слово «масса», в связке — «плотность». Это значит, что это утверждение сразу можно будет классифицировать: верное или неверное. Чтобы сделать правильное заключение, выделим в утверждении 5 инварианты (одинаковые значения какого-то свойства) — «равные объёмы». Тогда по определению плотности масса больше у того тела, у которого плотность вещества больше: 7800 кг/м<sup>3</sup> < 8900 кг/м<sup>3</sup>, значит, утверждение неверное, вычеркните его!

Теперь обратимся к оставшимся утверждениям.

Утверждение 1 следует вычеркнуть, так как прямо пропорциональная зависимость двух величин предполагает: если одна увеличивается, то другая увеличивается во столько же раз. Здесь уже для первой пары веществ увеличение плотности сопровождается уменьшением удельной теплоты плавления.

Справедливость утверждения 2 устанавливается на основании физического смысла удельной теплоты плавления (условие — при температуре плавления — выполняется).

			Остались утверждения 3 и 4, причём одно из них с необходимостью верное. Какое? Обратите внимание: в обоих утверждениях сравниваются количества теплоты, необходимые для плавления при температурах плавления <b>одинаковых по объёму</b> сплошных тел. Формально необходимо выполнить одинаковые по сути вычисления. И это можно сделать, но не спешите. Внимательно рассмотрите значения табличных величин для рассматриваемых пар вещества. Что заметили? Обратите внимание (утверждение 4): удельная теплота плавления серебра и железа различается очень незначительно, а плотности — существенно, у железа значительно меньше, чем у серебра. Следовательно, и без вычислений можно утверждать, что для плавления некоторой массы железа потребуется меньше теплоты, чем для плавления такой же массы серебра. И без вычислений можно отбросить утверждение как неверное. При наличии времени можно провести вычисления и убедиться, что утверждение 3 верное.
--	--	--	---

**Пример 43.** В справочнике физических свойств различных материалов представлена следующая таблица.

Вещество	Плотность в твёрдом состоянии, г/м <sup>3</sup>	Удельное электрическое сопротивление (при 20 °С), Ом · мм <sup>2</sup> /м
Железо	7,8	0,1
Константан (сплав)	8,8	0,5
Латунь	8,4	0,07
Никелин (сплав)	8,8	0,4
Нихром (сплав)	8,4	1,1
Серебро	10,5	0,016

Используя данные таблицы, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

Особенность этого задания состоит в том, что утверждения относятся к двум важнейшим характеристикам физических тел — их массе и электрическому сопротивлению. Обе эти характеристики тел зависят от геометрических размеров тел и соответствующих характеристик вещества, из которого эти тела изготовлены. Если вы знаете (помните, понимаете смысл понятий) формулы для их расчёта ( $m = \rho V$  и  $R = \rho_s \ell / S$ ), то их следует записать.

Каждое утверждение придётся проверять по отдельности. Важно выделять в них «ключевые слова», такие как, например, «при равных размерах».

Важно также правильно «переводить» бытовые понятия в «физические термины», например, словосочетание «самый лёгкий» в данном контексте имеет смысл «самая маленькая масса».

Не попадайтесь в ловушки: так, например, в утверждении 4 один из сравниваемых проводников действительно дол-

- При равных размерах самым лёгким окажется проводник из серебра.
- При равных размерах самое маленькое электрическое сопротивление будет иметь проводник из серебра.
- Проводники из латуни и никрома одинакового размера имеют одинаковую массу, но разные электрические сопротивления.
- Чтобы при равной длине проводник из железа имел одинаковое электрическое сопротивление с проводником из никелина, он должен иметь в четыре раза большую площадь поперечного сечения.
- При равной площади поперечного сечения проводник из константана длиной 5 м будет иметь такое же электрическое сопротивление, что и проводник из никелина длиной 4 м.

**Пример 44.** В справочнике физических свойств различных материалов представлена следующая таблица.

Вещество	Плотность в твёрдом состоянии*, г/см <sup>3</sup>	Температура плавления, °С	Удельная теплота плавления, кДж/кг
Алюминий	2,7	660	380
Медь	8,9	1083	180
Свинец	11,35	327	25
Олово	7,3	232	59
Цинк	7,1	420	120

\* Плотность расплавленного металла считать практически равной его плотности в твёрдом состоянии.

Используя данные таблицы, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения. Укажите их номера.

- Медная проволока начнёт плавиться, если её поместить в ванну с расплавленным алюминием при температуре его плавления.
- Плотность свинца почти в четыре раза меньше плотности алюминия.

жен иметь в «четыре раза большую площадь поперечного сечения». Но какой? Удельные сопротивления железа и никелина действительно отличаются в четыре раза, и для равенства сопротивлений площадь поперечного сечения железа должна быть в четыре раза **меньше** (а не больше!).

В этом задании также приведены сведения, характеризующие свойства вещества, взятые из справочных таблиц. По сравнению с предыдущим заданием добавились сведения о температуре плавления. В том случае, когда не удается выделить какие-то схожие группы утверждений, при выполнении задания необходимо проверять каждое утверждение, выбирая в нём ключевое явление и опираясь на главные признаки этого явления. При проверке справедливости утверждения полезно выстраивать логическую цепочку из фактов и вытекающих из них следствий. Приведём примеры логических цепочек для утверждений в порядке их следования. Каждая цепочка начинается с ключевого слова.

- Плавление → условия (температура плавления + приток теплоты) → расплавленный алюминий имеет температуру 660 °С → медная проволока сможет в нём нагреться до 660 °С → это ниже 1083 °С (температура плавления меди) → утверждение неверно.
- Плотность → сравнение → свинец 11,35 г/см<sup>3</sup>, алюминий 2,7 г/см<sup>3</sup> →  $2,7 \cdot 4 = 10,8 < 11,35$  → утверждение неверно.

- 3) При кристаллизации 3 кг цинка, взятого при температуре плавления, выделится такое же количество теплоты, что и при кристаллизации 2 кг меди при температуре её плавления.
- 4) Оловянный солдатик будет тонуть в расплавленном свинце.
- 5) Слиток из цинка будет плавать в расплавленном олове практически при полном погружении.

3. Кристаллизация → сколько выделяется теплоты → физический смысл удельной теплоты плавления (кристаллизации) → цинк ( $120 \cdot 3 = 360$  кДж) → медь ( $180 \cdot 2 = 360$  кДж) → **утверждение верное**.

4. Плавание тел → условия → сравнение плотностей жидкости и твёрдого тела → олово ( $7,3 \text{ г}/\text{см}^3$ ); расплавленный свинец ( $11,35 \text{ г}/\text{см}^3$ ) →  $7,3 < 11,35$  → не утонет → **утверждение неверно**.

**Осталось верное утверждение!** Но и его желательно проверить.

5. Плавание тел → условия → сравнение плотностей жидкости и твёрдого тела → цинк ( $7,1 \text{ г}/\text{см}^3$ ); расплавленное олово ( $7,3 \text{ г}/\text{см}^3$ ) →  $7,1 < 7,3$  → плавает → **утверждение верно**.

**Пример 45.** В справочнике физических свойств различных материалов представлена следующая таблица.

Вещество	Плотность в твёрдом состоянии*, г/см <sup>3</sup>	Температура плавления, °С	Удельная теплоёмкость, Дж/кг · °С	Удельная теплота плавления, кДж/кг
Алюминий	2,7	660	920	380
Медь	8,9	1083	400	180
Свинец	11,4	327	130	25
Серебро	10,5	960	230	87
Сталь	7,8	1400	500	78
Олово	7,3	232	230	59
Цинк	7,1	420	400	120

\* Плотность расплавлённого металла считать практически равной его плотности в твёрдом состоянии.

Используя данные таблицы, выберите из предложенного перечня **два верных утверждения**. Укажите их номера.

Это задание мы приводим для того, чтобы вы не пугались большого числа сведений о приведённых в списке веществах.

Опыт выполнения подобных заданий вы уже имеете, поэтому просто примените его, проверяя последовательно каждое из утверждений.

Постарайтесь следовать сформулированному выше алгоритму, ведь алгоритм рассуждения не позволяет пропустить шаг, даже если он кажется очевидным.

Напомним: анализ утверждения начинаем с выделения ключевых слов:

а) если это явление, то важны не только его параметры, но и условия;

б) если речь идёт о сравнении величин, характеризующих процесс, то сначала выделяем сходство (равные, одинаковые характеристики) и отличия тел — участников процесса.

Проверьте, сможете ли вы правильно выполнить это задание. Если не сможете, вернитесь к аналогичным заданиям, рассмотренным выше.

- Кольцо из серебра можно расплавить в алюминиевой посуде.
- Для нагревания на  $10^{\circ}\text{C}$  оловянной ложки потребуется большее количество теплоты, чем для нагревания серебряной ложки, имеющей такую же массу.
- Для плавления 3 кг цинка, взятого при температуре плавления, потребуется такое же количество теплоты, что и для плавления 2 кг меди при температуре её плавления.
- Стальной шарик будет плавать в расплавленном свинце при частичном погружении.
- Алюминиевая проволока утонет в расплавленной меди.

**Пример 46.** Ученик провёл эксперимент по изучению выталкивающей силы, действующей на тело, полностью погружённое в жидкость, причём для эксперимента он использовал различные жидкости и сплошные цилиндры разного объёма, изготовленные из разных материалов.

Результаты экспериментальных измерений объёма цилиндров  $V$  и выталкивающей силы  $F_A$  (с указанием погрешности измерения) для различных цилиндров и жидкостей он представил в таблице.

№ опыта	Жидкости	Материал цилиндра	$V, \text{ см}^3$	$F_A, \text{ Н}$
1	Вода	Алюминий	40	$0,4 \pm 0,1$
2	Масло	Алюминий	90	$0,8 \pm 0,1$
3	Вода	Сталь	40	$0,4 \pm 0,1$
4	Вода	Сталь	80	$0,8 \pm 0,1$

Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений. Укажите их номера.

- Выталкивающая сила не зависит от плотности материала цилиндра.
- Выталкивающая сила не зависит от рода жидкости.
- Выталкивающая сила увеличивается при увеличении объёма тела.
- Выталкивающая сила не зависит от объёма тела.

В этом задании в таблице приведены данные, полученные в ходе реального физического эксперимента. Результаты этого эксперимента необходимо интерпретировать (выявить смыслы) и сформулировать выводы.

**Обратите внимание:** в таких заданиях можно попасть в ловушку — утверждение может содержать правильный вывод, но этот вывод **не может быть получен** на основе этого конкретного эксперимента.

Для начала выявим объект изучения: выталкивающая (архимедова) сила. Про неё известно, что на Земле она: а) **зависит** от плотности жидкости; от объёма погружённой в неё части тела; б) не зависит от плотности вещества тела и от формы тела. Следует иметь в виду также то, что объём погружённой в жидкость части тела может быть разным, но не может превышать объём самого тела.

Это условие оговорено в тексте задания: «тело, полностью погружённое в жидкость».

Теперь опишем алгоритм отбора утверждений, которые **соответствуют** результатам проведённых экспериментальных наблюдений.

В качестве примера рассмотрим алгоритм рассуждений при анализе утверждения 1.

Ключевые слова «не зависит от плотности материала цилиндра» предполагают: а) наличие двух цилиндров, изготовленных из разных материалов; б) цилиндры должны

- 5) Выталкивающая сила, действующая на тело при погружении в масло, больше выталкивающей силы, действующей на это тело при погружении в воду.

иметь равные объёмы; в) их нужно целиком погрузить в одну и ту же жидкость и измерить архимедову силу. Все эти условия выполнены в опытах 1 и 3. Если архимедова сила зависит от плотности материала цилиндров, то её измеренные значения будут разными. В противном случае — силы равны — можно утверждать, что выталкивающая сила не зависит от материала цилиндра. Удобно (хотя бы на первых порах) упорядочить анализ утверждений при помощи таблицы, которая приводится ниже.

№ утверждения	Тело – вещество – плотность тела	Объём тела	Жидкость – плотность жидкости	Номера опытов из таблицы результатов	Архимедовы силы	Можно/нельзя проверить в этом исследовании
1	разные	одинаковые	одинаковые	1 и 3	равные	можно
2	неважно	одинаковые	разные	нет	нет	нельзя
3	одинаковые	разные	одинаковые	3 и 4	разные	можно
4	одинаковые	разные	одинаковые	3 и 4	разные	неверное
5	одинаковые	одинаковые	разные	нет	нет	нельзя

Следующие три задания предварим важными замечаниями. В этих заданиях речь идёт об экспериментах по изучению силы упругости и силы трения скольжения, интерпретации результатов измерений и выводах по итогам экспериментов. **Формально** в опытах действительно используют грузы заданной **массы**, подвешивая их к пружинам или перемещая по горизонтальной поверхности стола. Однако деформация пружины происходит под действием **веса** подвешенного к ней груза, и сила трения возникает вследствие того, что тело давит на поверхность своим **весом**. Напомним, силы появляются в результате

те взаимодействия тел, на действие отвечает противодействие. В отсутствии тяготения (притяжения груза к земле) пружина не будет растягиваться, хотя масса тела «никуда не денется». И давить на поверхность тело не будет, хотя свою массу «не потеряет». Корректнее было бы выявлять зависимость перечисленных сил от веса подвешенного груза или силы нормального давления на поверхность.

Но поскольку такие задания присутствуют в банке заданий ОГЭ и могут использоваться в экзаменационных вариантах, мы рассмотрим их исключительно с формальной точки зрения, не обсуждая их корректность.

**Пример 47.** Ученик провёл эксперимент по изучению силы упругости, возникающей при подвешивании грузов разной массы к пружинам 1 и 2 одинакового размера, но сделанным из разных материалов. Результаты экспериментальных прямых измерений массы груза  $m$  и удлинения ( $\ell - \ell_0$ ), пружин, а также косвенные измерения коэффициента жёсткости  $k$  представлены в таблице.

№ опыта		$m$ , кг	$(\ell - \ell_0)$ , см	$k$ , Н/м
1	пружина 1	0,2	4,0	50
2	пружина 1	0,4	8,0	50
3	пружина 1	0,8	16,0	50
4	пружина 2	0,2	2,0	100
5	пружина 2	0,6	6,0	100

Из предложенного перечня выберите **два** утверждения, соответствующие проведённым опытам. Укажите их номера.

- 1) Жёсткость зависит от упругих свойств материала пружины.
- 2) Жёсткость не зависит от размеров пружины.
- 3) Удлинение пружины не зависит от массы подвешиваемого груза.
- 4) Жёсткость обратно пропорциональна массе подвешиваемого груза.
- 5) Удлинение пружины прямо пропорционально массе подвешиваемого груза.

Внимательно прочтайте задание, но не спешите изучать числовые данные из таблицы. Вы зря потратите время, так как пока **ещё** не знаете, на что именно нужно обращать внимание! Значительно важнее сначала сориентироваться в сути приведённых утверждений, ведь именно для выбора верных потребуются какие-то (часто не все!) сведения из таблицы.

Так, например, в тексте этого задания говорится, что проводится «эксперимент по изучению силы упругости». Однако три из пяти утверждений (1, 2 и 4) относятся к пружинам (их жёсткости), а остальные — к удлинению (величине деформации) пружин. И ни в одном утверждении не говорится о силе упругости. Значит, сначала нужно собрать в явном виде сведения о пружинах.

**Пружина 1:** размеры (длина в недеформированном состоянии  $\ell_{01}$  и диаметр  $d_1$ ); изготовлена из какого-то вещества.

**Пружина 2:** размеры (длина в недеформированном состоянии  $\ell_{02} = \ell_{01}$  и диаметр  $d_2 = d_1$ ); изготовлена из **другого** вещества.

**Вывод 1:** пружины отличаются только веществом, из которого они изготовлены.

Обратимся к таблице измерений, полученных в эксперименте: первые три строки относятся к пружине 1, остальные — к пружине 2. Если вы забыли от волнения, что жёсткость пружины — её важное свойство, то последний столбец таблицы вам об этом напомнит: жёсткость

пружины 1 во всех опытах составляет 50 Н/м; а жёсткость пружины 2 — 100 Н/м (то есть остаётся постоянной и не зависит от условий проведённых опытов). Жёсткость у пружин разная, значит, на неё влияет вещества, из которого она сделана (утверждение 1), остальные утверждения в отношении жёсткости пружин следует отбросить. Действительно, чтобы установить зависимость жёсткости пружины от её размеров (утверждение 2), нужно располагать пружинами из одного материала, но разного размера.

Почему следует отбросить утверждение 4? Попробуйте сформулировать ответ на этот вопрос самостоятельно. Теперь остаётся проанализировать утверждения об удлинении. Сведения о нём приведены в предпоследнем столбце. Рассмотрим строки, относящиеся к пружине 1. Масса подвешиваемых грузов в ходе эксперимента возрастала, и удлинение возрастает тоже. Значит, утверждение 3 — неверное.

Чтобы установить справедливость утверждения 5, нужно обратить внимание на два момента.

**Первый момент:** что имеет место прямо пропорциональная зависимость. Сравним, например, попарно числа в первой и второй, а затем во второй и третьей строках: масса груза возрастает в два раза, и удлинение возрастает в два раза. (А можно ли сравнивать числа в первой и второй, а затем в первой и третьей строках?)

**Второй момент:** это утверждение нужно проверить и для второй пружины (ведь оно относится ко всем пружинам в этом исследовании!). Проверили? Что получили?

Теперь можно записывать номера верных утверждений.

**Пример 48.** Ученик провёл эксперимент по изучению силы упругости, возникающей при подвешивании грузов разной массы к резиновым шнуром разной длины и толщины.

Результаты экспериментальных прямых измерений массы груза  $m$ , диаметра поперечного сечения шнура  $d$ , его первоначальной длины  $\ell_0$  и удлинения  $(\ell - \ell_0)$ , а также косвенные измерения коэффициента жёсткости  $k$  представлены в таблице.

№ опыта	$m$ , кг	$d$ , мм	$\ell_0$ , см	$(\ell - \ell_0)$ , см	$k$ , Н/м
1	0,5	3	50	5,0	100
2	0,5	5	100	3,6	140
3	0,5	3	100	10,0	50
4	1,0	3	50	10,0	100

Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных измерений. Укажите их номера.

- 1) При увеличении длины шнура его жёсткость увеличивается.
- 2) При увеличении толщины шнура его жёсткость увеличивается.
- 3) Удлинение шнура не зависит от его первоначальной длины.
- 4) Жёсткость шнура не зависит от массы подвешиваемого груза.
- 5) Удлинение шнура зависит от упругих свойств материала, из которого изготовлен исследуемый образец.

Выполнение этого задания не отличается принципиально от предыдущего, однако количество факторов и сведений в таблице существенно увеличилось.

Будем исходить из предположения, что **сорт резины** (материал), из которого изготовлены шнуры, один и тот же во всех случаях. Обратите внимание: если просмотрим утверждения, то заметим, что они также касаются только жёсткости шнурков (утверждения 1, 2 и 4) и удлинения (утверждения 3 и 5).

Чтобы было удобнее проводить анализ результатов, часто приходится перестраивать таблицу, отбрасывая избыточные в конкретной ситуации данные. При этом важно помнить, что каждый раз, выбирая нужные для получения ответа сведения, необходимо выделять постоянные и изменяющиеся параметры шнурков.

Например, чтобы проверить утверждение 1, можно выписать из таблицы нужные сведения (или, для экономии времени, обвести их прямо в таблице). Раз мы проверяем зависимость жёсткости шнура от длины, диаметр поперечного сечения у всех шнурков должен быть одинаковым.

Возможны разные варианты действий: выберите тот, который вам более удобен, или придумайте свой.

**Вариант 1.** Составить таблицу «нужных» сведений.

$\ell_0$ , см	$d$ , мм	$k$ , Н/м
50	3	100
50	3	100
100	3	50

## Продолжение таблицы

**Вариант 2.** Обвести в исходной таблице нужные для анализа ячейки.

№ опыта	$m$ , кг	$d$ , мм	$\ell_0$ , см	$(\ell - \ell_0)$ , см	$k$ , Н/м
1	0,5	[3]	[50]	5,0	[100]
2	0,5	5	[100]	3,6	140
3	0,5	[3]	[100]	10,0	[50]
4	1,0	[3]	[50]	10,0	[100]

В таком случае вероятность допустить ошибку уменьшается. Экспериментальные данные свидетельствуют: при постоянном диаметре сечения шнура (3 мм) и увеличении его длины (50 см и 100 см) жёсткость уменьшается (а не увеличивается, как в утверждении!).

Проверим утверждение 2. Теперь постоянной должна быть длина шнура, а толщина (площадь сечения, диаметр сечения) изменяется. Выбираем из исходной таблицы нужные сведения, проводим их анализ, формулируем вывод и сравниваем его с утверждением.

$\ell_0$ , см	$d$ , мм	$k$ , Н/м
100	3	50
100	5	140

№ опыта	$m, \text{ кг}$	$d, \text{ мм}$	$\ell_0, \text{ см}$	$(\ell - \ell_0), \text{ см}$	$k, \text{ Н/м}$
1	0,5	[3]	[50]	5,0	[100]
2	0,5	(5)	(100)	3,6	(140)
3	0,5	(3)	(100)	10,0	(50)
4	1,0	[3]	[50]	10,0	[100]

Утверждение верно.

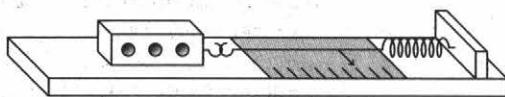
Проверяем утверждение 4. В этом случае и длина, и площадь поперечного сечения шнура должны быть постоянными. А вот нагрузка на пружину должна изменяться.

Снова повторяем описанную выше процедуру: выбираем из исходной таблицы нужные сведения, проводим их анализ, формулируем вывод и сравниваем его с утверждением.

$m, \text{ кг}$	$\ell_0, \text{ см}$	$d, \text{ мм}$	$k, \text{ Н/м}$
0,5	50	3	100
1,0	50	3	100

№ опыта	$m, \text{ кг}$	$d, \text{ мм}$	$\ell_0, \text{ см}$	$(\ell - \ell_0), \text{ см}$	$k, \text{ Н/м}$
1	(0,5)	(3)	(50)	5,0	(100)
2	0,5	5	(100)	3,6	(140)
3	0,5	(3)	(100)	10,0	(50)
4	(1,0)	(3)	(50)	10,0	(100)

**Пример 49.** Ученик провёл эксперимент по изучению силы трения скольжения, перемещая бруск с грузами равномерно по горизонтальным поверхностям с помощью динамометра (см. рисунок). Погрешность измерения силы трения составляет  $\pm 0,1$  Н. Результаты экспериментальных измерений массы бруска с грузами  $m$ , площади соприкосновения бруска и поверхности  $S$  и приложенной силы  $F$  представлены в таблице.



№ опыта	Поверхность	$m$ , г	$S$ , см <sup>2</sup>	$F$ , Н
1	Деревянная рейка	200	30	0,8
2	Пластиковая рейка	200	30	0,4
3	Деревянная рейка	100	20	0,4
4	Пластиковая рейка	400	20	0,8

Какие утверждения соответствуют результатам проведенных экспериментальных измерений?

Из предложенного перечня выберите **два** правильных. Укажите их номера.

- 1) Сила трения скольжения не зависит от массы бруска с грузами.
- 2) Трение скольжения между бруском и деревянной рейкой больше трения скольжения между бруском и пластиковой рейкой.
- 3) Сила трения скольжения зависит от рода соприкасающихся поверхностей.

Утверждение верно.

Несмотря на то что два верных утверждения уже выбраны, проверьте, что оставшиеся утверждения неверны. Проделайте это сами: очень полезная тренировка!

Алгоритм выполнения этого задания совпадает с тем, который был описан в двух предыдущих заданиях. Как только представили себе ситуацию и поняли, что именно делали в описанном эксперименте, сразу попытайтесь ориентироваться в тематике предложенных утверждений.

Заметим: во всех утверждениях, кроме второго, используется термин «сила трения». Во втором утверждении фигурирует словосочетание «трение скольжения». Можно было бы утверждать, что речь идёт о явлении. Но так как утверждение предполагает сравнение, а в таблице содержатся лишь сведения о модуле силы трения, то можно допустить, что термин «сила трения» заменён бытовым выражением «трение».

Имеем два утверждения, в которых выявляется наличие зависимости или независимости силы трения от материала поверхности рейки (утверждения 2 и 3); два утверждения, в которых выявляется зависимость/независимость от массы бруска с грузами (утверждения 1 и 4); в утверждении 5 говорится о площади соприкосновения бруска с поверхностью.

Вот теперь пришла пора изучать таблицу (по частям!) и выявлять, какие факторы, описывающие объекты, которые участвуют в эксперименте, должны оставаться неизменными в каждом случае, а какие – изменяться.

Обратите внимание: чтобы проверить справедливость утверждений 2 и 3, потребуются сведения из первых двух опытов (первые две строки таблицы). Действительно, в этих опытах изменялся только материал рейки, все остальные условия (масса бруска с грузами и площадь соприкосновения) не менялись. Оба утверждения верные.

- 4) При увеличении массы бруска с грузами сила трения скольжения увеличивается.
- 5) Сила трения скольжения зависит от площади соприкосновения бруска и поверхности.

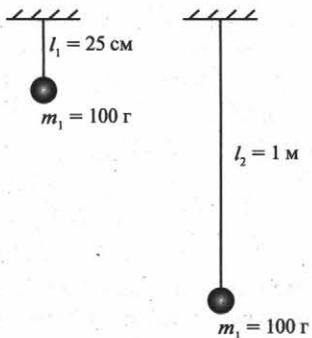
В принципе два верных утверждения мы нашли, и можно было бы перейти к выполнению следующих заданий. Но... часто жизненный опыт подсказывает, что и другие утверждения (например, утверждение 4) тоже верные? Как быть?

Разберёмся! Для того чтобы проверить справедливость/несправедливость утверждения 1, потребуется рейка из одного материала (опыты 1 и 3, например), одинаковая площадь соприкосновения бруска с поверхностью (это условие не выполнено!). То же можно сказать в отношении опытов 2 и 4. Значит, в этом исследовании проверить справедливость/несправедливость утверждения 1 нельзя. И его нужно отбросить, как не соответствующее результатам проведённых экспериментальных измерений.

Проверьте (по аналогии) справедливость/несправедливость утверждений 4 и 5.

**Пример 50.** Ученик провёл измерения периода колебаний физического маятника для двух случаев. Результаты опытов представлены на рисунке. Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений. Укажите их номера.

- 1) Период колебаний маятника зависит от длины нити.
- 2) При увеличении длины нити в 4 раза период колебаний увеличивается в 2 раза.
- 3) Период колебаний маятника на Луне будет меньше, чем на Земле.
- 4) Период колебаний маятника зависит от географической широты местности.
- 5) Период колебаний маятника не зависит от массы груза.



Стратегия выбора верных утверждений в рассматриваемом случае состоит в отбрасывании ситуаций, которые в ходе описанного эксперимента не проверялись, то есть не соответствуют результатам проведённых экспериментов. Так, например, маятники на Луну не переносились, опыты проводились в одном месте земной поверхности, и масса груза в опытах не изменялась. Поэтому утверждения 3–5 следует отбросить как не соответствующие результатам проведённых экспериментальных наблюдений.

Полезно дополнительно проверить оставшиеся два утверждения. В частности, утверждение 2 не может быть сформулировано как «при уменьшении длины нити в 4 раза период колебаний уменьшается в 2 раза», так как оно не только констатирует закономерность, но и указывает на последовательность проведения опытов.

**Пример 51.** Используя стакан с горячей водой, термометр и часы, учитель на уроке провёл опыты по исследованию температуры охлаждения воды с течением времени. Результаты измерений он занёс в таблицу.

$t, ^\circ\text{C}$	72	62	55	50	46
$\tau, \text{мин}$	0	5	10	15	20

Из предложенного перечня выберите **два** утверждения, соответствующие проведённым опытам. Укажите их номера.

- 1) Охлаждение воды происходит до комнатной температуры.
- 2) За первые 5 мин вода остыла в большей степени, чем за следующие 5 мин.
- 3) Температура охлаждения воды обратно пропорциональна времени наблюдения.
- 4) Скорость охлаждения воды уменьшается по мере охлаждения воды.
- 5) По мере охлаждения скорость испарения уменьшается.

Это задание, возможно, не вызовет затруднений при его выполнении, но прокомментируем его. Обратите внимание, что опыт проводился следующим образом: а) температура воды измерялась через равные промежутки времени, через каждые 5 минут; б) в процессе опыта температура воды постепенно уменьшалась, при этом в конце опыта температура воды была выше стандартной «комнатной» температуры воздуха; в) в опыте не проводились какие-либо другие измерения, кроме времени и температуры воды. Исходя из сказанного, можно заметить, что утверждение 1 об охлаждении воды до «комнатной» температуры и утверждение 5 о скорости испарения несостоятельны. Для установления факта обратно пропорциональной зависимости температуры воды от времени наблюдений (утверждение 3) необходимо построить график и вычислить постоянный коэффициент. Это сложная процедура, поэтому легче проверить оставшиеся два утверждения. Утверждение 2 нетрудно проверить: за первые 5 минут вода остыла на  $10^\circ\text{C}$ , а за вторые 5 минут — на  $7^\circ\text{C}$ . Также нетрудно убедиться в справедливости утверждения 4: каждые 5 минут (равные промежутки времени) температура воды уменьшалась последовательно на 10, 7, 5 и  $4^\circ\text{C}$ .

**Пример 52.** Используя термометр и часы, учитель на уроке провёл опыты по исследованию температуры охлаждения воды с течением времени. В алюминиевый и пластиковый стаканы он налил одинаковое количество горячей воды. Результаты измерений даны в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

#### Охлаждение воды в алюминиевом стакане

$t, ^\circ\text{C}$	72	62	55	50	46
$\tau, \text{мин}$	0	5	10	15	20

Данное задание отличается от предыдущего тем, что в ходе эксперимента получены две серии наблюдений за охлаждением воды, причём масса воды в стаканах и её начальная температура одинаковы. Разные стаканы — алюминиевый и пластиковый. В таких ситуациях появляется возможность провести анализ результатов каждого опыта по отдельности (как мы это делали в предыдущем задании) и сравнить два процесса, выявляя общее и разное.

Мы предлагаем вам самостоятельно выбрать утверждения, соответствующие проведённым опытам. В случае неудачи ещё раз внимательно перечитать комментарий к предыдущему заданию.

Таблица 2

**Остыивание воды  
в пластиковом стакане**

$t, ^\circ\text{C}$	72	65	60,5	56,7	53,3
$\tau, \text{мин}$	0	5	10	15	20

Из предложенного перечня выберите **два** утверждения, соответствующие проведённым опытам. Укажите их номера.

- 1) За время наблюдения вода в алюминиевом стакане остыла в большей степени.
- 2) За 20 мин вода в обоих стаканах остыла до комнатной температуры.
- 3) Чем больше температура воды, тем выше наблюдаемая скорость остывания.
- 4) За первые 10 мин наблюдения вода в алюминиевом стакане остыла на  $55^\circ\text{C}$ .
- 5) Испарение воды в пластиковом стакане происходит менее интенсивно.

**Пример 53.** Ниже приведена таблица значений температуры воды при её нагревании в сосуде в определённые моменты времени. Мощность нагревателя постоянна.

$\tau, \text{мин}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$t, ^\circ\text{C}$	20	50	80	100	100	100	105	110

В этом задании речь идёт о нагревании воды в сосуде с помощью нагревателя с постоянной мощностью. Будем также исходить из предположения, что потерь энергии не происходит. Это означает, что за любые равные промежутки нагреватель передаёт воде равные количества теплоты. Заметим, что при нормальном атмосферном давлении температура кипения составляет  $100^\circ\text{C}$ .

Как обычно, сначала изучим экспериментальные данные. Во-первых, температуру содержимого в сосуде измеряли каждую минуту. Так как мощность нагревателя была постоянной, то и изменение температуры воды (пока не начался процесс кипения) за каждую минуту должно быть одинаковым. Проверим это. За первую минуту изменение температуры составило  $50 - 20 = 30 (\text{ }^\circ\text{C})$ , значит, к концу второй минуты она должна стать равной  $50 + 30 = 80 (\text{ }^\circ\text{C})$ , что соответствует данным таблицы. Но тогда, если

Из предложенного перечня утверждений выберите **два** правильных. Укажите их номера.

- 1) При температуре  $105^{\circ}\text{C}$  вода находилась в газообразном состоянии.
- 2) Удельная теплоёмкость воды в жидким состоянии больше, чем в газообразном состоянии.
- 3) В течение 3—5 мин часть воды находилась в жидким состоянии, часть — в газообразном состоянии.
- 4) В промежутке времени 3—5 мин внутренняя энергия воды не изменялась.
- 5) Можно утверждать, что момент времени 3 мин соответствует началу процесса кипения воды.

продолжается нагревание воды, к концу третьей минуты температура должна стать равной  $80 + 30 = 110\ (^{\circ}\text{C})$ , но это не соответствует данным таблицы. Это означает, что температура кипения была **достигнута раньше**, чем в момент времени 3 минуты.

Во-вторых, температура воды, достигнув  $100\ (^{\circ}\text{C})$ , перестала меняться, то есть оставалась постоянной, равной  $100\ (^{\circ}\text{C})$ . Это означает, что происходит процесс парообразования.

Данные из таблицы утверждают, что в момент времени 5 минут температура воды была равна  $100\ (^{\circ}\text{C})$ .

В-третьих, затем температура содержимого сосуда — водяного пара — снова начала увеличиваться. Проверим, действительно ли процесс парообразования завершился в момент времени 5 минут. Для этого снова воспользуемся фактом, что мощность нагревателя остается постоянной. Найдём в таблице промежуток времени, когда вода вся была в виде пара: это промежуток от 6 до 7 минут. За эту минуту температура пара выросла на  $110 - 105 = 5\ (^{\circ}\text{C})$ . Но и за предыдущую минуту температура выросла тоже на  $5\ (^{\circ}\text{C})$ . Значит, процесс парообразования завершился в момент времени 5 минут. Теперь можно выбирать верные утверждения. Сразу следует отбросить неверные или не следующие из данного опыта: 2, 5 и 4. Последнее неверно, так как в течение указанного промежутка времени нагреватель продолжал работать и передавать теплоту воде.

**Пример 54.** Ниже приведена таблица значений температуры водяного пара, находящегося в закрытом сосуде, в зависимости от времени охлаждения. Мощность отвода тепла постоянна.

$t, \text{мин}$	0	5	10	15	20	25	35	45
$t, ^{\circ}\text{C}$	110	105	100	100	100	80	50	20

Алгоритм выполнения этого задания полностью аналогичен предыдущему. Попытайтесь выполнить задание самостоятельно.

Из предложенного перечня утверждений выберите **два** правильных. Укажите их номера.

- 1) При температуре 105 °С вода находилась в газообразном состоянии.
- 2) Удельная теплоёмкость воды в жидким состоянии больше, чем в газообразном состоянии.
- 3) В момент времени 15 мин часть воды находилась в жидким состоянии, часть — в газообразном состоянии.
- 4) В промежутке времени 10–20 мин внутренняя энергия воды не изменялась.
- 5) Можно утверждать, что момент времени 20 мин соответствует окончанию процесса конденсации пара.

**Пример 55** Ниже приведена таблица значений температуры вещества в зависимости от времени нагревания. Мощность нагревателя постоянна. В начальный момент вещество находилось в твёрдом состоянии.

$\tau$ , мин	0	5	10	15	20	25	30	35
$t$ , °C	20	150	300	300	300	300	350	400

Из предложенного перечня утверждений выберите **два** правильных. Укажите их номера.

- 1) Температура плавления вещества 300 °C.
- 2) Удельная теплоёмкость вещества в твёрдом состоянии больше, чем в жидким состоянии.
- 3) В интервале времени от 15 до 20 мин часть вещества находилась в твёрдом состоянии, часть — в жидким состоянии.
- 4) В интервале времени 10–25 мин внутренняя энергия вещества не изменялась.
- 5) Можно утверждать, что в момент времени 10 мин началось плавление вещества.

**Пример 56.** Два вещества одинаковой массы, первоначально находившиеся в твёрдом состоянии при температуре 20 °C, равномерно нагревают на плитках одинаковой мощности в сосудах с пренебрежимо малой теплоёмкостью. В таблице представлены данные измерения температуры веществ и времени их нагревания.

Приведём пример задания, в котором рассматриваются процессы плавления и кристаллизации вещества. Алгоритм их выполнения полностью аналогичен алгоритму выполнения заданий, в которых обсуждаются процессы кипения и конденсации. Проверьте себя: попытайтесь выполнить задание самостоятельно.

Данное задание отличается от прежних тем, что в ходе эксперимента получены две серии наблюдений за двумя **разными веществами**. О веществах известно, что масса веществ одинакова, первоначально они находились в твёрдом состоянии при температуре 20 °C. Обратите

$t_1$ , мин	5	10	15	20	25	30	35	40
$t_2$ , °C	80	140	200	200	200	210	220	230
$t_3$ , °C	60	100	100	100	100	100	120	140

Из предложенного перечня выберите **два** утверждения, соответствующие экспериментальным таблицам. Укажите их номера.

- 1) Процесс плавления второго вещества длился 35 мин.
- 2) Температура плавления второго вещества равна 100 °C.
- 3) В процессе нагревания оба вещества расплавились.
- 4) На плавление первого вещества потребовалось большее количество теплоты, чем на плавление второго вещества.
- 5) За время проведения эксперимента первое вещество получило большее количество теплоты.

**Пример 57.** Ученик провёл эксперимент по изучению количества теплоты, выделяющейся при остывании металлических цилиндров разной массы, предварительно нагретых до температуры  $t_1$  °C. Количество теплоты оценивалось по нагреванию 100 г воды, налитой в калориметр и имеющей первоначально температуру 20 °C, при опускании в неё нагретого цилиндра и установлении состояния теплового равновесия. В таблице указаны результаты экспериментальных измерений массы  $m$  цилиндра, первоначальной температуры цилиндра  $t_1$  и изменения температуры  $\Delta t$  воды для четырёх опытов.

внимание: в таблицах отсутствует столбец, соответствующий начальному моменту времени.

Проверьте, соответствует ли начало процессов плавления тем моментам времени, когда температура в таблице равна соответствующим температурам плавления. Мощность плиток (нагревателей) постоянная!

Все остальные рассуждения аналогичны рассуждениям в предыдущих заданиях.

Прочитайте внимательно задание и быстро просмотрите список утверждений, выбирая в них ключевые слова. Обратили внимание на то, что в четырёх случаях фигурирует понятие «количество теплоты»? Тогда снова обратитесь к тексту задания и найдите описание процедуры «оценивания количества теплоты». Конечно, по известной массе воды, её удельной теплоёмкости и изменению температуры в опытах можно рассчитать количество теплоты, полученное водой (переданное ей цилиндрами) в каждом опыте. Но для выбора верного утверждения в этом нет необходимости: судить, в каком из двух опытов вода получила большее, меньшее или равное количество теплоты, можно по изменению её температуры в данном опыте. Чем больше изменение температуры (вода нагрелась сильнее), тем большее количество теплоты она получила в процессе теплообмена.

Теперь нужно каждое утверждение проверить по очереди, так как какие-то общие соображения в данном случае помочь не могут.

При проверке утверждений 3 и 4 достаточно найти соответствующие опыты или один опыт и правильно интер-

№ опыта	Материал цилиндра	Масса цилиндра $m$ , г	Начальная температура цилиндра $t_1$ , °C	Изменение температуры воды $\Delta t$ , °C
1	Медь	100	100	10
2	Алюминий	100	60	10
3	Алюминий	200	100	24
4	Медь	200	100	13

Какие утверждения соответствуют результатам проведённых экспериментальных измерений?

Из предложенного перечня утверждений выберите **два** правильных. Укажите их номера.

- 1) Количество теплоты, выделяемое нагретым телом, не зависит от вещества, из которого изготовлено тело.
- 2) Количество теплоты, выделяемое нагретым телом, зависит от массы этого тела.
- 3) При остывании цилиндров в первом и во втором опытах выделилось одинаковое количество теплоты.
- 4) При остывании алюминиевого цилиндра в третьем опыте выделилось наименьшее количество теплоты.
- 5) Удельная теплоёмкость алюминия равна удельной теплоёмкости меди.

претировать их результаты: так, изменение температуры воды (и значит, полученное водой количество теплоты) в первом и втором опытах одинаковы, следовательно, утверждение 3 верное. В третьем опыте изменение температуры воды (и значит, полученное водой количество теплоты) наибольшее из всех опытов, и эту теплоту воде передавал цилиндр из алюминия. Утверждение 4 неверно. Для других утверждений требуется больше усилий.

Рассмотрим первое утверждение. Оно, конечно, неверно, так как количество теплоты, выделяемое телом при охлаждении, зависит от вещества, из которого тело изготовлено (и в формулу для расчёта количества теплоты входит удельная теплоёмкость вещества). Но в нашем случае мы проверяем результаты конкретного опыта, а в нём могла быть допущена ошибка, которая привела к неверному выводу. Поэтому обратимся к опытам. Чтобы установить, что количество теплоты не зависит от вещества цилиндра, потребуется взять два цилиндра из разных веществ с одинаковой массой и одинаковой начальной температурой. Такие опыты не проводились. Следовательно, такое утверждение не могло быть получено.

Для проверки второго утверждения потребуются два цилиндра из одного вещества с разной массой и одинаковой начальной температурой (опыт 1 и опыт 4). В опытах получено, что изменение температуры воды (количество теплоты, выделенное цилиндрами) различное. Значит, утверждение верное.

Осталось последнее, пятое утверждение. В принципе по результатам опытов можно получить количественные значения удельной теплоёмкости каждого из веществ (вспомните, вы наверняка проделывали аналогичную лабораторную работу по определению удельной теплоёмкости вещества).

Но есть более простой способ. В опытах 1 и 2 цилиндры из меди и алюминия имели одинаковую массу  $m_{ал} = m_m$  и, остывая, передали воде одинаковые количества теплоты. Поэтому можно записать:  $c_{ал}m_{ал}\Delta t_{ал} = c_m m_m \Delta t_m$  или  $c_{ал}\Delta t_{ал} = c_m \Delta t_m$ , тогда  $c_{ал}/c_m = \Delta t_m/\Delta t_{ал}$ , а найти изменения температуры нетрудно. Действительно, начальная

					температура воды равна $20^{\circ}\text{C}$ , она стала в результате процесса равной $20 + 10 = 30^{\circ}\text{C}$ . Это температура в состоянии теплового равновесия воды и каждого из цилиндров. Значит, $\Delta t_m = 30 - 100 = -70^{\circ}\text{C}$ ; а у алюминия $\Delta t_{al} = 30 - 60 = -30^{\circ}\text{C}$ . То есть $c_{al}/c_m = (-70)/(-30) = 7/3 > 1$ , значит, у алюминия удельная теплоёмкость больше, чем у меди. Утверждение неверно.
<b>Пример 58.</b> Ученник провёл эксперимент по изучению электрического сопротивления металлического проводника, причём в качестве проводника он использовал никелиновые и фехралевые проволоки разных длины и диаметра. Результаты экспериментальных измерений площади поперечного сечения $S$ и длины / проволоки, а также электрического сопротивления $R$ представлены в таблице.					<p>Это задание аналогично предыдущему, но посвящено теме «Постоянный электрический ток», а точнее — электрическое сопротивление проводника. Обратите внимание: нам неизвестно, каким способом ученик измерял электрическое сопротивление проволок. Это существенно упрощает анализ экспериментальных данных.</p> <p>Во всех утверждениях из списка речь идёт об электрическом сопротивлении, значит, электрическое сопротивление и придётся сравнивать. Но сначала нужно выбирать опыт, соответствующий каждому из утверждений.</p> <p>Первое утверждение сразу следует отбросить как неверное, так как результаты опытов № 1 и № 2 противоречат ему. Для экспериментальной проверки утверждения 2 необходимо выбрать опыты, в которых постоянными остаются материал проволоки и площадь её поперечного сечения. Это опыты № 1 и № 2. При увеличении длины проводника происходит увеличение его сопротивления. Верно.</p> <p>Для проверки утверждения 3 отбираем опыты: нужны проводники из разных материалов, имеющие равные длины и площади поперечного сечения. Такие проводники в опыте не исследовались, значит, утверждение не соответствует результатам проведённых экспериментальных измерений. Неверно.</p> <p>Для проверки утверждения 4 отбираем опыты: нужны проводники из одного материала, имеющие равные длины и разные площади поперечного сечения. Это опыты № 2 и № 3. При увеличении площади поперечного сечения проводника электрическое сопротивление уменьшается. Верно. Наконец, утверждение 5. Отбираем опыты, в которых</p>

Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных измерений. Укажите их номера.

- 1) При увеличении длины проводника его электрическое сопротивление не меняется.
- 2) Электрическое сопротивление проводника увеличивается при увеличении длины проводника.
- 3) Электрическое сопротивление проводника зависит от материала, из которого изготовлен проводник.
- 4) Электрическое сопротивление проводника уменьшается при увеличении площади поперечного сечения проводника.
- 5) Электрическое сопротивление проводника увеличивается при увеличении диаметра проводника.

**Пример 59.** Учитель на уроке, используя палочку, кусок ткани и электроскоп, последовательно провёл опыты по электризации. Условия проведения опытов и показания электроскопа представлены ниже.

			
Опыт 1. Палочку и ткань в исходном состоянии поднесли поочерёдно к электроскопу	Опыт 2. Палочку потерли о ткань, дотронулись палочкой до электроскопа и убрали её	Опыт 3. Палочку вновь поднесли, не дотрагиваясь, к заряженному палочкой электроскопу	Опыт 4. Ткань поднесли, не дотрагиваясь, к заряженному палочкой электроскопу

Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений. Укажите их номера.

- 1) Палочка и ткань электризуются при трении.
- 2) При трении палочка и ткань приобретают равные по величине заряды.
- 3) При трении палочка и ткань приобретают разные по знаку заряды.
- 4) Угол расхождения лепестков электроскопа зависит от степени наэлектризованности палочки.
- 5) Электризация связана с перемещением электронов с одного тела на другое.

имеются сведения о диаметре проволок. Таких опытов нет, значит, утверждение не соответствует результатам проведённых экспериментальных измерений. Неверно.

Задание включает рисунки, показывающие состояние электрометра после проведённой манипуляции. Выбирая утверждения, которые соответствуют результатам экспериментов, потребуется сопоставлять процедуру и показание электрометра и интерпретировать результаты.

В таких случаях полезно провести интерпретацию показаний электроскопа, сопоставляя её с описанной процедурой.

Опыт 1. Показания электроскопа указывают на отсутствие заряда и палочки, и ткани в исходном состоянии.

Опыт 2. Показания электроскопа указывают а) на наличие заряда у палочки (после того, как её потерли о ткань) и б) электроскоп приобрёл заряд и сохранил его после того, как палочку убрали.

Опыт 3. Поскольку палочкой не прикасались к электроскопу, а электроскоп показал увеличение заряда на стержне и листочках, то можно утверждать, что под действием палочки (её заряда, её поля) произошло перераспределение зарядов в стержне и шаре электроскопа.

Опыт 4. Поскольку тканью не прикасались к электроскопу, а он показал уменьшение заряда на стержне и листочках, можно утверждать, что ткань имеет электрический заряд и под действием ткани (её заряда, её поля) произошло перераспределение зарядов в стержне и шаре электроскопа.

Первое утверждение подтверждается опытами № 2 и № 4. Утверждение 2: опыты, позволяющие установить равенство зарядов по модулю, не проводились.

Утверждение 3 подтверждается опытами № 3 и № 4.

Утверждение 4: опыты, позволяющие установить зависимость угла расхождения листочков электроскопа от степени наэлектризованности палочки, не проводились.

Утверждение 5: данное утверждение основано на применении теоретических положений к объяснению механизма электризации и не связано с описанными опытами.

## ЗАДАНИЯ, В КОТОРЫХ НЕОБХОДИМО УСТАНОВИТЬ ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ОПИСЫВАЮЩИХ ОБЪЕКТ И ЯВЛЕНИЯ

**Задания 6 и 15** в экзаменационной работе проверяют умение применять знания теоретического материала для определения характера изменения физических величин, описывающих какой-либо процесс. Эти задания сконструированы следующим образом: описана некоторая конкретная ситуация, процедура или явление. Вам предлагается определить характер изменения двух или трёх физических величин, характеризующих описанные явления и (или) объекты, участвующие в них. Очевидно, что словосочетание «изменение величины» может означать одно из трёх: либо увеличение, либо уменьшение, либо постоянство, неизменность величины в данной ситуации. Поэтому форма задания даётся жёстко: сначала описывается ситуация, к ней формулируется вопрос, в котором перечисляются величины, характер изменения которых следует установить, и приводится список возможных изменений: 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется.

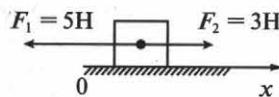
Для каждой величины нужно сделать свой выбор и записать цифры в предложенную таблицу. При этом — **важно!** — цифры могут повторяться.

Ответ записывается в виде кода из двух или трёх цифр, в зависимости от количества величин в вопросе, при этом **порядок следования цифр в коде нарушать нельзя**.

Максимальный балл за выполнение задания — 2, правила получения 1 балла такие же, как и в предыдущих аналогичных заданиях. Задание в некоторых случаях может дополняться рисунком, но чаще оно представлено в виде текста с кратким физическим содержанием.

**Замечание:** при выполнении этих заданий не предполагается описание явлений, их закономерностей, законов, формул-определений, но без опоры на эти знания задания вряд ли будут выполнены правильно. Поэтому в комментариях мы будем в скобках делать соответствующие ссылки. Мы надеемся, что систематическое использование алгоритма построения рассуждения поможет вам в дальнейшем более уверенно решать качественные и расчётные задачи разного уровня сложности.

**Пример 1.** На покоящееся тело, находящееся на гладкой горизонтальной плоскости, начинают действовать две параллельные горизонтальные силы (см. рисунок). Определите, как изменяются со временем модуль ускорения тела и модуль скорости тела.



Скорее всего, это задание не вызовет у вас затруднений, поэтому приведём в качестве возможного образца алгоритм рассуждения, приводящего к правильным ответам.

**Объект:** брусок + два других тела (по числу сил).

**Явление:** взаимодействие бруска и двух других тел; движение тела из состояния покоя.

**Что остаётся постоянным:** масса бруска; действие двух других тел на брусок (оно заменено двумя силами, действующими на брусок в противоположные стороны); равнодействующая сил равна  $5 - 3 = 2 \text{ Н} = \text{const}$ ; ускорение, с которым движется брусок (модуль и направление).

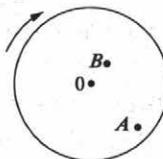
Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль ускорения	Модуль скорости

**Пример 2.** Жук переместился на равномерно вращающемся диске из точки *A* в точку *B* (см. рисунок). Как после перемещения изменятся скорость жука и частота его вращения на диске?



Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями при этом. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость жука	Частота вращения

**Что изменяется:** модуль скорости движения бруска.

При равноускоренном движении из состояния покоя  $v_{0x}=0$  ( $v_x=v_{0x} + a_x t = a_x t$ ) направление вектора скорости совпадает с направлением ускорения (тело движется в направлении большей по модулю силы). С течением времени модуль скорости увеличивается.

В этом задании проверяются знания и умения по теме «Равномерное движение по окружности», которая изучается в основной школе фактически в ознакомительном плане, однако это не может служить основанием для того, чтобы не попытаться выполнить это задание. Посмотрим, как можно применить **общие знания кинематики** в этой частично знакомой ситуации.

В данном задании важную роль играет рисунок: в нём содержится информация, которая в явном виде отсутствует в тексте задания. Обратите внимание, в условии говорится о том, что жук переместился из точки *A* в точку *B* на диске. Эта фраза отвлекает внимание от главного. Вам совсем не нужно рассматривать движение жука из *A* в *B*! Нужно сравнить две конкретные величины в двух точках — точке *A* и точке *B*.

А чем отличаются друг от друга эти две точки на одном и том же диске? Только расстоянием от центра диска. Эти точки, оставаясь на одном и том же расстоянии от оси (она проходит через центр диска), совершают движение вокруг оси, двигаясь **равномерно** по окружностям, каждая из которых имеет свой радиус, при этом  $R_A > R_B$ . Очевидно, что время (период *T*), за которое каждая из точек описывает полную окружность вокруг оси, одинаково для обеих точек. Отсюда следует, что частота вращения точек одинакова (за один и тот же промежуток времени обе точки опишут равное число оборотов вокруг оси).

## Продолжение таблицы

<p><b>Пример 3.</b> Космический корабль, движущийся по круговой орбите вокруг Земли, сместился на другую круговую орбиту, большего радиуса. Как при этом изменились сила тяготения, действующая на корабль со стороны Земли, и модуль скорости корабля?</p> <p>Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) увеличивается</li> <li>2) уменьшается</li> <li>3) не изменяется</li> </ol> <p>Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.</p> <table border="1" data-bbox="235 940 767 1022"> <thead> <tr> <th>Сила тяготения</th><th>Скорость корабля</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Сила тяготения	Скорость корабля		
Сила тяготения	Скорость корабля				

Теперь разберёмся со скоростью. Находясь в точке  $A$  ( $B$ ), жук имеет такую же скорость, что и точка  $A$  ( $B$ ). Теперь изобразите на рисунке окружности, проходящие через точки  $A$  и  $B$ . Длина  $L$  каждой из этих окружностей равна «пути жука» за время  $T$ . Скорость движения жука на этом пути можно найти по определению скорости:  $v = L/T$  (при движении по окружности эта скорость называется линейной). Вот теперь можно записать номер верного утверждения в первый столбец таблицы.

В этом задании тоже рассматривается движение по окружности, причём нам снова предстоит сравнить скорость в точках, которые находятся на разных расстояниях от центра окружности (им является центр Земли). Но на этом сходство с предыдущим заданием заканчивается. Мы, конечно, можем утверждать, что длина круговой орбиты большего радиуса больше длины орбиты меньшего радиуса, но нам **неизвестно время обращения** космического корабля при движении по разным орбитам. Следовательно, нам необходимо найти (или сравнить между собой) периоды обращения корабля на этих двух орbitах.

Подсказка к решению содержится в тексте задания и вопросе к нему — это упоминание о силе тяготения, действующей на корабль со стороны Земли. Даже если вы не можете записать формулу закона всемирного тяготения ( $F = Gm_{\text{кор}}m_{\text{Земля}} / R^2_{\text{орбиты}}$ ), вы наверняка помните, что сила тяготения зависит от расстояния между центром Земли и кораблём (то есть от радиуса орбиты), и чем дальше корабль находится от центра Земли, тем меньше будет сила тяготения. Вот и ответ на первый вопрос. Теперь самое время изобразить схематический рисунок, например такой.



Теперь строим цепочку рассуждения: на тело действует сила  $\rightarrow$  в результате тело движется по окружности  $\rightarrow$  значит, сила сообщает телу центростремительное ускорение  $\rightarrow$  второй закон Ньютона ( $F = m_{\text{кор}} a_{\text{цс}}$ ). Вот теперь нужно вспомнить, как связано центростремительное ускорение со скоростью движения:  $a_{\text{цс}} = v^2/R_{\text{орбиты}}$ .

Без математических преобразований тоже не обойтись, но они несложные:

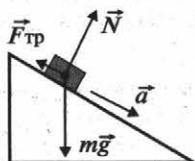
$$F = G \frac{m_{\text{кор}} m_{\text{Земли}}}{R_{\text{орбиты}}^2} = m_{\text{кор}} \cdot \frac{v^2}{R_{\text{орбиты}}} ; \quad \frac{Gm_{\text{Земли}}}{R_{\text{орбиты}}} = v^2 ;$$

$$v^2 R_{\text{орбиты}} = Gm_{\text{Земли}} = \text{const.}$$

То есть произведение квадрата скорости корабля на радиус орбиты есть величина постоянная. Значит, если радиус орбиты большой, то квадрат скорости и сама скорость меньше, чем в случае, когда радиус орбиты был меньше.

Если последнее рассуждение вам кажется сложным, то не стоит унывать, так как 1 балл за задание вы всё-таки сможете получить!

**Пример 4.** В инерциальной системе отсчёта бруск скользит с ускорением вниз по наклонной плоскости. Как изменяются по мере спуска скорость бруска и его кинетическая энергия?



Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Это задание, скорее всего, не вызовет затруднений. Действительно, ситуация знакомая, каждый катался на санках! Да и в тексте, и на рисунке есть прямые указания на то, что брусок движется вниз с ускорением. Алгоритм рассуждения прежний.

Явление (скользит)  $\rightarrow$  движение  $\rightarrow$  скорость (физическая величина) направлена вниз по наклонной плоскости  $\rightarrow$  ускорение (физическая величина, характеризует изменение скорости) направлено тоже вниз по наклонной плоскости  $\rightarrow$  значит, скорость изменяется — увеличивается ( $v = v_0 + at$ ).

Кинетическая энергия (физическая величина)  $\rightarrow$  характеризует состояние движущегося тела  $\rightarrow$  зависит от скорости  $\rightarrow$  скорость увеличивается  $\rightarrow$  значит, кинетическая энергия увеличивается тоже ( $W_k = mv^2/2$ ).

Обратите внимание: а) формулы при выполнении этого задания записывать не обязательно. Но если для уверенности хотите их записать, это не будет лишним.

Задание не предполагает выяснения вида зависимости (кинетическая энергия пропорциональна квадрату модуля скорости). Но это справедливо не для всех заданий такого типа!

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость бруска	Кинетическая энергия бруска

**Пример 5.** С крыши гаража падает камень. Как при этом будет изменяться относительно Земли его скорость и потенциальная энергия?

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость	Потенциальная энергия

**Пример 6.** С поверхности земли вертикально вверх бросают камень. Как будет изменяться относительно земли потенциальная энергия и полная механическая энергия камня при его движении вверх? Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями при этом. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

И это задание не должно вызвать затруднений, так как для его выполнения достаточно жизненного опыта.

**Объект:** камень.

**Явление:** движение — падение с крыши.

**Начальные условия:** камень на крыше, на высоте  $h = H$ , начальная скорость равна нулю.

**При приближении к поверхности земли:** высота равна  $h = 0$ , а скорость увеличилась.

Формулу потенциальной энергии в поле тяготения Земли  $W_p = mgh$  знают, конечно, все.

Запишите код ответа.

Это задание выполните самостоятельно. Заметьте только: в задании говорится о том, что сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Что это означает?

**Объект:** камень.

**Явление:** движение — камень брошен вертикально вверх  $\rightarrow$  свободное падение — нет потерь энергии.

Проведите рассуждение и запишите код ответа.

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия камня	Полная механическая энергия камня

**Пример 7.** Тело свободно падает из состояния покоя первый раз с высоты  $h_1$ , второй — с высоты  $h_2$  относительно земли. При этом  $h_1 < h_2$ . Сравните потенциальную и кинетическую энергии тела в начале падения в обоих случаях и работу, совершающую силой тяжести, при падении на землю. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия	Кинетическая энергия	Работа, совершаемая силой тяжести

**Пример 8.** Пружинный маятник совершает незатухающие гармонические колебания между точками *A* и *B*. Точка 0 соответствует положению равновесия маятника. Как меняется кинетическая и потенциальная энергия маятника при переходе из точки 0 в точку *B*?

Обратите внимание: в этом задании не нужно устанавливать, как изменяется та или иная величина в заданном процессе, а необходимо провести **сравнение** величин в двух опытах, проделанных с одним и тем же телом.

**Объект:** тело.

**Явление:** свободное падение из состояния покоя — нет потерь энергии. В таких случаях удобно на скорую руку набросать табличку:

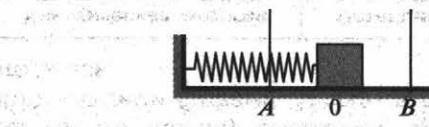
В начале			В конце			$A = \Delta W_k$
$H$	$W_k$	$W_n$	$H$	$W_k$	$W_n$	$mgh$
$h_1$	0	$mgh_1$	0	$mgh_1$	0	$mgh_1$
$h_2$	0	$mgh_2$	0	$mgh_2$	0	$mgh_2$

В этой табличке отмечено в явном виде то, что было в начале, поэтому можно сразу провести сравнение двух первых величин.

Для сравнения значений работы силы тяжести потребуется знать, что было в конце каждого падения. Так как потери энергии отсутствуют, то начальная потенциальная энергия целиком перешла в кинетическую. А работа силы тяжести привела к изменению кинетической энергии:  $A = \Delta W_k = W_{k\text{ в конце}} - W_{k\text{ в начале}}$ .

Внимательно читаем текст задания и сопоставляем его с рисунком: «незатухающие гармонические колебания» — значит, отсутствует трение при движении груза по горизонтальной поверхности; «между точками *A* и *B*» — значит, эти точки а) соответствуют максимальному смещению тела из положения равновесия, то есть в этих положениях деформация пружины наибольшая; б) в этих точках происходит изменение направления движения, то есть скорость груза в этих точках равна нулю.

## Продолжение таблицы



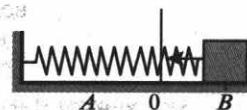
Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия	Потенциальная энергия

**Пример 9.** Пружинный маятник совершает незатухающие гармонические колебания между точками А и В. Точка 0 соответствует положению равновесия маятника.



Теперь нужно припомнить, от каких параметров зависят кинетическая энергия груза ( $W_k = mv^2/2$ ) и потенциальная энергия пружины ( $W_p = mx^2/2$ ).

Чтобы не допустить случайной ошибки (от волнения и спешки), не поленитесь нарисовать и заполнить, например, такую таблицу:

Точка 0	Деформация $x = 0$	Скорость $v = v_0 = v_{\max}$
Точка В	Деформация $x = x_B = x_{\max}$	Скорость $v = 0$

**Замечание:** когда обсуждают гармонические колебания, подразумевают, что колебательная система — идеальная. Это означает, что масса системы сосредоточена в грузе (масса пружины равна нулю), а упругие свойства — в пружине. Поэтому:

- a) кинетическая энергия системы  $W_k = W_k$  груза, так как масса пружины равна нулю;
- b) потенциальная энергия системы  $W_p = W_p$  пружины +  $W_p$  груза, но потенциальная энергия груза равна нулю, так как относительно горизонтальной поверхности стола потенциальная энергия груза в поле тяготения Земли равна нулю, а упругими свойствами груз не обладает.

В гармонических горизонтальных колебаниях механическая энергия не только переходит из одного вида в другой, но и перераспределяется между телами — кинетической энергией обладает груз, а потенциальной — пружина.

Это задание выполните самостоятельно, проведите рассуждения и проверьте себя.

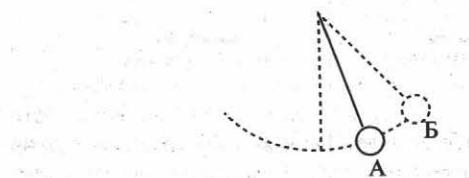
Как меняется кинетическая и полная механическая энергия маятника при переходе из точки В в точку 0? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия	Полная механическая энергия

**Пример 10.** Математический маятник совершает незатухающие гармонические колебания. Как меняется кинетическая и потенциальная энергия маятника при переходе из точки А в точку Б?



Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия	Потенциальная энергия

Выполнение этого задания, скорее всего, не вызовет у вас затруднений. Как всегда, словосочетание «незатухающие гармонические колебания» означают отсутствие потерь энергии в процессе. Значит, полная механическая энергия системы переходит из одного вида в другой в эквивалентных количествах.

Потенциальная энергия маятника — это потенциальная энергия груза в поле тяготения Земли, а потенциальная энергия упругой деформации нити равна нулю, так как в модели математического маятника нить безмассовая и нерастяжимая. Таким образом, всеми видами энергии обладает только груз.

**Замечание:** не следует считать, что в точке Б кинетическая энергия равна нулю. В тексте задания не указано, что она соответствует максимальному смещению груза из положения равновесия. Впрочем, в данном конкретном случае это не важно. Но в других — может иметь принципиальное значение.

**Пример 11.** Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями, анализируя следующую ситуацию: «Нитяной маятник совершает незатухающие гармонические колебания. Если увеличить амплитуду колебаний маятника, не меняя длину его нити и массу, то...».

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний	Частота колебаний	Механическая энергия

**Пример 12.** В бассейне под водой установлен динамик, излучающий звук определённой частоты. Часть звуковой волны отражается от поверхности воды, а часть преломляется и проходит в воздух. Известно, что скорость звука в воде больше скорости звука в воздухе. Как при переходе из воды в воздух меняется частота звука и амплитуда звуковой волны?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота звука	Амплитуда звуковой волны

Для выполнения этого задания нужно знать основные закономерности колебаний «нитяного маятника» — груза, подвешенного на нити. Внимательно прочитаем текст задания: «Нитяной маятник совершает **незатухающие гармонические колебания**». Выделенные слова позволяют нам считать нитяной маятник **маятником математическим**, тогда все закономерности его колебаний выполняются и для нитяного маятника. Перечислим закономерности колебаний математического маятника.

Период колебаний математического маятника  $T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ :

- а) зависит от длины подвеса (нити) маятника;
- б) не зависит от амплитуды колебаний;
- в) не зависит от массы груза.

Для того чтобы колебания происходили, маятнику необходимо сообщить «запас энергии». Амплитуда колебаний тела данной массы зависит от «запаса энергии»: чем он больше, тем больше амплитуда колебаний.

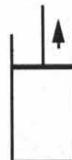
Проверьте себя и самостоятельно запишите в таблицу код ответа.

Для выполнения этого задания вам потребуется вспомнить, что звук — это механическая волна, которая создаётся источником колебаний (в данном случае динамиком) с определённой частотой. Частота — это характеристика колебаний, которая зависит только от свойств колеблющегося тела (собственная частота) или от частоты динамика (вынужденные колебания). Поэтому частота колебаний не может изменяться в процессах отражения, преломления или поглощения звука.

Амплитуда колебаний (мы об этом говорили в предыдущем задании) определяется «запасом энергии», а в случае волн — энергией, которую частицам среды передаёт динамик. Амплитуда колебаний определяет громкость звука. Если волна частично отражается, частично поглощается и частично преломляется, то происходит перераспределение энергии — каждая из этих волн «унесёт с собой» какую-то часть энергии, и значит, амплитуда колебаний в каждой волне будет меньше. Этих сведений достаточно, чтобы выполнить данное задание.

**Замечание:** скорость распространения волны зависит от свойств среды, в которой волна распространяется. Это приводит к изменению длины волны, что является причиной преломления волн.

**Пример 13.** В цилиндре под герметичным поршнем находится газ. Поршень перемещают вверх. Температура газа поддерживается постоянной. Как изменяется при этом давление газа и его плотность?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление газа	Плотность газа

При выполнении заданий этой группы важно понять, что характеризуют величины, характер изменения которых предстоит установить. Поскольку речь идёт о газе, находящемся в цилиндре под герметичным поршнем, то можно утверждать, что постоянными величинами, характеризующими газ, остаются только масса газа и его химический состав. Все остальные — объём, плотность и давление — зависят от температуры газа (она поддерживается постоянной) и внешнего воздействия (поршень перемещают вверх), значит (см. рисунок!), объём газа увеличивается.

Давление и плотность газа характеризуют **состояния** газа. Чтобы установить характер их изменения, нужно сравнить значения этих величин в начальном и каком-то последующем состоянии, с большим значением объёма.

О плотности вывод можно сделать сразу: чем больший объём занимает данная масса газа, тем меньше плотность. Это следует из определения плотности ( $\rho = m/V$ ).

Чтобы установить характер изменения давления, нужно вспомнить механизм давления газа. Давление газа создаётся ударами молекул о стенки сосуда. Удары тем сильнее, чем больше скорость движения молекул (точнее, чем больше изменение скорости при соударении) и чем чаще происходят соударения молекул со стенками сосуда.

В отношении скорости движения молекул вывод тоже можно сделать сразу: раз температура поддерживается постоянной, то скорость теплового движения молекул тоже остаётся неизменной. А вот чем меньше молекул в единице объёма (то есть плотность газа меньше!), тем реже происходят соударения молекул со стенками. И давление уменьшается.

**Пример 14.** Газ охлаждают в закрытом сосуде. Как в процессе охлаждения изменяется объём газа и его давление?

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Если вам понятно решение предыдущего задания, то сможете выполнить и это. Используем алгоритм построения рассуждения.

**Объект:** газ в закрытом сосуде.

**Процесс:** охлаждение.

**Постоянные параметры:** масса газа, объём газа (сосуд — закрытый, газ всегда занимает весь предоставленный ему объём).

**Изменяющиеся параметры:** температура газа уменьшается.

**Выводы:** при уменьшении температуры уменьшается скорость теплового движения частиц газа, следовательно, давление, обусловленное столкновениями молекул со стенками сосуда, уменьшается (уменьшается изменение скорости молекул при упругом отскоке от стенки).

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Объём газа	Давление газа

**Пример 15.** Из слабо надутого резинового шарика частично выпускают воздух. Как при этом меняется объём шарика, его масса и давление воздуха внутри шарика?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Объём шарика	Масса шарика	Давление воздуха

Воспользуемся алгоритмом построения рассуждения.

**Объекты:** газ — воздух; шарик.

**Процесс:** выпускание части газа из шарика (слабо надутый резиновый шарик).

**Постоянные параметры:** температура газа, масса шарика.

**Изменяющиеся параметры:** масса газа уменьшается — частично выпускают воздух; давление газа — неизвестно, объём газа и шарика — неизвестен.

**Давление воздуха в шарике:** если шарик надут и резиновая оболочка растянута, то давление воздуха в шарике больше атмосферного давления. Словосочетание «слабо надутый шарик» означает, что оболочка шара хотя и растянута слабо, но давление воздуха в шарике несколько больше атмосферного давления. Если выпустить часть воздуха (часть молекул) из шарика, то давление газа уменьшится (при постоянной температуре уменьшится число соударений молекул со стенками из-за уменьшения числа молекул в шарике).

Объём газа (шарика) тоже уменьшится, так как оболочка резинового шарика сожмётся под действием атмосферного давления из-за того, что давление воздуха в оболочке шарика уменьшится.

Снова применим алгоритм рассуждения.

**Объект:** воздух в легко растягивающейся резиновой оболочке.

**Явление:** изменение положения шарика — сначала у подножия горы (внизу, у поверхности земли), потом — на горе (на некоторой высоте от поверхности земли).

**Пример 16.** Резиновый шарик с легко растягивающейся оболочкой, надутый у основания высокой горы, переносят от основания этой горы на её вершину.

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями по мере подъёма шарика. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Масса шарика	Плотность воздуха внутри шарика

**Постоянные параметры:** масса шарика (масса воздуха внутри оболочки и масса оболочки не зависят от их местоположения, если воздух из шарика не выпускали или не накачивали дополнительно и от оболочки не отделяли части).

**Изменяющиеся параметры:** **внешние** (температура воздуха и атмосферное давление по мере подъёма в гору); **внутренние** (объём и давление воздуха в оболочке).

Словосочетание «легко растягивающаяся оболочка» означает, что даже при небольшом увеличении давления воздуха внутри оболочки она растягивается, то есть происходит увеличение объёма воздуха.

«Шарик надули у основания горы» — значит, в начале подъёма давление воздуха внутри оболочки больше атмосферного давления у основания горы.

Известный факт: атмосферное давление зависит от высоты: при подъёме вверх от поверхности земли атмосферное давление уменьшается.

Допустим, что температура воздуха по мере подъёма не меняется, тогда из-за уменьшения внешнего давления по сравнению с давлением воздуха внутри оболочки будет происходить дополнительное растяжение оболочки. Объём воздуха в оболочке увеличивается по мере подъёма, а плотность воздуха — уменьшается.

Допустим, что температура воздуха по мере подъёма уменьшается. Так как подъём в гору требует времени, шарик и воздух в нём будут находиться в состоянии теплового равновесия с окружающей средой. Следовательно, основной фактор — это перепад давления воздуха внутри шарика и атмосферного давления. Уменьшение атмосферного давления с высотой, как и прежде, приведёт к увеличению объёма воздуха в оболочке и уменьшению плотности внутри шарика.

**Пример 17.** Колбу с жидкостью закрыли пробкой, в которую вставили тонкую трубку. В процессе нагревания колбы с жидкостью наблюдали повышение уровня жидкости в трубке (см. рисунок). Как при этом изменились плотность жидкости в колбе и средняя скорость движения молекул жидкости?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

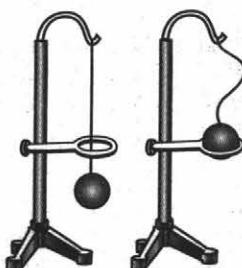
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



Плотность жидкости	Средняя скорость движения молекул жидкости

**Пример 18.** В процессе нагревания стальной шарик перестал пролезать сквозь металлическое кольцо (см. рисунок). Как при этом изменились плотность шарика и средняя кинетическая энергия движения молекул шарика?



Такой опыт вы, скорее всего, наблюдали на уроках физики и знаете, что тонкая трубка, вставленная в пробку, которой плотно закрыто отверстие колбы, играет роль устройства-индикатора, позволяющего обнаружить даже сравнительно небольшое изменение (увеличение) объёма жидкости.

Алгоритм рассуждения вам уже знаком.

**Объект:** вода.

**Явление:** нагревание — тепловое расширение воды.

**Что остаётся неизменным:** масса воды.

**Что изменяется:** температура воды (увеличивается), объём воды (увеличивается).

Плотность при неизменной массе уменьшается при увеличении объёма ( $\rho = m/V$ ).

Средняя скорость движения молекул увеличивается с ростом температуры (это основное положение молекулярной теории строения вещества).

И этот опыт вам наверняка приходилось проводить (или наблюдать) на уроке физики. На рисунках пропущена ситуация, когда шарик вытащили из кольца и нагрели и только потом обнаружили, что он не проходит сквозь отверстие в кольце. Кольцо в данном случае играет роль устройства-индикатора, позволяющего обнаружить незаметное глазу увеличение диаметра (и объёма) шарика.

Во всём остальном выполнение этого задания полностью повторяет предыдущее.

**Объекты:** шарик и кольцо.

**Явление:** нагревание — оно привело к тепловому расширению шарика.

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Плотность шарика	Средняя кинетическая энергия движения молекул

**Пример 19.** Свинцовый шарик нагревают в пламени свечи. Как в процессе нагревания изменяется объём шарика и средняя скорость движения его молекул?

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Объём шарика	Средняя скорость движения молекул шарика

**Пример 20.** Некоторый объём воды перелили из сосуда 1 в сосуд 2 с равной площадью дна (см. рисунок). Как при этом изменятся сила тяжести, действующая на воду, давление и сила давления воды на дно сосуда?

**Что осталось неизменным:** масса шарика; диаметр отверстия кольца (оно не нагревалось!).

**Что изменилось:** температура шарика увеличилась, диаметр шарика увеличился.

**Цепочка рассуждения 1:** диаметр шарика стал больше → значит, объём шарика увеличился; так как масса шарика не изменилась, то плотность вещества шарика уменьшилась ( $\rho = m/V$ ).

**Цепочка рассуждения 2:** температура шарика увеличилась → значит, увеличилась средняя скорость теплового движения молекул (это основное положение молекулярной теории строения вещества) → значит, увеличилась средняя кинетическая энергия движения молекул ( $W_k = mv^2/2$ ).

Это задание полностью аналогично предыдущему. Обратите внимание: при выполнении задания вы можете воспользоваться опытным фактом, описанным в предыдущем задании.

**Объект:** шарик.

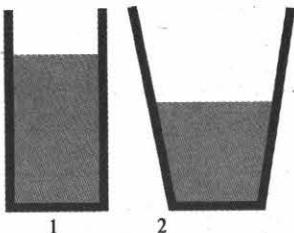
**Явление:** нагревание → повышение температуры → тепловое расширение.

**Постоянные параметры:** масса шарика, агрегатное состояние вещества.

**Изменяющиеся параметры:** температура увеличивается, объём шарика увеличивается.

Основное положение молекулярной теории строения вещества: частицы непрерывно движутся (тепловое движение), скорость теплового движения частиц вещества зависит от температуры.

Прочитайте текст задания и внимательно рассмотрите рисунок. В данном случае рисунок играет ключевую роль: без него ситуация, описанная в тексте, была бы крайне неопределённой. Поэтому выстраивать логические цепочки будем с опорой на рисунок.

*Продолжение таблицы*

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тяжести, действующая на воду	Давление воды на дно сосуда	Сила давления воды на дно сосуда

**Объекты:** вода и два сосуда разной формы.

**Явление:** переливание воды из одного сосуда в другой без проливания воды.

**Что осталось неизменным:** количество воды (масса и объём), площадь дна сосудов.

**Что изменилось:** положение свободной поверхности воды по отношению к поверхности стола (ко дну сосуда). Высота столба жидкости в сосуде уменьшилась.

Какие величины рассматриваются?

1. Сила тяжести воды: она зависит от Земли только от массы воды. Так как воду не проливали, масса воды постоянная, сила тяжести не изменилась.

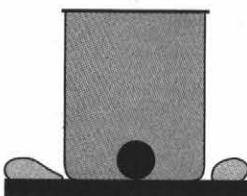
2. Давление воды на дно сосуда: речь идет о гидростатическом давлении. На Земле оно зависит только от плотности жидкости и высоты её столба. Так как плотность жидкости не менялась, а высота столба (из-за формы сосуда) уменьшилась, то и давление воды на дно сосуда уменьшилось.

3. При поиске ответа на этот вопрос нужно либо действовать формально, либо разбираться в тонкостях. Дело в том, что при ответе на этот вопрос многие допускают ошибку, из-за того что не учитывают форму сосуда.

Разберёмся! Сначала будем действовать формально: давление на дно сосуда уменьшалось? Да. Площадь дна сосуда не изменилась (по сравнению с площадью дна в первом сосуде)? Осталась прежней. Значит, сила давления (она равна произведению давления на площадь дна) уменьшилась.

Как же так, возразят некоторые, ведь масса воды и её вес остались прежними, **это и есть сила давления!** Первые два утверждения правильные: и масса воды, и её вес остались прежними, а вот вывод — ошибочный! Действительно, что такое вес? Сила, с которой тело (в нашем случае вода) действует на опору. А что в нашем случае является опорой? Многие ошибочно полагают, что это дно сосуда! Но вода действует (давит) на **наклонные стенки сосуда**, а стенки сосуда, в свою очередь, по третьему закону Ньютона отвечают, действуют на воду (как бы поддерживают её). Поэтому сила давления на дно сосуда и уменьшается. Особо пытливым или недоверчивым можно предложить изобразить силу давления в каком-то месте наклонной плоскости (стенки) и убедиться в том, что она имеет ненулевую проекцию на вертикальную ось.

**Пример 21.** Стальной шар, первоначально лежащий на горизонтальной поверхности стола, опустили в сосуд, полностью заполненный водой, так что часть воды вылилась через край (см. рисунок). Как после погружения шара изменились давление воды на дно сосуда и сила давления сосуда на стол?



Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление воды на дно сосуда	Сила давления сосуда на стол

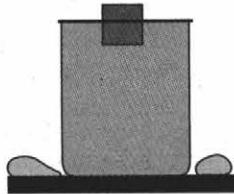
Описанную в задании ситуацию вам многократно доводилось наблюдать, хотя, возможно, и в несколько измененном виде.

Сделаем одно предварительное замечание. Все тела на поверхности Земли испытывают на себе действие **атмосферного давления**, но поскольку в ходе опытов атмосферное давление не изменялось, то все рассуждения относительно изменения давления или силы давления обусловлены только гидростатическим давлением и давлением других тел.

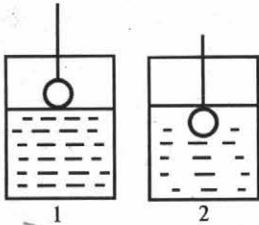
Рассмотрим ситуацию с позиций физики. Первоначально сосуд был полностью (доверху) заполнен водой. Что это означает на языке физики (языке физических величин)? Объём воды в сосуде равен внутреннему объёму сосуда. Заметим, что внутренний объём сосуда является главной физической величиной — параметром — данного сосуда. Обычно считается само собой разумеющимся, что этот объём есть величина постоянная. (Уточним: если не изменяется температура сосуда или тепловым расширением можно пренебречь!) В нашем случае можно считать это установленным фактом.

При погружении в сосуд стального шарика часть воды вылилась. (Припомните, вам доводилось наблюдать, как вода выливалась из сосуда, заполненного не доверху при погружении в неё какого-то тела?) Значит, условие «полностью (или доверху)» позволяет уточнить, какая **часть воды** вылилась. Что с позиций физики означает указание «часть воды»: это масса или объём вылившейся воды? Конечно, это объём вылившейся (вытесненной стальным шариком) воды. А что из этого следует? Во-первых, что объём вытесненной воды равен объёму шарика. Поэтому уровень воды в сосуде в результате манипуляций остался прежним: сосуд доверху заполнен водой. Во-вторых, масса содержимого в сосуде увеличилась, так как при одинаковых объёмах масса воды существенно меньше массы стального шара. Вот эти-то два вывода и помогут правильно определить характер изменения величин в этом задании.

Давление воды на дно сосуда — гидростатическое давление; для данной жидкости оно зависит только от высоты столба жидкости над дном. Сосуд, как и прежде, доверху заполнен водой, значит, давление воды на дно сосуда не изменилось. А вот сила давления сосуда на стол увеличилась. Этому можно привести два обоснования. Первое: масса содержимого сосуда увеличилась, значит, увеличилась и сила тяжести сосуда с водой, значит, увеличился вес сосуда с водой, то есть сила давления

	<p>на стол. Второе: силу давления на стол сосуда с водой и шариком создают вода и шарик. Сила давления воды на дно сосуда передаётся дном (твёрдое тело) на стол без изменения. Сила давления шарика на дно меньше его силы тяжести на величину выталкивающей силы, она тоже передаётся дном в направлении силы на стол. Следовательно, результирующая сила давления сосуда на стол увеличивается.</p> <p>Какое объяснение вы выберете — не важно, главное, чтобы вы понимали, что результат выбора — это результат построения правильного, основанного на фактах обсуждения ситуации.</p>				
<p><b>Пример 22.</b> Деревянный кубик опускают в сосуд, полностью заполненный водой, так что часть воды выливается через край, а кубик плавает при частичном погружении. Как при этом меняется сила тяжести, действующая на кубик, а также сила давления воды на дно сосуда?</p>  <p>Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) увеличивается</li> <li>2) уменьшается</li> <li>3) не изменяется</li> </ol> <p>Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.</p> <table border="1" data-bbox="243 1243 750 1343"> <thead> <tr> <th data-bbox="243 1243 477 1343">Сила тяжести кубика</th> <th data-bbox="477 1243 750 1343">Сила давления воды на сосуда</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="243 1343 477 1343"></td> <td data-bbox="477 1343 750 1343"></td> </tr> </tbody> </table>	Сила тяжести кубика	Сила давления воды на сосуда			<p>Это задание очень похоже на предыдущее, но манипуляции проводят с деревянным кубиком. Очевидно, и это отражено на рисунке, что кубик, в отличие от утонувшего стального шарика, <b>плавает</b> на поверхности воды и его вес равен весу вытесненной воды (по третьему закону Ньютона и условию плавания тел).</p> <p>В принципе всё, что было написано в комментариях к предыдущему заданию, можно повторить с единственной поправкой: объём вытесненной кубиком воды меньше объёма кубика. Выберите те фрагменты рассуждения, которые можно сохранить в неизменном виде. Проверьте себя!</p> <p>Так как уровень воды в сосуде в результате манипуляции не изменился, то гидростатическое давление воды на дно сосуда не изменилось и сила давления воды на дно сосуда не изменилась тоже (с дном никакие другие тела не взаимодействуют!).</p> <p>В отношении силы тяжести тоже все просто: она обусловлена <b>только</b> взаимодействием тела с Землёй, и это взаимодействие не зависит от присутствия третьих тел. Поэтому и сила тяжести кубика не изменяется.</p>
Сила тяжести кубика	Сила давления воды на сосуда				

**Пример 23.** В сосуд, частично заполненный водой, опускают на нити свинцовый шарик из положения 1 в положение 2 (см. рисунок). Как при этом изменяются сила тяжести и выталкивающая сила, действующие на шарик, а также давление воды на дно сосуда?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тяжести	Выталкивающая сила	Давление воды на дно сосуда

**Пример 24.** Стальной сплошной шарик на нити сначала погружают в сосуд с дистиллированной водой, а затем в сосуд с морской водой. Как при этом изменяются выталкивающая сила, действующая на шарик со стороны жидкости, и сила упругости, действующая на шарик со стороны нити?

В этом задании необходимо определить характер изменения величин, с которыми мы уже имели дело в предыдущих заданиях. Наверняка вы сразу записали в столбце «Сила тяжести» цифру «3», справедливо полагая, что сила тяжести тела не меняется от того, погрузили его в воду или нет. И это верный ответ. А вот что происходит с другими величинами?

Займёмся выталкивающей силой. Она сначала действовала на шарик в воздухе (шарик целиком в воздухе!), а потом он оказался целиком погруженным в воду. Изменилась плотность окружающей его среды, и вместе с ней изменился и модуль выталкивающей силы. Так как плотность воды больше плотности воздуха, то и выталкивающая сила увеличилась.

Осталось выяснить, что произошло с давлением воды на дно сосуда. Думаю, что многие из вас заметили на рисунке (или отметили на основе рассуждения), что уровень воды в сосуде повысился. Это верно, ведь некоторый объём воды вытеснил шарик, но эта вода **не вылилась** из сосуда. Поэтому можно сразу утверждать, что давление воды на дно сосуда тоже возросло.

**Примечание.** Хотя ответы на все вопросы задания мы уже получили, давайте ещё немного поговорим о ситуации, описанной в этом задании. Найдите принципиальное отличие этого задания от того, в котором такой же стальной шарик утонул и лежит на дне сосуда. Конечно, это наличие ещё одного тела — нити, которая удерживает шарик. Что значит «удерживает»? На языке физики это означает, что нить действует на шарик с некоторой силой. Эту силу нетрудно рассчитать, она меньше силы тяжести шарика на величину выталкивающей силы. Поэтому если бы нас спрашивали о силе давления сосуда на стол (как в предыдущем задании!), то она тоже увеличилась бы, но оказалась существенно меньше, чем в предыдущем случае.

При выполнении этого задания нужно будет сравнить между собой силы, действующие на одно и то же тело, в двух разных процессах, а не проследить за изменением какой-то величины в ходе описанного процесса. Мы уже сталкивались с подобной ситуацией. Применим обычный алгоритм построения рассуждения.

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

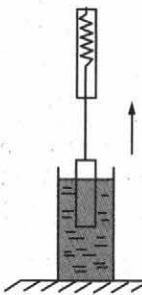
Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Выталкивающая сила, действующая на шарик со стороны жидкости	Сила упругости, действующая на шарик со стороны нити

**Пример 25.** Груз, подвешенный к динамометру и опущенный в стакан с водой до полного погружения, с постоянной скоростью вытаскивают из воды (см. рисунок). Как по мере выхода груза из воды изменяются выталкивающая сила, действующая на груз со стороны воды, и сила давления воды на дно сосуда?

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется



**Объект:** стальной шарик на нити.

**Процесс:** погружение шарика в разные жидкости (шарик погружается в жидкость целиком).

**Что остаётся постоянным:** масса и объём шарика.

Используем для проведения сравнения таблицу.

Жидкость	Выталкивающая сила $F_A = \rho_x g V$	Сила упругости, действующая на шарик со стороны нити $F_{упр} = mg - F_A$
дистиллированная вода, $\rho_{ж1} = 1000 \text{ кг/м}^3$	$F_{A1} = 1000gV$	$F_{упр1} = mg - 1000gV$
Морская вода $\rho_{ж2} = 1050 \text{ кг/м}^3$	$F_{A2} = 1050gV$	$F_{упр2} = mg - 1050gV$
—	$F_{A1} < F_{A2}$	$F_{упр1} > F_{упр2}$

Теперь остаётся выбрать верное утверждение и записать в таблицу ответов.

После того как мы разобрали предыдущие задания, вы должны сразу справиться с этим. Проверьте себя!

Логическая цепочка в отношении выталкивающей силы выглядит так.

**Неизменные параметры:** Земля и вода.

Изменяется объём погруженной части груза — уменьшается, значит, выталкивающая сила уменьшается. (Закономерность её изменения, если бы в задании об этом спрашивалось: выталкивающая сила уменьшается линейно, так как груз движется с постоянной скоростью и за равные промежутки времени объём погруженной части уменьшается на одну и ту же величину. **Груз — цилиндр!**)

Логическая цепочка в отношении силы давления воды на дно сосуда выглядит так.

**Неизменные параметры:** Земля и вода.

Изменяется объём погруженной части груза — уменьшается, значит, уменьшается объём вытесненной воды, и уровень воды в сосуде пони-

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Выталкивающая сила, действующая на груз со стороны воды	Сила давления воды на дно сосуда

**Пример 26.** Пуля прошла по горизонтали сквозь фанерную мишень. Как при этом изменилась кинетическая и внутренняя энергия пули?

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия	Внутренняя энергия

жается. Давление воды на дно сосуда зависит от высоты столба жидкости над дном, следовательно, давление уменьшается вместе с уровнем воды. Значит, сила давления воды на дно сосуда уменьшается тоже.

Попробуйте для проверки провести рассуждение в отношении закономерности изменения силы давления воды на дно сосуда.

Это задание проверяет умение применять закон сохранения энергии.

**Объект:** пуля.

**Явление:** равномерное движение пули до соударения с мишенью; движение пули внутри мишени; движение пули после вылета из мишени.

**Постоянные параметры:** масса пули; высота над поверхностью земли (движение по горизонтали).

**Переменные параметры:** скорость пули; в результате взаимодействия с мишенью скорость пули уменьшилась.

В процессе движения пули (от момента подлёта к мишени до момента вылета из неё) её потенциальная энергия не менялась, но происходили следующие превращения энергии: в момент подлета к мишени пуля обладала кинетической энергией и внутренней энергией. При взаимодействии с мишенью кинетическая энергия пули уменьшалась, а внутренняя энергия пули и мишени увеличивалась за счёт работы сил сопротивления.

В следующих заданиях рассматривается агрегатное превращение вещества. Самая распространённая ошибка при анализе таких процессов состоит в том, что многие упускают из виду второе условие протекания агрегатных превращений. О первом — агрегатные превращения происходят при строго определённой температуре (при заданном атмосферном давлении) — помнят практически все. А о втором забывают: при температуре агрегатного превращения процесс происходит **только при наличии теплообмена**, то есть при получении или отводе некоторого количества теплоты. Отсюда следует: в процессе агрегатного превращения при постоянной температуре всегда происходит увеличение или уменьшение внутренней энергии системы, состоящей из двух фаз вещества (жидкость — пар, жидкость — твёрдое тело, твёрдое тело — пар).

**Пример 27.** В процессе кипения вода превращается в пар. Как при этом изменяется температура и внутренняя энергия системы «вода — пар»?

**Объект:** система «вода — пар».

**Явление:** агрегатное превращение — процесс кипения (парообразования) воды.

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Температура	Внутренняя энергия

**Пример 28.** Лёд, нагретый предварительно до температуры плавления, начинают плавить. Как в процессе плавления изменяется температура и внутренняя энергия смеси «вода — лёд»?

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Температура смеси «вода — лёд»	Внутренняя энергия смеси «вода — лёд»

**Пример 29.** Если герметично закрытый сосуд, на половину заполненный водой, нагреть, то как изменятся масса воды в сосуде и плотность водяного пара?

**Условия протекания процесса:**

- 1) происходит при постоянной температуре;
- 2) обеспечивается постоянный приток теплоты.

**Постоянные параметры:** температура, общая масса вещества.

**Изменяющиеся параметры:** соотношение масс вещества, находящегося в жидком и парообразном состоянии; внутренняя энергия.

Для выяснения характера изменения внутренней энергии нужно воспользоваться законом сохранения и превращения энергии: если система получает от нагревателя (то есть извне) некоторое количество теплоты, то внутренняя энергия увеличивается.

**Объект:** система «вода — лёд».

**Явление:** агрегатное превращение — процесс плавления льда.

**Условия протекания процесса:**

- 1) происходит при постоянной температуре;
- 2) обеспечивается постоянный приток теплоты.

**Постоянные параметры:** температура, общая масса вещества.

**Изменяющиеся параметры:** соотношение масс вещества, находящегося в твёрдом и жидком состоянии; внутренняя энергия.

Для выяснения характера изменения внутренней энергии нужно воспользоваться законом сохранения и превращения энергии: если система получает от нагревателя (то есть извне) некоторое количество теплоты, то внутренняя энергия увеличивается.

В этом задании речь идёт об агрегатном превращении воды и водяного пара. Особенность этого превращения состоит в том, что различают два процесса: испарение и парообразование (кипение). Отличительная особенность испарения состоит в том, что оно происходит при любой темпе-

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Масса воды в сосуде	Плотность водяного пара

ратуре. Это связано с механизмом процесса: свободную поверхность жидкости при любых температурах могут покинуть наиболее быстрые молекулы, если они движутся в сторону свободной поверхности. Так образуется пар. Очевидно, что чем выше температура жидкости, тем больше в ансамбле быстрых молекул, способных перейти в газообразное состояние. Но при этом внутренняя энергия жидкости уменьшается. Правда, она постоянно повышается за счёт теплообмена с окружающим воздухом, ведь тела с разной температурой приходят в состояние теплового равновесия самопроизвольно. Так что и процесс испарения требует притока теплоты.

**Объекты:** вода и водяной пар в герметично закрытом сосуде.

Словосочетание «герметично закрытый сосуд» означает, что вода и её пар находятся в состоянии динамического равновесия: сколько воды (по массе) испаряется за 1 с, столько же пара (по массе) конденсируется в воду за 1 с. Водяной пар в сосуде насыщенный. Так что, пока температура содержимого сосуда не меняется, и масса воды, и масса насыщенного пара остаются постоянными.

**Явление:** нагревание содержимого сосуда → повышение температуры воды и пара.

**Постоянные параметры:** сумма масс воды, находящейся в жидким состоянии и в виде пара, остаётся постоянной в процессе нагревания сосуда.

При повышении температуры увеличивается скорость испарения воды. Испарение приводит к увеличению массы пара и повышению скорости конденсации. Этот процесс продолжается до установления нового состояния динамического равновесия, соответствующего новому значению температуры.

Таким образом, масса воды в сосуде при нагревании уменьшается, а масса и, следовательно, плотность водяного пара возрастают.

**Пример 30.** В сухой летний день прошел тёплый дождь, причём температура воздуха не изменилась. Как после дождя изменятся показания сухого и влажного термометров психрометра?

Условие «в сухой летний день» означает, что в наблюдаемом месте нет воды в жидким состоянии, а водяной пар в атмосфере является ненасыщенным.

**Объект:** вода в жидким состоянии и водяной пар.

*Продолжение таблицы*

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Показания сухого термометра	Показания влажного термометра

**Явление:** испарение воды в результате тёплого дождя (испарение происходит с поверхности луж и, главное, с поверхности капель дождя, а она огромная!).

**Постоянные параметры:** температура воздуха.

**Процедура:** измерение температуры сухим и влажным термометром.

Что измеряет сухой термометр? Конечно, температуру воздуха, а она по условию задачи остаётся постоянной.

Что измеряет влажный термометр? Температуру испаряющейся с влажной ткани воды. Закономерность: чем интенсивнее происходит испарение воды с ткани, тем ниже её температура и меньше показание влажного термометра.

А когда испарение воды происходит интенсивнее всего при постоянной температуре воздуха? Тогда, когда в воздухе мало водяного пара (в этом случае скорость испарения воды существенно больше скорости конденсации пара и температура испаряющейся воды существенно ниже температуры окружающего воздуха). Так было до дождя.

В нашем случае, сразу после дождя, водяной пар в атмосфере близок к состоянию насыщения, поэтому с ткани влажного термометра испарение происходит очень медленно, и температура воды примерно равна температуре воздуха.

Рассмотрим алгоритмы решения задач по теме «Электрические явления».

**Пример 31.** В процессе трения о шерсть эbonитовая палочка приобрела отрицательный заряд. Как при этом изменилось количество заряженных частиц на шерсти при условии, что обмен атомами при трении не происходил?

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

**Объекты:** эbonитовая палочка и шерсть (лоскут шерстяной ткани).

**Явление:** трение → электризация трением.

**Постоянные параметры:** суммарный электрический заряд эbonитовой палочки и шерсти равен нулю.

**Что изменяется:** в процессе электризации происходит перераспределение части электронов между эbonитовой палочкой и шерстью. Другие частицы, входящие в состав атомных ядер (протоны и нейтроны), в процессе электризации не участвуют, и их количество на каждом из тел остаётся постоянным.

Логическая цепочка: отрицательный заряд имеют электроны → эbonитовая палочка приобрела отрицательный заряд → значит, на ней с шерсти

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Количество протонов на шерсти	Количество электронов на шерсти

**Пример 32.** Спираль электроплитки укоротили. Как изменились её электрическое сопротивление и сила электрического тока в спирали при включении плитки в ту же электрическую сеть?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Электрическое сопротивление спирали	Сила электрического тока в спирали

перешли электроны → значит, шерсть «потеряла» **столько электронов**, сколько приобрела эbonитовая палочка, → значит, электроны «унесли» с шерсти отрицательный заряд и она приобрела положительный заряд. Остаётся записать номера правильных утверждений в таблицу ответов.

Простейшее задание по теме «Постоянный электрический ток» проверяет понимание факторов, от которых зависит сопротивление металлического провода (проводника, резистора) и умение применять закон Ома для участка электрической цепи. Алгоритм построения рассуждения прежний.

**Объект:** участок электрической цепи.

**Явление:** протекание тока по спирали электроплитки, затем протекание тока по укороченной спирали электроплитки.

**Постоянные параметры:** материал (вещество) провода, из которого изготовлена спираль, площадь поперечного сечения провода; напряжение на концах спирали.

**Что изменяется:** длина провода, из которого изготовлена спираль, → сопротивление провода (спирали); сила тока в спирали.

**Закономерность:** чем больше (меньше) длина провода, тем больше (меньше) сопротивление проводника при прочих равных условиях (вещество и площадь поперечного сечения провода). Можно записать для определённости формулу для расчёта сопротивления:  $R = \rho_s \ell / S$ . По закону Ома для участка цепи ( $I = U/R$ ) при уменьшении сопротивления участка сила тока увеличивается.

В этом задании описана та же ситуация, что и в предыдущем. Только вопросы сформулированы иные. Ответ на первый вы можете найти сразу, внимательно читая задание: «при включении её (плитки) в ту же электрическую сеть» означает, что напряжение сети поддерживается постоянным.

**Пример 33.** Спираль электроплитки укоротили. Как изменились электрическое напряжение сети и мощность электрического тока, потребляемого плиткой, при включении её в ту же электрическую сеть?

## Продолжение таблицы

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Электрическое напряжение сети	Мощность электрического тока, потребляемого плиткой

**Пример 34.** Никелиновую спираль электроплитки заменили на никромовую такой же длины и площади поперечного сечения. Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями при включении плитки в электрическую сеть.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Электрическое сопротивление спирали	Сила электрического тока в спирали	Мощность электрического тока, потребляемого плиткой

Мощность электрического тока, потребляемого реостатом (мощность тока, выделяемая реостатом), может быть рассчитана по формуле  $P = UI$ . Так как напряжение  $U$  на концах участка цепи постоянное, то об изменении мощности можно судить по изменению силы тока. Проведите рассуждение по нашему алгоритму, проверяя себя с помощью комментария к предыдущему заданию, и определите, как изменилась мощность в описанном процессе.

В этом задании проводят ещё одну манипуляцию со спиралью электроплитки: её заменяют на такую же, но изготовленную из другого вещества (материала).

**Объект:** участок электрической цепи.

**Явление:** протекание тока по спирали электроплитки, затем протекание тока по другой спирали электроплитки.

**Постоянные параметры:** длина провода, из которого изготовлена спираль; площадь поперечного сечения провода; напряжение на концах спирали.

**Что изменяется:** материал (вещество) провода, из которого изготовлена спираль,  $\rightarrow$  сопротивление провода (спирали); сила тока в спирали.

**Закономерность:** чем больше (меньше) удельное сопротивление вещества, тем больше (меньше) сопротивление проводника при прочих равных условиях (длина и площадь поперечного сечения провода). Можно записать для определённости формулу для расчёта сопротивления:  $R = \rho_s \ell / S$ .

**Удельное сопротивление вещества нужно будет найти в справочных материалах!**

Потренируйтесь: попробуйте выполнить рассуждения до конца самостоятельно. В качестве опоры используйте комментарий к предыдущим заданиям.

**Пример 35.** Металлическую пластинку со сторонами  $a \times 2a \times 3a$  подключают к источнику постоянного напряжения так, как показано на рисунке 1.

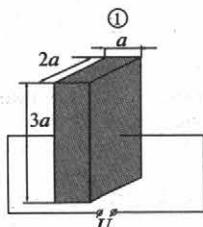


Рис. 1

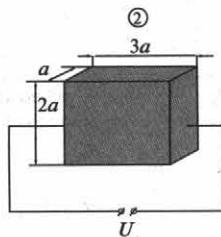


Рис. 2

Считая, что ток равномерно распределён по сечению пластины, определите, как изменяются физические величины: электрическое сопротивление пластины и сила протекающего через пластину тока при подключении этой пластины к тому же источнику напряжения так, как показано на рисунке 2.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Электрическое сопротивление пластиинки	Сила электрического тока, протекающего через пластиинку

**Пример 36.** Реостат включён в сеть постоянного напряжения (см. рисунок). Ползунок реостата перемещают влево. Как при этом изменяется электрическое сопротивление цепи и мощность тока, потребляемого реостатом?

Рисунки в этом задании позволяют правильно применить формулу для расчёта электрического сопротивления металлического проводника, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда (пластиинки). Для этого нужно предварительно по геометрическим размерам бруска подсчитать площадь поперечного сечения проводника и длину проводника.

**Объект:** металлическая пластиинка с заданными формой и размерами.

**Явление:** протекание тока по пластиинке при включении её в цепь разными гранями.

**Постоянные параметры:** вещество (материал) пластиинки, источник тока.

**Что изменяется:** электрическое сопротивление пластиинки и сила тока в ней при разном включении.

**Положение 1:** площадь поперечного сечения — площадь грани с размерами  $2a \times 3a$ ; длина проводника —  $a$ . Максимальная площадь поперечного сечения и минимальная длина, следовательно, сопротивление пластиинки при таком подключении — минимально возможное.

Можно воспользоваться формулой и провести подсчёт:

$$R_1 = \rho_s a / (2a \times 3a) = \rho_s / 6a.$$

**Положение 2:** площадь поперечного сечения — площадь грани с размерами  $2a \times a$ ; длина проводника —  $3a$ . Площадь грани меньше, чем в предыдущем случае, а длина — максимально возможная. Следовательно, сопротивление пластиинки в этом случае больше.

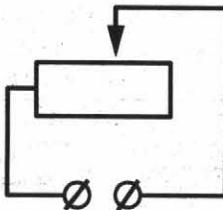
Можно воспользоваться формулой и провести подсчёт:

$$R_2 = \rho_s 3a / (2a \times a) = 3\rho_s / 2a.$$

Так как сопротивление  $R_2 > R_1$ , то при постоянном напряжении сила тока, протекающего через пластиинку, во втором случае меньше.

Задания по теме «Постоянный электрический ток» часто, но не всегда сопровождаются схемой электрической цепи. Важно уметь правильно извлекать информацию из схемы. И речь здесь идёт не столько о распознавании элементов электрической цепи по их условным обозначениям, сколько о сути изменений в цепи и процессов, происходящих при протекании электрического тока.

## Продолжение таблицы



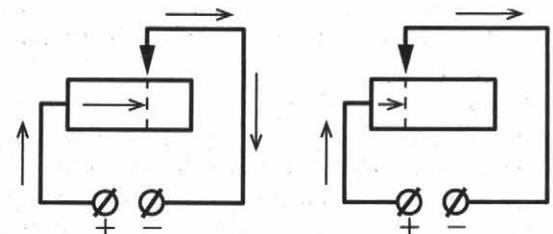
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Электрическое сопротивление цепи	Мощность электрического тока, потребляемого реостатом

В этом задании рассматривается простейшая электрическая цепь: на схеме мы видим клеммы источника тока, соединительные провода и один потребитель — реостат (резистор переменного сопротивления). Реостат позволяет регулировать силу тока в цепи, поэтому часто используется в электрических цепях. Проверьте себя, понимаете ли вы, как он действует? Обратите внимание: клеммы источника тока на схеме не обозначены «+» и «-». Значит, в данном случае это несущественно. Для определённости рассуждений расставим эти знаки так, как нам удобно.



Расставим на схеме стрелки, показывающие, как течёт ток (за направление тока принимается направление от «+» к «-»). Обратите внимание: по обмотке реостата ток течёт от левого конца обмотки до ползунка (часть обмотки реостата, отделённая пунктирной линией). Если теперь передвинуть ползунок реостата влево, то станет ясно, что в этом случае ток течёт по меньшей части обмотки, то есть во втором случае длина провода, а значит, и его сопротивление, меньше. Вывод: при перемещении ползунка реостата влево сопротивление участка цепи уменьшилось. Если это понятно, то можно приступить к выполнению задания.

**Объект:** участок электрической цепи с регулируемым сопротивлением.

**Процессы:** протекание тока → нагревание проводника током.

**Постоянные параметры:** напряжение на концах участка.

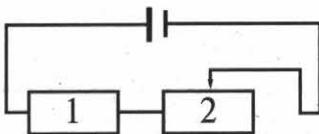
**Что изменяется:** сопротивление участка (по схеме) уменьшается; сила тока согласно закону Ома увеличивается.

Мощность электрического тока, потребляемого реостатом (синонимы: мощность тока, выделяемого реостатом), может быть рассчитана по фор-

мule  $P=UI$ . Так как напряжение  $U$  на концах участка цепи постоянное, то об изменении мощности можно судить по изменению силы тока. Так как сила тока увеличивается, то увеличивается и мощность тока, потребляемого реостатом.

**Замечание:** обратите внимание, что наше рассуждение нисколько не изменилось бы, если бы знаки «+» и «-» мы поменяли местами: важно, не в каком направлении, а по какой части обмотки реостата течёт ток и как эта часть меняется при перемещении ползунка реостата.

**Пример 37.** На рисунке изображена электрическая цепь, состоящая из источника тока, резистора 1 и реостата 2. Ползунок реостата передвигают вправо.



Как при этом изменяется сопротивление реостата и сила тока в цепи?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сопротивление реостата	Сила тока в цепи

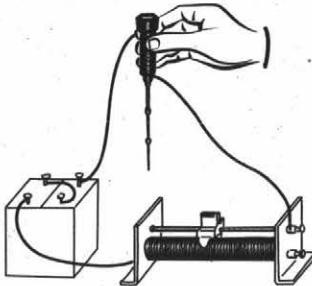
В этом задании схема электрической цепи содержит два потребителя электрической энергии: резистор и реостат. Сразу можно заметить, что оба потребителя соединены между собой последовательно (нет таких точек, в которых ток разветвлялся бы). Поэтому ток, который течёт через резистор, проходит и через обмотку реостата. Полезно сразу отметить, по какой части обмотки реостата течёт ток до того, как положение ползунка поменяют. Не стесняйтесь (или не ленитесь!) изобразить на схеме новое положение ползунка: такая визуализация убережёт вас от досадных ошибок.

Итак, если ползунок реостата передвинуть вправо, то длина «активной» (то есть по которой течёт ток) части обмотки увеличится, а значит, сопротивление реостата увеличится тоже.

Сила тока в цепи данного источника тока «управляется» сопротивлением цепи. При последовательном соединении проводников, и по здравому смыслу, и по правилам последовательного соединения, если сопротивление какого-то потребителя (реостата) увеличивается, то и общее сопротивление цепи возрастает. А сила тока? По закону Ома сила тока в этом случае уменьшается.

Потренируйтесь: самостоятельно проведите рассуждения заново, следуя уже знакомому вам алгоритму.

**Пример 38.** При пропускании электрического тока через проводку, намотанную на железный болт, к болту притягиваются гвозди (см. рисунок).



Как меняется общее сопротивление электрической цепи и подъёмная сила получившегося электромагнита при перемещении ползунка реостата влево?

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Общее сопротивление	Подъёмная сила электромагнита

**Пример 39.** Электрическая цепь состоит из источника тока, резистора 1 и реостата. Затем к резистору 1 присоединяют резистор 2 (см. рисунок).

В этом задании изображён рисунок электрической цепи (не схема!), на которой к источнику тока подключены реостат и провод (проводка, проволока), намотанная на железный болт.

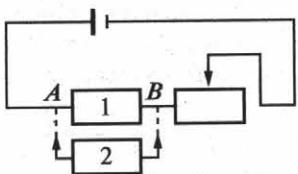
**Постоянные параметры цепи:** источник тока, сопротивление провода, способ соединения потребителей электрического тока (последовательное соединение).

**Что изменяется:** положение ползунка реостата → электрическое сопротивление реостата → электрическое сопротивление всей цепи → сила тока в цепи → подъёмная сила электромагнита.

Остаётся определить, как изменяется сопротивление реостата при перемещении его ползунка влево.

Доведите выполнение задания до конца и заполните таблицу ответов.

Рассмотрите схему электрической цепи и сравните её со схемой из предыдущего задания. При сравнении сначала отметьте общее, сходное в этих схемах, а затем выявите различия. Теперь прочитайте (или пере-



Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями после присоединения резистора 2.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сопротивление участка AB	Сила тока, проходящего через источник тока

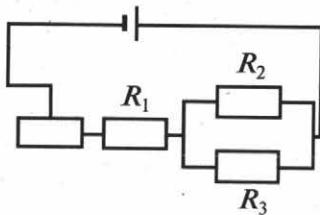
читайте, если вы немного поспешили!) текст задания и снова найдите сходства и отличия в обоих заданиях.

Обратите внимание, что в данном случае ползунок реостата не передвигают и его сопротивление остаётся постоянным. Но изменяют сопротивление цепи другим способом, подключая параллельно резистору 1 резистор 2.

В тексте задания вид соединения резисторов 1 и 2 не назван, его вы должны, желательно безошибочно, определить сами, извлекая информацию из схемы цепи. Для тех, кто испытывает затруднения в этом вопросе, опишем простой способ определения вида соединения. В предыдущем задании мы показали, как обнаружить последовательно соединённые потребители (резисторы), теперь сформулируем правило выявления параллельного соединения. Найдите точку (узел), в которой ток разветвляется (разделяется). В этой точке соединяются «первые» концы двух резисторов. Теперь ищите точку (узел), в котором соединяются «вторые» концы этих же резисторов. В этой точке токи, текущие по каждому резистору, «сливаются». В таком случае два резистора соединены параллельно, теперь они образуют участок цепи *AB*. Раньше участок цепи *AB* содержал только резистор 1, теперь участок *AB* содержит два параллельно соединенных резистора (1 и 2).

Правила параллельного соединения резисторов позволяют определить общее сопротивление этого участка цепи. Даже если вы не помните (забыли) формулу для расчёта общего сопротивления параллельно соединённых резисторов, обратитесь к жизненному опыту и простой ассоциации. Представьте себе группу людей, которые идут гуськом, друг за другом, по узкой тропинке, а теперь другая ситуация: тропинка разветвилась на две и пропускная способность сразу возросла, так как этот участок пути люди могут пройти теперь рядом друг с другом. Поэтому сопротивление общему движению меньше, когда есть разные параллельные тропинки. Вот и правило: при параллельном соединении резисторов общее сопротивление участка цепи всегда уменьшается, более того, оно всегда меньше самого меньшего из сопротивлений параллельно соединённых резисторов.

**Пример 40.** На рисунке изображена электрическая цепь, состоящая из источника тока, резисторов  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  и реостата.



Как изменяются при передвижении ползунка реостата вправо общее сопротивление цепи и сила тока в резисторе  $R_2$ ?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Общее сопротивление цепи	Сила тока в резисторе $R_2$

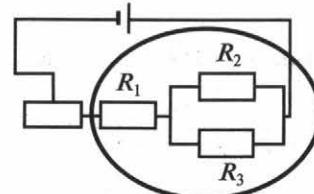
Схема электрической цепи, изображённой на рисунке к заданию, может показаться довольно сложной, и возможно, кто-то из вас не станет пытаться выполнять задание.

Наша задача — убедить вас в том, что любому из вас, готовому следовать нашему алгоритму и строить рассуждение, а не «стараться вспоминать» непонятое когда-то, и потому забытое, выполнить это задание, хотя бы частично, вполне по силам.

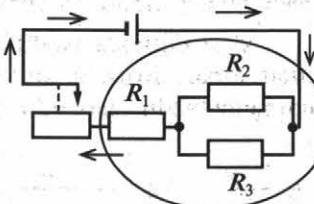
**Объект:** электрическая цепь.

**Явление:** протекание тока по цепи.

**Постоянные параметры:** источник тока, резисторы  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  и способ их соединения. Очень полезно для наглядности обвести ту часть электрической цепи (участок цепи), в которой не будут проводиться изменения сопротивлений и способ соединения резисторов.



**Что изменяется:** положение ползунка реостата; он перемещается вправо, значит, его сопротивление уменьшается (уменьшается длина обмотки, по которой течёт ток).



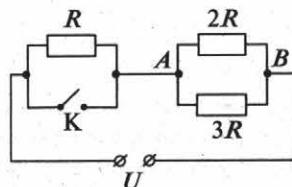
Значит, изменение сопротивления цепи происходит только из-за того, что уменьшается сопротивление реостата.

Реостат соединён последовательно с выделенным на схеме участком цепи (у реостата и этого участка есть только одна общая точка). Тогда по правилам последовательного соединения реостата и выделенного участка цепи общее сопротивление уменьшается, если уменьшается сопротивление хотя бы одного из них. Вот и ответ на первый вопрос.

Теперь можно применить закон Ома: если уменьшилось сопротивление цепи, то сила тока в ней увеличивается. Покажите стрелками, в каких соединительных проводниках и резисторах сила тока увеличилась.

Сила тока, протекающего через резистор $2R$	Электрическое напряжение между точками А и В

**Пример 41.** Определите, как изменяются при замыкании ключа следующие физические величины: сила тока, протекающего через резистор  $2R$ ; напряжение между точками А и В.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Осталось выделить на схеме точки (узлы), в которых ток разветвляется. Через какие резисторы течёт только часть общего тока? Из схемы видно: через  $R_2$  и  $R_3$ . Второй вопрос задания касается тока, текущего через  $R_2$ . Если сила тока, входящего в узел, увеличилась, то в каждой из «веток», в частности в резисторе  $R_2$ , сила тока тоже с необходимостью станет больше.

В следующей группе заданий в схеме электрической цепи имеется ключ. Это устройство, которое позволяет управлять процессами протекания тока в этой цепи. Ключ в разомкнутом состоянии образует в том месте цепи, где он находится, «разрыв цепи», то есть обеспечивает бесконечно большое сопротивление, и ток в этом проводе прекращается. Напротив, если ключ замыкают, то сопротивление в этом месте цепи становится равным нулю: ничто не препятствует прохождению тока.

Какие процессы будут происходить в цепи, зависит от места расположения ключа, поэтому на первых порах полезно делать дополнительные пометки в схеме, что сделать процессы в схеме более наглядными и визуализировать мышление.

**Объект:** электрическая цепь.

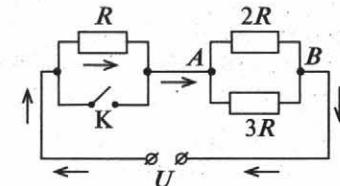
**Явление:** протекание тока по цепи.

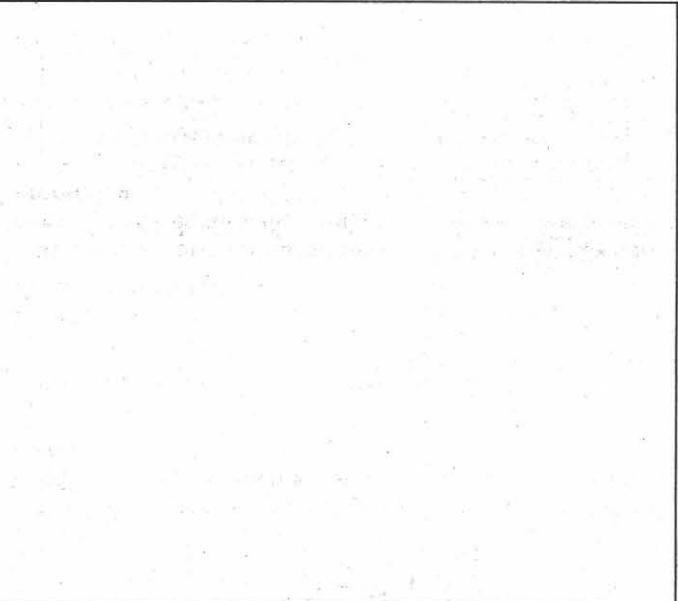
**Постоянные параметры:** напряжение на всей цепи, резисторы и способ их соединения.

**Что изменяется:** ключ К, вначале разомкнутый, затем замыкают.

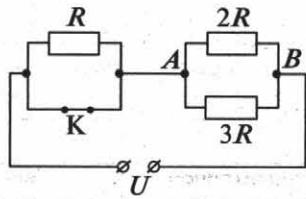
Покажем стрелками направление тока в общих частях цепи. Заметим, что в начальном положении ключа ток через него не течёт, и весь ток общей части цепи течёт через резистор  $R$ . Это позволяет нам утверждать, что в начальном положении ключа напряжение на участке  $AB$  **меньше, чем  $U$** : по правилам последовательного соединения резистора  $R$  и участка  $AB$   $U = U_R + U_{AB}$  или  $U_{AB} = U - U_R$ .

Когда ключ замкнули, весь общий ток течёт через замкнутый ключ, в резисторе  $R$  тока нет.



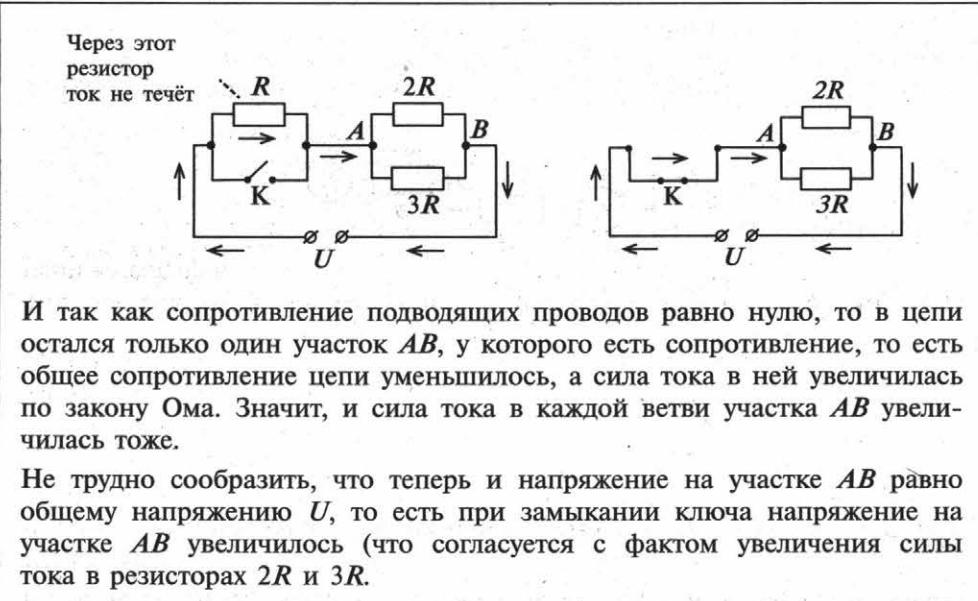


**Пример 42.** На рисунке изображена схема электрической цепи, включающей источник постоянного напряжения, три резистора сопротивлениями  $R$ ,  $2R$ ,  $3R$  и ключ  $K$ .



Определите, как изменяются при размыкании ключа следующие физические величины: общая сила тока в цепи и общее электрическое сопротивление цепи.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



И так как сопротивление подводящих проводов равно нулю, то в цепи остался только один участок  $AB$ , у которого есть сопротивление, то есть общее сопротивление цепи уменьшилось, а сила тока в ней увеличилась по закону Ома. Значит, и сила тока в каждой ветви участка  $AB$  увеличилась тоже.

Не трудно сообразить, что теперь и напряжение на участке  $AB$  равно общему напряжению  $U$ , то есть при замыкании ключа напряжение на участке  $AB$  увеличилось (что согласуется с фактом увеличения силы тока в резисторах  $2R$  и  $3R$ ).

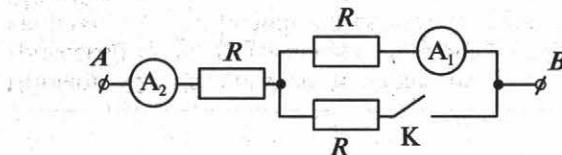
Следующее задание выполните самостоятельно: проведите рассуждения, аналогичные тем, которые мы проводили при выполнении предыдущего задания, и проверьте себя, сможете ли вы теперь выполнять аналогичные задания.

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Общая сила тока в цепи	Общее электрическое сопротивление цепи

**Пример 43.** На рисунке изображён участок электрической цепи, состоящий из резисторов, подключённых к ним амперметров  $A_1$  и  $A_2$  и ключа  $K$ .



Определите, как изменятся при замыкании ключа  $K$  общее сопротивление цепи и показание амперметра  $A_1$ .

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Общее сопротивление цепи	Показание амперметра $A_1$

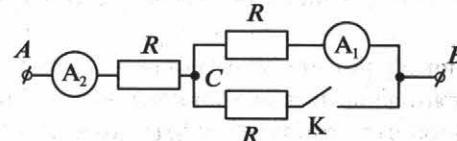
**Объект:** электрическая цепь.

**Явление:** протекание тока по цепи.

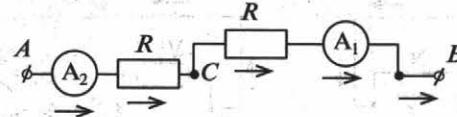
**Постоянные параметры:** напряжение на всей цепи  $AB$ , сопротивление резисторов, место включения двух амперметров. Амперметры идеальные, то есть их электрическое сопротивление принимается равным нулю.

**Что изменяется:** ключ  $K$ , вначале разомкнутый, затем его замыкают. Ключ  $K$  соединён последовательно с резистором  $R$  и управляет силой тока в нём.

Внесём дополнительные обозначения в схему. Обозначим как  $CB$  участок, в котором имеется ключ.

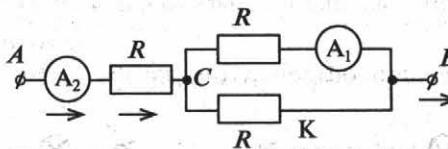


Так как сначала ключ разомкнут и ток через него не течёт, то схема цепи имеет вид:



Значит, при этом положении ключа общее сопротивление цепи равно  $R_{AB} = 2R$  (все резисторы и идеальные приборы включены последовательно), а амперметр  $A_1$  измеряет силу тока в общей части цепи ( $I_{1,0} = U_{AB} / 2R$ ).

Когда ключ замкнули, схема имеет вид:



Точка С — узел, две ветви участка  $CB$  содержат резисторы, которые имеют равные сопротивления (ключ и амперметр имеют сопротивления, равные 0). Амперметр  $A_1$  измеряет силу тока в верхней ветви участка  $CB$ . В узле (точке)  $C$  ток, текущий в общей части участка  $AB$  цепи, делится поровну, так как сопротивления ветвей равны между собой.

Остаётся сравнить показание амперметра  $A_1$  и общее сопротивление цепи с предыдущими значениями этих величин. Обратите внимание: чтобы сделать правильные выводы, придётся провести расчёты!

- При замыкании ключа участок  $CB$  содержит параллельно соединённые резисторы, следовательно, их общее сопротивление уменьшилось ( $R_{CB} = R/2$ ), и общее сопротивление участка  $AB$  ( $R_{AB} = R + R_{CB} = R + R/2 = 3R/2$ ) уменьшилось (было  $R_{AB} = 2R$  или, для наглядности сравнения,  $R_{AB} = 4R/2$ ).
- Так как общее сопротивление цепи уменьшилось, то при постоянном напряжении сила тока в общей части цепи увеличилась и стала равной  $I_{\text{общ}} = 2U_{AB}/3R$  (была  $I_{1,1} = U_{AB}/2R$  или, для наглядности сравнения,  $I_{1,1} = 2U_{AB}/4R$ ).
- В узле С общая сила тока разделилась на две равные части, то есть  $I_{1,2} = U_{AB}/3R$  — уменьшилась по сравнению с первоначальным значением. Показание амперметра  $A_1$  после замыкания ключа уменьшилось.

Несколько следующих заданий по теме «Постоянный электрический ток» аналогичны разобранным выше. Отличие состоит в том, что текст задания не содержит схемы электрической цепи. Для выполнения подобных заданий полезно самим изобразить схему соединения потребителей по её описанию. Этот простой приём убережёт вас от досадных ошибок. На схемах бытовые устройства можно изображать в виде обычных постоянных резисторов.

**Пример 44.** На кухне включена микроволновая печь. Как изменится общая сила тока в электрической цепи, а также общая потребляемая элект-

рическая мощность, если включить ещё один бытовой прибор?

рическая мощность, если дополнительно в электрическую сеть включить электрический чайник?

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Общая сила тока в цепи	Общая потребляемая электрическая мощность

**Пример 45.** В цепь, состоящую из источника тока, ключа, амперметра и лампочки, последовательно лампочке включили такую же лампочку. Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями при включении второй лампочки в электрическую цепь.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

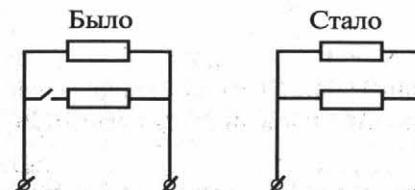
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

боры) подключаются к линии параллельно. Это следует учитывать при выполнении заданий. В остальном алгоритм рассуждения сохраняется.

Напомним, что при параллельном соединении общее сопротивление цепи всегда уменьшается, а напряжение на всех потребителях поддерживается постоянным и одинаково для всех них.

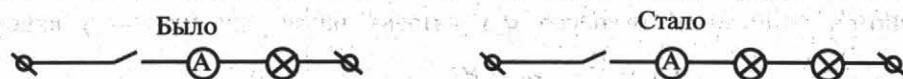
Полезно также помнить, что общая мощность, потребляемая всеми электрическими устройствами из электрической сети, равна сумме мощностей, потребляемых каждым устройством (по закону сохранения энергии).

Например, в этом задании схему электрической цепи можно изобразить так:



(Часто «вилки» электроприборов включены в розетки постоянно, а «выключатели» — ключи, включённые последовательно с прибором, замыкают/размыкают, когда прибором хотят воспользоваться или выключить.) На первых порах полезно для определённости показать общую часть цепи.

Изобразим две схемы электрической цепи: «Было» и «Стало», чтобы было проще заметить изменения, внесённые в схему. Обратите внимание: источник тока удобно изображать в виде клемм, на которые подаётся постоянное напряжение, одинаковое в обоих случаях:



Теперь применяем знакомый алгоритм построения рассуждения. Амперметр считаем идеальным.

Для выполнения задания используйте правила последовательного соединения проводников, которые подробно описывались в предыдущих заданиях.

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Сопротивление цепи	Напряжение на первой лампочке

**Пример 46.** В цепь, состоящую из источника тока, ключа, амперметра и лампочки, параллельно лампочке включили такую же лампочку. Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями при включении второй лампочки в электрическую цепь.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

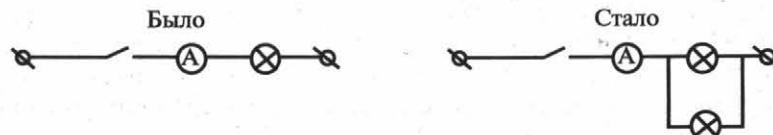
Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Сопротивление цепи	Сила тока в неразветвленной части цепи

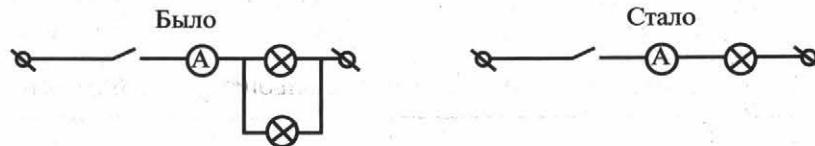
**Пример 47.** Из цепи, состоящей из источника тока, ключа, амперметра и двух параллельно соединённых одинаковых лампочек, удалили одну лампочку. Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями при удалении из электрической цепи одной из лампочек.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

Это задание лучше всего выполнять по аналогии с предыдущим. В качестве опоры приведём рисунки с изображением схем «Было» и «Стало».



В этом задании, по сравнению с предыдущим, рассматривается «обратная» ситуация. Рисунки «Было» и «Стало» просто нужно поменять местами. И ещё одно следует иметь в виду: сравнивать между собой нужно силу тока в общей части цепи.



- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Сопротивление цепи	Сила тока в цепи

В остальном алгоритм выполнения задания следует сохранить.

В следующей группе представлены задания по теме «Световые явления». Покажем, что и в этом случае алгоритм построения рассуждения можно сохранить без изменения.

**Пример 48.** Предмет отодвинули от плоского зеркала. Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями, после того как расстояние между зеркалом и предметом увеличили.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Размер изображения предмета	Расстояние от зеркала до изображения

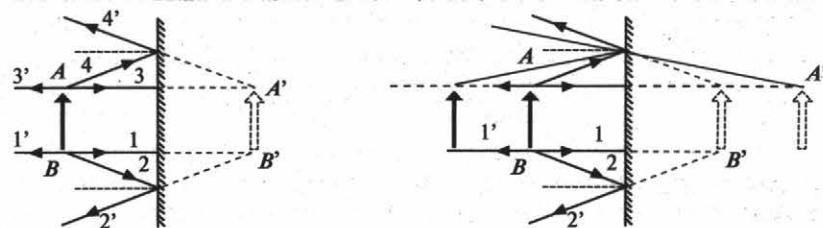
**Объекты:** предмет (тело) и плоское зеркало.

**Явление:** отражение света, исходящего от предмета, от плоского зеркала — изображение предмета в зеркале.

**Что не меняется:** объекты — предмет (его размеры) и плоское зеркало.

**Что изменяется:** расстояние между предметом и зеркалом увеличили («отодвинули»).

В задании необходимо установить характер изменения «свойств изображения в плоском зеркале», а именно: сравнить размеры изображения и его положения в зеркале в двух ситуациях, описанных в задании. Конечно, если вы помните свойства изображения в плоском зеркале, то можно сразу записать в таблицу код ответа. Если же есть хотя бы минимальные сомнения, можно поступить иначе: построить изображение предмета в плоском зеркале в двух случаях.



	<p>Обратите внимание: при построении изображения мы пользуемся законом отражения (угол отражения равен углу падения луча). Напомним: угол падения луча и угол отражения отсчитываются от перпендикуляра, восставленного в точке падения луча (посмотрите на чертёж, всё ли в нём понятно?). Отметим ещё одну важную деталь: изображения верхней и нижней точек предмета (<i>A</i> и <i>B</i>) лежат на линиях, являющихся продолжением лучей («за зеркало»), исходящих из этих точек предмета и падающих перпендикулярно поверхности зеркала (угол падения равен <math>0^\circ</math>). Как бы мы ни двигали предмет, концевые точки его изображения будут лежать на этих же линиях. Эти линии и определяют размер изображения предмета в зеркале.</p> <p>А чтобы найти местоположение точки на этой линии, нужен ещё один луч. Выберите на чертеже точку падения, например луча 3, и постройте падающий луч при новом положении предмета. Угол падения уменьшился, значит, уменьшился и угол отражения. Даже если вам не удастся точно сблюсти равенство этих углов, тенденция будет заметна сразу: продолжение луча отражения пересечёт горизонтальную линию дальше от зеркала. Это и позволит определить новое положение изображения в зеркале.</p>				
<p><b>Пример 49.</b> Предмет придвинули к плоскому зеркалу. Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями, после того как расстояние между зеркалом и предметом уменьшили.</p> <p>Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) увеличивается</li> <li>2) уменьшается</li> <li>3) не изменяется</li> </ol> <p>Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.</p> <table border="1" data-bbox="175 1245 808 1353"> <thead> <tr> <th data-bbox="175 1245 496 1317">Размер изображения предмета</th> <th data-bbox="496 1245 808 1317">Расстояние от зеркала до изображения</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="175 1317 496 1353"></td> <td data-bbox="496 1317 808 1353"></td> </tr> </tbody> </table>	Размер изображения предмета	Расстояние от зеркала до изображения			<p>Эту обратную задачу решите сами: не поленитесь, проговорите ход рассуждения для этой ситуации и проверьте, сможете ли вы аналогичные задания выполнить самостоятельно.</p> <p>Полезно также изобразить чертежи, хотя бы наброски, для выявления тенденции.</p>
Размер изображения предмета	Расстояние от зеркала до изображения				

**Пример 50.** Луч света переходит из воздуха в воду. Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями, после того как угол падения луча на границу раздела воды и воздуха увеличили.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Угол отражения	Угол преломления

**Объект:** граница раздела двух прозрачных сред (воздух – вода), луч света.

**Явления:** отражение света и преломление света.

**Параметры явления:** угол падения, угол отражения, угол преломления.

**Что остается неизменным:** две прозрачные среды, направление хода луча из воздуха в воду.

**Что изменяется:** угол падения луча на границу раздела увеличили.

**Логика рассуждения:** луч падает **на границу** раздела двух разных сред, значит, на границе происходят два явления: а) свет частично отражается от границы — закон отражения света; б) свет частично проходит внутрь другой среды — преломляется — закон преломления света (поглощением света в среде пренебрегаем, если это не оговорено специально).

Применим перечисленные законы к описанной ситуации.

**Отражение света:** углы падения и отражения света равны между собой, значит, при увеличении угла падения угол отражения увеличится тоже.

**Преломление света:** так как в обоих случаях луч переходит из воздуха в воду — из оптически менее плотной среды в оптически более плотную среду, угол преломления будет меньше угла падения.

**Внимание!** В этом месте рассуждения часто допускают ошибку: из утверждения «угол преломления будет меньше угла падения» оставляют «будет меньше», принимая это за ответ к заданию! Но в задании предлагается сравнить углы преломления в двух случаях: первый — когда на границу луч падает по некоторым углом; второй — когда угол падения луча увеличили! И в первом, и во втором случаях углы преломления будут меньше соответствующих углов падения, но во втором случае угол преломления увеличится по сравнению с углом преломления в первом случае. Это утверждение является закономерностью явления преломления света. Если помните, закон преломления света:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n, \quad n = \text{const} \text{ для данной пары сред.}$$

Если угол  $\alpha$  увеличивается, то увеличивается и  $\sin \alpha$ . Следовательно, должен с необходимостью увеличиться  $\sin \beta$ , чтобы их отношение  $n$  осталось постоянным.

**Пример 51.** Предмет, находящийся за двойным фокусным расстоянием линзы, переместили дальше от двойного фокусного расстояния. Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями при удалении предмета от двойного фокуса линзы.

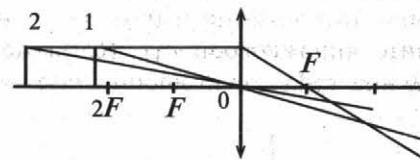
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Расстояние между линзой и изображением предмета	Высота изображения

Для выполнения заданий, в которых рассматриваются изображения объектов в тонких линзах, необходимо выполнять построение соответствующего чертежа или сделать набросок рисунка.



Для удобства сравнения построения желательно проводить на одном чертеже, обозначая два разных положения объекта цифрами 1 (то, что было) и 2 (то, что стало). Чтобы не загромождать чертёж, для построения желательно использовать луч, идущий параллельно главной оптической оси (ГОО). После преломления в линзе он пройдёт через передний фокус линзы. Именно на этом луче будут лежать изображения «верхушки» объекта, рассматриваемого в линзе.

В качестве второго луча (он идёт от «верхушки» объекта в положении 1) и третьего луча (он идёт от «верхушки» объекта в положении 2) удобно использовать лучи, идущие через оптический центр линзы (точка 0). Этот луч идёт, не преломляясь. Обозначьте точки пересечения лучей, например А (изображение «верхушки» 1) и Б (изображение «верхушки» 2). Сами изображения строить не нужно, ведь по положению точек сразу можно увидеть, как они расположены по отношению к линзе (расстояние от линзы до изображения) и по отношению к ГОО (высота изображения).

Таким образом, чертежа вполне достаточно, чтобы получить информацию, необходимую для ответа.

**Пример 52.** Предмет, находящийся между фокусным и двойным фокусным расстоянием линзы, переместили ближе к двойному фокусу линзы. Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями при приближении предмета к двойному фокусу линзы.

Алгоритм выполнения этого задания точно такой же, каковой использовался при выполнении предыдущего задания. Мы приводим чертёж и предлагаем самостоятельно расставить на нём недостающие обозначения важных точек и сделать выводы.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Расстояние между линзой и изображением предмета	Высота изображения

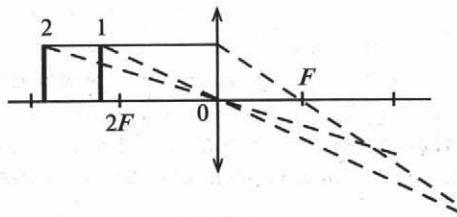
**Пример 53.** Предмет, находящийся на расстоянии  $0,2F$  от собирающей линзы, фокусное расстояние которой  $F$ , удаляют от линзы на расстояние  $0,6F$ . Как при этом изменяются фокусное расстояние линзы и расстояние от линзы до изображения предмета?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

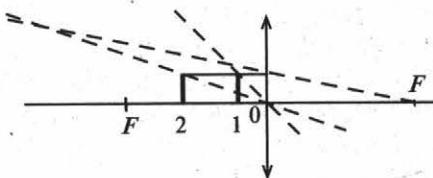
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Фокусное расстояние линзы	Расстояние от линзы до изображения предмета



Для выполнения этого задания необходимо числовые данные  $0,2F$  и  $0,6F$  перевести в словесные (вербальные). Сначала нужно осознать, что указанные расстояния «меньше фокусного расстояния» линзы. То есть и первое и второе положения предмета находятся «между линзой и её фокусом». Теперь нужно указать, что предмет «удаляют от линзы», то есть увеличивают расстояние от  $0,2F$  до  $0,6F$ .

Теперь необходимо выполнить построение точно так же, как это было сделано при выполнении двух предыдущих заданий.



Обратите внимание: лучи, прошедшие через линзу, не имеют точек пересечения (они расходятся). Но продолжения этих лучей, находящиеся перед линзой (они изображены штриховыми линиями), пересекаются. Этот факт означает, что изображения данного предмета в линзе мнимые, а положение точек пересечения (изображения «верхушек предмета») позволяет установить и расположение изображений по отношению к линзе и по отношению к ГОО, то есть найти ответы на вопросы задания.

## Продолжение таблицы

**Пример 54.** Человек переводит взгляд со страницы книги на облака за окном. Как при этом меняются расстояние от зрачка до сетчатки глаза и оптическая сила хрусталика глаза человека?

Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

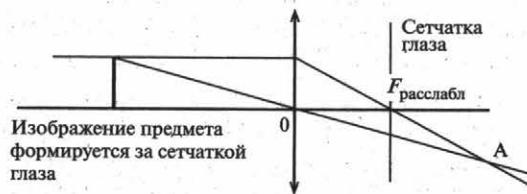
Расстояние от зрачка до сетчатки	Оптическая сила

Особенность этого задания состоит в том, что здоровый человеческий глаз является оптической системой с переменным фокусным расстоянием. Изменение фокусного расстояния глаза обеспечивается хрусталиком, кривизна поверхностей которого может изменяться в результате сокращения или расслабления соответствующих глазных мышц (аккомодация). При этом размеры самого глаза не меняются.

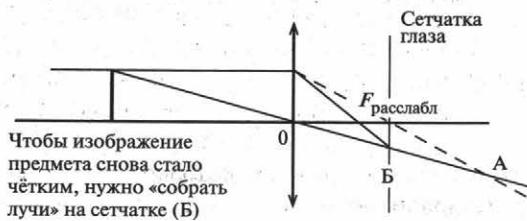
При рассматривании глазом удалённых объектов изображение формируется в фокальной плоскости (на сетчатке) — глазные мышцы расслаблены. На чертеже это выглядит так:



При приближении предмета к глазу (а все предметы находятся от глаза на расстояниях больше фокусного) изображение формируется за сетчаткой. На чертеже точка А — верхушка предмета.



Значит, мышца напрягается и деформирует хрусталик так, чтобы изображение снова оказалось на сетчатке.



**Пример 55.** Красный луч света переходит из воздуха в воду. Как изменится при этом скорость распространения светового луча и частота световой волны?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость распространения света	Частота световой волны

**Пример 56.** Зелёный луч света переходит из стекла в воздух. Как изменится при этом частота и длина световой волны?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота световой волны	Длина световой волны

Изображение окажется на сетчатке, если оптическая система глаза будет иметь меньшее фокусное расстояние и, следовательно, большую оптическую силу.

В этом задании речь идёт о свете, но теперь процессы рассматриваются с позиций волновой, электромагнитной природы света.

Главные факты, которые следует иметь в виду в заданиях подобного типа, следующие:

- a) частота света — цвет света — целиком определяется источником, который этот свет испустил. Поэтому частота и цвет света не меняются в процессах отражения и преломления света;
- b) скорость света зависит от среды, в которой свет распространяется. Самая большая скорость света — в вакууме, в воздухе она принимается равной скорости света в вакууме, во всех других прозрачных средах (воде, стекле и т. п.) она меньше скорости света в вакууме. Эти среды называются оптически более плотными;
- c) в вакууме волны всех частот распространяются с одинаковой скоростью;
- d) в остальных прозрачных средах скорость распространения света зависит также от частоты света (в этом причина явления дисперсии белого света);
- e) законы отражения и преломления света выполняются для волн любой частоты.

Эти факты необходимо знать и помнить, они помогут выполнить подобные задания.

**Пример 57.** В процессе электризации нейтральный атом превратился в отрицательный ион. Как при этом изменились масса атомного ядра и число электронов?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Масса атомного ядра	Число электронов

Для выполнения этого задания потребуются знания из атомной физики. Выстроим цепочку рассуждений:

- а) атом состоит из ядра и электронов, в обычном состоянии электрически нейтрален;
- б) в процессе электризации происходит перераспределение электрических зарядов в тела, участвующих в этом процессе;
- в) ядра атомов в процессе электризации не участвуют; нуклоны — протоны и нейтроны — не покидают своё ядро;
- г) перемещаться с одного тела на другое могут только электроны — если атом приобретает «лишние» электроны, он становится отрицательным ионом; если атом теряет электроны, он становится положительным ионом.

Эти факты необходимо знать и помнить, они помогут выполнить подобные задания.

Мы рассмотрели приёмы, которые помогают устанавливать соответствие позиций в двух списках, делать выбор двух правильных утверждений или определять характер изменения физических величин в описанной ситуации, то есть все типы заданий из части 1, которые оцениваются максимальным баллом 2.

Аналогичные приёмы нужно использовать и при выполнении заданий с выбором одного правильного утверждения из четырёх вариантов ответа. После внимательного прочтения текста задания следует определиться, о чём именно идёт речь. Например, нужно:

- установить соответствие высказывания определению физической величины; формулы — соответствующему закону; графика — соответствующему процессу и т. п.;
- выбрать утверждение относительно характера изменения одной заданной величины в описанном процессе; в проведённом опыте;
- выбрать набор тел для выявления той или иной зависимости.

Именно таким действием мы учились при выполнении рассмотренных выше заданий, поэтому мы не предполагаем отдельное рассмотрение заданий с выбором одного правильного ответа, а обратимся к другим заданиям, при выполнении которых нам потребуются дополнительные приёмы.

## ЗАДАНИЯ С КРАТКИМ ОТВЕТОМ

На экзамене вам предстоит выполнять задания, которые при изучении физики в школе все привыкли называть словом «задачи». Для значительной части учеников решение задачи — дело непростое. Это связано с тем, что решение задачи предполагает умение не только применять теоретические знания по физике, но и умение выбрать из них самое необходимое для решения этой конкретной задачи, выстроить рассуждение, которое приведёт к ответу, и, наконец, записать это решение, проводя необходимые математические преобразования и расчёты.

Дело усугубляется ещё и тем, что обычно разные по своей сути и способу решения задачи — качественные, расчётные по конкретной теме, расчётные комбинированные, требующие применения знаний из разных тем и разделов курса физики, — решаются одномоментно, поэтому ученикам трудно уяснить особенности решения задач каждого вида и освоить общий метод решения физической задачи.

В экзаменационных материалах представлены качественные задачи (**задания 22 и 24**), расчётные задачи по материалу одной темы или раздела (**задание 7** по теме «Механические явления», **задание 10** по теме «Тепловые явления» и **задание 16** по теме «Электромагнитные явления»), комбинированные задачи (**задания 25 и 26**), интегрирующие знания основных разделов школьного курса физики. Мы рассмотрим все типы таких задач и не только отметим основные особенности их решения, но дадим советы, как следует оформить решение и каких ошибок, по возможности, избегать.

Начнём с задачий с кратким ответом. Их, как уже было сказано, в экзаменационных материалах всего три: это задание 7, задание 10 и задание 16. Максимальный балл за выполнение этого задания — 1. В экзаменационной работе необходимо решить задачу на черновике и записать только ответ задачи в виде числа в соответствующих единицах искомой величины. **Инструментальной особенностью** этих заданий является то, что ответ необходимо округлить до соответствующего разряда (он или указан в тексте задания, или определяется числовыми величинами, входящими в условие задачи). Обычно в строке «Ответ» в скобках указывается наименование единицы измерения искомой величины; это своеобразная подсказка, которая помогает иногда даже восстановить вид формулы, по которой величина рассчитывается. Если наименование единицы измерения искомой величины не указано, то это либо просто число без наименования (например, 0,8 — коэффициент полезного действия, выраженный по определению процента в сотых долях числа), либо коэффициент трения, показатель преломления и другие безразмерные коэффициенты, либо ответ на вопрос типа: «Во сколько раз увеличится...». Если ответом является физическая величина с наименованием, а название единицы этой величины не указано, то искомое значение величины **необходимо выразить в единицах СИ**.

Другая особенность этих заданий состоит в том, что это задачи, тематика которых или ограничена только одной темой курса (кинематика, динамика, законы сохранения, постоянный ток, нагревание — охлаждение, теплообмен и т. п.), или требует применения знаний из двух, реже трёх тем одного раздела (например, «кинематика + динамика», «закон Ома + виды соединения резисторов», «закон Ома + тепловое действие тока» и «нагревание + горение топлива», «нагревание + агрегатное превращение» и т. п.).

В связи с этим рассмотрим задания по разделам курса: «Механические явления», «Тепловые явления» и «Электромагнитные явления», но прежде сделаем важное замечание. Как уже говорилось выше, в бланк ответов к этим заданиям необходимо внести только ответ, а само решение задачи не проверяется. Поэтому при решении таких задач необходимо минимизировать

количество записей и таким образом свести к минимуму время выполнения задания. В связи с этим нецелесообразно выписывать условие задачи, записывать формулы и т. п., мы покажем, какие приёмы позволяют визуализировать процесс решения задачи, выполняя только те записи, которые помогают собрать все необходимые для решения данные и одновременно привести их в систему и найти путь решения задачи. При этом общий метод рассуждения остаётся без изменения (объекты, явления, характеристики объектов, параметры явлений, связи между ними и отношения в виде формул).

Рассмотрим задания по теме «Механические явления».

**Пример 1.** Двигаясь по реке из пункта  $A$  в пункт  $B$ , моторная лодка при постоянной мощности мотора по течению перемещается со скоростью 7 м/с, а в обратном направлении из пункта  $B$  в пункт  $A$  — со скоростью 3 м/с. Определите скорость течения реки.

**Объект:** лодка.

**Явление:** движение лодки а) по течению реки; б) против течения реки.

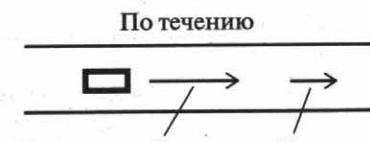
**Характеристики объекта (лодки):** постоянная мощность мотора. Это означает, что лодка относительно воды движется с постоянной и одинаковой (независимо от ориентации по отношению к направлению течения воды в реке) по модулю скоростью.

**Параметры явления:** скорость течения реки  $u$ , скорость лодки в «неподвижной» воде  $v$ .

**Связи:** относительность движения.

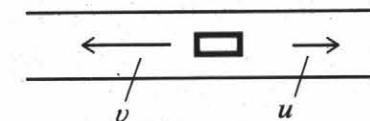
**Отношения:** закон сложения скоростей.

**Визуализация:** рисунок двух ситуаций.



$$\begin{aligned} u + v &= 7; \\ u - v &= 3; \\ u &= 5 \text{ (м/с).} \end{aligned}$$

Против течения



**Пример 2.** Чему равна масса груза, который опускают с помощью троса с ускорением 2 м/с<sup>2</sup>, направленным вниз, если сила натяжения троса 4000 Н? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**Объекты:** груз, трос, Земля.

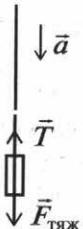
**Явление:** всемирное тяготение, взаимодействие груза и троса, равноускоренное движение груза. Силы сопротивления отсутствуют.

**Характеристики объектов:** груз — масса,  $m$ ; трос — безмассовый.

**Параметры явлений:** сила тяжести груза; сила натяжения троса; ускорение.

**Законы и формулы:** формула силы тяжести; второй закон Ньютона.

**Визуализация:**



$$F_{\text{тяж}} = mg;$$

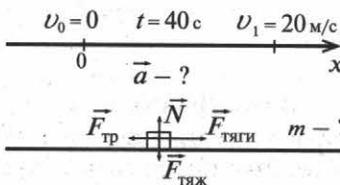
$$T - mg = -ma;$$

$$T = mg + ma = m(g - a);$$

$$m = \frac{T}{g-a} = \frac{4000}{8} = 500 \text{ (кг).}$$

**Пример 3.** Аэросани трогаются с места и через 40 с достигают скорости 20 м/с. Чему равна масса аэросаней, если сила тяги 900 Н, а коэффициент трения 0,04?

Самостоятельно перечислите объекты, явления и их характеристики, а затем рассмотрите структурно-логическую схему этого задания. Обратите внимание: в этой схеме две части: первая (верхняя) — кинематика движения, вторая (нижняя) — динамика. В каждой части обозначена величина (в кинематике — модуль ускорения, в динамике — масса аэросаней), которую предстоит найти. Важно помнить, что ускорение — это величина, которая связывает кинематику и динамику движения.



Теперь удобно рядом с каждой схемой записать необходимые формулы и сразу провести промежуточные вычисления.

	$a = \frac{v_1 - v_0}{t} = \frac{20 - 0}{40} = 0,5 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right);$ $F_{\text{тяж}} = N; \quad F_{\text{тяж}} = mg$ $F_{\text{тяги}} - F_{\text{тр}} = ma; \quad F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg; \quad F_{\text{тяги}} - \mu mg = ma;$ $m = \frac{F_{\text{тяги}}}{a + \mu g} = \frac{900}{2 + 0,04 \cdot 10} = \frac{900}{2,4} = 375 \text{ (кг).}$
<p><b>Пример 4.</b> С какой силой давит на дно лифта груз массой 100 кг, если лифт начинает движение вертикально вверх с ускорением 2 м/с<sup>2</sup>?</p>	<p>Задания о движении тела в лифте, перемещающемся с ускорением, довольно часто используются в КИМ ОГЭ. Мы рассмотрим «базовый» вариант задания — его решение лежит в основе выполнения всевозможных вариантов подобных заданий. Обратите внимание на структурно-логическую схему задания и сравните её со структурно-логической схемой предыдущего задания.</p> <p><b>Внимание!</b> Кроме кинематической и динамической частей, описывающих движение тела, появилась часть, описывающая взаимодействие тела и опоры. По третьему закону Ньютона сила реакции опоры равна силе, с которой тело давит на опору (вес тела, движущегося с ускорением, направленным вдоль вертикальной оси).</p> $N - F_{\text{тяж}} = ma; \quad F_{\text{тяж}} = mg;$ $N = m(g + a) = 100 \cdot 12 = 1200 \text{ (Н);}$ $P = N = 1200 \text{ Н.}$

**Пример 5.** Аэростат объёмом 900 м<sup>3</sup> заполнен гелием. Плотность гелия равна 0,18 кг/м<sup>3</sup>, а плотность воздуха — 1,29 кг/м<sup>3</sup>. Чему равна выталкивающая сила, действующая на аэростат?

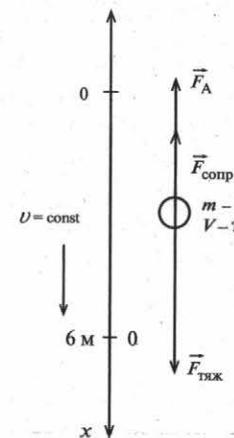
Это «задача-ловушка». Мы рассматриваем её, чтобы привести пример задания с избыточными данными, а также для того, чтобы предупредить часто возникающую ситуацию подмены понятий.

Внимательно читаем вопрос задачи: «Чему равна выталкивающая сила, действующая на аэростат?» Выталкивающая сила — архимедова сила — зависит от плотности окружающей среды, ускорения свободного падения и объёма погружённой в среду части тела. В нашем случае среда — это окружающий аэростат воздух, аэростат целиком окружён воздухом, значит, объём погружённой части тела равен объёму аэростата. Тогда ответ можно получить сразу, выполняя такой расчёт:  $F = \rho_{\text{воздуха}} g V_{\text{аэростата}}$ ;  $F = 1,29 \cdot 10 \cdot 900 = 11610$  (Н), все величины измерены в единицах СИ.

Таким образом, сведения о плотности гелия являются избыточными. Они же могут провоцировать подмену понятий. Действительно, часто в заданиях с подобной ситуацией просят рассчитать подъёмную силу аэростата. В таком случае сведения о плотности вещества (гелия), наполняющего оболочку аэростата, необходимы будут для расчёта массы аэростата. Здесь следует учсть следующее: сама оболочка также может иметь массу, сравнимую с массой гелия, и тогда задача становится заданием с недостатком данных. Напомним, что в таких случаях приходится формулировать условие: массой оболочки можно пренебречь.

**Пример 6.** Маленький свинцовый шарик равномерно движется по вертикали в воде. Каков объём шарика, если при его перемещении на 6 м выделилось 18,63 мДж энергии?

Для решения этой задачи изобразим структурно-логическую схему. Она состоит из двух частей: первая описывает кинематику равномерного движения шарика вниз; вторая — динамику равномерного движения шарика. Как эта информация поможет решить задачу? Припомните: в задачах по механике, которые мы рассмотрели ранее, элементом, устанавливающим связь кинематики и динамики, являлось ускорение. В нашем случае движение равномерное, ускорение равно нулю. В этом случае нужно искать другой связующий элемент, им является энергия, которая выделилась в процессе движения шарика в воде. Проверьте себя,



правильно ли вы понимаете это утверждение. Речь идёт о превращении части механической энергии шарика во внутреннюю энергию шарика и воды. За это превращение отвечают силы сопротивления, которые совершают отрицательную работу, и механическая энергия системы уменьшается.

Значит, динамическая часть позволяет найти модуль силы сопротивления, а кинематическая содержит информацию о модуле перемещения шарика. Тогда полные данные позволяют найти работу силы сопротивления, которая равна изменению механической энергии.

$$F_{\text{тяж}} = F_A + F_{\text{сопр}}; \quad F_{\text{сопр}} = F_{\text{тяж}} - F_A;$$

$$F_{\text{сопр}} = \rho_{\text{св}} Vg - \rho_{\text{воды}} Vg = (\rho_{\text{св}} - \rho_{\text{воды}})Vg; \quad |A_{\text{сопр}}| = |\Delta E_{\text{мех}}|;$$

$$|A_{\text{сопр}}| = |F_{\text{сопр}} \cdot s| = (\rho_{\text{св}} - \rho_{\text{воды}})Vgs; \quad V = \frac{|A_{\text{сопр}}|}{(\rho_{\text{св}} - \rho_{\text{воды}})gs};$$

$$V = \frac{18,63 \cdot 10^{-3}}{(11350 - 1000) \cdot 10 \cdot 6} = 3 \cdot 10^{-8} \text{ (м}^3\text{)} = 0,3 \text{ м}m^3.$$

Есть и второй способ решения этой задачи. Поскольку скорость движения шарика остаётся постоянной, его кинетическая энергия не меняется. Изменение механической энергии связано с уменьшением потенциальной энергии шарика: в процессе движения шарик переместился с одного уровня внутри жидкости на другой, расположенный ниже (глубже) предыдущего на 6 м.

Если бы движение шарика происходило в воздухе, то изменение (уменьшение) потенциальной энергии в поле тяготения составило бы по модулю  $|\Delta E_{\text{пот. тяготения}}| = mgs$ , но, двигаясь в воде, шарик переходит из области с меньшим давлением в область с большим давлением воды. Изменение (увеличение) потенциальной энергии, обусловленное зависимостью давления внутри жидкости от глубины расположения уровня  $|\Delta E_{\text{пот. давления}}| = F_As$ .

Таким образом, изменение  $|\Delta E_{\text{мех}}| = |\Delta E_{\text{пот. тяготения}} - \Delta E_{\text{пот. давления}}| = mgs - F_As$ , то есть мы приходим к прежнему результату.

**Пример 7.** Из колодца медленно выкачали с помощью насоса  $0,5 \text{ м}^3$  воды. Совершённая при этом работа равна  $60\,000 \text{ Дж}$ . Чему равна глубина колодца?

Эта задача не должна вызвать у вас затруднений: насос совершает работу по подъёму тела на некоторую высоту. При решении возможны два подхода: первый — потенциальная энергия тела увеличивается, при этом изменение механической энергии равно совершенной насосом работе. Поскольку воду «медленно выкачали», то кинетическая энергия тела в процессе подъёма не изменялась, увеличилась только его потенциальная энергия:

$$A = mgh_2 - mgh_1 = mgH, \text{ где } H — \text{глубина колодца.}$$

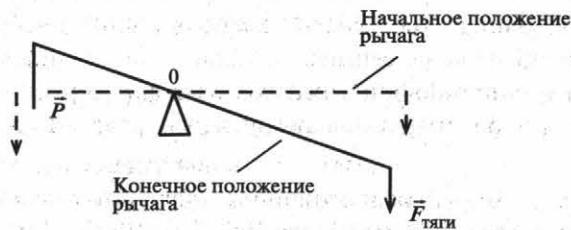
«Медленно выкачали» также означает, что по мере выкачивания воды из колодца уровень воды в нём не менялся, успевал восстанавливаться, то есть любая порция воды поднималась на одну и ту же высоту.

Второй подход основан на сравнении работ двух сил, действующих в противоположные стороны и равных между собой по модулю — силы тяжести порции воды и силы давления, которую развивает насос, чтобы равномерно поднимать воду на поверхность земли: работа силы тяжести  $A_{\text{тяж}} = mgH$ , а работа насоса  $A$  задана в условии задачи. Таким образом,  $A = mgH$ .

Выполните расчёты самостоятельно, не забудьте при этом, что сначала нужно рассчитать массу воды по её объёму!

**Пример 8.** На коротком плече рычага укреплён груз массой  $50 \text{ кг}$ . Для того чтобы поднять груз на высоту  $4 \text{ см}$ , к длинному плечу рычага приложили силу, равную  $100 \text{ Н}$ . При этом точка приложения этой силы опустилась на  $25 \text{ см}$ . Определите КПД рычага.

Эту задачу можно проиллюстрировать схематическим рисунком рычага:



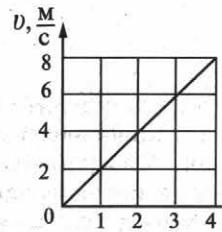
А можно собрать информацию в таблицу:

Плечо рычага	Сила	Высота	Работа
Короткое плечо	$F_1 = P = 50 \cdot 10 = 500 \text{ Н}$	$h_1 = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}$	Полезная: $A_{\text{пол}} = 500 \cdot 0,04 = 20 \text{ Дж}$
Длинное плечо	$F_2 = 100 \text{ Н}$	$h_2 = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$	Затраченная: $A_{\text{затр}} = 100 \cdot 0,25 = 25 \text{ Дж}$

Теперь по формуле можно рассчитать КПД рычага:  $\eta = A_{\text{пол}} / A_{\text{затр}}$ ;  $\eta = 20/25 = 0,8 = 80\%$ .

Как составить такую таблицу? Очевидно, что в любой ситуации будут первые два столбца, остальные — в зависимости от ситуации. Если речь идёт о равновесии рычага или выигрыше в силе, обязательно будут указания о «плече силы», а считать придётся момент силы. Если о работе, то о высоте, на которую груз поднимают, а считать придётся работу силы. В ячейках таблицы удобно расставлять знаки вопроса, они сориентируют в отношении величин, которые нужно искать для получения ответа или в качестве промежуточных вычислений. Такой приём позволяет разгрузить память и при этом не потерять необходимую информацию.

**Пример 9.** На рисунке представлен график зависимости скорости движения тела  $v$  от времени  $t$ . Чему равен импульс этого тела в момент времени  $t=4 \text{ с}$ , если его масса составляет  $150 \text{ кг}$ ?



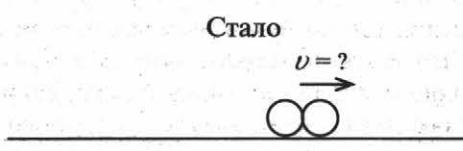
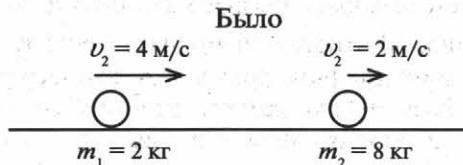
Вам уже приходилось извлекать информацию из графиков, в том числе графика зависимости модуля скорости от времени. Здесь важно, что извлечённая из графика информация используется для расчёта импульса тела в заданный момент времени.

Для выполнения задания и расчётов необходимо вспомнить формулу-определение импульса  $p = mv$ .

Из графика в момент времени  $t=4 \text{ с}$ ,  $v=8 \text{ м/с}$ , значит,  $p = 150 \text{ кг} \cdot 8 \text{ м/с} = 1200 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ .

**Пример 10.** Шар массой 2 кг, движущийся со скоростью 4 м/с, догоняет шар массой 8 кг, движущийся по той же прямой со скоростью 2 м/с. После столкновения шары движутся вместе. Определите, какое количество теплоты выделилось в результате соударения?

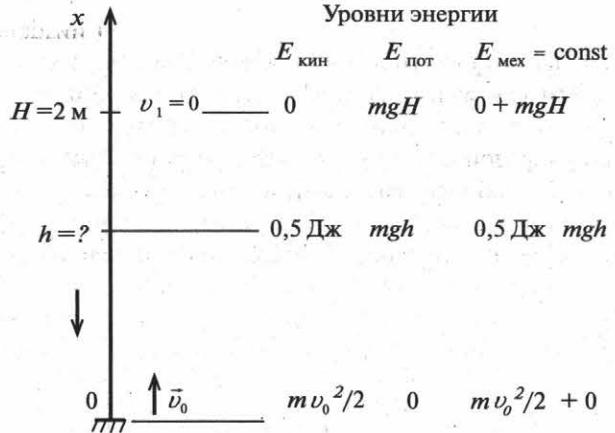
Задачи, в которых речь идёт о столкновениях тел, лучше всего иллюстрировать рисунком, на котором изображены две ситуации: то, что было, и то, что стало в результате столкновения. Рисунки нужно «оживить», указывая направления векторов скорости каждого из тел, полезно также ввести обозначения величин, которые впоследствии войдут в уравнения.



**Логическая цепочка:** количество теплоты → изменение механической энергии → изменение кинетической энергии (потенциальная не меняется, горизонтальная поверхность) → формула кинетической энергии → скорости тел до и после столкновения.

## Продолжение таблицы

	<p>В тех ситуациях, когда о каждом теле в каждой ситуации нужно собирать однородные сведения, удобно пользоваться табличным способом представления информации. Например, так:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Тело</th><th>Скорость</th><th>Импульс</th><th>Кинетическая энергия</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>m_1 = 2 \text{ кг}</math></td><td><math>v_1 = 4 \text{ м/с}</math></td><td><math>m_1 v_1 = 8 \text{ кг м/с}</math></td><td><math>m_1 v_1^2 / 2 = 16 \text{ Дж}</math></td></tr> <tr> <td><math>m_2 = 8 \text{ кг}</math></td><td><math>v_2 = 2 \text{ м/с}</math></td><td><math>m_2 v_2 = 16 \text{ кг м/с}</math></td><td><math>m_2 v_2^2 / 2 = 16 \text{ Дж}</math></td></tr> <tr> <td><i>Было:</i></td><td></td><td><math>m_1 v_1 + m_2 v_2 = 24 \text{ кг м/с}</math></td><td><math>m_1 v_1^2 / 2 + m_2 v_2^2 / 2 = 32 \text{ Дж}</math></td></tr> <tr> <td><math>m_1 + m_2 = 10 \text{ кг}</math></td><td><math>v = ?</math></td><td><math>m_1 v_1 + m_2 v_2 = 24 \text{ кг м/с}</math></td><td></td></tr> <tr> <td><i>Стало:</i></td><td><math>v = 24/10 = 2,4 \text{ м/с}</math></td><td></td><td><math>(m_1 + m_2) v^2 / 2 = 28,8 \text{ Дж}</math></td></tr> <tr> <td colspan="4">Энергия уменьшилась на <math>32 \text{ Дж} - 28,8 \text{ Дж} = 3,2 \text{ Дж}</math></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>В результате соударения выделилось 3,2 Дж теплоты.</p>				Тело	Скорость	Импульс	Кинетическая энергия	$m_1 = 2 \text{ кг}$	$v_1 = 4 \text{ м/с}$	$m_1 v_1 = 8 \text{ кг м/с}$	$m_1 v_1^2 / 2 = 16 \text{ Дж}$	$m_2 = 8 \text{ кг}$	$v_2 = 2 \text{ м/с}$	$m_2 v_2 = 16 \text{ кг м/с}$	$m_2 v_2^2 / 2 = 16 \text{ Дж}$	<i>Было:</i>		$m_1 v_1 + m_2 v_2 = 24 \text{ кг м/с}$	$m_1 v_1^2 / 2 + m_2 v_2^2 / 2 = 32 \text{ Дж}$	$m_1 + m_2 = 10 \text{ кг}$	$v = ?$	$m_1 v_1 + m_2 v_2 = 24 \text{ кг м/с}$		<i>Стало:</i>	$v = 24/10 = 2,4 \text{ м/с}$		$(m_1 + m_2) v^2 / 2 = 28,8 \text{ Дж}$	Энергия уменьшилась на $32 \text{ Дж} - 28,8 \text{ Дж} = 3,2 \text{ Дж}$				
Тело	Скорость	Импульс	Кинетическая энергия																														
$m_1 = 2 \text{ кг}$	$v_1 = 4 \text{ м/с}$	$m_1 v_1 = 8 \text{ кг м/с}$	$m_1 v_1^2 / 2 = 16 \text{ Дж}$																														
$m_2 = 8 \text{ кг}$	$v_2 = 2 \text{ м/с}$	$m_2 v_2 = 16 \text{ кг м/с}$	$m_2 v_2^2 / 2 = 16 \text{ Дж}$																														
<i>Было:</i>		$m_1 v_1 + m_2 v_2 = 24 \text{ кг м/с}$	$m_1 v_1^2 / 2 + m_2 v_2^2 / 2 = 32 \text{ Дж}$																														
$m_1 + m_2 = 10 \text{ кг}$	$v = ?$	$m_1 v_1 + m_2 v_2 = 24 \text{ кг м/с}$																															
<i>Стало:</i>	$v = 24/10 = 2,4 \text{ м/с}$		$(m_1 + m_2) v^2 / 2 = 28,8 \text{ Дж}$																														
Энергия уменьшилась на $32 \text{ Дж} - 28,8 \text{ Дж} = 3,2 \text{ Дж}$																																	
<p><b>Пример 11.</b> Мяч массой 100 г бросили вертикально вверх с поверхности земли. Поднявшись на высоту 2 м, мяч начал падать вниз. На какой высоте относительно земли его поймали, если известно, что в этот момент его кинетическая энергия была равна 0,5 Дж? Сопротивлением воздуха пренебречь.</p>	<p>Изобразим структурно-логическую схему данного задания. Она содержит две части: первая — кинематическая (на ней обозначены в явном виде координаты и скорости), вторая — энергетическая. До сих пор мы не изображали «уровни энергии», однако такой приём позволяет безошибочно записывать уравнение закона сохранения и превращения энергии. (Вспомните: мы изображали энергетические уровни атома, когда обсуждали проблему поглощения и излучения света атомом. Только у атома, в отличие от механических систем, энергия может принимать строго определённые «разрешённые» значения. А в механике тело может принимать любое наперёд заданное значение энергии.)</p>																																



Рассмотрите внимательно структурно-логическую схему, всё ли в ней вам понятно? Тогда фраза «Сопротивлением воздуха пренебречь» позволяет утверждать, что полная механическая энергия есть величина постоянная. А это означает, что можно составить уравнение, приравнивая значения механической энергии в верхней точке траектории и на искомой высоте  $h$ . Это уравнение позволяет найти искомую высоту. Составьте это уравнение самостоятельно и решите его.

**Пример 12.** Электрическая лампа мощностью 40 Вт светит 10 ч. Для обеспечения работы лампы через плотину гидроэлектростанции (ГЭС) должно пройти 8 т воды. КПД ГЭС равен 90%. Какова высота плотины?

Прилагательное «электрическая» не должно ввести вас в заблуждение: эта задача — по механике. Просто понятие «мощность», как и понятие «энергия», являются общими для всех разделов физики. Информация о мощности лампы и времени её работы (свечения) позволяют рассчитать полезную энергию, которая должна быть выработана на электростанции:  $E_{\text{полезная}} = Nt$ .

Генераторы ГЭС приводятся в движение за счёт потенциальной энергии падающей воды. **Важно:** скорость движения воды на подходе к плотине и выходе из неё (а значит, и кинетическая энергия заданной массы воды) не изменяется. Если отсчитывать потенциальную энергию воды от нижнего уровня плотины, то на её верхнем уровне, на высоте  $h$ , вода обладает энергией  $E = mgh$ . Тогда  $E_{\text{затр}} = mgh - 0 = mgh$ .

	<p>По определению КПД: <math>\eta = E_{\text{полезная}} / E_{\text{затр}}</math>, что позволяет найти высоту плотины.</p> $Nt = 0,9mgh; \quad h = Nt/0,9 \cdot mg; \quad h = 20 \text{ м.}$
Рассмотрим задания по теме «Тепловые явления» на нагревание и охлаждение.	
<b>Пример 13.</b> Какое количество теплоты необходимо затратить на нагревание куска олова массой 0,2 кг от 32 °C до температуры плавления?	В левом столбике мы приводим список однотипных задач. Прочитайте их и выделите объект и явление, участником которого этот объект является. Для того чтобы быстро и безошибочно решать подобные задачи, научимся изображать структурно-логические схемы. <b>Внимание!</b> При выполнении заданий с кратким ответом не нужно тратить время на выписывание «Дано». Структурно-логическая схема (СЛС) не позволит вам потерять необходимую информацию и подскажет, за какими табличными величинами нужно обратиться к справочным материалам. Итак, учимся составлять СЛС. У нас всего один объект и один процесс (о потерях энергии пока речь не идёт!). Тогда СЛС в общем виде выглядит так:
<b>Пример 14.</b> Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы нагреть кусок льда массой 0,2 кг от -10 °C до температуры плавления?	
<b>Пример 15.</b> Чему равна масса льда, взятого при температуре -10 °C, если на его нагревание до температуры плавления было затрачено количество теплоты 4200 Дж?	
<b>Пример 16.</b> Какой объём воды можно нагреть от 20 °C до кипения, сообщив ей 1,68 МДж теплоты?	
<b>Пример 17.</b> Чему равна масса спирта, взятого при температуре 28 °C, если для его нагревания до температуры кипения необходимо затратить количество теплоты 12 кДж?	
<b>Пример 18.</b> Чему равна масса воды, если при её нагревании от 20 °C до температуры кипения затрачено количество теплоты 67 200 Дж?	<p>А для первой задачи она будет выглядеть так:</p>

Теперь остаётся выписать прямо под СЛС необходимые значения (все величины в СИ) и выполнить расчёт по формуле.

Доведите решение этой задачи до конца, а затем изобразите СЛС для других задач и решите их. Засеките примерное время, затраченное на решение задачи.

**Внимание!** Вопросительные знаки в СЛС желательно ставить рядом с теми величинами, значение которых нужно найти (или в таблице, или каким-то иным способом). Например, в одной из задач нужно найти объём воды. Его придётся рассчитать по формуле-определению плотности, значит, обязательно появится на СЛС и эта формула, а вместе с ней и табличное значение плотности воды.

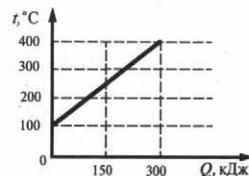
**Советы:**

- 1) не ленитесь заполнять СЛС по образцу. Дело в том, что эта «базовая» СЛС будет использоваться в дальнейшем при описании решения более сложных задач (с несколькими телами и несколькими процессами), а в них масса тела может меняться (например, только часть тела расплавится или часть жидкости выкипит);
- 2) обратите внимание на направление стрелок в СЛС. Стрелка, соединяющая два состояния тела, указывает на направление изменения температуры и, что особенно важно, на направление увеличения внутренней энергии тела. Посмотрите на косую стрелку от формулы количества теплоты, она обозначает, что процесс идёт, только если к телу поступает тепло от какого-то нагревателя (спиртовки, электрического нагревателя, газовой плиты или другого, более нагретого тела).

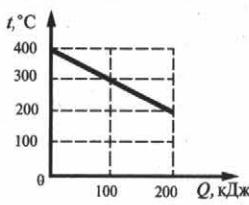
**Пример 19.** Медное тело при охлаждении на  $10^{\circ}\text{C}$  отдаёт количество теплоты, равное 8000 Дж. Чему равна масса этого тела?

**Пример 20.** Какое количество теплоты выделяется при охлаждении 4 кг свинца от температуры кристаллизации до  $27^{\circ}\text{C}$ ?

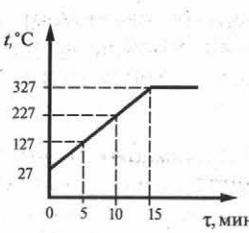
**Пример 21.** На рисунке представлен график зависимости температуры твёрдого тела от полученного им количества теплоты. Масса тела 2 кг. Чему равна удельная теплоёмкость вещества этого тела?



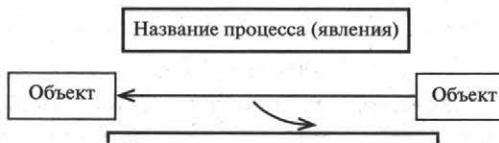
**Пример 22.** На рисунке представлен график зависимости температуры твёрдого тела от отдаваемого им количества теплоты. Масса тела 4 кг. Чему равна удельная теплоёмкость вещества этого тела?



**Пример 23.** На рисунке представлен график зависимости температуры от времени, требующегося для нагревания слитка свинца массой 1 кг. Какое количество теплоты получил свинец к моменту начала процесса плавления?



Приведём обобщенную СЛС для процесса охлаждения тела. Попробуйте изобразить для каждой из приведённых в левом столбце задач СЛС и выполнить задания.



Величины,  
характеризующие  
объект в начале  
процесса

Величины,  
характеризующие  
объект в конце  
процесса

Иногда текст задачи дополняется графиком зависимости температуры тела от количества теплоты, полученного от нагревателя или отданного при охлаждении холодильнику (напомним, что так принято называть все тела, с которыми рассматриваемое тело находится в контакте и которые имеют более низкую температуру, например окружающий тело воздух). Из графика следует извлечь ту информацию, которая поможет выполнить задание. При работе с графиком важно чётко выяснить масштаб по каждой из осей и единицы измерения. Так, например, количество теплоты часто выражают в кДж, чтобы не писать числа с большим числом нулей. Это нужно учитывать при проведении расчётов. В остальном алгоритм решения задачи остаётся прежним.

**Замечание:** если в тексте задачи приведён график зависимости температуры тела от времени, а график представляет собой линейную зависимость, то это является свидетельством того, что нагреватель передаёт телу равные количества теплоты за равные промежутки времени. Значит, мощность нагревателя остаётся постоянной на протяжении всего процесса. Этот факт важно учитывать при решении более сложных задач.

Выполните задания самостоятельно.

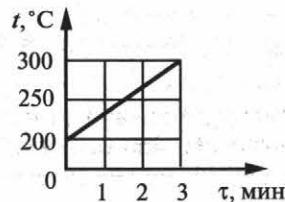
**Пример 24.** Какое количество теплоты потребуется для того, чтобы в алюминиевой кастрюле массой 2 кг нагреть воду массой 8 кг до 90 °C? Начальная температура воды и кастрюли равна 20 °C. Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

**Пример 25.** Какое количество теплоты необходимо, чтобы нагреть 1 л воды от 20 °C до 100 °C? Вода нагревается в стальной кастрюле массой 500 г. Тепловыми потерями пренебречь.

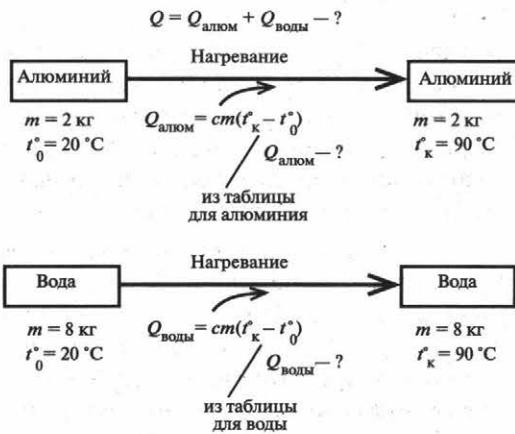


**Пример 26.** Твёрдое тело массой 12 кг помещают в печь мощностью 3 кВт и начинают нагревать. На рисунке изображена зависимость температуры  $t$  этого тела от времени нагревания  $\tau$ .

Чему равна удельная теплоёмкость вещества тела?



В случае, когда нагревание (например, воды) осуществляется в кастрюле или ином сосуде, то СЛС приобретает следующий вид:



**Замечание:** можно исходить из того, что оба нагреваемых тела находятся в состоянии теплового равновесия, поэтому их начальные и конечные температуры одинаковы.

**Совет:** чтобы не загромождать записи, удобно выполнять расчёты количества теплоты для каждого тела по отдельности, а затем находить искомую величину.

Решите задачи самостоятельно.

Решение этой задачи будет сведено к решению предыдущих задач, если преобразуете «ось времени» в «ось количества теплоты». Для этого достаточно пересчитать только одно число, например количество теплоты, переданное телу за 3 минуты:

$$Q = P \cdot t; Q = 3000 \text{ Вт} \cdot 3 \cdot 60 \text{ с} = 540000 \text{ Дж.}$$

Остальное — дело техники. Решите задачу самостоятельно.

Рассмотрим задания по теме «Тепловые явления» на плавление и отвердевание (кристаллизацию).

**Пример 27.** Для плавления при температуре 0 °С куска льда потребовалось количество теплоты 594 кДж. Чему равен объём льда?

**Пример 28.** В стальной коробке массой 400 г находится олово массой 200 г при температуре 32 °С. Какое количество теплоты потребуется, чтобы расплавить олово? Потерями энергии в окружающую среду пренебречь. Температура плавления стали существенно выше температуры плавления олова.

**Пример 29.** При кристаллизации расплавленного олова, взятого при температуре плавления, и последующего его охлаждения до 32 °С выделилось количество теплоты 315 кДж. Чему равна масса олова?

**Пример 30.** Чему равна масса воды, взятой при 0 °С, если при кристаллизации и последующем её охлаждении до -20 °С выделилось количество теплоты 1860 кДж?

**Пример 31.** Какое минимальное количество теплоты необходимо для превращения в воду 500 г льда, взятого при температуре -10 °С? Потерями энергии на нагревание окружающего воздуха пренебречь.

**Пример 32** Какое количество теплоты потребуется для плавления свинца массой 100 г, взятого при температуре 27 °С?

Первую задачу приводим для того, чтобы пояснить СЛС любого процесса, связанного с агрегатным превращением вещества. Напомним, что на этой СЛС должны быть отражены оба условия, при которых агрегатное превращение происходит: 1) постоянство температуры (плавления, кристаллизации); 2) постоянный приток энергии, причём количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг данного вещества, является характеристикой данного вещества (ищем его в таблице!) — удельной теплотой плавления.



Доведите решение задачи до конца самостоятельно.

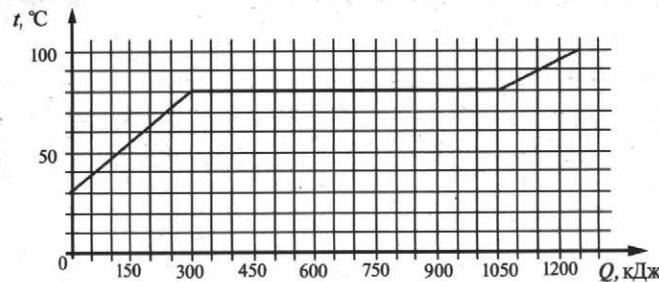
Чаще встречаются задачи, в которых тело сначала нагревается до температуры плавления, а затем плавится или охлаждается до температуры кристаллизации (плавления), а затем кристаллизуется (отвердевает). В этом случае обобщённые СЛС выглядят так.

1. Для плавления с предварительным и последующим нагреванием:



**Пример 33.** Какое количество теплоты выделится при превращении 250 г воды, имеющей температуру 40 °C, в лёд при 0 °C?

**Пример 34.** По результатам нагревания тела массой 5 кг построен график зависимости температуры этого тела от подводимого количества теплоты. Перед началом нагревания тело находилось в твёрдом состоянии. Какой будет масса вещества в жидком состоянии, если сообщить этому телу только 675 кДж энергии? Потерями энергии можно пренебречь.



Рассмотрим задания по теме «Тепловые явления» на парообразование и конденсацию.

**Пример 35.** Какое количество теплоты выделяется при конденсации водяного пара массой 0,2 кг, взятого при температуре 100 °C?

**Пример 36.** Чему равна масса спирта, если при его превращении из газообразного состояния в жидкое при температуре кипения выделилось количество теплоты 90 000 Дж?

**Пример 37.** Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы превратить в газообразное состояние 0,1 кг спирта при температуре кипения?

**Пример 38.** Какое количество теплоты потребуется, чтобы испарить 200 г воды, взятой при температуре кипения?

2. Для кристаллизации с предварительным и последующим охлаждением:



Применяя эти СЛС, решите задачи, приведённые в левом столбике.

Первую задачу приводим для того, чтобы пояснить СЛС любого процесса, связанного с агрегатным превращением вещества. Напомним, что на этой СЛС должны быть отражены оба условия, при которых агрегатное превращение происходит: 1) постоянство температуры (парообразования, конденсации); 2) постоянный приток энергии, причём количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг данного вещества, является характеристикой данного вещества (ищем его в таблице!) — удельной теплотой парообразования.

Все задачи на конденсацию и испарение решаются с помощью соответствующих СЛС. Для этого необходимо определить, какое количество теплоты выделяется при испарении или конденсации, а также массу паров, соответствующую температуре кипения.

**Пример 39.** Какое количество теплоты выделится при конденсации 2 кг водяного пара, взятого при температуре 100 °C, и последующего охлаждения воды до 40 °C при нормальном атмосферном давлении?

**Пример 40.** При конденсации 20 г паров спирта при его температуре кипения и при последующем охлаждении выделяется количество теплоты 20 400 Дж. На сколько градусов изменится температура спирта после конденсации паров?

**Пример 41.** Какое количество теплоты выделится при превращении 250 г стоградусного пара в воду, температура которой 20 °C?

**Пример 42.** Чему равно количество теплоты, которое необходимо сообщить 100 г воды, взятой при температуре 0 °C, для того чтобы нагреть её до температуры кипения и полностью испарить?

**Пример 43.** Чему равна масса паров спирта, если при их конденсации при температуре кипения и при последующем охлаждении до 28 °C выделяется количество теплоты 20400 Дж?



Доведите решение задач до конца самостоятельно.

Чаще встречаются задачи, в которых тело сначала нагревается до температуры кипения, а затем испаряется или охлаждается до температуры кипения, а затем конденсируется. В этом случае обобщённые СЛС выглядят так.

1. Для кипения с предварительным и последующим нагреванием:



Применяя соответствующие СЛС, выполните задания, приведённые в левом столбце.

2. Для конденсации с предварительным и последующим охлаждением:



Рассмотрим задания по теме «Тепловые явления» на выделение теплоты при сгорании топлива или использовании электрических приборов заданной мощности.

**Пример 44.** Чему равна масса воды, которую можно нагреть от 20 °C до 66 °C при сжигании 25,2 г керосина? Считать, что вся энергия, выделившаяся при сгорании керосина, идет на нагревание воды.

**Пример 45.** При нагревании на спиртовке воды от 20 до 80 °C было израсходовано 8 г спирта. Чему равна масса воды, если КПД спиртовки составляет 31,5%?

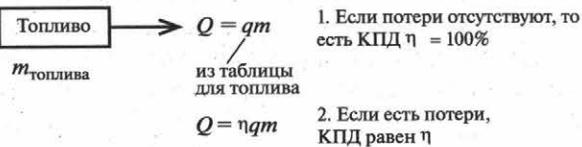
**Пример 46.** Какое минимальное количество керосина надо сжечь для нагревания 4,6 кг воды от начальной температуры  $t_1 = 20$  °C до температуры кипения? Считать, что вся энергия, выделяющаяся при сгорании топлива, расходуется на нагревание воды.

**Пример 47.** Воду массой 1,5 кг нагрели до температуры кипения за 5 мин. Мощность электрического чайника равна 2 кВт, КПД чайника — 84%. Какова была начальная температура воды?

**Пример 48.** Воду массой 1,5 кг доводят до кипения в чайнике мощностью 2 кВт, имеющем КПД 84%. Сколько времени потребуется на нагревание, если начальная температура воды равна 20 °C?

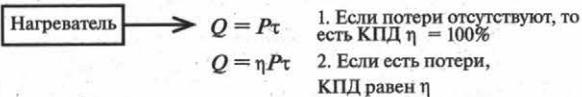
До сих пор мы не конкретизировали, откуда к телам поступает тепло, заменяя этот источник обобщающим термином «нагреватель». Но из жизненного опыта вы знаете, что во многих случаях в нагревателе происходит сгорание топлива. Рассмотрим, как следует достроить СЛС ранее рассмотренных процессов, если известно, что в нагревателе происходит сгорание топлива.

Начнем с той части СЛС, в которой рассматривается только этот процесс.



Алгоритм составления СЛС задач очевиден: количество «цепочек» в СЛС равно количеству объектов, с которыми происходят явления, описанные в задании.

Попробуйте самостоятельно решить задачи из левого столбца, используя СЛС.



Приведённая СЛС поможет решить приведённые задания. Решите их самостоятельно.

Рассмотрим задания по теме «Тепловые явления» на теплообмен между телами без изменения агрегатного состояния.

**Пример 49.** Стальной бруск массой 9,36 кг, взятый при температуре 0 °C, погрузили в сосуд, содержащий 24 кг воды, температура которой 90 °C. На сколько градусов нагреется бруск к моменту установления теплового равновесия в сосуде? Потерями энергии на нагревание сосуда и окружающего воздуха пренебречь. Ответ округлите до целых.

**Пример 50.** Какова масса воды, если известно, что при охлаждении на 7 °C помещённой в неё медной детали массой 300 г вода нагрелась на 1 °C? Тепловыми потерями можно пренебречь.

**Пример 51.** В сосуд с холодной водой опустили стальное сверло массой 1 кг, нагретое до температуры 200 °C. Какая температура установится в сосуде, если известно, что сверло отдало количество теплоты, равное 69 кДж? Потерями энергии на нагревание сосуда и окружающего воздуха пренебречь.

**Пример 52.** 5 л воды, взятой при температуре 20 °C, смешали с водой, температура которой 80 °C. Определите массу горячей воды, если известно, что установившаяся температура смеси воды равна 30 °C. Теплообменом с сосудом пренебречь.

**Пример 53.** Смешали две порции воды: 400 г при температуре  $t_1 = 25$  °C и 100 г при  $t_2 = 100$  °C. Определите температуру получившейся смеси. Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

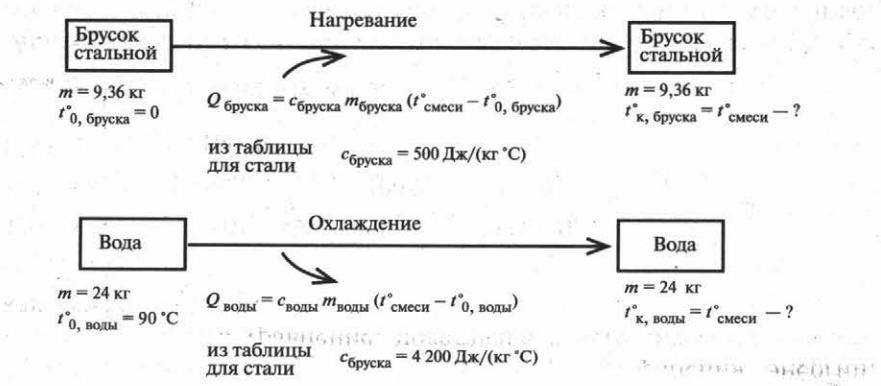
**Пример 54.** Сколько литров воды при 83 °C нужно добавить к 4 л воды при 20 °C, чтобы получить воду температурой 65 °C? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

В задачах на теплообмен обычно указывают: «Потерями энергии на нагревание сосуда и окружающего воздуха пренебречь» или «Теплообменом с окружающей средой пренебречь». Это означает, что теплообмен происходит **только между телами**, которые находятся в каком-то сосуде (модель этого сосуда — калориметр).

Тогда процессы, происходящие в ситуации, описанной в задании, продолжаются до достижения состояния теплового равновесия. А это, в свою очередь, означает, что в калориметре устанавливается одинаковая температура всех тел, участвующих в теплообмене («температура смеси»). Это означает, что в СЛС у каждого тела своя начальная температура, а конечная температура одинаковая, при этом модули количеств теплоты, которыми обмениваются тела, равны между собой или, что то же: сумма количеств теплоты равна нулю (внутренняя энергия системы тел в калориметре не изменяется (закон сохранения энергии)).

В остальном алгоритм выполнения задания остаётся прежним: выявляем объекты, главное явление — теплообмен, конкретные процессы — нагревание и охлаждение. СЛС описывает конкретные процессы, а закон сохранения энергии — теплообмен.

Приведём пример решения первой задачи из приведённой подборки, а остальные предлагаем решить самостоятельно.



**Пример 55.** 3 литра воды, взятой при температуре 20 °C, смешали с водой при температуре 100 °C. Температура смеси оказалась равной 40 °C. Чему равна масса горячей воды? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Теперь следует записать уравнение закона сохранения энергии, а затем составить уравнение, подставляя в него значения величин как коэффициенты:

$$Q_{\text{брюска}} + Q_{\text{воды}} = 0;$$

$$500 \cdot 9,36 (t_{\text{смеси}}^{\circ} - 0) + 4200 \cdot 24 (t_{\text{смеси}}^{\circ} - 90) = 0;$$

$$4680 \cdot t_{\text{смеси}}^{\circ} + 100800 \cdot t_{\text{смеси}}^{\circ} - 100800 \cdot 90 = 0;$$

$$105480 \cdot t_{\text{смеси}}^{\circ} = 100800 \cdot 90;$$

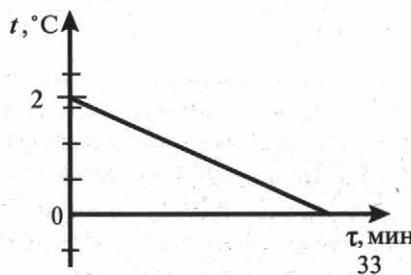
$$t_{\text{смеси}}^{\circ} = \frac{100800 \cdot 90}{105480} = 86,0 = 86 (\text{°C}).$$

**Замечание:** так как ответ необходимо округлить до целых, то при расчёте необходимо сначала записать число с одним десятичным знаком после запятой, а затем проводить округление.

Рассмотрим задания по теме «Тепловые явления» на теплообмен в процессах с агрегатными превращениями вещества.

**Пример 56.** В снежный сугроб, имеющий температуру 0 °C, бросили раскалённый до температуры 300 °C медный шар. Какова масса шара, если известно, что при его остывании растаяло 0,8 кг снега? Потерями энергии в окружающую среду и испарением воды пренебречь.

**Пример 57.** В сосуд с водой положили кусок льда массой 84 г. Какова масса воды, если весь лёд растаял и в сосуде установилась температура 0 °C? Теплообменом с окружающим воздухом пренебречь. На графике представлены зависимости температуры от времени для воды и льда в процессе теплообмена.



В заданиях этой группы основная трудность состоит в определении температуры теплового равновесия (если, конечно, она не указана). Это связано с тем, что заранее неизвестно, в каком состоянии — твёрдом или жидким (жидким или газообразном) — находится каждое тело в состоянии теплового равновесия. Поэтому всегда следует в тексте задания обращать внимание на ключевые слова, которые позволяют сделать разумные предположения. Например, в первой задаче этой группы речь идёт о снежном сугробе. Скорее всего, можно допустить, что масса сугроба существенно больше массы шара, то есть растает не весь снег в сугробе, тогда можно высказать предположение, что температура теплового равновесия будет равна 0 °C, то есть равна температуре плавления льда.

Во второй задаче информацию о температуре теплового равновесия можно получить как из текста задания, так и из графика: к заданному моменту времени температура обоих тел равна 0 °C.

В тексте третьей задачи сказано, что энергия (внутренняя) горячей воды идёт только на плавление льда. Эту информацию нельзя понимать буквально: действительно, расплавившийся лёд превращается в воду, имеющую температуру 0 °C. А в результате вода остыла до 70 °C. Но это означает, что и вода, образовавшаяся при

## Продолжение таблицы

**Пример 58.** Энергия, выделяющаяся при остывании 2,2 кг горячей воды, нагретой до 100 °C, идёт только на плавление льда, взятого при температуре 0 °C.

Какова масса расплавленного льда, если вода остыла до 70 °C? Потерями энергии в окружающую среду пренебречь.

плавлении льда, тоже имеет температуру 70 °C! Значит, 70 °C — температура теплового равновесия.

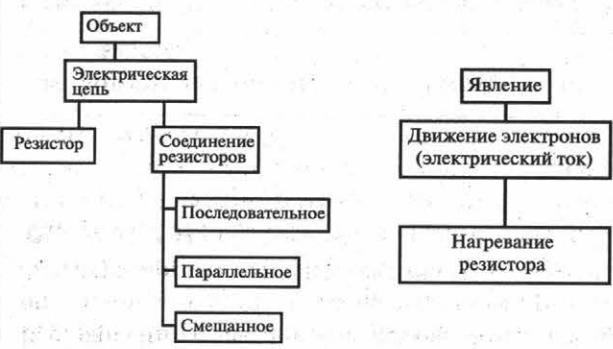
В остальном логика рассуждения, основанная на использовании уже привычных СЛС, остаётся прежней.

**Замечание:** в некоторых случаях при решении подобных задач полезно сначала прикинуть, какое количество теплоты выделяется при охлаждении более нагревшего тела до температуры агрегатного превращения. Расчёт не займёт много времени, зато по этому количеству теплоты можно прикинуть, достаточно ли его для того, чтобы агрегатное превращение произошло со всем телом или только его частью. Тогда сразу будет понятно, какова температура системы в тепловом равновесии. Если же при охлаждении более нагревшего тела до температуры агрегатного превращения выделяется больше теплоты, чем требуется для агрегатного превращения всего тела, то придётся в СЛС включить ещё один процесс, связанный с нагреванием второго тела до температуры смеси.

Итак: сначала рассматриваем конкретные (простые) явления с каждым телом, а связующим элементом, позволяющим составить уравнение, выступает закон сохранения энергии.

Попробуйте самостоятельно решить предложенные задачи.

Рассмотрим задания по теме «Электромагнитные явления». Как обычно, решение любой задачи начинается с определения объекта(-ов) и явления(-ий), участником которых он является. В задачах с кратким ответом по этой теме объекты и явления можно представить с помощью таких схем:



1) сопротивление;	R	Ом
2) масса резистора;	m	кг
3) размеры резистора (проводники);	I, S	м, мм <sup>2</sup>
4) вещество, из которого резистор изготовлен	p	кг/м <sup>3</sup>
	r <sub>эл</sub>	Ом·мм <sup>2</sup> /м

1) напряжение;	U	В
2) сила тока;	I	А
3) электрический заряд;	q	Кл
4) время	t	с

1) работа тока;	A	Дж
2) мощность тока;	p	Вт
3) количество теплоты;	Q	Дж
4) электрическая энергия;	W <sub>эл</sub>	Дж
5) время	t	с

В справочнике вы найдёте необходимые сведения о формулах-определениях, о формулах, описывающих связи между характеристиками объекта, о закономерностях разных соединений резисторов и о законах, описывающих рассматриваемые явления. А теперь применим эти сведения для выполнения заданий с кратким ответом.

**Внимание!** Напомним, что решение задачи не требует традиционного оформления — от вас требуется задачу решить и записать ответ в специально отведённом для этого месте. Не забудьте, что наименование искомой величины либо указано в строке для ответа, либо, по умолчанию, должно быть выражено в единицах СИ. Округление ответа также следует проводить по известным правилам.

Рассмотрим задания по теме «Электромагнитные явления» на закон Ома для участка цепи и расчёт сопротивления резистора по размерам.

**Пример 59.** На железный проводник длиной 10 м и сечением 2  $\text{мм}^2$  подано напряжение 12 мВ. Чему равна сила тока, протекающего по проводнику?

Во всех заданиях из этой подборки рассматривается следующее.

**Объект:** проводник (резистор).

**Свойства объекта:** заданы размеры проводника и вещество (потребуется табличное значение удельного сопротивления).

**Явление:** протекание тока.

**Закон Ома** для участка цепи.

**Пример 60.** На какое предельное напряжение рассчитан железный проводник длиной 6 м и площадью поперечно-го сечения 0,05  $\text{мм}^2$ , если предельно допустимая сила тока равна 2 А?

Так как сила тока (по закону Ома) в металлическом резисторе зависит от напряжения прямо пропорционально, то предельное (то есть максимальное) напряжение рассчитывается по максимальному допустимому значению силы тока.

**Пример 61.** При включении в электрическую цепь проводника из фехраля площадью поперечного сечения 0,6  $\text{мм}^2$  напряжение на его концах оказалось равным 12 В при силе тока 3 А. Какова длина проводника?

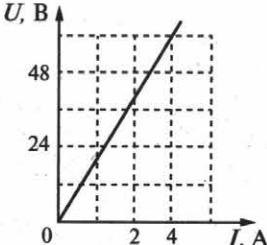
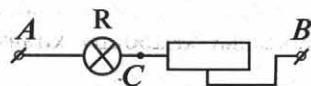
По заданным значениям напряжения и силы тока необходимо рассчитать сопротивление резистора. Сразу найдите числовое значение сопротивления. Опыт показывает, что в подобных ситуациях конструирование формулы для искомой величины в общем виде требует дополнительного времени и часто может приводить к ошибкам в математических преобразованиях.

**Пример 62.** Определите массу железной проволоки пло-щадью поперечного сечения 2  $\text{мм}^2$ , из которой изготовлен реостат, включённый в сеть, если напряжение на его концах 24 В, а сила тока 4 А.

Внимательно рассмотрите схему 3 из начала раздела. Полезно помнить, что все свойства объектов нашего окружающего мира определяются геометрическими размерами тела и материалом, из которого тело изготовлено. В нашем случае масса резистора зависит от плотности вещества и объёма тела. Объём можно найти по длине и площади поперечного сечения провода, из которого изготовлена обмотка реостата, если известно его сопротивление.

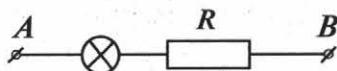
**Пример 63.** Определите плотность никелиновой проволоки площадью поперечного сечения 1  $\text{мм}^2$  и мас-сой 176 г, из которой изготовлен реостат, если при на-прежнем напряжении на его концах 24 В сила протекающего тока равна 3 А.

## Продолжение таблицы

<p><b>Пример 64.</b> На рисунке приведён график зависимости напряжения на концах железного провода длиной 10 м от силы тока в нём.</p> <p>Чему равна площадь поперечного сечения провода?</p>  <table border="1"> <caption>Data points from the graph</caption> <thead> <tr> <th>I, А</th> <th>U, В</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>48</td> </tr> </tbody> </table>	I, А	U, В	0	0	2	24	4	48	<p><b>Совет:</b> по возможности сразу рассчитывайте значения промежуточных величин. В нашем случае это значение сопротивления проволоки. Так будет проще проводить необходимые преобразования других рабочих формул.</p> <p>Вам уже известно, что необходимые для выполнения задания сведения могут быть представлены в виде графика. Вы уже умеете извлекать из графика необходимую информацию: внимательно прочитайте информацию по осям (название величины, единицы величины и масштаб). Связь между значениями (то есть соответствующие числовые значения величин) определяется выбором точки на графике. Желательно выбирать точку, расположенную на перекрестьях масштабной сетки, это повышает точность отсчёта. Обязательно запишите значения величин с использованием символа, обозначающего величину, и единицу измерения (для подстражовки!).</p>
I, А	U, В								
0	0								
2	24								
4	48								
<p>Рассмотрим задания по теме «Электромагнитные явления» на последовательное соединение резисторов и его закономерности и закон Ома для участка цепи.</p> <p><b>Пример 65.</b> В сеть с напряжением 120 В последовательно с лампой включён реостат. Напряжение на реостате 75 В. Каково сопротивление лампы, если сила тока в цепи равна 12 А?</p>	<p><b>Всегда помните:</b> чтобы найти сопротивление любого резистора, нужно выделить «простой участок», содержащий только этот резистор, и, пользуясь закономерностями последовательного соединения, собрать информацию о напряжении на концах этого резистора и о силе тока в нём. Для этого нужно сделать несколько простых шагов.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Обязательно изобразите участок электрической цепи. Поскольку этот участок содержит два потребителя (лампу и реостат), разбейте его на «простые участки», содержащие всего один потребитель, и обозначьте концы каждого участка точками, например <i>A</i>, <i>B</i> и <i>C</i>. Это будет выглядеть примерно так:</li> </ol> 								

- Теперь ещё раз прочитайте задачу и запишите, между какими точками (или на каких «простых участках») напряжение равно 120 В и 75 В (проверьте себя:  $U_{AB} = 120$  В,  $U_{CB} = 75$  В).
- Пользуясь закономерностью последовательного соединения проводников, найдите напряжение на лампе (проверьте себя:  $U_{AC} = U_{AB} - U_{CB} = 45$  В).
- Так как сила тока на обоих «простых участках» одинакова и равна 12 А, то по определению сопротивления  $R = U_{AC}/I_{AC}$ . Выполните расчёт:  $R = 45$  В/12 А = 3,75 Ом.
- Теперь нужно округлить результат: если не указано, до какого разряда нужно провести округление (как в этом случае), действуем по правилу: все числовые данные в задаче приведены с точностью до целого. Значит, и результат может гарантировать только цифры, стоящие в разряде целых. Округляем и получаем:  $R = 4$  Ом.

**Пример 66.** Определите сопротивление резистора, если известно, что напряжение на участке  $AB$  равно 100 В, сила тока в цепи 0,4 А, а сопротивление лампы накаливания 230 Ом.

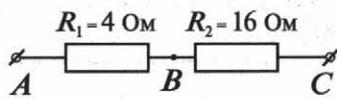


У этой задачи есть два способа решения. Первый почти в точности повторяет решение предыдущей задачи. Только на первом шаге придётся найти по силе тока и сопротивлению резистора  $R$  напряжение на нём.

Но есть и более простой способ, думаю, что многие из вас о нём догадались. Тогда проверьте себя.

- Рассчитаем сопротивление (полное или общее) участка  $AB$  по напряжению на его концах и силе тока в нём:  $R_{AB} = U_{AB}/I_{AB}$ ,  $R_{AB} = 100$  В/0,4 А = 250 Ом.
- Теперь воспользуемся закономерностью последовательного соединения для сопротивлений:  $R_{AB} = R_{\text{лампы}} + R$ , отсюда  $R_{\text{лампы}} = R_{AB} - R = 20$  Ом.

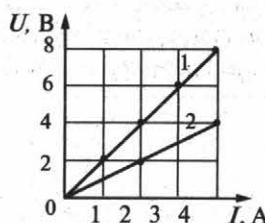
**Пример 67.** Чему равно напряжение, которое покажет идеальный вольтметр, подсоединеный к точкам  $A$  и  $B$ , если известно, что между точками  $B$  и  $C$  напряжение составляет 32 В?



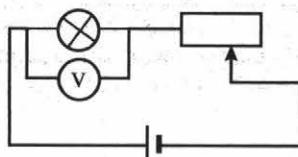
Попробуйте решить эту задачу самостоятельно, выполняя последовательно необходимые шаги. Когда получите ответ, сравните его с тем, который приведён в скобках.

**Замечание:** в скобках приведены результаты расчётов, выполняемых на каждом необходимом для решения шаге (**первый способ**: 2 А; 8 В; 40 В; **второй способ**: 2 А; 20 Ом; 40 В).

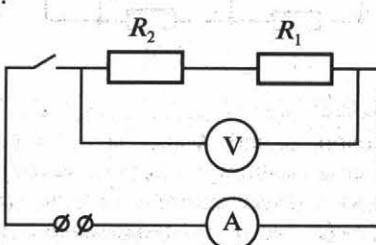
**Пример 68.** На рисунке показаны два графика зависимости напряжения  $U$  на концах двух проводников «1» и «2» от силы тока  $I$  в них. Эти проводники соединили последовательно. Чему равно общее сопротивление проводников?



**Пример 69.** Последовательно с электрической лампой включён реостат. Напряжение на концах цепи 220 В, сила тока в цепи 5 А. Подключённый к лампе вольтметр показывает 120 В. Чему равно сопротивление реостата?



**Пример 70.** В электрическую цепь, содержащую два резистора с электрическими сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$ , включили амперметр и вольтметр. Показания амперметра и вольтметра равны соответственно 0,6 А и 3 В. Чему равно электрическое сопротивление  $R_1$ , если известно, что  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ?



Когда в тексте задания имеется график, вы сразу знаете, что надо сделать. Проверьте себя.

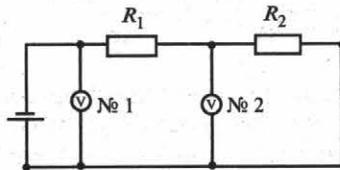
- Из графика: резистор  $R_1$  — при напряжении 4 В сила тока в нём 2 А, значит,  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ .
- Из графика: резистор  $R_2$  — при напряжении 2 В сила тока в нём 2 А, значит,  $R_2 = 1 \text{ Ом}$ .
- Закономерность: общее сопротивление участка цепи, содержащего последовательное соединение двух резисторов, равно сумме сопротивления обоих резисторов, то есть  $R_{\text{общ}} = 3 \text{ Ом}$ .

Эту задачу вам тоже по силам решить самостоятельно. Только не спешите и не пропускайте необходимые шаги, делайте записи промежуточных вычислений и не «сворачивайте» некоторые из них, считая слишком простыми и очевидными: время, может быть, и сэкономите, но, если допустите ошибку, никогда не сможете её обнаружить (если, конечно, не начнёте решать задачу по всем правилам!).

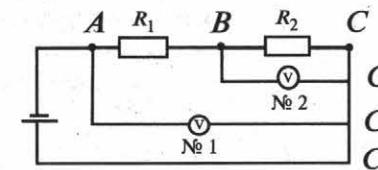
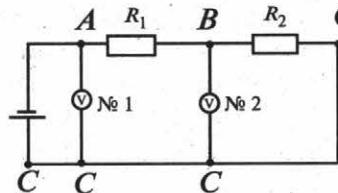
Как обычно, пошаговые ответы приведены в скобках (100 В; 20 Ом)

Возможно, многие из вас заметили, что очень похожую задачу мы уже разбирали. Не будем повторяться, но для начала дадим **совет**: «оживите» (конкретизируйте) схему цепи, выделяя «простые участки», чтобы в явном виде осознать, к каким участкам цепи относятся данные, приведённые в задаче. В этом случае вам не придётся напрягаться, удерживая в памяти «верbalную информацию», так как вы переведёте её в визуальную. Давайте отдохнему мозгу: вам ещё предстоит выполнить значительное число заданий.

**Пример 71.** В электрической цепи, представленной на схеме, сопротивления проводников равны  $R_1 = 5 \Omega$  и  $R_2 = 10 \Omega$  соответственно. Первый вольтметр показывает напряжение 12 В. Чему равно показание второго вольтметра? Вольтметры считать идеальными.



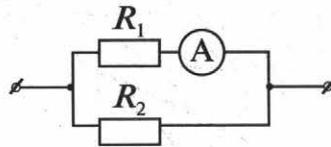
Не каждый сразу разглядит в этой схеме последовательное соединение резисторов — картинку загромождают и вводят в заблуждение вольтметры. Что сделать в таких случаях? Проще всего перерисовать схему. Для этого снова выделите «простые участки» цепи. Теперь учтите, что сопротивление подводящих проводов равно нулю, и просто стяните их в точку, «сократите» их. (Не выбрасывайте, а то произойдёт разрыв цепи!) Посмотрите, как это можно сделать:



А теперь решайте задачу так, как уже научились! (15 Ом; 0,8 А; 8 В)

Рассмотрим задания по теме «Электромагнитные явления» на параллельное соединение резисторов и его закономерности и закон Ома для участка цепи.

**Пример 72.** Электрическая цепь состоит из двух параллельно соединённых резисторов, сопротивление которых  $R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 5 \Omega$ . Сила тока в первом резисторе 1 А. Чему равна сила тока в неразветвлённой части цепи?

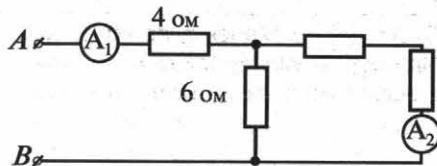


Для задач с параллельным соединением резисторов алгоритм решения (то есть шаги) остаются прежними. Заметим только, что эти задачи существенно упрощены требованиями образовательного стандарта: вам необходимо знать, как подсчитать общее сопротивление участка цепи, содержащего только два резистора с равными сопротивлениями:  $R_1 = R_2 = R$ ;  $R_{\text{общ}} = R/2$ .

**Подсказка:** если в задании или на схеме значения сопротивлений различны, то при решении общее сопротивление считать не придётся. В таких заданиях проверяется знание других закономерностей параллельного соединения резисторов (о напряжении и силе тока в разных участках цепи).

**Замечание:** при решении задач на параллельное соединение резисторов важно определиться с показаниями приборов, в частности с амперметром. Амперметр может измерять силу тока в первой (верхней) ветви, во второй (нижней) ветви и в общей части цепи. Решите задачу самостоятельно. (10 В; 2 А; 3 А)

**Пример 73.** К источнику постоянного тока подсоединили две лампы (см. рисунок), имеющие одинаковые электрические сопротивления. Чему равно сопротивление каждой лампы, если показания идеального амперметра и идеального вольтметра равны 3 А и 6 В соответственно?

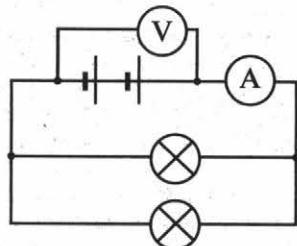


**Из схемы:** амперметр показывает силу тока, а вольтметр — напряжение в общей части цепи. Поэтому по закону Ома можно рассчитать общее сопротивление цепи.

Так как резисторы имеют одинаковые сопротивления, то у каждого из них сопротивление в два раза больше общего сопротивления. (2 Ом; 4 Ом)

Рассмотрим задания по теме «Электромагнитные явления» на смешанное соединение резисторов и закон Ома для участка цепи.

**Пример 74.** Определите общее сопротивление цепи  $AB$ , если первый амперметр показывает 3 А, а показания второго равны 1,5 А.



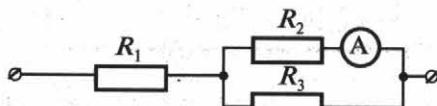
**Замечание:** в схеме смешанного соединения обязательно есть участок цепи с параллельным соединением резисторов. На такие участки распространяются прежние договоренности: такой участок цепи содержит только два резистора с равными сопротивлениями:  $R_1 = R_2 = R$ ;  $R_{\text{общ}} = R/2$ .

Рассмотрите схему и найдите в ней ветви параллельного соединения: по договорённости сопротивление ветки, в которую включён второй амперметр, равно 6 Ом (равен сопротивлению второй ветви).

Об этом же свидетельствует и тот факт, что сила тока в общей части цепи (3 А) распределилась на две равные части (1,5 А).

Дальше всё просто: найдите общее сопротивление параллельного соединения, а затем и общее сопротивление всей цепи. (3 Ом; 7 Ом)

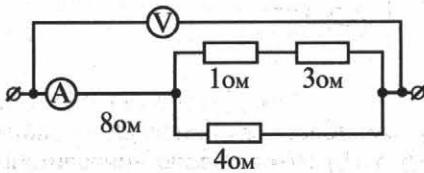
**Пример 75.** Три проводника соединены, как показано на рисунке. Сопротивления проводников:  $R_1 = 6 \Omega$ ,  $R_2 = 8 \Omega$ ,  $R_3 = 8 \Omega$ . Каково напряжение на проводнике  $R_1$ , если амперметр показывает силу тока 4 А?



Решите следующие две задачи самостоятельно. Сначала проверьте, выполняются ли наши договорённости о равенстве сопротивлений в параллельных ветвях.

Уясните, на каких участках цепи проводятся измерения силы тока и напряжения. (4 А; 8 А; 48 В); (2 Ом; 10 Ом; 5 В)

**Пример 76.** Определите показания вольтметра, если показания амперметра равны 0,5 А.



Рассмотрим задания по теме «Электромагнитные явления» на работу электрического тока, электрическую энергию.

**Пример 77.** Электрическая плитка, спираль которой имеет сопротивление 44 Ом, включена в сеть напряжением 220 В. За какое время плитка потребляет 1320 кДж энергии?

**Пример 78.** Электрическая плитка при силе тока 6 А за 120 с потребляет 108 кДж энергии. Чему равно сопротивление спирали плитки?

**Пример 79.** Электрическая лампочка, включённая в сеть напряжением 220 В, за 30 мин потребляет 1980 кДж электроэнергии. Чему равна сила тока, протекающего через её спираль?

**Пример 80.** Работа, совершаемая постоянным электрическим током за 5 мин работы кипятильника, составляет  $1,2 \cdot 10^5$  Дж. Сила тока в цепи равна 2 А. Чему равно сопротивление электрического кипятильника?

**Пример 81.** На велосипеде установлен генератор, вырабатывающий электрическую энергию для двух последовательно соединённых ламп. В каждой лампе сила тока 0,3 А при напряжении на каждой лампе 6 В. Чему равна работа тока генератора за 2 часа?

Рассмотрим задания по теме «Электромагнитные явления» на мощность тока в электрической цепи.

**Пример 82.** Нагревательный элемент сделан из никромовой проволоки длиной 8 м и площадью поперечного сечения 0,05 мм<sup>2</sup>. Определите мощность, потребляемую нагревателем, при включении его в сеть постоянного напряжения 220 В.

Эта группа задач предполагает использование формул для расчёта работы тока и электрической энергии в цепи постоянного тока. Заметим, что электрическая энергия потребляется из источника тока, а мерой потребления этой энергии выступает работа тока:  $\Delta W_{\text{эл}} = A_{\text{тока}}$ . Так как потребление энергии начинается с момента замыкания цепи, то начальное значение энергии принимается за ноль. Поэтому формулы для расчёта потреблённой электроэнергии и работы тока совпадают.

Выпишите из справочника необходимые формулы и потренируйтесь в вычислениях, необходимых для выполнения предложенных заданий.

**Замечание:** если цепь содержит последовательное, параллельное или смешанное соединение резисторов, то для расчёта работы тока или потреблённой цепью электрической энергии необходимо либо подсчитать эти величины для каждого резистора в отдельности, а затем сложить полученные числа (аддитивность работы и энергии), либо подсчитать общее сопротивление всей цепи, найти значения силы тока (в общей части цепи) и узнать, какое напряжение приложено к этой цепи.

Эти задания не должны вызвать у вас затруднения, так как связь мощности и работы вам хорошо известна. Мощность численно равна работе, совершённой током за 1 с или, что то же, электроэнергии, потреблённой от сети за 1 с. Особенностью является то, что каждый электронагревательный прибор в качестве основных

<p><b>Пример 83.</b> Нагревательный элемент, рассчитанный на напряжение 120 В, имеет номинальную мощность 480 Вт. Спираль элемента изготовлена из никелиновой проволоки, имеющей длину 18 м. Чему равна площадь поперечного сечения проволоки?</p>	<p>характеристик имеет значение напряжения в сети и номинальную (то есть соответствующую именно такому напряжению) мощность. Если напряжение в сети меньше номинального, то мощность, потребляемая устройством из сети, будет ниже номинальной. Если напряжение выше номинального, то устройство может выйти из строя, «перегореть».</p>
<p><b>Пример 84.</b> Нагревательный элемент имеет номинальную мощность 480 Вт. Спираль элемента изготовлена из никелиновой проволоки, имеющей длину 18 м и площадь поперечного сечения 0,24 мм<sup>2</sup>. На какое напряжение в сети рассчитан нагревательный элемент?</p>	<p>Выпишите формулы для расчёта мощности тока и выполните предложенные задания самостоятельно.</p>
<p>Рассмотрим задания по теме «Электромагнитные явления» на количество теплоты, выделяемое резистором в процессе протекания по нему тока, и закон Джоуля — Ленца.</p>	
<p>Сначала уточним особенности процесса нагревания резистора (спирали нагревательного элемента) током. Вначале температура спирали была равна комнатной (начальное состояние теплового равновесия резистора). Как только цепь замкнули, электрическое поле начинает совершать работу по перемещению свободных электронов по резистору. За счёт этой работы (её ещё называют работой тока) внутренняя энергия резистора начинает увеличиваться, что выражается в повышении его температуры. Так как теперь температура резистора выше комнатной, то начинается теплообмен между резистором и окружающей средой: резистор отдаёт некоторое количество теплоты во внешнее окружение (воздух, воду и т. п.). Новое состояние теплового равновесия резистора наступает, когда его температура перестает изменяться. В этом состоянии работа тока (приводящая к увеличению внутренней энергии) равна количеству теплоты, выделяемой резистором во внешнюю среду (приводящей к уменьшению внутренней энергии). Такой процесс называют установившимся (температура резистора, спирали нагревательного элемента остаётся постоянной, если, конечно, сила тока по каким-то причинам не изменится). Закон Джоуля — Ленца описывает именно такой установившийся процесс. Во всех случаях в задачах рассматриваются по умолчанию именно такие процессы.</p>	
<p><b>Пример 85.</b> При прохождении электрического тока через спираль нагревателя, изготовленную из никелиновой проволоки длиной 80 м и площадью поперечного сечения 0,84 мм<sup>2</sup>, за 10 мин выделилось количество теплоты 726 000 Дж. Чему равно напряжение сети, в которую включили нагреватель?</p>	<p>Главный объект нашего рассмотрения — резистор, поэтому, если это возможно, сразу рассчитайте его сопротивление (помните о правилах округления числового значения).</p> $R = \rho \frac{\ell}{S}; \quad R = 0,4 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot \frac{80 \text{ м}}{0,84 \text{ мм}^2} = 38,09 \text{ Ом} = 38 \text{ Ом.}$ <p>Далее следует применить формулу для расчёта количества теплоты по закону Джоуля — Ленца: <math>Q = I^2 R t</math>. Она позволяет найти квадрат силы тока, а затем и саму силу тока. При выполнении расчётов последовательность действий может быть разной.</p>

*Первый способ:*

$$Q=I^2Rt; \quad I^2=\frac{Q}{Rt}; \quad I=\sqrt{\frac{Q}{Rt}}; \quad I=\sqrt{\frac{726\,000 \text{ Дж}}{38 \text{ Ом} \cdot 10 \cdot 60 \text{ с}}}=5,64 \text{ А.}$$

$$U=IR=5,64 \text{ А} \cdot 38 \text{ Ом}=214,32 \text{ В}=214 \text{ В.}$$

*Второй способ:*

$$Q=I^2Rt; \quad I=\frac{U}{R}; \quad Q=\frac{U^2t}{R}; \quad U^2=\frac{QR}{t}; \quad U=\sqrt{\frac{QR}{t}}.$$

$$U=\sqrt{\frac{726\,000 \text{ Дж} \cdot 38 \text{ Ом}}{10 \cdot 60 \text{ с}}}=214,42 \text{ В}=214 \text{ В.}$$

**Замечание:** если при решении задачи приходится выполнять промежуточные вычисления, то округление величин следует проводить, когда получен окончательный результат.

**Пример 86.** При прохождении электрического тока через спираль нагревателя, изготовленную из никелиновой проволоки длиной 80 м и площадью поперечного сечения 0,84 мм<sup>2</sup>, включённую в сеть напряжением 220 В, выделилось количество теплоты 726 000 Дж. Чему равно время, в течение которого спираль была включена в сеть?

**Пример 87.** При прохождении электрического тока через спираль нагревателя из никелиновой проволоки с площадью поперечного сечения 0,8 мм<sup>2</sup>, включённую в сеть напряжением 220 В, за 10 мин выделилось количество теплоты 726 000 Дж. Чему равна длина проволоки, из которой изготовлена спираль?

**Пример 88.** При прохождении электрического тока через спираль нагревателя длиной 80 м из никелиновой проволоки, включённую в сеть напряжением 220 В, за 10 мин выделилось количество теплоты 726 000 Дж. Чему равна площадь поперечного сечения проволоки, из которой изготовлена спираль?

Следующие три задачи описывают аналогичную ситуацию (даже числовые данные совпадают), но необходимо найти другие величины, описывающие процесс нагревания резистора током. Решите задачи самостоятельно. Главное в этой ситуации — научиться проводить безошибочно необходимые математические преобразования с использованием одного и того же набора формул: формулы законов Ома и Джоуля — Ленца, а также формулу для расчёта сопротивления резистора по его размерам.

## РАСЧЁТНЫЕ ЗАДАЧИ

Расчётные задачи (25 и 26) в экзаменационных материалах ОГЭ проверяются экспертами в соответствии со специальными критериями. Важно помнить, что проверка экспертов принципиально отличается от проверки аналогичных задач вашими учителями физики. Если учителю важно определить, решена задача или не решена, то эксперты выявляют в ваших записях обязательные элементы решения данной задачи, которые описаны в критериях. Максимальные 3 балла за выполнение задания выставляются только в том случае, когда в нём присутствуют и выполнены безошибочно все необходимые элементы решения задачи. Баллы 2, 1 или 0 выставляются на основе описания всевозможных комбинаций из обязательных элементов и правильности их выполнения. При этом возможны ситуации, в которых элемент засчитывается, даже если в нём допущена описка или ошибка. Таким образом, перед вами стоят две задачи: правильно **решить** задачу и правильно **записать** решение задачи.

**Как правильно решить задачу?** Скорее всего, вы понимаете, что решение задачи непосредственно связано с умением применять знания по физике к рассмотрению конкретной ситуации, описанной в задаче, и построению обоснованного (то есть опирающегося на закономерности и законы) рассуждения, позволяющего найти ответ на поставленный вопрос. Рассматриваемые задачи относятся к заданиям высокой степени сложности. Как правило, это комбинированные задачи, в которых рассматриваются разные группы физических явлений. Например, часто предлагаются задачи со следующими тематическими комбинациями: «механические + тепловые явления», «механические + электрические явления», «тепловые + электрические явления». Относительно редко встречаются задачи, проверяющие комплекс знаний по одной теме.

В процессе изучения физики вам часто приходилось решать задачи различной степени сложности, однако количество решённых задач не влияет однозначно на умение решать задачи. Значительно важнее освоить **метод решения задачи**. С помощью наших рекомендаций вы сможете освоить основные элементы этого метода. Следуя рекомендациям, вы сможете наверняка получить за выполнения задания 1, 2 или даже 3 балла в зависимости от уровня ваших знаний. Эти рекомендации довольно простые, но выполнять их нужно «без пропусков»: в них каждый пункт важен, каким бы простым и очевидным он вам ни казался. Ответ на каждый пункт вам нужно или записать, или изобразить, или проговорить «про себя» полными предложениями.

**Вот эти рекомендации.**

1. Внимательно, не спеша прочитайте текст задачи.

**Пример 1.** Имеются два одинаковых электрических нагревателя мощностью 600 Вт каждый. Сколько воды можно нагреть на  $30^{\circ}\text{C}$  за 14 мин, если нагреватели будут включены последовательно в электросеть с тем напряжением, на которое рассчитан каждый из них? Потерями энергии пренебречь.

Читая текст задания, не пытайтесь судорожно вспомнить какие-то формулы! Просто сориентируйтесь в описанной ситуации, представьте её себе.

2. Выделите и назовите сначала все объекты (тела, предметы), которые упоминаются в тексте задачи. Страйтесь от бытового названия перейти к физическому термину. Не спешите отбрасывать то, что вам кажется незначительным. Что известно об этих объектах? Найдите в тексте задачи названия физических величин, которые являются характеристиками каждого объекта (вещество, объём, масса, сопротивление и др.). Вспомните, что многие характеристики вещества можно найти в соответствующих справочных таблицах. Попутно вспоминайте стандартное обозначение величин.

**Два электрических нагревателя (потребителя, резистора):**

- 1) одинаковые;
- 2) равные электрические сопротивления,  $R$ ;
- 3) равные мощности,  $P$ ;
- 4) соединены последовательно.

**Вода:** нет сведений ни об объёме ( $V$ ), ни о массе ( $m$ ); возможно, понадобятся табличные величины.

3. Теперь найдите в тексте названия явлений, участником которых является каждый объект. Каковы основные закономерности этих явлений? Какие физические величины используются для описания этих закономерностей? Приведены ли значения этих величин в тексте задачи? Возможно, какие-то из них вам предстоит найти при решении. Вспомните, что некоторые характеристики явлений можно отыскать в соответствующих справочных таблицах (например, температуры плавления и кипения вещества).

**Нагреватели включены в электрическую цепь:**

- 1) протекание тока  $I$  в цепи с последовательным соединением потребителей (резисторов);
- 2) напряжение в сети,  $U$ ;
- 3) нагреватели работают 14 мин.

**Нагревание воды:**

- 1) масса;
- 2) вода нагревается на  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t$ ;
- 3) удельная теплоёмкость воды — из таблицы.

4. Ещё раз обратитесь к тексту задания (не ленитесь, не полагайтесь на свою память: на экзамене лучше лишний раз подстраховаться!). Теперь отыскивайте в тексте ключевые слова: они указывают или уточняют начальные или конечные условия («из состояния покоя», «до остановки», «по гладкой поверхности», «по шероховатой поверхности» и т. п.). Эти ключевые слова позволят вам составить правильное и детальное представление о ситуации, описанной в задаче.

*Продолжение таблицы*

	<p>1. Нагреватели включены в электросеть «с тем напряжением, на которое рассчитан каждый из них». Что это означает? Для нормальной работы электронагревателя его нужно включить в сеть с заданным напряжением <math>U</math>. Если нагреватели соединены последовательно и включены в сеть с напряжением <math>U</math>, то на каждом из них напряжение будет меньше номинального, значит, и работать он будет «не на полную мощность».</p> <p>2. «Потерями энергии пренебречь» — это означает, что всё количество теплоты, которое будет выделено нагревателями за время их работы, пойдёт только на нагревание воды.</p>
<p>5. Теперь важно определить, что нужно найти, и припомнить, как связаны между собой физические величины, характеризующие явление, с характеристиками объекта. Только теперь нужно вспоминать и записывать формулы!</p>	
	<p>1. «Сколько воды можно нагреть?» — речь идёт о характеристике объекта «вода» (см. п. 2 рекомендаций). Это может быть масса или объём. Обычно, если нет специальных разъяснений, нужно искать массу объекта. Кроме того, для процесса нагревания важна масса нагреваемого тела.</p> <p>2. Потерь энергии нет, значит: <math>Q_{\text{нагревателей}} = Q_{\text{нагр. воды}}</math>.</p> <p>3. <math>Q_{\text{нагр. воды}} = c_{\text{воды}} m_{\text{воды}} \Delta t^{\circ}</math> — формула, описывающая закономерность процесса нагревания.</p> <p>4. <math>Q_{\text{нагревателей}} = P_{\text{последов. соед. нагревателей}} \tau</math> — формула расчёта количества теплоты, выделенного нагревателями, по мощности и времени работы.</p> <p>5. <math>P_{\text{последов. соед. нагревателей}}</math> — для расчёта потребуется рассмотреть: а) закономерности последовательного соединения двух одинаковых потребителей (нагревателей); б) формулу для расчёта мощности тока в электрической цепи.</p>
<p>6. Остаётся сделать последний шаг: собрать воедино все сведения, выстроить логическую цепочку рассуждений, провести математические преобразования и расчёты и правильно записать решение задачи и ответ.</p>	
<p><b>Элемент 1. Правильно записано «Дано» (краткое условие задачи).</b></p>	<p><b>Проверяется:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• полнота сведений;</li> <li>• умение переводить величины в единицы СИ;</li> <li>• обозначение физических величин стандартными символами или теми буквами, которыми они обозначены в тексте задачи;</li> <li>• наличие необходимых значений табличных величин.</li> </ul>

<p><b>Дано:</b></p> <p>нагреватели  <math>P = 600 \text{ Вт}</math>          последовательное соединение          сеть с расчётным напряжением  <math>\tau = 14 \text{ мин}</math></p> <p>вода  <math>\Delta t^\circ = 30^\circ \text{C}</math>  <math>c_{\text{воды}} = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C})</math> — из таблицы  <math>m_{\text{воды}} = ?</math></p>	<p><b>СИ:</b></p> <p>840 с</p>	<p><b>Внимание!</b> В «Дано» значения величин нужно записывать в тех единицах, в которых они приведены в тексте задачи. В случае необходимости значение величины в единице СИ должно быть показано в отдельном столбце «СИ».</p> <p><b>Внимание!</b> Наименование физических величин нужно указывать обязательно.</p> <p><b>Замечание:</b> если вы не вписали табличное значение величины в «Дано», а впоследствии обнаружили, что это значение вам понадобится, впишите его после соответствующей формулы и в скобках укажите: «табличное» или «из таблицы». Обратите также внимание на то, что приведённые в справочных материалах к экзамену значения величин могут отличаться от тех, которые вы, возможно, запомнили ранее. На экзамене проверяется ваше умение найти необходимое значение величины в таблице.</p>
<p><b>Элемент 2. Выявлены все основные явления, их закономерности и законы (формулы), необходимые и достаточные для решения данной задачи выбранным способом.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>Q_{\text{нагревателей}} = Q_{\text{нагр. воды}}</math>, так как потери энергии (теплоты) отсутствуют (закон сохранения энергии).</li> <li><math>Q_{\text{нагр. воды}} = c_{\text{воды}} m_{\text{воды}} \Delta t^\circ</math> — необходимо для нагревания воды.</li> <li><math>Q_{\text{нагревателей}} = P_{\text{последов. соед. нагревателей}} \tau</math> — выделяется нагревателями за время их работы.</li> <li>Обозначим: <math>R_1</math> — сопротивление нагревателя;  <math>U</math> — напряжение в сети, необходимое для нормальной работы нагревателя, обеспечивающей мощность <math>P</math>. Тогда <math>P = U^2/R_1</math>.</li> <li>При последовательном соединении нагревателей (резисторов) общее сопротивление цепи <math>R_{\text{общ}} = 2R_1</math>.</li> <li>Тогда мощность, выделяемая в цепи:  <math>P_{\text{последов. соед. нагревателей}} = U^2/R_{\text{общ}}</math>.</li> </ol>	<p>Все необходимые для решения задачи формулы следует записывать по отдельности. Часто встречаются такие ошибки в записях.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>Q_{\text{нагревателей}} = c_{\text{воды}} m_{\text{воды}} \Delta t^\circ</math> (в первое уравнение сразу подставлено выражение для количества теплоты при нагревании).</li> <li><math>c_{\text{воды}} m_{\text{воды}} \Delta t^\circ = P_{\text{последов. соед. нагревателей}} \tau</math> (не записан в явном виде закон сохранения энергии).</li> <li>Не описаны обозначения величин, которые в явном виде не присутствуют в «Дано», но нужны для решения задачи.</li> <li><math>Q_{\text{нагревателей}} = U^2 \tau / R_{\text{общ}}</math> (не записана формула расчёта количества теплоты или энергии по мощности и времени).</li> <li><math>Q_{\text{нагревателей}} = U^2 \tau / 2R_1</math> (не указаны закономерности последовательного соединения резисторов).</li> </ol>	

<p><b>Элемент 3. Проведены математические преобразования.</b></p> <p><math>P_{\text{последов. соед. нагревателей}} = U^2/2R_1 = P/2;</math></p> <p><math>Pt/2 = c_{\text{воды}} m_{\text{воды}} \Delta t^\circ;</math></p> <p><math>m_{\text{воды}} = Pt/(2c_{\text{воды}} \Delta t^\circ).</math></p>	<p>Мы покажем образец выполнения математических преобразований. В идеальном случае нужно стремиться получить формулу для расчёта искомой величины в общем виде.</p> <p><b>Замечание:</b> если вы испытываете затруднения в выполнении математических преобразований, то можно ограничиться только подстановкой <math>R_{\text{общ}}</math> в формулу для подсчёта мощности, выделяемой в цепи.</p> <p>Это связано с особенностями выполнения следующего проверяемого элемента.</p>
<p><b>Элемент 4. Проведены вычисления.</b></p> <p><b>Первый способ:</b></p> <p><math>m_{\text{воды}} = \frac{600 \text{ Вт} \cdot 840 \text{ с}}{2 \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}} = 2 \text{ кг.}</math></p> <p><b>Второй способ:</b></p> <p><math>P_{\text{последов. соед. нагревателей}} = 600 \text{ Вт}/2 = 300 \text{ Вт};</math></p> <p><math>Q_{\text{нагревателей}} = 300 \text{ Вт} \cdot 840 \text{ с} = 252 \text{ 000 Дж};</math></p> <p><math>Q_{\text{нагр. воды}} = 252 \text{ 000 Дж};</math></p> <p><math>252 \text{ 000 Дж} = 4200 \cdot m_{\text{воды}} \cdot 30 \text{ (Дж} \cdot \text{С) / (кг} \cdot \text{°С);}</math></p> <p><math>m_{\text{воды}} = 2 \text{ кг.}</math></p>	<p>В настоящее время допустимы два способа проведения вычислений. <b>В первом способе</b> числовые значения величин подставляются в итоговую (полученную в общем виде) формулу.</p> <p><b>Во втором способе</b> вычисления проводятся по действиям.</p> <p><b>Замечание:</b> если вы уверены, что правильно записали «Дано» и правильно перевели величины в СИ, то при проведении вычислений допускается опустить наименования величин при подстановке их значений в итоговую формулу:</p> $m_{\text{воды}} = \frac{600 \cdot 840}{2 \cdot 4200 \cdot 30} = 2 \text{ (кг),}$ <p>но при этом <b>обязательно следует записать наименование единицы измерения полученного результата</b>. В нашем случае не «2», а «2 (кг)», при чём наименование следует заключить в скобки.</p>
<p><b>Элемент 5. Записан ответ.</b></p> <p><b>Ответ:</b> можно нагреть 2 кг воды.</p> <p><b>Ответ:</b> 2 кг воды.</p> <p><b>Ответ:</b> масса воды 2 кг.</p>	<p>Ответ к задаче должен быть записан отдельной строкой. Способы записи ответа могут быть разными, но ответ обязательно должен содержать указание, к какому объекту он относится. Например, не следует писать «масса 2 кг», «можно нагреть 2 кг», «2 кг». В нашем случае объект — вода, и это слово должно фигурировать в ответе.</p> <p><b>Замечание:</b> нередко приходится встречаться с таким случаем: в быту часто по привычке переводят массу воды в объём. Привычно говорить: «Налей в чайник 2 л воды!». Сравните: «Налей в чайник 2 кг воды!» Эту привычку многие распространяют и на наш случай: пишут в ответе «2 л». Такой ответ не будет засчитан как правильный! Причины, думается, вам понятны: 1) масса и объём характеризуют разные свойства тела (инертность и вместимость); 2) это разные физические величины; 3) они</p>

обозначаются разными буквами; 4) в приведённых расчётах не могут быть получены единицы объёма (действия с наименованиями).

Если очень хочется привести ответ в литрах, запишите формулу, связывающую массу тела с его объёмом; найдите в таблице значение плотности воды; проведите расчёт. Тогда ваш ответ будет засчитан: эксперт отметит, что вопрос «Сколько воды...?» может означать и массу, и объём воды, и примет решение в вашу пользу. Но учтите, что вы потратите время на дополнительные записи и расчёты!

Подводя итоги сказанному, заметим, что критерии выставления 2 и 1 балла за выполнение этого задания подробно описываются в материалах для экспертов. Для вас важно знать, что все описанные элементы учитываются при оценивании результата выполнения. Заметим только, что, если вы не записали «Дано» или допустили при его записи ошибки, максимальный балл, который можно будет получить, равен 2. Точно так же, если вы получили правильный ответ, но не записали математические преобразования или не показали, как проводили расчёты, то не сможете получить более 2 баллов. В тех случаях, когда задача может быть решена разными способами, ученик имеет право выбрать любой, предпочтительный для себя.

1. Внимательно, не спеша прочитайте текст задачи.

**Пример 2.** Металлический шар упал с высоты  $h=26$  м на свинцовую пластину массой  $m_2=1$  кг и остановился. При этом пластина нагрелась на  $3,2$  °C. Чему равна масса шара, если на нагревание пластины пошло 80% выделившегося при ударе количества теплоты?

Читая текст задания, не пытайтесь судорожно вспомнить какие-то формулы! Лучше постараитесь представить себе описанную ситуацию. Может быть, сделать набросок.

2. Выделите и назовите сначала все объекты (тела, предметы), которые упоминаются в тексте задачи. Не спешите отбрасывать то, что вам кажется незначительным. Что известно об этих объектах? Найдите в тексте задачи названия физических величин, которые являются характеристиками каждого объекта (вещество, объём, масса, сопротивление и др.). Вспомните, что многие характеристики вещества можно найти в соответствующих справочных таблицах. Попутно вспоминайте стандартное обозначение величин.

**Металлический шар:** масса шара неизвестна,  $m_1$ .

**Пластина:**

- 1) вещество — свинец; возможно, понадобятся табличные величины;
- 2) масса пластины,  $m_2$ .

3. Теперь найдите в тексте названия явлений, участником которых является каждый объект. Каковы основные закономерности этих явлений? Какие физические величины используются для описания этих закономерностей? Приведены ли значения этих величин в тексте задачи? Возможно, какие-то из них вам предстоит найти при решении. Вспомните, что некоторые характеристики явлений можно найти в соответствующих справочных таблицах (например, температуры плавления и кипения вещества).

	<p><b>Падение шара:</b> свободное или нет;</p> <p><b>Нагревание пластины:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) масса;</li> <li>2) пластина нагревается на <math>3,2\text{ }^{\circ}\text{C}</math>, <math>\Delta t^{\circ}</math>;</li> <li>3) удельная теплоёмкость свинца — из таблицы.</li> </ol>
--	---

4. Ещё раз обратитесь к тексту задания (не ленитесь, не полагайтесь на свою память: на экзамене лучше лишний раз подстраховаться!). Теперь отыскивайте в тексте ключевые слова: они указывают или уточняют начальные или конечные условия («из состояния покоя», «до остановки», «по гладкой поверхности», «по шероховатой поверхности» и т. п.). Эти ключевые слова позволяют вам составить правильное и детальное представление о ситуации, описанной в задаче.

	<p><b>Падение шара:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) отсчитываем высоту шара от уровня пластины;</li> <li>2) начальная высота <math>h = 26\text{ м}</math>;</li> <li>3) конечная высота <math>0\text{ м}</math>;</li> <li>4) начальную скорость шара принимаем равной нулю (если бы было иначе, было бы указано значение скорости);</li> <li>5) конечная скорость равна нулю, «шар остановился».</li> </ol> <p><b>Нагревание пластины:</b> на нагревание пластины пошло 80% выделившегося при ударе количества теплоты.</p>
--	--

5. Теперь важно определить, что нужно найти, и припомнить, как связаны между собой физические величины, характеризующие явление, с характеристиками объекта. Только теперь нужно вспоминать и записывать формулы!

	<p><b>Падение шара:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) в начале падения шар обладал механической энергией <math>E_1 = E_{1\text{k}} + E_{1\text{n}}</math>;</li> <li>2) в конце падения шар обладал механической энергией <math>E_{11} = E_{2\text{k}} + E_{2\text{n}}</math>;</li> <li>3) кинетическая энергия в начале и в конце падения равна нулю, так как скорость шара равна нулю;</li> <li>4) формула потенциальной энергии <math>E_n = mgh</math>;</li> <li>5) изменение механической энергии составило <math>\Delta E = E_{11} - E_1 = Q_{\text{затр}}</math>.</li> </ol>
--	---

**Нагревание пластины:**

1)  $Q_{\text{полезнос}} = cm\Delta t^{\circ}$ ;

2) КПД процесса  $\eta = (Q_{\text{полезнос}}/Q_{\text{затр}}) 100\%$

6. Остаётся сделать последний шаг: собрать воедино все сведения, выстроить логическую цепочку рассуждений, провести математические преобразования и расчёты и правильно записать решение задачи и ответ. Попробуйте сами завершить решение задачи и выполнить необходимые записи, выделяя обязательные элементы решения задачи, а затем сравните с образцом записи решения и комментарием к нему.

**Элемент 1. Правильно записано «Дано» (краткое условие задачи).**

**Дано:**                   **СИ:**

шар

$$h = 26 \text{ м}$$

$$v_k = 0$$

свинец

$$m_2 = 1 \text{ кг}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\Delta t^{\circ} = 3,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\eta = 80\%$$

$$m_1 - ?$$

$$c = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^{\circ}\text{C}}$$

В тексте этой задачи часть физических величин обозначена соответствующими символами. По правилам экзамена эти обозначения следует сохранить. Для физических величин, которые не обозначены символами, следует использовать стандартные обозначения.

**Внимание!** Довольно часто выпускники допускают ошибку при обозначении числового значения « $3,2 {}^{\circ}\text{C}$ », полагая, что речь идёт о температуре. Следует запомнить, что словосочетания «нагрелась на...» или «охладилась на...» относятся к процессу изменения состояния, а не к состоянию. А раз речь идёт о процессе, то в нём что-то изменяется, в данном случае температура. Изменение любой величины обозначается греческой буквой  $\Delta$  перед символом физической величины:  $\Delta t$  — изменение температуры.

Исходя из логики использования символов и подстрочных индексов, исходную массу шара следует обозначить буквой  $m$  с индексом «1»:  $m_1$ , так как индекс 2 используется для второго тела — свинцовой пластины.

**Внимание!** В «Дано» внесены табличные величины, одна из них — удельная теплоёмкость свинца, а другая — ускорение свободного падения вблизи поверхности Земли  $10 \text{ м/с}^2$ . Обычно на уроках физики вы этого не делали, полагая, что это значение всем известно. Многие выпускники используют значение, которое они считают более точным, и, желая показать свои знания, пишут:  $9,8 \text{ м/с}^2$  или  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

Однако если вы посмотрите в справочные материалы для экзамена, то обнаружите в разделе «Константы» строчку: «Ускорение свободного падения на Земле  $10 \text{ м/с}^2$ ». Таким образом, используя более точное значение, вы допускаете сразу две ошибки: первая — неверно выписаны табличные значения величин; вторая — при вычислениях на калькуляторе вы либо получаете результат, не совпадающий с эталонным (ошибка!), либо, записав

	<p>в формулу <math>9,8 \text{ м/с}^2</math> и при подсчёте округлив его до <math>10 \text{ м/с}^2</math>, получаете арифметическую ошибку, так как эксперт пересчитает результат (ему нужно установить, умеете ли вы проводить вычисления!) и обнаружит вашу «хитрость».</p>
<p><b>Элемент 2. Выявлены все основные явления, их закономерности и законы (формулы), необходимые и достаточные для решения данной задачи выбранным способом.</b></p> <p><math>\eta = \frac{Q_{\text{полезное}}}{Q_{\text{затр}}} \cdot 100\%</math>;</p> <p><math>Q_{\text{полезное}} = cm_2 \Delta t^\circ</math> — нагревание пластины;</p> <p><math>Q_{\text{затр}} =  E_k - E_0 </math>, где <math>E_k = 0</math> — механическая энергия шара в момент подлёта к плите;</p> <p><math>E_0 = m_1 gh</math> — начальная механическая энергия шара.</p>	<p>Задачи, в которых задаётся значение КПД процесса превращения энергии (или передачи количества теплоты, или мощности, или при совершении работы), принято начинать с формулы-определения КПД и пояснения того, что «затрачено», а что «полезно».</p> <p><b>Внимание!</b> Если в «Дано» вы записали <math>\eta = 80\%</math>, то и в формуле для КПД должны фигурировать проценты. Если вы хотите использовать определение процента как сотой части числа, то в условии можно записать <math>\eta = 80\% = 0,8</math> и в формуле для КПД <math>100\%</math> опустить: <math>\eta = Q_{\text{полезное}} / Q_{\text{затр}}</math>.</p> <p>Заметим также, что формула для затраченного количества теплоты представляет собой форму записи закона превращения механической энергии шара во внутреннюю энергию шара, воздуха и плиты без потерь — вся начальная механическая энергия шара в результате удара о плиту превратилась во внутреннюю энергию.</p> <p>Некоторые выпускники (возможно, при переписывании решённой на черновике задачи, а возможно, сворачивая решение, так как для них задача недостаточно сложная) записывают решение задачи в одну формулу:</p> $\eta = \frac{Q_{\text{полезное}}}{Q_{\text{затр}}} = \frac{cm_2 \Delta t^\circ}{m_1 gh} \cdot 100\%.$ <p>Надо помнить, что эксперты в этом случае должны будут констатировать факт, что записана только одна формула — определение КПД, и решение задачи будет оцениваться в 1 балл.</p>
<p><b>Элемент 3. Проведены математические преобразования.</b></p> <p><math>\eta = \frac{cm_2 \Delta t^\circ}{m_1 gh} \cdot 100\%</math>;</p> <p><math>m_1 = \frac{cm_2 \Delta t^\circ}{\eta g h} \cdot 100\%</math>.</p>	<p>Математические преобразования состоят сначала в подстановке выражений для затраченного и полезного количества теплоты в формулу для КПД, а затем в получении выражения для расчёта искомой величины <math>m_1</math>.</p>

#### Элемент 4. Проведены вычисления.

**Расчёт по формуле в общем виде:**

$$m_1 = \frac{130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C}} \cdot 1 \text{ кг} \cdot 3,2 {}^\circ\text{C}}{80\% \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 26 \text{ м}} \cdot 100\% = 2 \text{ кг};$$
$$m_1 = \frac{130 \cdot 1 \cdot 3,2}{80\% \cdot 10 \cdot 26} \cdot 100\% = 2 \text{ (кг)}.$$

**Расчёт по действиям (с промежуточными вычислениями):**

$$Q_{\text{полезное}} = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C}} \cdot 1 \text{ кг} \cdot 3,2 {}^\circ\text{C} = 416 \text{ Дж};$$

$$Q_{\text{затр}} = \frac{Q_{\text{полезное}}}{\eta} \cdot 100\%; \quad \frac{416 \text{ Дж}}{80\%} \cdot 100\% = 520 \text{ Дж};$$

$$m_1 = \frac{Q_{\text{затр}}}{gh} = \frac{520 \text{ Дж}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 26 \text{ м}} = 2 \text{ кг}.$$

Вычисления по формуле в общем виде желательно проводить так, как записано в верхней строчке, ведь в формуле стоят числа с наименованиями и по правилам математики вы должны продемонстрировать умение проводить действия с числами с наименованием.

Но возможна и вторая форма записи (при условии, что все величины выражены в единицах СИ), тогда наименование результата следует указать в скобках.

Можно провести вычисления по действиям. В этом случае математические преобразования будут выполняться в пределах одной формулы (без подстановок). Главное, не забывать, что все вычисления проводятся с числами с наименованием.

#### Элемент 5. Записан ответ.

**Ответ:** масса шара равна 2 кг.

Это полный ответ на поставленный вопрос задачи. Его можно сократить до «масса шара 2 кг»; ответы «2 кг», «масса 2 кг» эксперты посчитают недочётом, а ответ «2» будет считаться неверным.

1. Внимательно, не спеша прочитайте текст задачи.

**Пример 3.** Подъёмный кран поднимает за 10 с равнотускоренно груз массой 1140 кг из состояния покоя на высоту 10 м. Электродвигатель крана питается от сети напряжением 380 В и в конце подъёма имеет КПД, равный 60%. Определите силу тока в обмотке электродвигателя.

Читая текст задания, не пытайтесь судорожно вспомнить какие-то формулы! Лучше мысленно представьте себе ситуацию и набросайте схематический рисунок. Он поможет определить, какое тело адекватно заменит при решении задачи электродвигатель.

2. Выделите и назовите сначала все объекты (тела, предметы), которые упоминаются в тексте задачи. Не спешите отбрасывать то, что вам кажется незначительным. Что известно об этих объектах? Найдите в тексте задачи названия физических величин, которые являются характеристиками каждого объекта (вещество, объём, масса, сопротивление и др.). Вспомните, что многие характеристики вещества можно найти в соответствующих справочных таблицах. Попутно вспоминайте стандартное обозначение величин.

	<p><b>Подъёмный кран:</b> устройство, позволяющее поднимать на тросе грузы на большую высоту. Трос приводится в движение электродвигателем.</p> <p><b>Электродвигатель (обмотка):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) электрическое сопротивление, <math>R</math>;</li> <li>2) КПД.</li> </ol> <p><b>Груз (тело, материальная точка):</b> масса, <math>m</math>.</p>
3.	<p>Теперь найдите в тексте названия явлений, участником которых является каждый объект. Каковы основные закономерности этих явлений? Какие физические величины используются для описания этих закономерностей? Приведены ли значения этих величин в тексте задачи? Возможно, какие-то из них вам предстоит найти при решении. Вспомните, что некоторые характеристики явлений можно найти в соответствующих справочных таблицах (например, температуры плавления и кипения вещества).</p> <p><b>Электродвигатель (обмотка):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) протекание тока по обмотке, <math>I</math>;</li> <li>2) сопротивление обмотки, <math>R</math>;</li> <li>3) напряжение на обмотке, <math>U</math>;</li> <li>4) КПД (остаётся постоянным или меняется);</li> <li>5) время работы двигателя, <math>t</math>.</li> </ol> <p><b>Груз (тело, материальная точка):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) движется прямолинейно, равноускоренно;</li> <li>2) скорость, <math>v</math>;</li> <li>3) ускорение направлено вертикально вверх, <math>a = \text{const}</math>;</li> <li>4) время движения равно времени работы двигателя, <math>t</math>;</li> <li>5) перемещение, <math>s</math>;</li> <li>6) взаимодействует с Землёй и тросом, <math>F_{\text{тяж}}</math>; <math>P</math>. Потребуется значение ускорения свободного падения у поверхности Земли (из таблицы);</li> <li>7) масса, <math>m</math>.</li> </ol>
4.	<p>Ещё раз обратитесь к тексту задания (не ленитесь, не полагайтесь на свою память: на экзамене лучше лишний раз подстраховаться!). Теперь отыскивайте в тексте ключевые слова: они указывают или уточняют начальные или конечные условия («из состояния покоя», «до остановки», «по гладкой поверхности», «по шероховатой поверхности» и т. п.). Эти ключевые слова позволяют вам составить правильное и детальное представление о ситуации, описанной в задаче.</p>

**Протекание тока по обмотке:** «В конце подъёма электродвигатель имеет КПД, равный 60%», значит: а) в начале подъёма КПД — другой?; б) КПД меняется по мере подъёма?

**Нужно разобраться!** Давайте смоделируем реальную ситуацию: допустим, вы сумели сами сформулировать вопросы а) и б). Теперь нужно найти ответы на них. Что делать? С чего начать?

**Совет:** немедленно займитесь тем, что наверняка умеете делать лучше, — уточните характер движения груза! Подскажем, что в конце этого разбора ответы на эти вопросы придут сами собой.

**Равноускоренное прямолинейное движение груза:**

1) из состояния покоя, значит, начальная скорость равна нулю и по мере движения увеличивается;

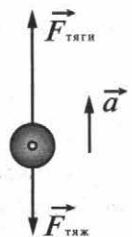
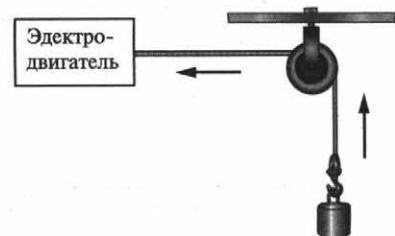
2) для того чтобы изменять скорость ( $a = \text{const}$ ), необходимо, чтобы на груз действовала равнодействующая сила  $F = ma$ . Откуда силы? Они появляются при взаимодействии!

**Взаимодействие груза с Землёй и тросом:**

здесь лучше сделать рисунок и указать силы, действующие на груз (посмотрите на свой набросок, если вы его сделали при первом прочтении текста задачи, и внесите дополнения или исправления). Теперь механизм подъёма можно представить так: электродвигатель тянет трос, трос тянет вверх груз, а сила тяжести, как всегда, направлена вертикально вниз и приложена к телу.

Равнодействующая силы тяги двигателя и силы тяжести направлена вертикально вверх и обеспечивает ускорение  $a$ .

А что же с КПД двигателя? Мощность двигателя остаётся постоянной — это основная характеристика двигателя. А вот потери энергии при его работе (в основном на работу силы трения, которая зависит от длины пути) увеличиваются по мере подъёма груза, ведь за каждую следующую секунду движения электродвигатель должен вытягивать (отматывать) всё большую длину троса, так как скорость движения груза увеличивается.



	<p>КПД электродвигателя уменьшается. Значит, в тексте задачи речь идёт о КПД, когда полезная часть мощности электродвигателя рассчитывается при скорости, достигнутой в конце подъёма.</p>
5. Теперь важно определить, что нужно найти, и припомнить, как связаны между собой физические величины, характеризующие явление, с характеристиками объекта. Только теперь нужно вспоминать и записывать формулы!	<p><b>Равноускоренное движение:</b> ИСО «Земля»: второй закон Ньютона (в проекции на вертикальную ось) <math>F_{\text{тяги}} - F_{\text{тяж}} = ma</math>; <math>F_{\text{тяж}} = mg</math>.</p> <p><b>Первый способ:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>v = v_0 + at = at</math>, так как <math>v_0 = 0</math>;</li> <li>2) <math>s = v_0 t + at^2/2 = at^2/2</math>, так как <math>v_0 = 0</math>.</li> </ol> <p><b>Второй способ:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>s = v_{\text{ср}}t</math>;</li> <li>2) <math>v_{\text{ср}} = (v_0 + v)/2 = v/2</math>; так как <math>v_0 = 0</math>;</li> <li>3) <math>v = v_0 + at = at</math>, так как <math>v_0 = 0</math>.</li> </ol> <p><b>Протекание тока в обмотке электродвигателя:</b> <math>P_{\text{затр}} = UI</math>;</p> <p><b>КПД в конце подъёма, когда скорость равна <math>v</math>:</b> <math>\eta = (P_{\text{полезная}}/P_{\text{затр}})100\%</math>;  <math>P_{\text{полезная}} = F_{\text{тяги}}v</math>.</p>
6. Остаётся сделать последний шаг: собрать воедино все сведения, выстроить логическую цепочку рассуждений, провести математические преобразования и расчёты и правильно записать решение задачи и ответ. Попробуйте сами завершить решение задачи и выполнить необходимые записи, выделяя обязательные элементы решения задачи, а затем сравните с образцом записи решения и комментарием к нему.	
<p><b>Элемент 1. Правильно записано «Дано» (краткое условие задачи).</b></p> <p><b>Дано:</b></p> <p>груз</p> <p><math>m = 1140 \text{ кг}</math></p> <p><math>v_0 = 0</math></p> <p><math>a = \text{const}</math></p>	<p>В тексте задачи не приведены символические обозначения для физических величин, включённых в условие в явном и неявном виде, поэтому используем стандартные обозначения.</p> <p>Используем в «Дано» названия объектов, это позволяет отделить величины, которые описывают процессы, происходящие с одним телом, от величин, которые описывают процессы с другим телом.</p> <p><b>Замечание:</b> требование «записать слова» не является обязательным проверяемым элементом. Мы предлагаем их записывать для поддержания</p>

$$\begin{aligned}
 h &= 10 \text{ м} \\
 g &= 10 \text{ м/с}^2 \\
 \text{электродвигатель} \\
 U &= 380 \text{ В} \\
 \eta_{\text{в конце подъёма}} &= 60\% \\
 I - ? 
 \end{aligned}$$

**Элемент 2. Выявлены все основные явления, их закономерности и законы (формулы), необходимые и достаточные для решения данной задачи выбранным способом.**

**Первый способ:**

$$P_{\text{затр}} = UI$$

Движение груза (проекция на 0y):

$$F_{\text{тяги}} - F_{\text{тяж}} = ma; \quad F_{\text{тяж}} = mg.$$

$$v_k = v_0 + at = at;$$

$$h = v_0 t + \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2};$$

$$P_{\text{полезная}} = F_{\text{тяги}} v_k; \quad \eta = \frac{P_{\text{полезная}}}{P_{\text{затр}}} \cdot 100\%.$$

**Второй способ:**

$$P_{\text{затр}} = UI$$

Движение груза (проекция на 0y):

$$F_{\text{тяги}} - F_{\text{тяж}} = ma;$$

$$F_{\text{тяж}} = mg.$$

$$v_{cp} = \frac{h}{t}; \quad v_k = at; \quad v_k = 2v_{cp};$$

$$P_{\text{полезная}} = F_{\text{тяги}} \cdot v_k;$$

$$\eta = \frac{P_{\text{полезная}}}{P_{\text{затр}}} \cdot 100\%$$

«визуализации мышления»: они помогают конкретизировать ситуацию, что при решении задач очень важно.

Обратите внимание, что в условии с помощью символов записано, что груз поднимают «из состояния покоя» и «равноускоренно». Это важные сведения.

Наконец, приведено табличное значение ускорения свободного падения.

Запишем необходимые и достаточные формулы, которые должны иллюстрировать решение задачи (сгруппируем их по явлениям).

Электродвигатель потребляет мощность из электрической сети (формула для  $P_{\text{затр}}$ ) и создаёт силу тяги троса.

Груз движется равноускоренно (ИСО).

**Первый способ:**

- 1) уравнение второго закона Ньютона (можно записывать только в проекции на вертикальную ось);
- 2) формула для силы тяжести;
- 3) формула зависимости скорости при равноускоренном движении от времени (с учётом нулевой начальной скорости);
- 4) формула для перемещения (пути) при равноускоренном движении (с учётом нулевой начальной скорости);
- 5) формула связи полезной мощности с силой тяги и скоростью в заданный момент времени при равноускоренном движении.

**Второй способ:**

- 1) уравнение второго закона Ньютона (можно записывать только в проекции на вертикальную ось);
- 2) формула для силы тяжести;
- 3) формула-определение средней скорости при неравномерном движении;
- 4) формула связи средней скорости с конечной скоростью при равноускоренном движении с нулевой начальной скоростью;
- 5) формула связи полезной мощности с силой тяги и скоростью в заданный момент времени при равноускоренном движении.

Связь между явлениями устанавливает формула для КПД двигателя.

**Элемент 3. Проведены математические преобразования.**

**Первый способ:**

$$\eta = \frac{P_{\text{полезная}}}{P_{\text{затр}}} \cdot 100\%;$$

$$P_{\text{затр}} = UI;$$

$$F_{\text{тяги}} = F_{\text{тяж}} + ma = m(g + a);$$

$$h = \frac{at^2}{2}; \quad a = \frac{2h}{t^2};$$

$$v_k = at = \frac{2h}{t};$$

$$P_{\text{полезная}} = F_{\text{тяги}} v_k = m \left( g + \frac{2h}{t^2} \right) \frac{2h}{t};$$

$$\eta = \frac{m \left( g + \frac{2h}{t^2} \right) \frac{2h}{t}}{UI} \cdot 100\%;$$

$$I = \frac{m \left( g + \frac{2h}{t^2} \right) \frac{2h}{t}}{U\eta} \cdot 100\%.$$

**Второй способ:**

$$\eta = \frac{P_{\text{полезная}}}{P_{\text{затр}}} \cdot 100\%; \quad P_{\text{затр}} = UI;$$

$$F_{\text{тяги}} = F_{\text{тяж}} + ma = m(g + a);$$

$$v_k = 2v_{\text{ср}} = \frac{2h}{t}; \quad a = \frac{v_k}{t};$$

$$P_{\text{полезная}} = F_{\text{тяги}} v_k = m \left( g + \frac{v_k}{t} \right) \frac{2h}{t} = m \left( g + \frac{2h}{t^2} \right) \frac{2h}{t};$$

$$\eta = \frac{m \left( g + \frac{2h}{t^2} \right) \frac{2h}{t}}{UI} \cdot 100\%;$$

$$I = \frac{m \left( g + \frac{2h}{t^2} \right) \frac{2h}{t}}{U\eta} \cdot 100\%.$$

**В первом способе** математические преобразования будут связаны с подстановкой в ключевые формулы (в нашем случае в формулу для нахождения силы тяги) выражения для ускорения, а затем в формулу для расчёта полезной мощности — выражения для скорости в конце подъёма. Полученные выражения для полезной и затраченной мощности по формуле КПД позволяют рассчитать значение силы тока.

**Во втором способе** скорость в конце подъёма рассчитывается на основе средней скорости при равноускоренном движении, а ускорение движения — по известной конечной скорости и времени движения. В дальнейшем математические преобразования такие же, как и в первом способе.

Естественно, оба способа приводят к одному и тому же окончательному результату. Однако преимущества второго способа наиболее проявляются при проведении вычислений, особенно если их проводить по действиям (см. ниже).

**Элемент 4. Проведены вычисления.**

$$I = \frac{1140 \text{ кг} \left( 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + \frac{2 \cdot 10 \text{ м}}{10^2 \text{ с}^2} \right) \frac{2 \cdot 10 \text{ м}}{10 \text{ с}}}{380 \text{ В} \cdot 60\%} \cdot 100\% = 102 \text{ А.}$$

$$v_{\text{cp}} = \frac{10 \text{ м}}{10 \text{ с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad v_k = 2v_{\text{cp}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$a = \frac{v_k}{t} = \frac{2 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \text{ с}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$F_{\text{тяги}} = 1140 \text{ кг} \left( 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right) = 11628 \text{ Н};$$

$$P_{\text{полезная}} = 11628 \text{ Н} \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 23256 \text{ Вт};$$

$$I = \frac{23256 \text{ Вт}}{380 \text{ В} \cdot 60\%} \cdot 100\% = 102 \text{ А.}$$

Вычисления по формуле в общем виде проводим как обычно в случае действий с числами с наименованием.

По действиям (второй случай) все подсчёты фактически устные, хотя их, на первый взгляд, много. В таких случаях вероятность допустить ошибку в расчётах сводится к минимуму.

**Элемент 5. Записан ответ.**

**Ответ:** сила тока в обмотке электродвигателя 102 А.

Как обычно, ответ желательно писать полностью. В этом случае особенно понятно, почему следует указать на обмотку электродвигателя: сила тока непривычно велика, и может показаться, что задача или решена неверно, или расчёты содержат ошибки. На самом деле обмотки электродвигателей имеют сопротивления порядка нескольких Ом, отсюда и большие токи.

## КАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ

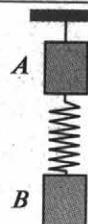
Последняя группа задач — качественные задачи. Как показывает опыт проверки экзаменационных работ, эти задачи вызывают серьёзные затруднения. При этом значительная часть выпускников, как правило, приступает к решению этих задач. В большинстве случаев они ограничиваются записью ответа на вопрос задачи, хотя формулировка задания всегда заканчивается требованием: «Ответ поясните». Очень часто этот ответ — неправильный! Экспертом остаётся решать: это просто отписка «на всякий случай, вдруг повезёт» или это свидетельство того, что знание темы, теоретические положения которой нужно использовать при решении этой задачи, не отвечает требованиям образовательного стандарта. Качественные задачи — задачи повышенной степени сложности, это задания с развернутым ответом, максимальный балл за выполнение которых равен 2.

В экзаменационных материалах есть **две** качественные задачи, которые проверяются экспертами. Первая — это задача по тексту с физическим содержанием (**задание 22** из части 1 экзаменационной работы). При решении этой задачи необходима опора на текст; приветствуется цитирование фрагментов текста. Во всём остальном метод решения и форма записи ответа и пояснения к нему точно такие же, как и при решении качественной **задачи 24** из части 2 экзаменационной работы. Мы подробно остановимся на особенностях решения таких задач и обсудим требования к форме записи ответа и пояснения к нему.

**Замечание 1.** При решении качественной задачи следует придерживаться метода решения расчётных задач, который предполагает выявление объекта, явления, физических величин, установления связей между ними на основе закономерностей явления, но обычно не требует ссылки на формулы (количественные отношения). А вот требования к логике выстраивания рассуждения и **обоснованию** ответа ужесточаются. Действительно, при решении расчётной задачи не требуется приводить комментарий к нему: вы только выписываете все необходимые и достаточные для решения формулы и проводите необходимые преобразования, направленные на получение искомого результата. При решении качественной задачи все явления нужно не только выявить, но и записать, и сослаться на условия наблюдения, на закономерности, на связи и т. п. Элементы такого рассуждения мы приводили в комментариях к решению расчётных задач. Теперь такой комментарий нужно записать словами, желательно чётко, конкретно и не пропустить важное. Конечно, все приёмы визуализации мышления остаются в силе, их можно включать в ответ в качестве элемента верbalного ответа.

**Замечание 2.** Важно запомнить форму записи решения качественной задачи в процедуре ОГЭ. В случае расчётной задачи ответ — последняя запись в решении: все рассуждения приводят к ответу, он играет роль вывода. Запись решения качественной задачи начинается с записи ответа; он записывается одним полным предложением. Далее следует текст рассуждения, приводящего к этому ответу. Мы приводим возможные варианты эталонного ответа и рассуждения к нескольким задачам по разным темам школьного курса физики сразу под текстом задачи, а в правом столбце, как обычно, приводим комментарий, приводящий к решению.

**Пример 1.** К невесомой нити (см. рисунок) подвешен груз A, к нему на пружине прикрепляют груз B и затем нить пережигают. Какой из грузов в начале падения имеет относительно земли большее ускорение? Ответ поясните.



**Объекты:** груз A и груз B; нить и пружина идеальные, безмассовые.

**Явление:** взаимодействие грузов A и B с Землёй и с пружиной, взаимодействие груза A с нитью, движение грузов в поле тяготения Земли после пережигания нити.

**Ответ:** в начале падения груз  $A$  имеет большее ускорение относительно земли.

**Объяснение.** С большим ускорением в инерциальной системе отсчёта движется то тело, на которое действует большая равнодействующая сила (второй закон Ньютона), если массы тел одинаковые. Если массы тел разные, то  $a = F/m$ .

Первоначально тело  $A$  находилось в равновесии: действие нити компенсировало действие силы тяжести и силы упругости пружины (второй закон Ньютона для случая равновесия  $a_{1A}=0$ ). В начале движения — в момент пережигания нити — изменяется состояние тела  $A$ , так как на него перестает действовать нить и движение тела  $A$  происходит под действием силы тяжести и силы упругости, которые направлены вниз (в одну сторону). По второму закону Ньютона тело  $A$  движется вниз с ускорением  $a_{2A}$ .

Тело  $B$  первоначально находилось в равновесии: действие пружины компенсировало действие силы тяжести,  $a_{1B}=0$ . В начале падения оба тела — Земля и пружина — продолжают действовать, каждое в свою сторону, равновесие сохраняется (второй закон Ньютона для случая равновесия  $a_{2B}=0$ ).

**Условие:** инерциальная система отсчёта (ИСО).

**Свойства объектов:** масса груза  $A$  и масса груза  $B$ .

**Параметры взаимодействия:** силы, действующие на груз  $A$  и на груз  $B$  до пережигания нити и в начале падения. Силы нужно изобразить на структурно-логической схеме. Ситуаций две: сначала, до пережигания нити, и в начале падения (в момент, когда нить пережигают).



Желательно на рисунке обозначать равные по модулю силы одним и тем же символом (это силы упругости, действующие на грузы  $A$  и  $B$  со стороны безмассовой пружины). Силы тяжести грузов в общем случае разные по модулю.

**Замечание 1.** Припомните, на всех СЛС по динамике мы изображаем силу тяжести, а Землю — не изображаем. Почему? Потому, что её действие мы заменяем силой.

При изображении сил объект, с которым тело  $A$  (или  $B$ ) взаимодействует, удобно заменять силой, а сам объект — убирать с рисунка, тогда рисунок не загромождён «телами-дублёрьами» и подчёркивается главное: каждое тело движется независимо от других под действием сил, действующих только на него.

**Закономерности, законы:** до пережигания нити — равновесие тела  $A$  и тела  $B$ . Равнодействующая сил, действующих на каждое тело, равна нулю. На тело  $B$  действуют две силы, равные по модулю и противоположные по направлению. На тело  $A$  действуют три силы: две силы (сила тяжести и сила упругости пружины) направлены вниз и одна сила (сила наряжения нити) ввёрх.

	<p>Пружина: так как пружина безмассовая, то силы упругости, возникающие в ней, равны по модулю.</p> <p>В момент пережигания нити — начало движения; «не стало нити», «нить перестала действовать», «исчезла сила упругости нити».</p> <p>Тело <i>A</i> — равновесие нарушилось, движение происходит под действием двух сил, направленных вниз. Движение описывается вторым законом Ньютона: <math>a = F/m</math>.</p> <p>Тело <i>B</i> — обе силы компенсируют друг друга, <math>a = 0</math>.</p> <p>В начале движения большее ускорение имеет тело <i>A</i>.</p> <p><b>Замечание 2.</b> Если вы изобразите структурно-логическую схему, то сможете использовать символы для разных сил, а не писать заменяющие их словосочетания.</p> <p><b>Замечание 3.</b> Некоторые выпускники записывают уравнения движения тел <i>A</i> и <i>B</i>. Если в уравнениях нет ошибок (или описок) и есть пояснительный комментарий, то это не помешает, но и не повлияет на максимальную оценку.</p>
<p><b>Пример 2.</b> В какое время года (летом или поздней осенью) ветер одинаковой силы с большей вероятностью повалит лиственное дерево? Ответ поясните.</p> <p><b>Ответ:</b> ветер одинаковой силы с большей вероятностью повалит лиственное дерево летом.</p> <p><b>Обоснование.</b> Сравним взаимодействие ветра с деревом летом (листва, ветви и ствол дерева) со взаимодействием такого же ветра с деревом поздней осенью, когда вся листва облетела (ветви и ствол дерева). Действие ветра можно характеризовать силой давления. Если давление воздуха в потоке — постоянная величина («ветер одинаковой силы»), то сила давления зависит только от площади поверхности тела, на которую ветер действует. Летом эта площадь становится существенно больше, чем поздней осенью, за счёт листвы.</p> <p>Так как корневая система летом и поздней осенью примерно одинаково удерживает тело в земле, а летом под действием</p>	<p><b>Объект:</b> лиственное дерево.</p> <p><b>Условия:</b> объект рассматривается летом и поздней осенью.</p> <p><b>Свойство объекта:</b> летом листва, площадь поверхности листьев, веток и ствола велика; поздней осенью листвы нет, голые ветви, площадь поверхности меньше, чем летом.</p> <p><b>Явление:</b> действие потока воздуха на дерево (направленный поток, ветер).</p> <p><b>Параметры явления:</b> «ветер одинаковой силы». Слово «сила» в данном контексте характеризует действие воздушного потока на тела, которые находятся в воздухе, но так как тела могут иметь разную ориентацию по отношению к направлению воздушного потока и разную площадь поверхности, то результат действия будет различным. Это даёт основание считать, что словосочетание «ветер одинаковой силы» имеет смысл «давление воздуха в потоке». Действие потока воздуха на дерево выражается в появлении силы давления.</p>

ветра сила давления и момент этой силы относительно оси вращения существенно возрастают, то вероятность повалить дерево увеличивается.

Дерево удерживается в земле корнями, чтобы его повалить, необходимо, чтобы момент силы, действующий на наземную часть дерева относительно оси вращения, находящейся вблизи поверхности земли, был больше момента силы, действующей со стороны корневой системы и удерживающей дерево от падения.

Так как момент силы, действующей со стороны корневой системы и удерживающей дерево от падения, от времени года не зависит (или зависит несущественно), то главный фактор — величина силы давления ветра на наземную часть дерева. Сила давления увеличивается, если площадь поверхности наземной части дерева (парусность) увеличивается. Летом она больше. Значит, вероятность повалить дерево летом будет, при прочих равных, выше, чем поздней осенью.

**Замечание.** В некоторых случаях при обосновании решения качественной задачи помогают ассоциации. В частности, здесь уместна ассоциация с парусником — действие ветра на судно можно существенно увеличить, если поставить парус. Листья повышает «парусность дерева» за счёт площади поверхности листвы. При этом одной ассоциации недостаточно, нужны ссылки на физические закономерности.

**Пример 3.** Если выстрелить из мелкокалиберной винтовки в варёное яйцо, то в яйце образуется отверстие. Что произойдёт, если выстрелить в сырое яйцо? Ответ поясните.

**Ответ:** сырое яйцо разлетится в разные стороны (взорвётся).

**Обоснование.** Это происходит из-за того, что «жидкое» содержимое яйца практически не сжимается и передаёт производимое на него быстро летящей пулей давление во все точки яйца без изменения по закону Паскаля. Это давление больше атмосферного и способно разрушить скорлупу, так как пуля пробила отверстие в скорлупе.

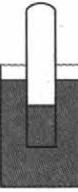
**Объекты:** варёное яйцо и сырое яйцо.

**Свойства объектов:** модель варёного яйца — твёрдое тело; модель сырого яйца — закрытый сосуд, целиком заполненный жидкостью.

**Явление:** взаимодействие варёного яйца с пулей, выпущенной из винтовки, и взаимодействие сырого яйца с точно такой же пулей, выпущенной из той же винтовки.

**Параметры явления:** давление пули, так как действие пули распределено по некоторой площади.

**Закономерности передачи давления твёрдыми телами и жидкостями:** если тело твёрдое, то давление передаётся в направлении действия силы давления. Поэтому пуля, пробив скорлупу, будет двигаться внутри «твёрдого тела» до тех пор, пока не вылетит из яйца. Внутренняя часть яйца (даже

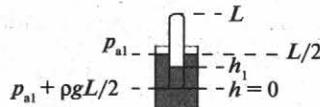
	<p>вблизи траектории пули) не успеет «отреагировать» на пулю. Именно поэтому в яйце образуется сквозное отверстие, диаметр которого примерно равен диаметру пули.</p> <p>Жидкости, по закону Паскаля, передают производимое на них давление во все точки без изменения. Значит, после того, как пуля пробила скорлупу, она продолжает оказывать на жидкость давление, достаточное для разрушения скорлупы. Это давление будет практически мгновенно (жидкости практически несжимаемы!) передано во все точки внутренней поверхности скорлупы, что приведёт к её разрушению. В результате произойдёт быстрое разрушение скорлупы и содержимое будет выброшено в разные стороны, так как давление в жидкости может существенно превышать атмосферное давление окружающего воздуха.</p> <p><b>Замечание.</b> Иногда выпускники ссылаются на «биологическую ассоциацию», утверждая, совершенно справедливо, что разрушить скорлупу не трудно, «она непрочная», так как цыпленок, выпулляясь, способен её расколоть. Это, конечно, соответствует действительности, но не является обоснованием описанного явления.</p>
<p><b>Пример 4.</b> Запаянную с одного конца трубку опускают открытым концом в воду на половину длины трубы (см. рисунок). Что произойдёт с уровнем воды в трубке после того как атмосферное давление увеличится? Ответ поясните.</p> <p><b>Ответ:</b> после того как атмосферное давление увеличится, уровень воды в трубке повысится.</p> <p><b>Обоснование.</b> Положение трубы относительно сосуда с водой не меняется. В трубке находятся воздух и вода, причём масса воздуха не может изменяться (воздух в трубке «заперт» водой). Воздух оказывает давление на воду в трубке, а она передаёт производимое давление (закон Паскаля) во все точки жидкости в сосуде.</p>	 <p><b>Объекты:</b> 1) воздух, находящийся в трубке над водой; 2) атмосфера (воздух как окружающая среда).</p> <p><b>Свойства объекта 1:</b> масса, объём и давление воздуха.</p> <p><b>Свойства объекта 2:</b> атмосферное давление.</p> <p><b>Условие:</b> положение трубы относительно сосуда с водой не меняется; атмосферное давление увеличивается.</p> <p><b>Постоянные свойства объекта 1:</b> масса (так как воздух из трубы не выходит и не входит в неё).</p> <p><b>Явление:</b> передача внешнего давления водой в сосуде воздуху, находящемуся в трубке.</p> <p><b>Закон Паскаля.</b> Первое состояние системы «воздух в трубке + жидкость в трубке»: состояние равновесия. Второе состояние системы «воздух в трубке + жидкость в трубке»: новое состояние равновесия.</p>

В первом состоянии (состояние равновесия) давление воды в сосуде на уровне открытого конца трубы равно сумме давления воздуха и гидростатического давления воды в трубке (см. рисунок).

При увеличении атмосферного давления давление в воде на уровне открытого конца трубы увеличивается. Это приводит к нарушению равновесия воды и воздуха в трубке: их давление на этом же уровне тоже должно увеличиться. Это увеличение давления внутри трубы происходит за счёт того, что уровень воды в трубке возрастает и одновременно увеличивается давление воздуха из-за уменьшения его объёма. Вода входит в трубку до тех пор, пока не установится новое состояние равновесия.

**Замечание:** в тех случаях, когда ситуация, описанная в тексте задачи, содержит количественные данные (на половину длины трубы) и иллюстрируется рисунком, полезно сделать пояснительные надписи на рисунке. Тогда можно ссылаться на эти обозначения, они существенно упростят объяснение.

### Первое состояние



Например, на рисунке можно сделать такие надписи. Справа мы показали, что трубка опущена в воду на половину своей длины и отметили уровень, от которого будем отсчитывать положение уровня  $h_1$ , отделяющего воду от воздуха внутри трубы. Слева надписали значения давления: атмосферное давление на уровне свободной поверхности воды в сосуде и давление внутри жидкости на уровне открытого конца трубы ( $h = 0$ ).

Эти надписи сразу помогут «визуализировать мышление». Во-первых, можно сформулировать условие равновесия содержимого трубы (воздух и вода) в первом состоянии: сумма давления воздуха в трубке и гидростатического давления столбика воды в трубке высотой  $h_1$  равно давлению воды в сосуде на этом же уровне ( $p_{al} + \rho g L/2$ ), где  $\rho$  — плотность воды.

Во-вторых, сразу понятно: если атмосферное давление увеличится, то увеличится давление на уровне  $h = 0$ . Значит, состояние равновесия «воздуха в трубке и воды в трубке» нарушится и в новом состоянии равновесия сумма давления воздуха и гидростатического давления столбика воды в трубке должна уравновесить увеличившееся давление на уровне  $h = 0$ . Это возможно, если часть воды войдёт внутрь трубы (гидростатическое давление увеличится), при этом объём

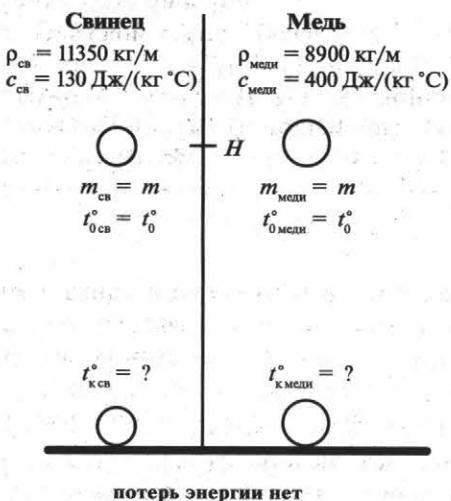
	<p>воздуха в трубке уменьшится, а его давление тоже возрастёт. Следовательно, уровень воды в трубке повысится. Это можно тоже проиллюстрировать рисунком.</p> <p style="text-align: center;"><b>Второе состояние</b></p> $p_{a2} - \rho g L = p_{a2} + \rho g L/2 - \rho g h_2$ $\rho g h_1 = \rho g h_2$
<p><b>Пример 5.</b> В ванну с водой в одном случае опускают полено из сосны (плотность сосны <math>400 \text{ кг}/\text{м}^3</math>), а во втором случае полено из дуба такой же массы (плотность дуба <math>700 \text{ кг}/\text{м}^3</math>). Сравните уровень воды в ванне в первом и втором случаях. Ответ поясните. В обоих случаях вода из ванны не переливалась через край.</p> <p><b>Ответ:</b> уровень воды в ванне в первом и втором случаях будет одинаковым.</p> <p><b>Обоснование.</b> Плотность сосны и плотность дуба меньше плотности воды, значит, оба полена будут плавать в воде, то есть будут находиться в состоянии равновесия. Условия плавания тела: выталкивающая сила уравновешивает силу тяжести. Так как массы поленьев одинаковы, значит, равны и их силы тяжести, и действующие на них в воде выталкивающие силы. В одной и той же жидкости объёмы, вытесненные телами равной массы, будут одинаковыми, следовательно, уровень воды в каждом случае поднимется на одну и ту же высоту.</p>	<p><b>Объекты:</b> полено из сосны и полено из дуба; вода.</p> <p><b>Характеристики объектов:</b> масса, плотность, объём.</p> <p>Массы поленьев одинаковые. Масса воды в ванне остается постоянной. Плотность каждого полена меньше плотности воды.</p> <p><b>Явление:</b> плавание поленьев в воде.</p> <p><b>Условия:</b> поленья опускают в воду поочерёдно.</p> <p><b>Условия (закономерность) плавания:</b> плавание — равновесие, значит, архимедова сила уравновешивает силу тяжести. Так как массы поленьев одинаковы, силы тяжести и архимедовы силы, действующие на поленья, равны между собой по модулю. Из равенства архимедовых сил следует, что объёмы воды, вытесняемые каждым поленом, равны между собой, и уровень воды в ванне в обоих случаях будет одинаковым.</p>
<p><b>Пример 6.</b> Два тела, имеющие одинаковые температуру и массу, одно медное, другое свинцовое, упали на землю с одинаковой высоты. Какое из тел нагрелось при ударе о землю до более высокой температуры? Почему? Изменением внутренней энергии земли и сопротивлением воздуха пренебречь.</p>	<p>В задании речь идёт о сравнении двух объектов, поэтому удобно использовать приём, который был описан ранее в подобных ситуациях: собирать информацию об объектах и явлениях, которые с ними происходят, обобщая её в структурно-логической схеме. Такая визуализация поможет выполнить задание безошибочно.</p>

**Ответ:** при ударе о землю до более высокой температуры нагреется тело, изготовленное из свинца.

**Обоснование 1** (если вы используете СЛС). Свободное падение тел с одинаковой высоты и последующий удар о землю происходят без потерь энергии. В конце процесса механическая энергия тел целиком переходит во внутреннюю. Значит, изменение внутренней энергии у обоих тел одинаковое. Изменение температуры каждого тела зависит от изменения его внутренней энергии, его массы и удельной теплоёмкости. Так как удельная теплоёмкость свинца меньше удельной теплоёмкости меди, то для изменения температуры свинцового тела на  $1^{\circ}\text{C}$  потребуется меньшее количество теплоты. При одинаковом изменении внутренней энергии изменение температуры свинцового тела окажется больше, чем изменение температуры медного тела. Следовательно, до более высокой температуры нагреется свинцовое тело (так как начальные температуры тел одинаковые).

**Обоснование 2** (если вы используете СЛС, стандартные обозначения величин и формулу для расчёта количества теплоты). Свободное падение тел с одинаковой высоты и последующий удар о землю происходят без потерь энергии. В конце процесса механическая энергия тел целиком переходит во внутреннюю. Значит, изменение внутренней энергии  $\Delta U \equiv Q$  у обоих тел одинаковое. Так как  $Q = c m \Delta t$ , то при равных массах и изменении внутренней энергии  $Q: c \Delta t = \text{const}$ , и у того тела, которое имеет меньшую удельную теплоёмкость, изменение температуры больше. Удельная теплоёмкость свинца меньше, чем у меди, следовательно, до более высокой температуры нагреется свинцовое тело (так как начальные температуры тел одинаковые).

**Обоснование 3** (без использования СЛС). Так как тела имеют равные массы и первоначально они находились на одной и той же высоте, то их потенциальные энергии равны. В процессе свободного падения (сопротивлением воздуха можно пренебречь) происходит превращение потенциальной энергии тел в кинетическую энергию без потерь. В процессе удара о землю происходит переход механической энергии во



потерь энергии нет

Поскольку вся информация об объектах и величинах отражена на СЛС; то остаётся только назвать в явном виде явления: свободное падение тел (нет сопротивления воздуха) и удар о землю (без потерь энергии). Нужно оговорить ещё один момент: будем исходить из того, что после соударения с землёй тела остались на ней лежать (нет отскока). Это позволит применить закон сохранения энергии: вся начальная потенциальная энергия тел сначала целиком перешла в кинетическую, а затем при ударе кинетическая энергия целиком перешла во внутреннюю энергию каждого из тел.

Далее стандартная ситуация: изменение внутренней энергии (или эквивалентное количество теплоты, которое приводит к такому же изменению внутренней энергии) позволяет оценить изменение температуры каждого тела.

Проведём эту оценку (конечно, вы можете записать формулу, но наша задача — показать вам, как можно сделать это без формулы, вдруг вы её забыли!).

1. Так как массы тел равны, то начальный запас потенциальной энергии у них одинаковый, в момент падения на землю кинетические энергии тел равны, следовательно, изменение внутренней энергии у тел одинаково.

внутреннюю (тоже без потерь). В результате внутренняя энергия тел увеличивается, что выражается в повышении температуры тел. Так как первоначально механическая энергия тел была одинаковой, то и изменение внутренней энергии у обоих тел в момент удара о землю будет одинаковым. Изменение температуры тела зависит от изменения внутренней энергии, массы тела и вещества (удельной теплоёмкости вещества). Так как изменение внутренней энергии и масса у обоих тел попарно равны, то остаётся зависимость изменения температуры от удельной теплоёмкости. Удельная теплоёмкость у свинца  $130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ , а у меди  $400 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$  (табличные данные). Значит, для повышения температуры тела из свинца на  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  потребуется меньше энергии, чем для повышения температуры такого же тела из меди, то есть при прочих равных условиях изменение температуры свинцового тела будет больше. Так как начальные температуры обоих тел тоже были одинаковыми, то и температура свинцового тела в результате удара будет выше, чем у медного тела.

**Пример 7.** В комнате на столе лежат пластмассовый и металлический шарики одинакового объёма. Какой из шариков на ощупь покажется холоднее? Ответ поясните.

**Ответ:** на ощупь металлический шарик покажется холоднее.

**Обоснование.** Пластмассовый и металлический шарики имеют одинаковую температуру — комнатную (около  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), тепловое равновесие. Температура руки около  $36\text{--}37 \text{ }^\circ\text{C}$ , то есть выше температуры шариков. Когда прикасашься рукой (тёплой) к телу, имеющему более низкую температуру, самопроизвольно начинается теплообмен, в котором тепло от руки (более нагретое тело) передаётся шарику (менее нагретое тело) — это естественное направление теплообмена.

В контакте участвуют твёрдые тела, значит, передача теплоты происходит за счёт теплопроводности. Ощущение (тёплое —

2. Изменение температуры тела зависит от изменения внутренней энергии (эквивалентного количества теплоты), массы тела и его удельной теплоёмкости.
3. Так как изменение внутренней энергии и масса тел одинаковы, то изменение температуры целиком определяется удельной теплоёмкостью вещества, из которого тело изготовлено.
4. Удельная теплоёмкость показывает, какое количество теплоты требуется для изменения температуры тела массой 1 кг на  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Чем меньше удельная теплоёмкость, тем больше изменение температуры тела при прочих равных условиях.
5. Удельная теплоёмкость свинца меньше, чем удельная теплоёмкость меди, значит, изменение температуры свинца в нашем случае больше.
6. Так как начальные температуры тел были одинаковы, то до большей температуры нагреется тело, изготовленное из свинца.

**Объекты:** пластмассовый шарик, металлический шарик, рука человека.

**Свойства объектов.** Шарики: масса, объём, температура (комнатная). Рука человека имеет температуру около  $36\text{--}37 \text{ }^\circ\text{C}$ , то есть выше температуры шариков.

**Явления.** Первоначально шарики находились в состоянии теплового равновесия с воздухом в комнате. Затем произошёл теплообмен между телами, имеющими разные температуры.

**Закономерности теплообмена:** происходит самопроизвольно при контакте тел разной температуры, естественное направление теплообмена от более нагретого тела (от руки) к менее нагретому телу (шарикам).

Так как в теплообмене принимают участие твёрдые тела, то механизм теплопередачи — теплопроводность.

холодное) зависит: 1) от того, как быстро происходит передача от более нагретого тела к менее нагретому; 2) от площади контакта. Шарики имеют равные объёмы, следовательно, площадь контакта руки и шарика в обоих случаях одинакова. Значит, главный фактор — теплопроводность шариков. Теплопроводность металлического шарика выше, чем теплопроводность пластмассового. Значит, отвод теплоты от руки в случае контакта с металлическим шариком происходит быстрее, возникает ощущение более холодного тела.

**Пример 8.** Два одинаковых сосуда наполнены молоком. Первый сосуд накрыли сухой марлевой салфеткой, а второй сосуд накрыли марлевой салфеткой, края которой опустили в воду. В каком сосуде молоко дольше не прокиснет в жаркий день? Ответ поясните.

**Ответ:** в жаркий день молоко дольше не прокиснет в сосуде, который накрыли марлевой салфеткой, края которой опустили в воду.

**Обоснование.** В сосуде, накрытом сухой марлевой салфеткой, молоко имеет температуру, равную температуре окружающего воздуха. В жаркий день оно, весьма вероятно, прокиснет быстро.

Молоко в сосуде, накрытом марлевой салфеткой, края которой опустили в воду, имеет температуру ниже температуры окружающей среды. Эта низкая температура поддерживается за счёт двух процессов. Первый — испарение воды с поверхности салфетки. Процесс испарения требует большого количества теплоты, которое в процессе теплообмена салфетка получает от окружающего воздуха. Холодный воздух опускается вниз, охлаждая стенки сосуда и молоко в сосуде.

Второй поддерживает процесс испарения, постоянно смачивая салфетку. Между волокнами салфетки имеются капилляры, по которым вода поднимается вследствие смачивания.

Ощущение (тёплое — холодное) зависит: 1) от того, как быстро происходит передача от более нагретого тела к менее нагретому; 2) от площади контакта. Шарики имеют равные объёмы, следовательно, площадь контакта руки и шарика в обоих случаях одинакова. Скорость отвода тепла от более нагретого тела (рука одна и та же, то есть это — постоянный фактор) зависит только от теплового свойства шариков, называемого теплопроводностью. Как показывает опыт, высокая теплопроводность металлов связана с наличием в них большого количества свободных электронов. Значит, отвод теплоты от руки в случае контакта с металлическим шариком происходит быстрее, возникает ощущение более холодного тела.

**Объекты:** два одинаковых сосуда с молоком.

**Условия:** один сосуд накрыт сухой, а другой влажной марлевой салфеткой.

**Явления:** химико-биологический процесс, интенсивность которого зависит от температуры молока; испарение воды с влажной салфетки; смачивание.

Молоко в сосуде, накрытом сухой марлевой салфеткой, находится в состоянии теплового равновесия с окружающей средой. В жаркий день его температура высокая, созданы условия для прокисания.

Рассмотрим состояние молока в сосуде, накрытом влажной марлевой салфеткой, края которой опустили в воду. Влажная марлевая салфетка имеет большую свободную поверхность воды. В жаркий день происходит интенсивное испарение воды. Для испарения воды необходим постоянный приток теплоты, который обеспечивает воздух, находящийся в контакте с салфеткой, и стенки сосуда. Так как плотность холодного воздуха больше, чем тёплого, он опускается вниз и охлаждает сосуд и молоко в сосуде. Несмотря на постоянное испарение воды, салфетка остаётся влажной из-за явления смачивания. Концы марлевой салфетки опущены в воду, вода смачивает ткань и по капиллярам, которые образуют волокна ткани, поднимается вверх по салфетке, поддерживающая постоянное испарение воды.

## Продолжение таблицы

	<p><b>Пример 9.</b> Кружка с водой плавает в кастрюле с водой. Закипит ли вода в кружке, если кастрюлю поставить на огонь? Ответ поясните.</p> <p><b>Ответ:</b> вода в кружке, которая плавает в кастрюле с водой, стоящей на огне, не закипит.</p> <p><b>Обоснование.</b> Для кипения необходимо выполнить два условия: 1) температура воды равна 100 °C (температура кипения при нормальном атмосферном давлении); 2) постоянный приток теплоты.</p> <p>Эти условия выполнены для воды в кастрюле, так как она получает теплоту непосредственно от горелки (её температура значительно выше 100 °C). Вода в кружке получает теплоту только от воды в кастрюле, которая при кипении остаётся постоянной и равной 100 °C. Поэтому её температура (в состоянии теплового равновесия) будет равна 100 °C, а второе условие, обеспечивающее кипение, не выполняется.</p>
	<p><b>Пример 10.</b> Что обжигает кожу сильнее — вода или водяной пар одинаковой массы при одной и той же температуре? Ответ поясните.</p> <p><b>Ответ:</b> сильнее кожу обжигает водяной пар (при одинаковой массе и при той же температуре, что и у воды).</p> <p><b>Обоснование.</b> Ожог возникает при контакте кожи с горячей водой или паром такой же массы и температуры.</p> <p>Так как температура воды и водяного пара выше температуры кожи, то в процессе теплообмена кожа получает теплоту: а) в случае поражения горячей водой только в процессе охлаждения воды до состояния теплового равновесия; б) в случае поражения паром сначала в процессе конденсации пара</p> <p>В результате этих процессов температура молока в сосуде оказывается ниже температуры окружающего воздуха, и оно дольше не прокисает.</p> <p><b>Объекты:</b> вода в кастрюле, вода в кружке, горелка.</p> <p><b>Явление:</b> нагревание воды в кастрюле, нагревание воды в кружке, кипение воды в кастрюле.</p> <p><b>Условия кипения:</b> 1) температура воды равна 100 °C (температура кипения при нормальном атмосферном давлении); 2) постоянный приток теплоты.</p> <p>Вода в кастрюле получает тепло непосредственно от горелки. Постепенно температура воды в кастрюле достигнет температуры кипения и, продолжая получать тепло от нагревателя (его температура выше температуры кипения воды), закипит. При этом температура воды в кастрюле во всё время кипения остаётся постоянной и равной 100 °C.</p> <p>Вода в кружке получает тепло от воды в кастрюле до тех пор, пока она ниже температуры воды в кастрюле. Нагревание воды в кружке происходит до наступления теплового равновесия при температуре 100 °C. Так как второе условие кипения не выполняется, кипение воды в кружке невозможно.</p> <p><b>Объекты:</b> вода и водяной пар; кожа (например, руки).</p> <p><b>Характеристики объектов:</b> одинаковая масса, одинаковая температура.</p> <p><b>Явление:</b> теплообмен между водой и кожей; теплообмен между паром и кожей.</p> <p>Рассмотрим ситуацию при нормальном атмосферном давлении. Тогда максимально возможная температура воды 100 °C (температура кипения). Когда вода или пар попадает на кожу, начинается процесс теплообмена, причём теплота передаётся от горячей воды (пара) коже (естественное направление теплообмена). Различия в характере теплообмена связаны с различием в агрегатных состояниях воды.</p>

в воду такой же массы и температуры, а затем в процессе охлаждения воды до состояния теплового равновесия.

Кроме того, газ (пар), в отличие от жидкости (воды), не имеет собственного объёма. Расширяясь, он поражает значительно большую площадь поверхности кожи.

**Замечание:** уместно будет при обосновании привести структурно-логические схемы тепловых процессов, происходящих с водой и паром.

**Пример 11.** С помощью собирающей линзы на экране получено изображение  $A_1B_1$  предмета  $AB$ . Как изменится фокусное расстояние линзы, а также яркость изображения, если закрыть чёрной бумагой нижнюю половину линзы?

**Ответ:** если закрыть чёрной бумагой нижнюю половину линзы, то фокусное расстояние линзы не изменится, а яркость изображения уменьшится.

**Обоснование.** Фокусное расстояние линзы — это свойство линзы, характеризующее её способность преломлять падающий на неё свет. Это свойство зависит от формы линзы, её геометрических размеров и показателя преломления относительно той среды, в которой линза находится. Следовательно, фокусное расстояние линзы не меняется, так как перечисленные факторы не изменяются.

Яркость изображения уменьшится, так как в формировании изображения будут принимать участие не все ранее падающие на неё световые лучи, а только их часть. Часть световых

На степень ожога влияют два фактора. **Первый фактор** — количество теплоты, переданное коже водой и паром одинаковой массы и температуры.

Вода (жидкость): теплота будет передаваться коже до тех пор, пока температуры тел, находящихся в контакте, не уравняются.

Водяной пар: при попадании пара на кожу сначала будет происходить конденсация пара в воду; в этом процессе выделяется значительное количество теплоты. Затем вода с начальной температурой  $100^{\circ}\text{C}$  продолжит передавать теплоту коже до состояния теплового равновесия.

**Второй фактор:** площадь поражения. Водяной пар поражает большую площадь кожи, так как газ занимает весь предоставленный ему объём (не имеет собственного объёма).

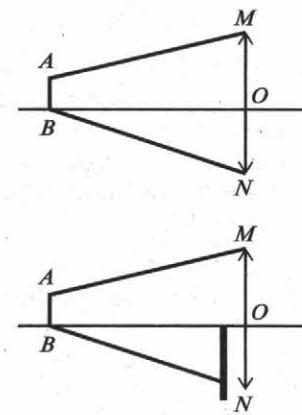
Следовательно, ожоги водяным паром более сильные из-за большой площади поражения и глубины поражения от большего количества теплоты, переданного коже в местах контакта.

**Объект:** изображение предмета на экране, полученное с помощью собирающей линзы в двух случаях.

**Условие:** первое изображение — линза полностью открыта; второе изображение — половина линзы (нижняя) закрыта чёрной бумагой.

**Явление:** преломление света в линзе.

В данном случае проще всего изобразить световой пучок, который участвует в формировании изображения предмета в линзе.



На первом рисунке все световые лучи, распространяющиеся в области  $ABMN$  и исходящие от всех точек предмета, испытывают преломление в линзе и примут участие в формировании изображения на экране.

лучей, исходящих от предмета, будет поглощаться, если закрыть чёрной бумагой нижнюю половину линзы.

Если часть линзы закрыть непрозрачным предметом (например, чёрной бумагой), то часть светового пучка будет поглощаться и не примет участия в формировании изображения. Но другая часть светового пучка  $ABOM$ , в котором присутствуют лучи, исходящие от всех точек предмета, пройдёт через линзу, преломится в ней и примет участие в формировании изображения. Изображение получится в том же месте экрана, будет «полным», но, так как на экран попадёт меньше света, оно будет менее ярким.

Фокусное расстояние линзы — это её главная характеристика, зависящая от геометрических размеров и показателя преломления вещества линзы по отношению к той среде, в которой она находится. Фокусное расстояние может измениться, только если линзу поместить в другую среду, например в воду.

**Пример 12.** Каким пятном (тёмным или светлым) кажется водителю ночью в свете фар его автомобиля лужа на неосвещённой дороге? Ответ поясните.

**Ответ:** ночью в свете фар его автомобиля лужа на неосвещённой дороге кажется водителю тёмным пятном на более светлом фоне дороги.

**Обоснование.** Дорога, по которой едет автомобиль, и лужа на ней освещаются светом фар автомобиля. Дорога имеет шероховатое покрытие, оно отражает свет от фар диффузно. Это значит, что свет от фар, распространяющийся в направлении движения автомобиля, отражается от дороги во всевозможных направлениях, в том числе — навстречу автомобилю. Тогда он попадает в глаза водителя, и он видит дорогу.

Поверхность лужи — горизонтальная и гладкая, она отражает падающий на неё свет зеркально. Это значит, что отражённые лучи света продолжают распространяться в направлении от автомобиля и не могут попасть в глаза водителя. Отсутствие света от этого места дороги воспринимается глазом как тёмное пятно на более светлом (сером) фоне дороги.

**Объекты:** лужа; свет, исходящий от фар автомобиля; глаза водителя.

**Условие:** ночь, значит, других источников света, кроме фар автомобиля, нет.

**Явление:** отражение света.

Изобразим рисунок ситуации:



Поверхность дороги шероховатая, она отражает свет диффузно, то есть рассеивает параллельный пучок света. Поверхность лужи — горизонтальная, «гладкая», она отражает свет зеркально.

Одна часть лучей от фар падает на сухую дорогу, и диффузное отражение попадает в глаза водителя (лучи 4 и 5), в результате водитель видит дорогу, по которой едет. Другая часть лучей (1 и 2) не попадает ни на дорогу, ни в глаза водителя. Третья часть лучей (3) падает на поверхность лужи и зеркально от неё отражается, при этом после отражения она идёт «вперёд» по ходу автомобиля, то есть в глаза водителя попасть не может. Значит, от поверхности лужи в глаза водителя не попадают лучи. Это означает, что на фоне освещённой дороги (диффузное отражение света) поверхность лужи кажется тёмным пятном.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Отличительной особенностью экзамена по физике является экспериментальное задание — это лабораторная работа, выполнение которой проводится на реальном лабораторном оборудовании, причём каждый выпускник выполняет задание на «своём» оборудовании, которое имеет свои уникальные характеристики. На выполнение этого задания отводится ориентировочно 30 минут, и максимальная оценка составляет 4 балла.

Это задание высокой степени сложности. Его проверка проводится по специальным критериям, для чего эксперт не только выявляет качество выполнения обязательных элементов и оформления задания, но и устанавливает, попадают ли результаты прямых и косвенных измерений в диапазон погрешностей для данного конкретного оборудования, с которым работал данный конкретный выпускник.

Таким образом, специалист без труда может установить, выполнялось ли задание на оборудовании, или записи были выполнены по памяти, или взяты «с потолка».

Мы рассмотрим обязательные требования к выполнению и оформлению подобных заданий и обсудим типовые ошибки, которые чаще других допускают на экзамене выпускники.

**Пример 1.** Используя рычажные весы с разновесом, мензурку, стакан с водой, цилиндр № 2, соберите экспериментальную установку для измерения плотности материала, из которого изготовлен цилиндр № 2.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки для определения объёма тела;
- 2) запишите формулу для расчёта плотности;
- 3) укажите результаты измерения массы цилиндра и его объёма;
- 4) запишите числовое значение плотности материала цилиндра.

Любое экспериментальное задание в своей первой части содержит инструкцию, в которой:

- описано оборудование, которое необходимо использовать при выполнении задания: «Используя рычажные весы с разновесом, мензурку, стакан с водой, цилиндр № 2»;
- описание процедуры, которую нужно провести с этим оборудованием: «соберите экспериментальную установку»;
- указание величины, значение которой нужно получить в эксперименте: «для измерения плотности материала, из которого изготовлен цилиндр № 2».

Вторая часть задания описывает требования к оформлению отчёта о проделанной работе. Во всех заданиях в отчёте должны быть представлены следующие элементы.

1. Рисунок экспериментальной установки. **Внимание!** Рисунок предполагает схематическое (не художественное!) изображение всех элементов оборудования. Например, в данной работе для измерения массы тела вам придётся взвешивать его на рычажных весах. Значит, нужно изобразить весы, на одной чашке которых находится тело (цилиндр), а на другой — гиря(-и), и весы находятся в равновесии. Для измерения объёма вы используете мензурку, в которую сначала

наливаете некоторое количество воды, а затем погружаете в неё цилиндр (полностью!). При этом уровень воды в мензурке повышается.

2. Формула, по которой будет проводиться расчёт искомой величины: «запишите формулу для расчёта плотности». **Внимание!** В левой части формулы должна стоять искомая величина.

3. Результаты прямых (то есть проведённых с помощью соответствующих приборов) измерений: «укажите результаты измерения массы цилиндра и его объёма». **Внимание!** Отдельной строкой должно быть записано значение массы цилиндра. Если измерения проводятся на рычажных весах, то результат нужно измерять с точностью до 1 г. В другой строке необходимо показать, как измерялся объём цилиндра. Для этого нужно, чтобы были указаны два числа: первое  $V_1$  — объём воды в мензурке (в см<sup>3</sup>); второе  $V_2$  — сумма объёма воды и объёма цилиндра (положение уровня воды в мензурке, когда в ней целиком погружен цилиндр). Затем провести расчёт объёма цилиндра, записав формулу косвенного измерения:  $V_{цилиндра} = V_2 - V_1$ . Объём цилиндра нужно записать отдельной строкой и выразить его в см<sup>3</sup>.

Далее необходимо провести расчёты плотности и записать числовое значение плотности материала цилиндра. **Внимание!** Удобно проводить вычисления плотности, используя значения массы и объёма, выраженные соответственно в граммах и кубических сантиметрах, так вероятность допустить арифметическую ошибку при расчётах минимальна. Затем следует записать результат в единицах СИ, то есть в кг/м<sup>3</sup>.

**Внимание!** В данной работе не требуется записывать вывод, так как результат работы — значение косвенного измерения (то есть расчёта) плотности. Для завершения работы можно записать фразу: «плотность материала цилиндра равна...». При этом верbalное указание на измеренную величину должно подкрепляться математическим выражением, в левой части которого стоит символическое обозначение плотности « $\rho = \dots$ », а в правой — числовое значение с наименованием.

	<p><b>Внимание!</b> Максимальный балл за задание вы получите, если все перечисленные элементы ответа будут представлены в отчёте и если результаты прямых и косвенных измерений будут находиться в пределах экспериментальных погрешностей измерений.</p> <p><b>Типичные ошибки, которые допускают выпускники:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) приведены значения (возможно, и правильные!) прямых измерений, а наименование единицы измерения не записаны. Эта ошибка означает: прямые измерения проведены неверно;</li> <li>2) погрешность прямого измерения принимается <b>равной цене деления прибора</b>. Поэтому, если цена деления мензурки <math>2 \text{ см}^3</math>, то при измерении объёма <math>V_2</math> и <math>V_1</math> не могут появиться значения, выраженные нечётными целыми числами или числами, содержащими десятые доли числа. Это тоже считается ошибкой при проведении прямых измерений.</li> </ol> <p><b>Замечание:</b> не требуется указывать абсолютную погрешность измерения. Если вы хотите её указать, то делайте это только тогда, когда уверены, что не допустите ошибку: лучшее — враг хорошего!</p>
--	--

Ниже мы приводим несколько заданий, в которых вам придётся выполнить аналогичные описанным выше процедуры: провести прямые измерения двух и/или более величин, а затем, применяя соответствующую формулу, расчёт искомой величины (косвенное измерение). Требования к оформлению записей остаются в силе.

**Пример 2.** Используя рычаг, три груза, штатив и динамометр, соберите установку для исследования равновесия рычага. Три груза подвесьте слева от оси вращения рычага следующим образом: два груза на расстоянии 12 см и один груз на расстоянии 6 см от оси. Определите момент силы, которую необходимо приложить к правому концу рычага на расстоянии 12 см от оси вращения рычага, для того чтобы он оставался в равновесии в горизонтальном положении.

В бланке ответов:

- 1) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта момента силы;

- |  |  |
|--|--|
| <p>3) укажите результаты измерений приложенной силы и длины плеча;<br/>4) запишите численное значение момента силы.</p> <p><b>Пример 3.</b> Используя динамометр, стакан с водой, цилиндр № 1, соберите экспериментальную установку для определения выталкивающей силы (силы Архимеда), действующей на цилиндр.</p> <p>В бланке ответов:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) сделайте рисунок экспериментальной установки;</li><li>2) запишите формулу для расчёта выталкивающей силы;</li><li>3) укажите результаты показаний динамометра при взвешивании цилиндра в воздухе и показаний динамометра при взвешивании цилиндра в воде;</li><li>4) запишите численное значение выталкивающей силы.</li></ol> <p><b>Пример 4.</b> Используя штатив с муфтой и лапкой, груз с пркреплённой к нему нитью, метровую линейку и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний нитяного маятника. Определите время 30 полных колебаний и вычислите период колебаний для случая, когда длина маятника равна 1 м.</p> <p>В бланке ответов:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) сделайте рисунок экспериментальной установки;</li><li>2) запишите формулу для расчёта периода колебаний;</li><li>3) укажите результаты прямых измерений числа колебаний и времени колебаний;</li><li>4) запишите численное значение периода колебаний маятника.</li></ol> <p><b>Пример 5.</b> Определите электрическое сопротивление резистора <math>R_2</math>. Для этого соберите экспериментальную установку, используя источник тока, вольтметр, амперметр, ключ, реостат, соединительные провода и резистор, обозначенный <math>R_2</math>. При помощи реостата установите в цепи силу тока 0,5 А.</p> |  |
|--|--|

- 3) укажите результаты измерений приложенной силы и длины плеча;  
4) запишите численное значение момента силы.

**Пример 3.** Используя динамометр, стакан с водой, цилиндр № 1, соберите экспериментальную установку для определения выталкивающей силы (силы Архимеда), действующей на цилиндр.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта выталкивающей силы;
- 3) укажите результаты показаний динамометра при взвешивании цилиндра в воздухе и показаний динамометра при взвешивании цилиндра в воде;
- 4) запишите численное значение выталкивающей силы.

**Пример 4.** Используя штатив с муфтой и лапкой, груз с пркреплённой к нему нитью, метровую линейку и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний нитяного маятника. Определите время 30 полных колебаний и вычислите период колебаний для случая, когда длина маятника равна 1 м.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта периода колебаний;
- 3) укажите результаты прямых измерений числа колебаний и времени колебаний;
- 4) запишите численное значение периода колебаний маятника.

**Пример 5.** Определите электрическое сопротивление резистора  $R_2$ . Для этого соберите экспериментальную установку, используя источник тока, вольтметр, амперметр, ключ, реостат, соединительные провода и резистор, обозначенный  $R_2$ . При помощи реостата установите в цепи силу тока 0,5 А.

<p><b>В бланке ответов:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) нарисуйте электрическую схему эксперимента;</li> <li>2) запишите формулу для расчёта электрического сопротивления;</li> <li>3) укажите результаты измерения напряжения при силе тока 0,5 А;</li> <li>4) запишите численное значение электрического сопротивления.</li> </ol> <p><b>Совет:</b> весьма полезно заранее продумать, как изобразить рисунок (электрическую схему) экспериментальной установки, и формулы, по которым будут проводиться косвенные измерения.</p> <p><b>Внимание!</b> В формулу должны входить результаты прямых измерений!</p>	
<p><b>Пример 6.</b> Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину, динамометр, линейку и два груза, соберите экспериментальную установку для измерения жёсткости пружины. Определите жёсткость пружины, подвесив к ней два груза. Для измерения веса грузов воспользуйтесь динамометром.</p> <p><b>В бланке ответов:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) сделайте рисунок экспериментальной установки;</li> <li>2) запишите формулу для расчёта жёсткости пружины;</li> <li>3) укажите результаты измерения веса груза и удлинения пружины;</li> <li>4) запишите числовое значение жёсткости пружины.</li> </ol>	<p>Это задание отличается от предыдущих важным нюансом. Перед выполнением задания, как всегда, нужно внимательно прочитать инструкцию. Обратите внимание на задание: в нём отмечается, что жёсткость пружины нужно измерить, «подвесив к ней два груза».</p> <p><b>Типичная ошибка 1.</b> Значительная часть учеников проводят два опыта: сначала с одним грузом, потом с двумя грузами, а затем по результатам двух опытов находят среднее арифметическое значение жёсткости пружины. Это нарушение инструкции и подмена одного задания другим. В инструкции читаем: «Для измерения веса грузов воспользуйтесь динамометром».</p> <p><b>Типичные ошибки 2 и 3.</b> Часто учащиеся (на основании своего опыта выполнения школьных лабораторных работ) помнят, что масса грузов равна 100 г. И, вместо того чтобы выполнить задание из инструкции, записывают: масса груза 100 г, вес груза 1 Н. То есть не проводят прямое измерение веса грузов, а рассчитывают его по массе, которую не изменили! Это ошибка, которая приводит к потере 2 или даже 3 баллов.</p>

Часто учащиеся определяют вес одного груза, а потом умножают его на 2. Это тоже ошибка: к пружине динамометра нужно подвесить сразу два груза и определить вес системы грузов, ведь в дальнейшем нужно будет определять жёсткость пружины, «подвесив к ней два груза».

**Типичная ошибка 4.** Случается, и довольно часто, что учащиеся определяют жёсткость пружины динамометра вместо жёсткости непрограммированной пружины.

При заполнении бланка ответов также можно отметить типовые ошибки. Так, при выполнении рисунка экспериментальной установки будет правильно, если вы:

- 1) отдельно нарисуете пружину, подвешенную к штативу, с двумя грузами и рядом расположите линейку, с помощью которой будете измерять удлинение пружины;
- 2) изобразите динамометр, к крюку которого подвешены два груза (так будет понятно, что вы измерили вес двух грузов — это будет прямое измерение веса грузов).

Обратите внимание на то, что в бланке ответов нужно записать «формулу для расчёта жёсткости пружины», а не закон Гука. Если говорить строго, то в этой формуле должен фигурировать вес грузов, а не сила упругости (на числовой результат это, конечно, не повлияет, но покажет эксперту, понимаете ли вы, что такая жёсткость пружины). Часто выпускники записывают формулу закона Гука, а при расчёте жёсткости формулу для жёсткости в явном виде не записывают. Но отсутствие формулы (проверяемый элемент!) снижает оценку работы.

Всё остальное полностью повторяет комментарий к предыдущему заданию.

Ниже мы приводим несколько заданий, для выполнения которых вам придётся провести аналогичные описанным выше процедуры: опыт нужно проводить с тем количеством грузов, которое указано в задании. Требования к оформлению записей остаются в силе.

**Пример 7.** Используя каретку (брюсок) с крючком, динамометр, два груза, направляющую рейку, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы трения скольжения при движении каретки с грузами по поверхности рейки на расстояние в 40 см.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта работы силы трения скольжения;
- 3) укажите результаты измерения модуля перемещения каретки с грузами и силы трения скольжения при движении каретки с грузами по поверхности рейки;
- 4) запишите числовое значение работы силы трения скольжения.

**Внимание!** Не допустите ошибку: работа силы трения — отрицательная величина.

**Пример 8.** Используя штатив с муфтой, подвижный блок, нить, три груза и динамометр, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы упругости при равномерном подъёме груза с использованием подвижного блока. Определите работу, совершающую силой упругости при равномерном подъёме грузов на высоту 20 см.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта работы силы упругости;
- 3) укажите результаты прямых измерений силы упругости и пути;
- 4) запишите числовое значение работы силы упругости.

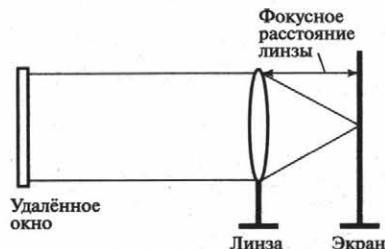
**Пример 9.** Используя собирающую линзу, экран, линейку, соберите экспериментальную установку для определения оптической силы линзы. В качестве источника света используйте свет от удалённого окна.

При выполнении заданий с использованием линзы выпускники часто рисунок экспериментальной установки подменяют ходом лучей в линзе. Это ошибка!  
Как же изобразить экспериментальную установку в данном случае? Прежде всего нужно изобразить «удалённое окно»,

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта оптической силы линзы;
- 3) укажите результат измерения фокусного расстояния линзы;
- 4) запишите значение оптической силы линзы.

оно является источником света. Важно отразить на рисунке, что это удалённый объект, то есть от него на линзу падает параллельный пучок света. Ограничьте этот пучок двумя параллельными линиями (не лучами!). Теперь изобразите линзу, и снова — не условное изображение тонкой линзы, а двояковыпуклую линзу в оправе, стоящую на подставке. На неё падает световой пучок (диаметр пучка от удалённого окна до линзы не должен изменяться).



После преломления в линзе образуется сходящийся в точку на экране пучок. **За экраном светового пучка нет!** Если захотите, можно для ясности подписать части экспериментальной установки, но обязательно нужно указать, что пучок образует «точку» на экране, расположенном на расстоянии, равном фокусному расстоянию линзы.

Возможно, вы хотите возразить: ведь на экране вы наблюдаете действительное, перевёрнутое и уменьшенное изображение окна или объектов (если они хорошо освещены) за окном. При этом чем дальше объект, тем меньше размеры его изображения. Это правильно, но в нашем случае важно, на каком расстоянии от линзы находится экран, — чёткое изображение получается в фокальной плоскости. Этот факт и нужно отразить на рисунке.

Всё остальное — как в предыдущих заданиях: прямое измерение фокусного расстояния (можете измерить в сантиметрах и сразу перевести в метры), формула для расчёта оптической силы линзы, расчёты и результат, выраженный в диоптриях. Для верности не забудьте поставить знак «+». Не перепутайте обозначения фокусного расстояния линзы  $F$  и оптической силы  $D$  — это часто встречающаяся ошибка.

**Пример 10.** Используя источник тока, вольтметр, амперметр, ключ, реостат, соединительные провода и резистор, обозначенный  $R_2$ , соберите экспериментальную установку для исследования зависимости напряжения на концах резистора от силы электрического тока в нём.

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему эксперимента;
- 2) установив с помощью реостата поочерёдно силу тока в цепи 0,4 А, 0,5 А и 0,6 А и измерив в каждом случае значения электрического напряжения на концах резистора, укажите результаты измерения силы тока и напряжения для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
- 3) сформулируйте вывод о зависимости напряжения на концах резистора от силы электрического тока в нём.

В этом задании предлагается провести **исследование**. Любое исследование предполагает установление зависимости (или отсутствия зависимости) между какими-то величинами, характеризующими один и тот же процесс. В данном случае, перемещая ползунок реостата, мы будем изменять силу тока (измерение силы тока) в электрической цепи и измерять напряжение на концах одного и того же резистора.

Перед тем как будете изображать электрическую схему цепи (не схематический рисунок установки!), определитесь, как нужно соединять между собой объекты этой цепи. Конечно, самый простой способ соединения — последовательное соединение, в этом случае во всех объектах цепи сила тока будет одинаковой.

Для установления зависимости нужно провести несколько измерений силы тока и напряжения на концах резистора. Поэтому необходимо продумать форму записи результатов этих измерений. В задании предлагается использовать таблицу (или график). Чтобы изобразить график, всё равно придется сначала записывать соответствующие пары чисел в таблицу. Ведь для построения графика надо выбрать масштаб. А чтобы он был удачный (наглядный), нужно видеть весь массив данных. Поэтому сразу изображайте таблицу. Удобно в верхней строке таблицы записывать значения силы тока, потому что значения силы тока вы должны будете устанавливать в цепи, регулируя её с помощью реостата. Во второй строке таблицы нужно будет записывать соответствующие значения напряжения. Если останется время, можно будет построить и график. В этой работе вы проводите прямые измерения силы тока и напряжения. Косвенные измерения не проводятся!

**Внимание!** Вы выполняете инструкцию, поэтому менять последовательность изменения силы тока категорически нельзя. Обратите внимание: сила тока в цепи (и в резисторе) увеличивается. Этот факт потом нужно будет отразить в выводе: «При увеличении силы тока в резисторе...»

**Замечание 1.** Читаем: «Сформулируйте вывод о зависимости напряжения на концах резистора от силы электрического тока в нём». Такая формулировка задания не предполагает выявления вида зависимости (прямая пропорциональная, линейная, квадратичная и т. п.), а только наличие зависимости или её отсутствие. Именно поэтому график можно и не строить!

**Замечание 2.** Для того чтобы завершить формулировку вывода, вам нужно установить, как меняется напряжение на концах резистора. Если оно увеличивается во всех опытах (или уменьшается), то наличие зависимости считается установленным. Если напряжение остаётся постоянным, то можно утверждать, что зависимость между величинами отсутствует. Если напряжение то увеличивается, то уменьшается, то сделать вывод относительно наличия зависимости на основе такого количества измерений нельзя и исследование нужно продолжить.

В нашем случае зависимость, конечно, имеет место быть: «При увеличении силы тока в цепи (и в резисторе) напряжение на его концах увеличивается». Никакие другие выводы на основании проведённых измерений сделать нельзя.

**Замечание 3.** Типичная ошибка состоит в том, что многие вывод записывают так: «При уменьшении силы тока напряжение уменьшается» или «При увеличении силы тока напряжение увеличивается, а при уменьшении — уменьшается». Эти выводы ошибочны: в вашем исследовании, если вы его выполняли, следя инструкции, не рассматривалась ситуация, в которой сила тока в цепи уменьшалась. А читать «табличные данные» в обратном порядке нельзя, если вы не проводите соответствующие опыты. Такой вывод будет признан ошибочным.

Ниже мы приводим в качестве примера задание, для выполнения которого вам придётся провести аналогичные описанным выше процедуры: исследовать зависимость, увеличивая число грузов на каретке (брюске), провести измерение веса каретки с одним, с двумя и, наконец, с тремя грузами и три значения силы трения скольжения. Требования к оформлению записей остаются в силе.

**Пример 11.** Используя каретку (брюсок) с крючком, динамометр, набор из трёх грузов, направляющую рейку, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы трения скольжения между кареткой и поверхностью горизонтальной рейки от силы нормального давления. Определите силу трения скольжения, помещая на каретку поочерёдно один, два и три груса. Для определения веса каретки с грузами воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерений веса каретки с грузами и силы трения скольжения для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
- 3) сформулируйте вывод о зависимости силы трения скольжения между кареткой и поверхностью рейки от силы нормального давления.

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
----------------	---

## Раздел I

ЭЛЕМЕНТЫ СОДЕРЖАНИЯ, ПРОВЕРЯЕМЫЕ НА ОГЭ ПО ФИЗИКЕ .....	5
---	---

1. Механические явления .....	—
-------------------------------	---

1.1. Механическое движение. Относительность движения. Траектория. Путь. Перемещение. Скорость. Ускорение. Равномерное и неравномерное движение. Средняя скорость. Формула для вычисления средней скорости .....	—
1.2. Равномерное прямолинейное движение. Зависимость координаты тела от времени в случае равномерного прямолинейного движения. Графики зависимости от времени для проекции скорости, проекции перемещения, пути, координаты при равномерном прямолинейном движении .....	6
1.3. Прямолинейное равноускоренное движение. Зависимость координаты тела от времени в случае равноускоренного прямолинейного движения. Формулы для проекции перемещения, проекции скорости и проекции ускорения при равноускоренном прямолинейном движении. Графики зависимости от времени для проекции ускорения, проекции скорости, проекции перемещения, координаты при равноускоренном прямолинейном движении .....	8
1.4. Свободное падение. Формулы, описывающие свободное падение тела по вертикали (движение тела вниз или вверх относительно поверхности Земли). Графики зависимости от времени для проекции ускорения, проекции скорости и координаты при свободном падении тела по вертикали .....	9
1.5. Скорость равномерного движения тела по окружности. Направление скорости. Формула для вычисления скорости через радиус окружности и период обращения. Центростремительное ускорение. Направление центростремительного ускорения. Формула для вычисления центростремительного ускорения. Формула, связывающая период и частоту обращения .....	10
1.6. Масса. Плотность вещества. Формула для вычисления плотности .....	11
1.7. Сила — векторная физическая величина. Сложение сил .....	—
1.8. Явление инерции. Первый закон Ньютона .....	12
1.9. Второй закон Ньютона. Сонаправленность вектора ускорения тела и вектора силы, действующей на тело .....	—
1.10. Взаимодействие тел. Третий закон Ньютона .....	—
1.11. Трение покоя и трение скольжения. Формула для вычисления модуля силы трения скольжения .....	13
1.12. Деформация тела. Упругие и неупругие деформации. Закон упругой деформации (закон Гука) .....	—
1.13. Всемирное тяготение. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести. Ускорение свободного падения. Формула для вычисления силы тяжести вблизи поверхности Земли. Искусственные спутники Земли .....	14
1.14. Импульс тела — векторная физическая величина. Импульс системы тел .....	16
1.15. Закон сохранения импульса для замкнутой системы тел. Реактивное движение .....	—
1.16. Механическая работа. Формула для вычисления работы силы. Механическая мощность .....	17

1.17. Кинетическая и потенциальная энергия. Формула для вычисления кинетической энергии. Формула для вычисления потенциальной энергии тела, поднятого над Землёй .....	18
1.18. Механическая энергия. Закон сохранения механической энергии. Формула для закона сохранения механической энергии в отсутствие сил трения. Превращение механической энергии при наличии силы трения .....	19
1.19. Простые механизмы. Золотое правило механики. Рычаг. Момент силы. Условие равновесия рычага. Подвижный и неподвижный блоки. КПД простых механизмов ....	—
1.20. Давление твёрдого тела. Формула для вычисления давления твёрдого тела. Давление газа. Атмосферное давление. Гидростатическое давление внутри жидкости. Формула для вычисления давления внутри жидкости .....	20
1.21. Закон Паскаля. Гидравлический пресс .....	21
1.22. Закон Архимеда. Формула для определения выталкивающей силы, действующей на тело, погруженное в жидкость или газ. Условие плавания тел. Плавание судов и воздухоплавание .....	22
1.23. Механические колебания и волны. Амплитуда, период и частота колебаний. Формула, связывающая частоту и период колебаний. Механические волны. Продольные и поперечные волны. Длина волны и скорость распространения волн. Звук. Громкость и высота звука. Скорость распространения звука. Отражение и преломление звуковой волны на границе двух сред. Инфразвук и ультразвук .....	23
<b>2. Термические явления.....</b>	<b>26</b>
2.1. Молекула — мельчайшая частица вещества. Агрегатные состояния вещества. Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел .....	—
2.2. Тепловое движение атомов и молекул. Связь температуры вещества со скоростью хаотического движения частиц. Броуновское движение. Диффузия. Взаимодействие молекул .....	27
2.3. Тепловое равновесие .....	—
2.4. Внутренняя энергия. Работа и теплопередача как способы изменения внутренней энергии .....	28
2.5. Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение .....	—
2.6. Нагревание и охлаждение тел. Количество теплоты. Удельная теплоёмкость .....	29
2.7. Закон сохранения энергии в тепловых процессах. Уравнение теплового баланса .....	—
2.8. Испарение и конденсация. Изменение внутренней энергии в процессе испарения и конденсации. Кипение жидкости. Удельная теплота парообразования .....	—
2.9. Влажность воздуха .....	30
2.10. Плавление и кристаллизация. Изменение внутренней энергии при плавлении и кристаллизации. Удельная теплота плавления .....	—
2.11. Термовые машины. Преобразование энергии в тепловых машинах. Внутренняя энергия сгорания топлива. Удельная теплота сгорания топлива .....	31
<b>3. Электромагнитные явления.....</b>	<b>32</b>
3.1., 3.2. Электризация тел. Два вида электрических зарядов. Взаимодействие электрических зарядов.....	—
3.3. Закон сохранения электрического заряда .....	33
3.4. Электрическое поле. Действие электрического поля на электрические заряды. Продовники и диэлектрики .....	34

3.5. Постоянный электрический ток. Действия электрического тока. Сила тока. Напряжение .....	34
3.6. Электрическое сопротивление. Удельное электрическое сопротивление .....	35
3.7. Закон Ома для участка электрической цепи. Последовательное соединение проводников. Параллельное соединение проводников. Смешанные соединения проводников ....	36
3.8. Работа и мощность электрического тока .....	37
3.9. Закон Джоуля — Ленца .....	—
3.10. Опыт Эрстеда. Магнитное поле прямого проводника с током. Линии магнитной индукции. Электромагнит .....	—
3.11. Магнитное поле постоянного магнита. Взаимодействие постоянных магнитов .....	38
3.12. Опыт Ампера. Взаимодействие двух параллельных проводников с током. Действие магнитного поля на проводник с током. Направление и модуль силы Ампера .....	39
3.13. Электромагнитная индукция. Опыты Фарадея .....	40
3.14. Переменный электрический ток. Электромагнитные колебания и волны. Шкала электромагнитных волн .....	—
3.15. Закон прямолинейного распространения света .....	—
3.16. Закон отражения света. Плоское зеркало .....	41
3.17. Преломление света .....	42
3.18. Дисперсия света .....	—
3.19. Линза. Фокусное расстояние линзы .....	43
3.20. Глаз как оптическая система. Оптические приборы .....	45
<b>4. Квантовые явления .....</b>	<b>46</b>
4.1. Радиоактивность. Альфа-, бета- и гамма-излучения. Реакции альфа- и бета-распада .....	—
4.2. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Планетарная модель атома.....	—
4.3. Состав атомного ядра. Изотопы .....	47
4.4. Ядерные реакции. Ядерный реактор. Термоядерный синтез .....	—

## **Раздел II**

<b>ТИПЫ ЗАДАНИЙ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ.....</b>	<b>49</b>
Задания на установление соответствие .....	—
Задания с выбором двух верных утверждений.....	59
Задания, в которых необходимо установить характер изменения физических величин, описывающих объект и явления.....	116
Задания с кратким ответом.....	161
Расчётные задачи.....	192
Качественные задачи.....	208
Экспериментальные задания .....	222



Учебное издание

**Серия «В помощь выпускнику»**

*Степанова Галина Николаевна  
Лебедева Ирина Юрьевна*

**ОГЭ. ФИЗИКА**

**Справочник  
с комментариями ведущих экспертов**

Учебное пособие  
для общеобразовательных организаций

Редактор *В. А. Жарова*

Дизайн и оформление обложки *О. В. Поповича*

Художественный редактор *Е. Н. Морозов*

Техническое редактирование  
и компьютерная вёрстка *А. В. Алексеевой*

Корректор *Е. Д. Светозарова*

Компьютерный набор *А. В. Алексеевой*

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93-953000.

Подписано в печать 03.08.2018. Формат 84 × 108 1/16. Бумага типографская.

Гарнитура школьная, рубленая. Печать офсетная. Усл. печ. л. 25,2.

Уч.-изд. л. 17,88. Тираж 3000 экз. Заказ 5212ТТ.

Санкт-Петербургский филиал  
Акционерного общества «Издательство «Просвещение».  
191014, Санкт-Петербург, Литейный пр., 37-39.

Отпечатано по заказу АО «ПолиграфТрайд» в ООО «Тульская типография».  
Россия, 300026, г. Тула, пр. Ленина, 109.