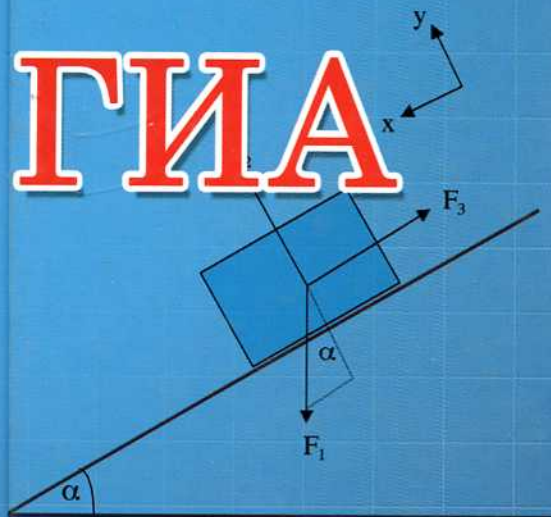


ГИА



Большая переменная

И.Л. КАСАТКИНА

ФИЗИКА

Подробные ответы
на задания ГИА
и решение типовых задач

7-9 классы

Большая переменная

И.Л. Касаткина

ФИЗИКА

**Подробные ответы
на задания ГИА
и решение типовых задач
7-9 классы**

РОСТОВ-НА-ДОНУ

 **ФЕНИКС**
2013

УДК 373.167.1:53

ББК 22.3я72

КТК 444

К 28

Касаткина И.Л.

К 28 Физика. Подробные ответы на задания ГИА и решение типовых задач : 7–9 классы. — Ростовн/Д : Феникс, 2013. — 219, [1] с.: ил. — (Большая перемена).

ISBN 978-5-222-20899-1

В пособии представлено множество типовых заданий с развернутым ответом для подготовки к ГИА по физике. В начале книги приведена программа курса по всем темам, изучаемым с 7 по 9 класс средней школы, затем предложен пробный экзамен, состоящий из заданий разной трудности. В каждом разделе приведено развернутое решение задач и даны подробные ответы на все задания с необходимыми рисунками, графиками и формулами.

В конце пособия приведены все формулы, необходимые для сдачи ГИА, с названием всех величин и единиц их изменений в системе СИ и показано, как находить каждую физическую величину, входящую в эти формулы. Это важно для тех, у кого имеются проблемы с алгебраическими преобразованиями.

Книга полезна выпускникам 9 класса для интенсивной и качественной подготовки к ГИА по физике. Ею могут пользоваться учителя при составлении контрольных и экзаменационных заданий.

ISBN 978-5-222-20899-1

УДК 373.167.1:53

ББК 22.3я72

© Касаткина И.Л., 2013

© Оформление: ООО «Феникс», 2013

ВСТУПЛЕНИЕ

Дорогие девятиклассники! Для поступления в старшую школу с углубленным изучением точных наук вы выбрали ГИА по физике — важнейшему предмету, без знания которого невозможен прогресс в науке и промышленности. Законы физики лежат в основе всех специальных предметов, изучаемых в физико-математических и инженерных вузах, — без их понимания и умения применять на практике не может состояться толковый специалист. Добросовестно изучив физику в старших классах и набрав высокие баллы на ЕГЭ по физике, вы сможете — по вашему выбору — поступить в лучшие вузы страны соответствующего профиля, и что важно, на бюджетные отделения.

Но, к сожалению, результаты ГИА последних лет показывают, что физику выпускники 9 классов знают едва ли не хуже остальных предметов школьного курса. Данное пособие призвано оказать вам помощь при подготовке к этому непростому экзамену. В нем представлено множество типовых заданий ГИА по физике с развернутым ответом к каждому заданию.

В начале книги приведена программа курса по всем темам, изучаемым с 7 по 9 класс средней школы.

Пособие включает в себя 4 раздела:

1-й раздел. Механика.

2-й раздел. Тепловые явления.

3-й раздел. Электрические и магнитные явления.

4-й раздел. Световые явления. Строение атома и атомного ядра.

В начале каждого раздела излагается краткая теория и приводятся все нужные законы и формулы. Далее предложен пробный экзамен, состоящий, как и на настоящем ГИА, из множества заданий разной трудности. И наконец, в конце раздела приведено развернутое ре-

шение задач и даны подробные ответы на все задания с необходимыми рисунками, графиками и формулами.

Не факт, что именно эти задания встретятся вам на экзамене. Но уже то, что вы будете готовы к встрече с подобными вопросами и задачами, существенно повысит ваши возможности. И если, поработав с этим пособием, вы сумеете потом решить любую из его задач и ответить на любой вопрос, никуда не подглядывая, вы сделаете гигантский шаг на пути к высоким баллам по ЕГЭ.

Следует знать, что задания ГИА по физике последних лет делятся на 3 части. Часть 1 содержит 19 заданий (1–19). К каждому из первых 18 заданий приводится четыре варианта ответа, из которых только один верный. При выполнении этих заданий обведите кружком номер выбранного ответа. Ответ на задание 19 части 1 запишите на отдельном листе.

Часть 2 содержит 4 задания с кратким ответом (20–23). При выполнении заданий части 2 ответ запишите в вашей работе в отведенном для этого месте.

Часть 3 содержит 4 задания (24–27), на которые надо дать развернутый ответ на отдельном листе.

Задание 24 экспериментальное. Его выполнение производится на имеющемся в экзаменационном пункте лабораторном оборудовании. Понятно, что в нашем пособии такое задание не рассматривается.

При вычислениях на экзамене можно пользоваться непрограммируемым калькулятором.

Чтобы правильно ответить на все задания экзамена и получить высший балл, необходимо прежде всего:

- 1) знать законы физики — не вы зубрить, а помнить — понимать и уметь применять на практике: при ответах на теоретические вопросы и решении задач;
- 2) выучить наизусть все основные формулы;
- 3) научиться решать задачи средней трудности;
- 4) перейти к задачам повышенной трудности.

Без выполнения этих условий вам вряд ли удастся справиться с задачами и набрать высокий балл. Поэтому

отнеситесь к нашим советам со всей ответственностью, и все у вас получится. Зато потом, проучившись в старшей школе, вы станете студентами лучших вузов страны. Ради этого стоит потрудиться.

Кстати, как у вас с математикой? Ведь математика — язык физики, без нее физика превращается в естествознание для младших классов. Поэтому математике тоже следует уделить внимание, выучив как следует ее теоремы и формулы.

Желаем вам высоких баллов на ГИА!

ПРОГРАММА ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ГИА

Механика

Механическое движение. Материальная точка. Система отсчета. Прямолинейное и криволинейное движение. Траектория. Относительность механического движения. Путь и перемещение. Скорость. Ускорение. Уравнения прямолинейного равномерного и равноускоренного движений. Графики координаты, пути и скорости. Свободное падение. Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью. Центробежное ускорение.

Масса. Плотность. Сила. Силы в механике: сила тяжести и вес тела, сила упругости, сила трения. Динамометр. Равнодействующая сил. Инерция. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона, второй закон Ньютона, третий закон Ньютона. Закон всемирного тяготения. Ускорение свободного падения на Земле и других небесных телах. Искусственные спутники Земли. Первая космическая скорость.

Импульс тела. Закон сохранения импульса. Реактивное движение. Ракеты.

Работа силы. Мощность. Рычаг. Момент силы. Правило равновесия. Неподвижный и подвижный блоки. КПД механизмов.

Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.

Механические колебания. Свободные колебания. Параметры колебаний: смещение, амплитуда, период, частота. Гармонические колебания. Превращение энергии при колебательных процессах. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.

Упругие волны. Поперечные и продольные волны. Длина волны. Звуковые волны. Высота и тембр звука. Громкость. Скорость звука. Отражение звука. Эхо. Звуковой резонанс. Ультразвук и инфразвук. Интерференция звука.

Давление. Закон Паскаля. Давление столба жидкости. Давление атмосферы. Опыт Торричелли. Барометр-анероид. Манометр. Насос. Атмосферное давление на различных высотах. Сообщающиеся сосуды. Гидравлический пресс. Закон Архимеда. Условия плавания тел. Плавание судов. Воздухоплавание.

Молекулярная физика и термодинамика

Строение вещества. Молекулы и атомы. Броуновское движение. Диффузия. Взаимодействие молекул. Модели строения газов, жидкостей и твердых тел.

Тепловое движение. Температура. Внутренняя энергия и способы ее изменения. Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение. Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества. Расчет количества теплоты при нагревании и охлаждении.

Энергия топлива. Удельная теплота сгорания.

Изменение агрегатных состояний вещества. Кристаллические и аморфные тела. Плавление и кристаллизация. Удельная теплота плавления. Закон сохранения энергии в тепловых процессах.

Испарение. Ненасыщенный и насыщенный пар. Кипение. Удельная теплота парообразования. Влажность воздуха.

Работа пара при расширении. Двигатель внутреннего сгорания. Паровая турбина. КПД теплового двигателя.

Электрические явления

Электризация тел. Электрические заряды. Два вида зарядов. Взаимодействие зарядов. Закон сохранения электрического заряда. Электроскоп. Проводники электрического тока и диэлектрики.

Строение атома. Делимость электрического заряда. Электрон. Заряд ядра атома. Положительные и отрицательные ионы. Свободные электроны.

Электрическое поле и его свойства. Действие электрического поля на электрические заряды. Конденсатор. Энергия электрического поля конденсатора.

Электрический ток. Источники электрического тока: гальванические элементы, термо- и фотоэлементы, аккумуляторы. Электрическая цепь. Ток в металлах. Действия электрического тока. Сила тока. Амперметр. Напряжение. Вольтметр. Сопротивление. Удельное сопротивление. Реостат.

Закон Ома для участка цепи.

Последовательное и параллельное и соединение проводников.

Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля — Ленца. Лампа накаливания. Электронагревательные приборы. Короткое замыкание. Предохранители.

Магнитные явления

Взаимодействие магнитов. Опыт Эрстеда. Магнитное поле и его свойства. Индукция магнитного поля. Магнитные линии. Неоднородное и однородное магнитное поле. Магнитное поле прямого тока и катушки с током. Электромагниты. Постоянные магниты. Магнитное поле Земли. Действие магнитного поля на проводник с током. Индукция магнитного поля. Сила Ампера. Правило левой руки. Электрические двигатели. Действие магнитного поля на движущийся заряд.

Магнитный поток. Явление электромагнитной индукции. Опыты Фарадея.

Получение переменного электрического тока. График зависимости силы переменного тока от времени.

Электромагнитное поле. Электромагнитные волны. Шкала электромагнитных волн.

Световые явления

Источники света. Световой луч. Тень и полутень. Отражение света. Законы отражения. Плоское зеркало. Преломление света. Законы преломления. Показатель преломления.

Линзы. Собирающие и рассеивающие линзы. Фокусное расстояние и оптическая сила линзы. Построение изображений в линзах. Глаз как оптическая система.

Интерференция света. Электромагнитная природа света.

Строение атома и атомного ядра

Радиоактивность. Альфа-, бета- и гамма-излучение. Модели атома. Опыты Резерфорда по рассеиванию альфа-частиц. Планетарная модель атома.

Радиоактивные превращения атомных ядер. Экспериментальные методы исследования частиц. Открытие протона и нейтрона. Нуклонная модель ядра. Массовое число. Зарядовое число. Изотопы. Правило смещения при альфа- и бета-распаде. Ядерные силы. Дефект массы и энергия связи атомных ядер. Ядерные реакции. Цепная реакция деления ядра урана. Критическая масса. Ядерный реактор. Термоядерные реакции. Биологическое действие радиации. Получение и применение радиоактивных изотопов.

Элементарные частицы. Частицы и античастицы. Аннигиляция. Антивещество.

Раздел 1.

МЕХАНИКА

Краткая теория

Механика изучает механическое движение тел. Механическим движением называют изменение положения тел относительно друг друга с течением времени.

Путь S — это длина траектории. Путь — скалярная величина.

Перемещение \vec{S} — это вектор, соединяющий начальное и конечное положения тел и направленный к конечному положению.

Единица пути и модуля перемещения в системе интернациональной (СИ) — метр (м). Метр — основная единица СИ.

В процессе движения путь может только увеличиваться, а перемещение — и увеличиваться, и уменьшаться, например, когда вы поворачиваете обратно. При прямолинейном движении в одном направлении путь равен модулю перемещения, а при криволинейном — путь больше модуля перемещения. Когда вы едете на такси, то платите за путь, а когда на поезде, то за перемещение. Если, выйдя из дому, вы через некоторое время вернулись обратно, то ваше перемещение равно нулю, а путь равен длине траектории вашего движения. Существует тело, относительно которого ваше перемещение всегда равно нулю, — это ваше собственное тело.

Время t — скалярная и всегда положительная величина. Единица времени в СИ — секунда (с). Секунда — основная единица СИ.

Скорость v — это характеристика быстроты перемещения. Скорость (по модулю) при равномерном движении — это отношение пути ко времени, за которое этот путь пройден:

$$v = \frac{S}{t}.$$

Скорость — векторная величина. Направление вектора скорости \vec{v} совпадает с направлением вектора перемещения \vec{S} . Единица скорости в СИ — метр в секунду (м/с).

Равномерное прямолинейное движение — это движение с постоянной скоростью.

Путь при равномерном движении определяется формулой

$$S = vt.$$

На рис. 1 представлен график координаты, на рис. 2 — пути и на рис. 3 — скорости равномерного движения.

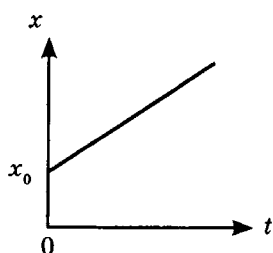


Рис. 1

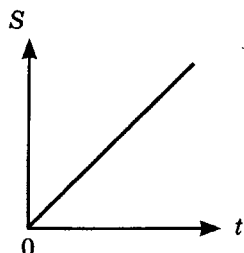


Рис. 2

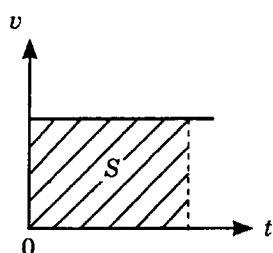


Рис. 3

На графике скорости равномерного движения путь численно равен площади прямоугольника, ограниченного самим графиком, осью времени и перпендикулярами, восстановленными из точек, соответствующих начальному и конечному моментам времени движения.

При движении с переменной скоростью различают среднюю и мгновенную скорости.

Средняя путевая скорость — это отношение пути ко времени, за которое этот путь пройден:

$$v_{\text{ср}} = \frac{S}{t}.$$

Мгновенная скорость — это скорость в данный момент времени или в данной точке траектории.

Спидометр автомобиля показывает мгновенную скорость, а когда говорят, что скорость самолета 400 м/с, имеют в виду его среднюю скорость.

Быстроту изменения скорости характеризует ускорение a .

Ускорение a (по модулю) при равноускоренном движении — это отношение изменения скорости ко времени, за которое это изменение произошло:

$$a = \frac{\Delta v}{t}, \quad a = \frac{v - v_0}{t}.$$

Ускорение — векторная величина. Вектор ускорения \vec{a} совпадает по направлению с вектором изменения скорости $\Delta \vec{v}$. Единица ускорения в СИ — метр на секунду в квадрате (м/с^2).

Чтобы описать движение тела, нужно выбрать систему отсчета.

Система отсчета — это система координат в сочетании с телом отсчета и прибором для измерения времени (часами).

Равноускоренным движением называют движение с постоянным ускорением. При таком движении за любые равные промежутки времени скорость изменяется на одинаковую величину.

На рис. 4 показан график скорости равноускоренного движения.

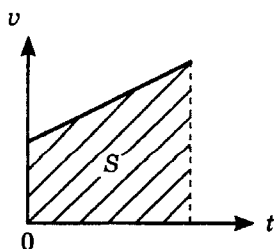


Рис. 4

Путь на графике скорости равноускоренного движения численно равен площади прямоугольной трапеции, ограниченной графиком, осью времени и перпендикулярами, восстановленными к оси времени из точек, соответствующих моменту времени, когда скорость была начальной, и моменту времени, когда она стала конечной.

Если из условия задачи следует, что тело начало движение из состояния покоя, например поезд отошел от станции или автомобиль выехал из пункта A и т. п., то следует записать, что его начальная скорость $v_0 = 0$. Если же из условия задачи следует, что тело в конце торможения остановилось, то следует записать, что его конечная скорость $v = 0$.

Пути, проходимые телом при равноускоренном движении без начальной скорости, относятся как ряд последовательных нечетных чисел:

$$S_1 : S_2 : S_3 : S_4 \dots = 1 : 3 : 5 : 7 \dots$$

Частным случаем движения с постоянным ускорением является свободное падение.

Свободное падение — это падение тел в вакууме под действием притяжения планеты. При свободном падении все тела движутся с ускорением свободного падения. В средних широтах Земли ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$.

Всякое движение относительно. Это означает, что одно и то же тело одновременно и движется, и покоится. Движется относительно одних тел и одновременно покоится относительно других. Мы все, земляне, можем покоиться относительно своего письменного стола и одновременно всегда движемся относительно Солнца. Любой из вас может привести много примеров относительности движения.

Траектория движения, скорость, путь — относительные величины, в разных системах отсчета они могут быть различны.

Тело движется по окружности с постоянной по модулю скоростью, когда на него действует тоже постоян-

ная по модулю сила, направленная в каждой точке его траектории по радиусу к центру окружности.

Центростремительное (его еще называют нормальное ускорение) ускорение $a_{ц}$ — это ускорение, характеризующее быстроту изменения направления вектора скорости. Центростремительное ускорение в любой точке траектории направлено по радиусу к центру окружности. Центростремительное ускорение равно отношению квадрата скорости тела к его радиусу:

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}.$$

Всякое тело имеет массу. Чем больше масса тела m , тем труднее изменить его скорость. Масса — скалярная величина. Единица массы в СИ — килограмм (кг). Масса системы тел равна сумме масс тел, составляющих эту систему.

Отношение массы тела к его объему называется плотностью тела:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Плотность — скалярная положительная величина. Плотность твердых и жидких тел зависит от вещества и температуры. Плотности твердых и жидких веществ приводят в справочниках. Единица плотности в СИ — килограмм на метр в кубе ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Причиной изменения скорости тела является сила. Сила F — это мера взаимодействия тел, в результате которого они изменяют скорость или деформируются. Сила — векторная величина. Вектор силы \vec{F} совпадает по направлению с вектором ускорения \vec{a} , полученного телом под действием этой силы. Единица силы в СИ — ньютон ($\text{Н} = \text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$).

Сила трения $F_{\text{тр}}$ — это сила, возникающая вследствие неровностей поверхностей соприкасающихся тел и из-за притяжения молекул трущихся тел друг к другу.

Сила упругости $F_{\text{упр}}$ — это сила, возникающая в теле при упругой деформации.

Сила тяжести mg — это сила, с которой планета действует на тело вследствие притяжения к ней. Сила тяжести равна произведению массы тела и ускорения свободного падения:

$$F_{\text{тяж}} = mg.$$

Вес тела P — это сила, с которой тело давит на опору или растягивает подвес вследствие притяжения к планете.

Массу тела измеряют на рычажных весах, а вес — на пружинных.

Если тело относительно вертикали покоится или движется равномерно вверх или вниз, то его вес равен силе тяжести. Динамометр — это прибор для измерения веса тела.

Механическое движение подчиняется основным законам механики — законам Ньютона. Законы Ньютона выполняются только в инерциальных системах отсчета.

Инерциальная система отсчета — это система отсчета, в которой тела сохраняют свою скорость при отсутствии взаимодействия с другими телами. Система, которая покоится или движется равномерно и прямолинейно относительно неподвижной системы отсчета, является инерциальной. Тело, скорость которого не изменяется, движется по инерции. Инерция — это свойство тела сохранять скорость при отсутствии внешнего воздействия.

Неинерциальная система отсчета — это система отсчета, движущаяся с ускорением относительно инерциальной системы отсчета.

Первый закон Ньютона — в инерциальных системах отсчета свободное от внешнего воздействия тело сохраняет свою скорость.

Только равномерное и прямолинейное движение является движением по инерции. Согласно первому закону Ньютона, когда силы, действующие на движущееся тело, уравновесят друг друга, оно станет двигаться равномер-

но и прямолинейно – по инерции. Или если оно ранее покоилось, то и останется в покое.

Если силы не уравновешивают друг друга, то тело будет двигаться с ускорением в соответствии со вторым законом Ньютона.

Второй закон Ньютона: ускорение тела прямо пропорционально действующей на него силе и обратно пропорционально его массе:

$$a = \frac{F}{m}.$$

Если на тело действует только одна сила, то оно всегда движется с ускорением. Произведение массы этого тела на его ускорение будет равно этой силе:

$$ma = F.$$

Если силы действуют на тело в одном направлении, как на рис. 5, то произведение массы тела на его ускорение равно их сумме:

$$ma = F_1 + F_2.$$

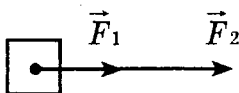


Рис. 5

Если силы направлены в противоположные стороны, как на рис. 6, то произведение массы тела на его ускорение равно разности между большей и меньшей силой:

$$ma = F_1 - F_2.$$

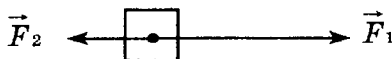


Рис. 6

Если тело движется равномерно по окружности под действием только одной силы, то она всегда направлена по радиусу к центру окружности и произведение массы тела на его центростремительное ускорение равно этой силе:

$$ma_{\text{ц}} = F.$$

Третий закон Ньютона: силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по модулю и противоположны по направлению. Несмотря на то, что эти силы равны и противоположны, они друг друга не уравнивают, так как приложены к разным телам. Уравнивать друг друга могут только силы, приложенные к одному и тому же телу, если они равны по модулю и противоположны по направлению.

Четвертым законом Ньютона иногда называют открытый им же закон всемирного тяготения.

Закон всемирного тяготения: две материальные точки притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

Основное свойство сил тяготения состоит в том, что от них нельзя загородиться никаким экраном, а также в том, что они всем телам независимо от их массы сообщают одинаковое ускорение.

На поверхности планеты ускорение свободного падения можно определить по формуле

$$g = G \frac{M}{R^2}.$$

Если тело поднято на высоту H над поверхностью, сравнимую с радиусом планеты R (на Земле не менее 40 км), то там сила тяжести и сила тяготения меньше, чем на поверхности. В этом случае следует применять формулу

$$g = G \frac{M}{(R + H)^2}.$$

Работа A — скалярная величина, равная произведению силы, действующей на тело, на путь, пройденный под действием этой силы:

$$A = FS.$$

Единица работы в СИ — джоуль (Дж = Н · м).

Если в условии задачи идет речь о коэффициенте полезного действия (КПД) какого-либо механизма, надо подумать, какая работа, совершаемая им, полезная, а какая — затраченная.

Коэффициентом полезного действия механизма (КПД) η называют отношение полезной работы, совершенной механизмом, ко всей затраченной при этом работе:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} 100\%.$$

Полезная работа — это та, которую нужно сделать, а затраченная — та, что приходится делать на самом деле. Например, тело массой m требуется поднять на высоту h , перемещая его по наклонной плоскости длиной l под действием силы тяги $F_{\text{тяги}}$. В этом случае полезная работа равна произведению силы тяжести на высоту подъема $A_{\text{пол}} = mgh$, а затраченная работа будет равна произведению силы тяги на длину наклонной плоскости:

$$A_{\text{затр}} = F_{\text{тяги}} l.$$

Значит, КПД наклонной плоскости равен

$$\eta = \frac{mgh}{F_{\text{тяги}} l} 100\%.$$

КПД любого механизма не может быть больше 100% — золотое правило механики.

Мощность N — это мера быстроты совершения работы. Мощность равна отношению работы ко времени, за которое она совершена:

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

Мощность — скалярная величина. Единица мощности в СИ — ватт ($\text{Вт} = \text{Дж/с}$).

Импульс тела p — это мера движения тела. Импульс тела равен произведению его массы и скорости:

$$p = mv.$$

Импульс тела — векторная величина. Вектор импульса \vec{p} тела совпадает по направлению с вектором скорости тела. Единица импульса — $\text{кг} \cdot \text{м/с}$.

Если система тел замкнутая, то выполняется закон сохранения импульса: в замкнутой системе тел импульс системы сохраняется.

Замкнутой называют систему тел, на которую не действуют внешние силы. В такой системе импульсы отдельных тел могут изменяться, но общий импульс системы после их взаимодействия остается таким же, как и до взаимодействия. Внутренние силы системы, действующие между ее телами, не могут изменить импульс самой системы.

Решая подобные задачи, надо помнить, что импульс тела — векторная величина. Поэтому, если принять направление каких-то импульсов взаимодействующих тел за положительное, тогда перед импульсами тел, векторы которых направлены противоположно, надо поставить минусы.

На законе сохранения импульса основано реактивное движение — движение, возникающее вследствие отделения от тела его части со скоростью относительно этого тела.

Все тела природы обладают энергией. Энергия — скалярная величина. Основное свойство энергии — взаимное

превращение ее видов. Механическая энергия может превращаться в тепловую или электрическую, и наоборот.

Различают два вида механической энергии: кинетическую E_k и потенциальную E_p .

Кинетическая энергия E_k — это энергия, которой обладает тело вследствие своего движения. Кинетическая энергия равна половине произведения массы тела и квадрата его скорости:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Кинетическая энергия — всегда положительная величина. Если под действием силы тело совершило перемещение, и вследствие этого его скорость изменилась, то работа силы равна изменению кинетической энергии тела:

$$A = \Delta E_k = E_{k_2} - E_{k_1}.$$

Потенциальная энергия E_p — это энергия, которой обладает тело вследствие взаимодействия с другими телами. Потенциальной энергией обладает тело, поднятое на высоту и упруго деформированное. Потенциальная энергия тела, поднятого над землей, прямо пропорциональна его массе и высоте:

$$E_p = mgh.$$

Если под действием силы тело изменило высоту или деформацию, то работа этой силы равна изменению потенциальной энергии тела, взятой со знаком «минус»:

$$A = -\Delta E_p = -(E_{p_2} - E_{p_1}).$$

Приспособления, с помощью которых можно получить выигрыш в силе, называют простыми механизмами. К ним относятся рычаг и блок.

Рычаг представляет собой твердый стержень, способный вращаться вокруг неподвижной оси O (рис. 7).

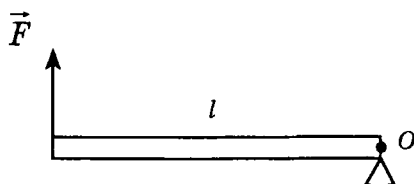


Рис. 7

Моментом силы M называется произведение силы, действующей на тело, имеющее ось вращения, и плеча этой силы:

$$M = Fl.$$

Плечом силы l называется кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы.

Рычаг находится в равновесии, когда момент силы, вращающей его по часовой стрелке, равен моменту силы, вращающей его против часовой стрелки (рис. 8):

$$M_1 = M_2, \text{ или } F_1 l_1 = F_2 l_2.$$

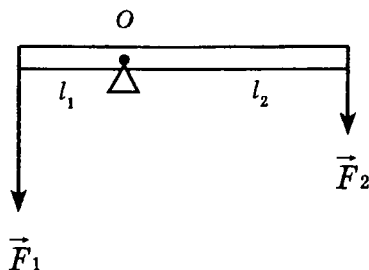


Рис. 8

Различают неподвижный (рис. 9, а) и подвижный (рис. 9, б) блоки. Неподвижный блок не дает выигрыша в силе, но позволяет изменять ее направление. Подвижный блок позволяет выиграть в силе в 2 раза. На рис. 9, б сила F , с которой тянут за свободный конец каната, вдвое меньше веса груза P . Но при этом вдвое проигрывает в расстоянии.

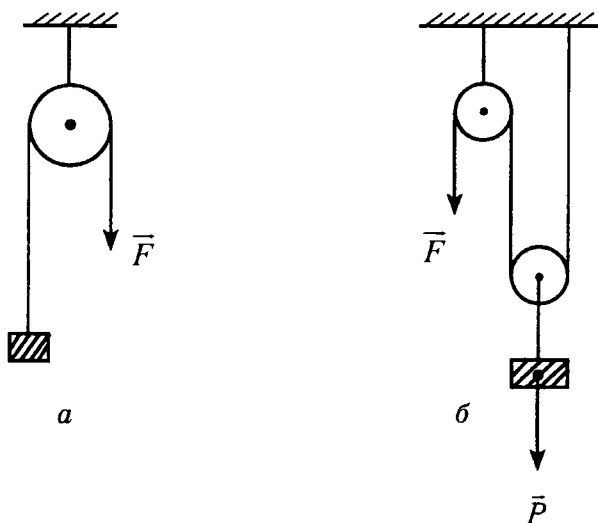


Рис. 9

Давлением p называется отношение силы давления $F_{\text{давл}}$ к площади опоры тела S :

$$p = \frac{F_{\text{давл}}}{S}.$$

Силой давления $F_{\text{давл}}$ называют силу, действующую на тело перпендикулярно его площади опоры. Следует знать, что хотя сила давления — величина векторная, но давление p — величина скалярная, оно не имеет направления. Единица давления в СИ — паскаль ($\text{Па} = \text{Н}/\text{м}^2$).

С увеличением глубины жидкости давление в ней возрастает, так как увеличивается высота столба жидкости над уровнем, на котором определяется давление. Давление столба жидкости прямо пропорционально плотности жидкости и высоте ее столба:

$$p = \rho gh.$$

Закон Паскаля: давление, производимое на жидкость или газ, передается по всем направлениям без изменения.

Следствием закона Паскаля является закон сообщающихся сосудов: в неподвижных и открытых сообща-

ющихся сосудах любой формы давление жидкости на любом горизонтальном уровне одинаково. Вследствие этого в неподвижных и открытых сообщающихся сосудах однородная жидкость всегда устанавливается на одинаковом уровне независимо от формы сосудов (рис. 10):

$$h_1 = h_2.$$

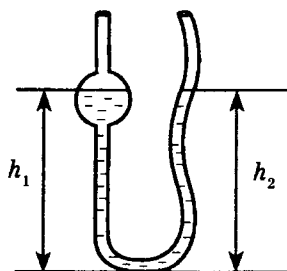


Рис. 10

На законе Паскаля основано действие гидравлического пресса (рис. 11) — устройства, позволяющего получить выигрыш в силе во столько раз, во сколько площадь большего поршня больше площади меньшего поршня. Формула гидравлического пресса:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}.$$

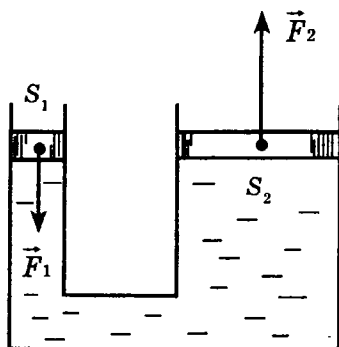


Рис. 11

При этом согласно золотому правилу механики выигрыша в работе гидравлический пресс не дает, так как во сколько раз мы выигрываем на большом поршне в силе, во столько раз он проходит меньшее расстояние по сравнению с малым поршнем.

Другим законом гидродинамики, определяющим действие жидкостей и газов на погруженные в них тела, является закон Архимеда: на тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, направленная вверх и равная весу жидкости или газа, вытесненных телом.

Выталкивающая сила прямо пропорциональна плотности жидкости и объему погруженного в нее тела:

$$F_{\text{выт}} = \rho_{\text{ж}} g V.$$

Благодаря действию выталкивающей силы тела плавают в жидкости или газе. Условие плавания тел: тело плавает в жидкости, когда выталкивающая сила равна весу тела.

Когда плотность тела значительно меньше плотности жидкости, то равновесия может не наступить, если вес тела при всплытии все время будет меньше выталкивающей силы. При этом тело будет находиться на поверхности жидкости, совсем не погружаясь в нее, как это делает надувной шарик, брошенный в воду. Если плотность тела равна плотности жидкости, в которую оно полностью погружено, то тело будет плавать в жидкости во взвешенном состоянии, т. е. не поднимаясь и не опускаясь, поскольку при этом вес тела будет равен выталкивающей силе.

Если вес тела окажется больше выталкивающей силы, то оно утонет.

Нашу Землю окружает атмосфера, простирающаяся на высоту в несколько тысяч километров. Вследствие земного тяготения на атмосферный воздух действует сила тяжести, в результате чего верхние слои атмосферы давят на нижние. Атмосферное давление на тело обусловлено весом воздушных слоев, расположенных над ним.

На уровне моря величина атмосферного давления в среднем составляет 760 мм рт. ст., или 10^5 Па. С увеличением высоты над уровнем моря атмосферное давление убывает вместе с весом воздушных слоев из-за ослабления земного тяготения, уменьшаясь через каждые 100 м примерно на 10 мм рт. ст. = 1330 Па.

Одним из первых измерил атмосферное давление итальянский ученый Торричелли. Это случилось три столетия назад. Торричелли взял тонкую стеклянную трубку длиной около метра, запаянную с одного конца, и наполнил ее доверху ртутью. Затем, закрыв открытый конец трубки, перевернул ее и опустил этим концом в открытую чашу с ртутью, после чего открыл трубку. Сначала под действием силы тяжести ртуть стала выливаться из трубки в чашу, а затем перестала. Это случилось в тот момент, когда давление ртути в трубке на уровне открытой поверхности ртути в чаше стало равно атмосферному давлению на открытую поверхность ртути в чаше. Так был создан первый в мире ртутный барометр.

Над ртутью в трубке образовалось замкнутое пространство, заполненное парами ртути, давление которых мало по сравнению с атмосферным, поэтому им пренебрегают. Это пространство было названо торричеллиевой пустотой.

Когда атмосферное давление увеличивалось, т. е. атмосфера сильнее давила на открытую поверхность ртути в чаше, уровень ртути в трубке повышался, а когда оно уменьшалось, то понижался. Присоединив к трубке шкалу, проградуированную в единицах давления, стали измерять давление атмосферы с высокой степенью точности.

Нормальным атмосферным давлением называется давление атмосферы, численно равное давлению столбика ртути высотой 760 мм. Это давление называют также физической атмосферой, сокращенно атм.

$$1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 0,76 \text{ м} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Таким образом, нормальное атмосферное давление порядка 10^5 Па.

Барометры — это приборы, применяемые для измерения атмосферного давления.

Первым ртутным барометром была трубка Торричелли. Ртутные барометры — очень точные приборы, поэтому их применяют там, где необходима высокая точность измерений, например при научных экспериментах. Но у них есть ряд недостатков: они некомпактны, ртуть дорога, ее пары ядовиты, она может разлиться, стекло — разбиться и т. д. Поэтому в быту и технике широко применяют металлические барометры — anerоиды.

Колебания — это движения или процессы, повторяющиеся во времени. Если колебания происходят через равные промежутки времени, они называются *периодическими*.

Величинами, описывающими колебания, являются смещение, амплитуда, период и частота. *Смещение* x — это расстояние от маятника до положения равновесия. *Амплитуда* A — это наибольшее смещение. В одном полном колебании содержится 4 амплитуды.

Период T — время одного полного колебания. Период можно определить, разделив время колебаний на их количество:

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

Частота ν — это число полных колебаний в единицу времени. Частоту можно определить, разделив количество колебаний на их время:

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

Частота — величина, обратная периоду:

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

Гармонические колебания — это колебания, в которых данный параметр изменяется по закону косинуса

или синуса. График косинусоидальных гармонических колебаний изображен на рис. 12.

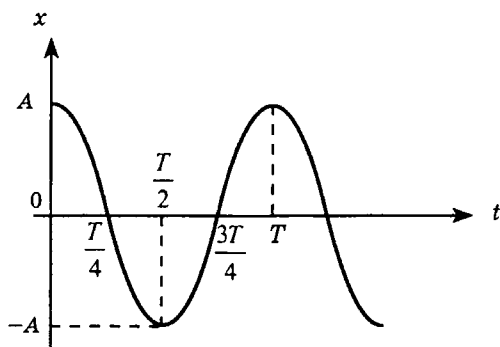


Рис. 12

Гармонические колебания происходят под действием переменной силы, пропорциональной смещению маятника от положения равновесия и всегда направленной к положению равновесия.

Свободные колебания реального маятника, на который действуют внешние силы сопротивления, являются затухающими. Затухающие колебания не являются ни периодическими, ни гармоническими. График затухающих колебаний изображен на рис. 13.

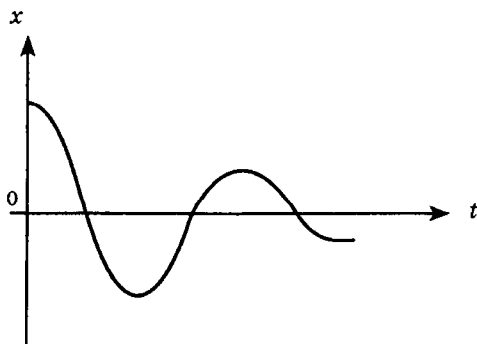


Рис. 13

Если на реальный маятник действует периодически изменяющаяся внешняя сила, то такие колебания называются вынужденными. Вынужденные колебания, происходящие под действием гармонически изменяющейся внешней силы, тоже являются гармоническими и незатухающими. Их частота равна частоте внешней силы и называется частотой вынужденных колебаний.

Если частота собственных колебаний маятника равна частоте вынужденных колебаний, то при малом сопротивлении внешней среды наступает механический резонанс — явление резкого возрастания амплитуды колебаний, когда частота вынужденных колебаний становится равной собственной частоте маятника.

Механической волной называют распространение механических колебаний в упругой среде.

Механические волны бывают поперечные и продольные. *Поперечной* волной называют волну, в которой частицы колеблются перпендикулярно направлению распространения волны (рис. 14), а *продольной* — в которой частицы колеблются вдоль направления распространения волны (рис. 15).

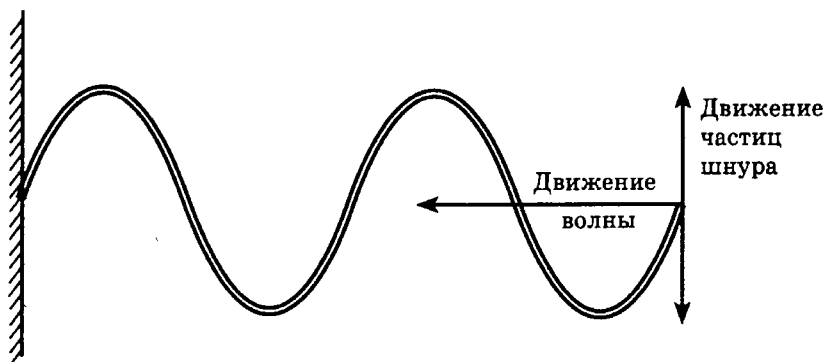


Рис. 14

Поперечные волны возникают вследствие сдвига слоев среды относительно друг друга, поэтому они распространяются только в твердых телах. Продольные

волны возникают вследствие сжатия и разрежения среды, поэтому они могут возникать в жидких, твердых и газообразных средах.

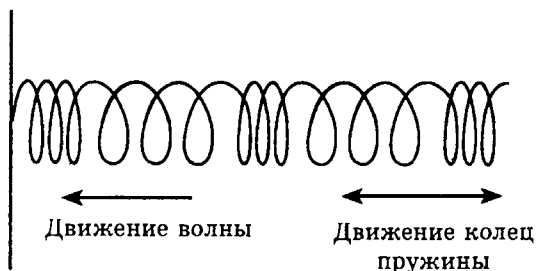


Рис. 15

Вследствие отставания колебаний одних частиц среды от других в поперечных волнах возникают гребни и впадины (как в резиновом шнуре на рис. 14), а в продольных — сгущения и разрежения (как в упругой пружине на рис. 15).

В вакууме механические волны распространяться не могут. Поэтому, каким бы сильным ни был взрыв в космосе, на Земле его не услышат.

Расстояние, пройденное волной за один период колебания ее частиц, называется длиной волны. Длина волны равна произведению ее скорости и периода:

$$\lambda = \nu T,$$

или отношению ее скорости к частоте:

$$\lambda = \frac{\nu}{\nu}.$$

На расстоянии длины волны располагаются соседние гребни или соседние впадины в поперечной волне (рис. 16), а также соседние сгущения или соседние разрежения в продольной.

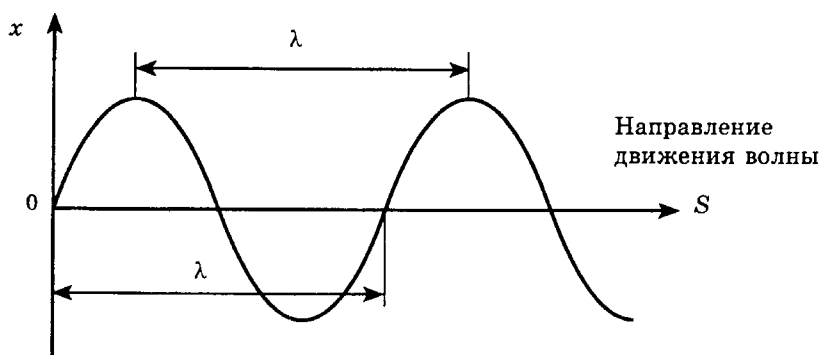


Рис. 16

Скорость волны v — это скорость перемещения гребней или впадин в поперечной волне и сгущений или разрежений в продольной. Скорость волны в данной среде — постоянная величина, так как волны в однородной среде распространяются равномерно и прямолинейно. Скорость волны не равна скорости колебаний ее частиц, так как частицы волны колеблются с переменной скоростью.

Подтверждением волнового процесса в среде является интерференция волн. Волны, частицы которых колеблются с одинаковой частотой, называются *когерентными*. При наложении когерентных волн друг на друга возникает интерференция волн.

Интерференция — это наложение волн друг на друга, в результате которого в пространстве, охваченном волной, перераспределяется волновая энергия и возникают усиления волн (максимумы) и их ослабления (минимумы). При максимуме амплитуды налагающихся волн складываются (рис. 17, а), а при минимуме — вычитаются (рис. 17, б).

Если при минимуме амплитуды волн одинаковы, то волны полностью погасят друг друга.

Продольные волны звуковой частоты называются звуковыми волнами. Звуковой частотой, т.е. частотой, при которой человеческое ухо слышит звук, является частота от 16 Гц до 20 000 Гц. Звук с частотой меньше

16 Гц называется инфразвуком, а звук с частотой выше 20 000 Гц — ультразвуком.

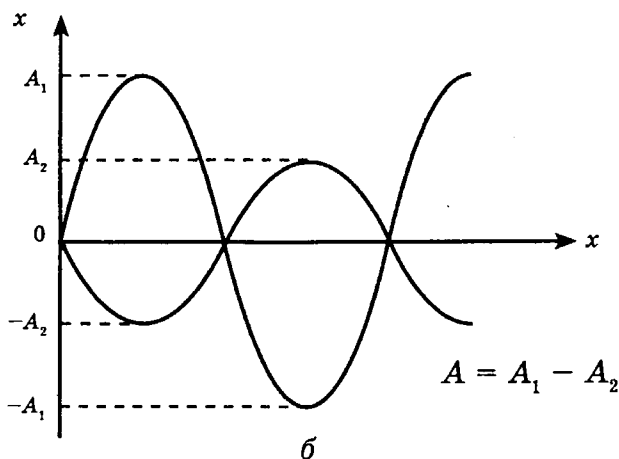
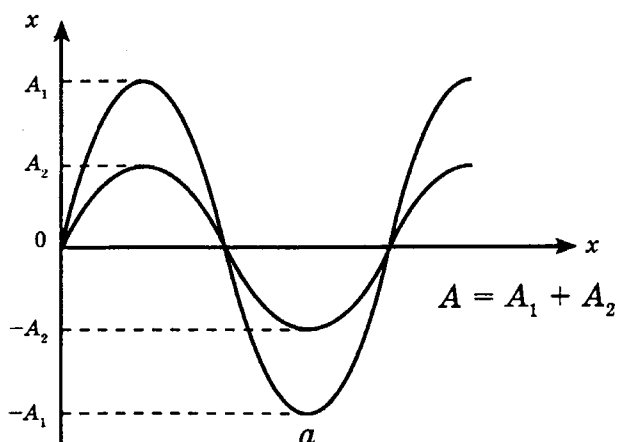


Рис. 17

Высота тона звука зависит от частоты колебаний звучащего тела (вибратора). Чем больше частота колебаний, тем выше тон. Частота колебаний крыльев мухи меньше частоты колебаний крыльев комара, поэтому муха жужжит, а комар пищит.

Громкость (интенсивность) звука зависит от амплитуды колебаний звучащего тела. Чем больше амплитуда колебаний, тем громче звук.

Скорость звука зависит от среды, в которой он распространяется, и от ее температуры. В более плотных и упругих средах звук распространяется быстрее. Скорость звука в воздухе составляет примерно 340 м/с. С повышением температуры скорость звука увеличивается.

Звуковое эхо — это отраженная от преграды звуковая волна, вернувшаяся к источнику звука. Раскаты грома — это многократно повторенное эхо вследствие отражения звуковой волны от облаков. Чем более упругая преграда, чем меньше она поглощает энергию звуковой волны, тем дольше звучит эхо. И наоборот, чтобы звук быстро затухал, стены помещения обивают пористыми или волокнистыми веществами, хорошо поглощающими звуковые волны.

Основные формулы

Формула пути равномерного движения

$$S = vt$$

Здесь S — путь или проекция вектора перемещения на направление движения (м),

v — скорость (м/с),

t — время (с).

Формула ускорения при равноускоренном движении

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

Здесь v — конечная скорость (м/с),

v_0 — начальная скорость (м/с),

t — время (с).

Формула конечной скорости при равноускоренном движении

$$v = v_0 + at$$

Здесь v — конечная скорость (м/с),
 v_0 — начальная скорость (м/с),
 a — ускорение,
 t — время (с).

Уравнение пути (проекция перемещения на направление движения) при равноускоренном движении

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Здесь S — путь или проекция вектора перемещения на направление движения (м),
 v_0 — начальная скорость (м/с),
 a — ускорение (м/с²),
 t — время (с).

Формула центростремительного ускорения

$$a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{r}$$

Здесь $a_{\text{ц}}$ — центростремительное ускорение (м/с²),
 v — скорость (м/с),
 r — радиус окружности (м).

Второй закон Ньютона

$$F = ma$$

Здесь F — сила (Н),
 m — (кг),
 m — масса (кг),
 a — ускорение (м/с²).

Сила тяжести

$$F_{\text{тяж}} = mg$$

Здесь $F_{\text{тяж}}$ — сила тяжести (Н),
 m — масса (кг),
 g — ускорение свободного падения (м/с²).

Закон всемирного тяготения

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Здесь F — сила тяготения (Н),

G — гравитационная постоянная (Н · м²/кг²),

m_1 и m_2 — массы притягивающихся друг к другу тел (кг),

r — расстояние между телами (м).

Ускорение свободного падения на поверхности планеты

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

Здесь g — ускорение свободного падения (м/с²),

G — гравитационная постоянная (Н · м²/кг²),

M — масса планеты (кг),

R — радиус планеты (м).

Ускорение свободного падения на высоте H над поверхностью планеты

$$g = G \frac{M}{(R + H)^2}$$

Здесь g — ускорение свободного падения (м/с²),

G — гравитационная постоянная (Н · м²/кг²),

M — масса планеты (кг),

R — радиус планеты (м),

H — высота над поверхностью планеты.

Формула импульса тела

$$p = mv$$

Здесь p — импульс тела (кг · м/с),

m — масса тела (кг),

v — скорость (м/с).

Формула механической работы

$$A = FS$$

Здесь A — механическая работа (Дж),

F — сила (Н),

S — путь или проекция вектора перемещения на направление движения (м).

Формула мощности в механике

$$N = \frac{A}{t}$$

Здесь N — мощность (Вт),

A — механическая работа (Дж),

t — время (с).

Коэффициент полезного действия (КПД) механизма

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} 100\%$$

Здесь η — КПД механизма (%),

$A_{\text{п}}$ — полезная работа (Дж),

$A_{\text{з}}$ — затраченная работа (Дж).

Формула потенциальной энергии

$$E_p = mgh$$

Здесь E_p — потенциальная энергия (Дж),

m — масса тела (кг),

g — ускорение свободного падения (м/с^2),

h — высота тела над поверхностью (м).

Формула момента силы

$$M = Fl$$

Здесь M — момент силы (Н · м),

F — сила (Н),

l — плечо силы (м).

Формула плотности

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Здесь ρ — плотность вещества (кг/м^3),

m — масса тела (кг),

V — объем тела (м^3).

Формула давления

$$p = \frac{F}{S}$$

Здесь p — давление тела (Па),

F — сила давления (Н),

S — площадь опоры тела (м^2).

Давление столба жидкости

$$p = \rho gh$$

Здесь p — давление жидкости (Па),

ρ — плотность вещества ($\text{кг}/\text{м}^3$),

g — ускорение свободного падения ($\text{м}/\text{с}^2$),

h — высота столба жидкости (м).

Формула выталкивающей (архимедовой) силы

$$F_A = \rho g V$$

Здесь F_A — выталкивающая (архимедова) сила (Н),

ρ — плотность жидкости ($\text{кг}/\text{м}^3$),

g — ускорение свободного падения ($\text{м}/\text{с}^2$),

V — объем погруженного в жидкость тела (м^3).

Формула гидравлического пресса

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$$

Здесь F_1 — сила, действующая на малый поршень пресса (Н),

F_2 — сила, действующая на большой поршень пресса (Н),

S_1 — площадь малого поршня (м^2),

S_2 — площадь большого поршня (м^2).

Связь периода с числом колебаний

$$T = \frac{t}{N}$$

Здесь T — период колебаний (с),
 t — время колебаний (с),
 N — число колебаний (безразмерное).

Связь частоты с числом колебаний

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

Здесь ν — частота колебаний (Гц),
 N — число колебаний (безразмерное),
 t — время колебаний (с).

Связь периода с частотой

$$T = \frac{1}{\nu}$$

Здесь T — период колебаний (с),
 ν — частота колебаний (Гц).

Связь длины волны с периодом

$$\lambda = \nu T$$

Здесь λ — длина волны (м),
 T — период колебаний (с),
 ν — скорость волны (м/с).

Связь длины волны с частотой

$$\lambda = \frac{\nu}{\nu}$$

Здесь λ — длина волны (м),
 ν — скорость волны (м/с),
 ν — частота колебаний (Гц).

Задания

1. Какое из приведенных ниже выражений означает:
 физическое тело;
 физическое явление;
 физический закон?

- 1) При ударе мяч отскакивает от стенки.
- 2) Реактивный самолет.
- 3) Лодочка из фольги плавает на воде.
- 4) Ускорение тела прямо пропорционально действующей на него силе и обратно пропорционально массе тела.
- 5) Пружинный маятник.
- 6) Сила притяжения небесных тел обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Запишите цифры, соответствующие этим выражениям, в таблицу.

Физическое тело	Физическое явление	Физический закон

2. За что платят, когда едут на такси и не попадают в пробки?

- 1) за перемещение;
- 2) за скорость;
- 3) за путь;
- 4) за время поездки.

3. За сколько времени пробежит человек 100 м, двигаясь со скоростью 7,2 км/ч? Ответ выразить в секундах.

- 1) 40 с;
- 2) 50 с;
- 3) 80 с;
- 4) 100 с.

4. Какому движению соответствует график на рис. 18: равномерному или равноускоренному? Чему равна скорость тела?

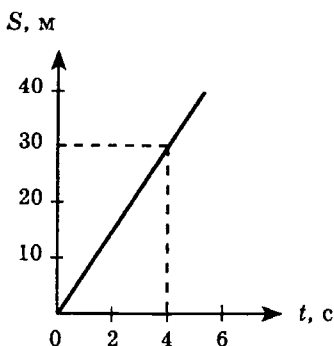
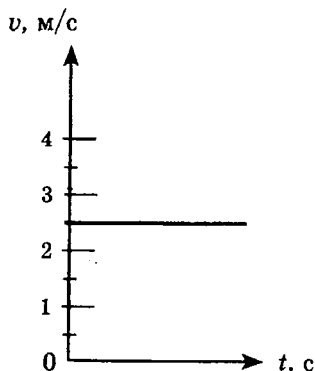


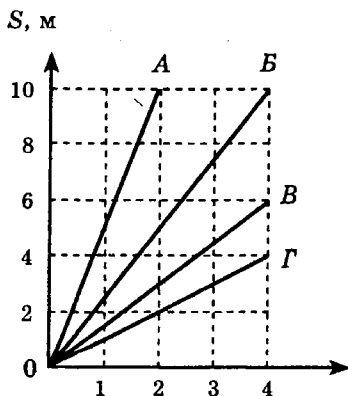
Рис. 18

- 1) равномерному, 4,8 м/с;
- 2) равноускоренному, 5,5 м/с;
- 3) равномерному, 7,5 м/с;
- 4) равноускоренному, 8,5 м/с.

5. На рис. 19, а показан график скорости. Какой график пути на рис. 19, б соответствует этому графику скорости?



а



б

Рис. 19

- 1) А;
- 2) Б;
- 3) В;
- 4) Г.

6. На рис. 20 показан график пути двух тел A и B . Скорость какого тела больше и во сколько раз?

- 1) скорость тела A больше в 4,5 раза;
- 2) скорость тела B больше в 1,5 раза;
- 3) скорость тела A больше в 2 раза;
- 4) скорость тела B больше в 2 раза.

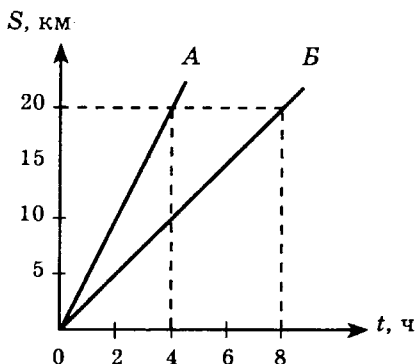


Рис. 20

7. В некоторый момент движения автомобиля по горизонтальному шоссе сила сопротивления движению стала равна силе тяги двигателя. При этом автомобиль:

- 1) станет двигаться с замедлением;
- 2) остановится;
- 3) станет двигаться с ускорением;
- 4) станет двигаться равномерно.

8. На рис. 21 показан график ускорения тела в зависимости от времени движения. Какой участок графика соответствует равноускоренному движению?

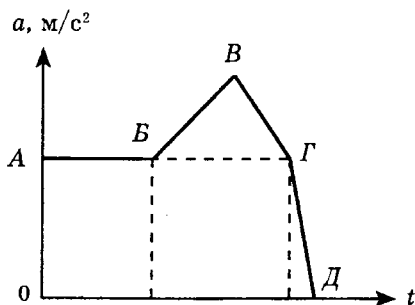


Рис. 21

- 1) АБ; 2) ВВ; 3) ВГ; 4) ГД.

9. По какой из формул можно рассчитать проекцию вектора перемещения при равноускоренном движении?

- 1) $v_x t$; 2) $v_0 x + a_x t$;
 3) v_x / t ; 4) $v_0 x t + 0,5 a_x t^2$.

10. На рис. 22 показаны графики скорости двух тел 1 и 2. Насколько ускорение тела 1 больше ускорения тела 2?

- 1) На 1 м/с²; 2) на 3 м/с²;
 3) на 5 м/с²; 4) на 6 м/с².

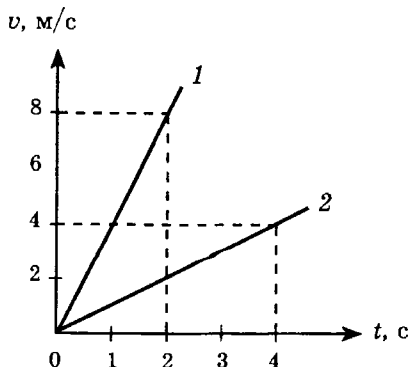


Рис. 22

11. По графику скорости на рис. 23 определить путь, пройденный телом за 4 с.

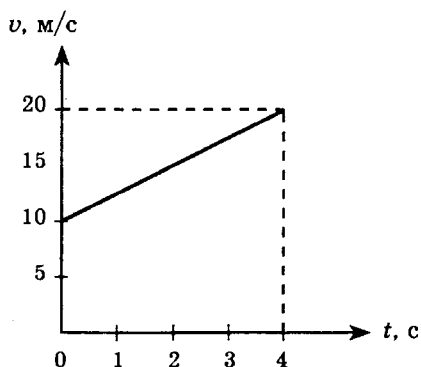


Рис. 23

- 1) 20 м; 2) 40 м; 3) 50 м; 4) 60 м.

12. На рис. 24 показан график скорости тела в зависимости от времени движения. Какой путь пройдет тело за 6 с?

- 1) 9 м; 2) 1,5 м; 3) 4,5 м; 4) 18 м.

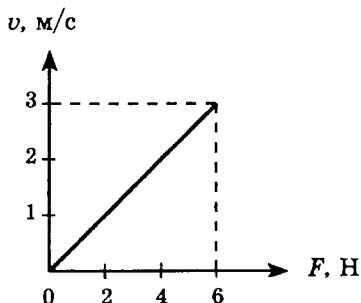


Рис. 24

13. В каком случае систему отсчета, связанную с поездом, можно считать инерциальной?

- А) Когда поезд стоит;
 - Б) когда поезд движется с ускорением;
 - В) когда поезд движется равномерно и прямолинейно;
 - Г) когда поезд движется с замедлением.
- 1) Только А; 2) А и В;
3) только Б; 4) Б и Г.

14. На рис. 25 показан график зависимости ускорения тела от времени движения. На тело действует сила 10 Н. Чему равна масса тела?

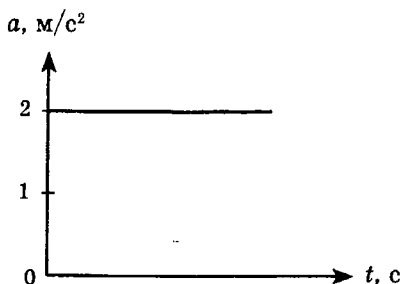


Рис. 25

- 1) 2 кг; 2) 5 кг; 3) 8 кг; 4) 18 кг.

15. За 4 с скорость тела массой 5 кг увеличилась на 2 м/с. Определить силу, действовавшую на тело.

- 1) 0,5 Н; 2) 1,5 Н; 3) 2,5 Н; 4) 4,0 Н.

16. Единица измерения силы ньютон — это:

- 1) кг · м/с; 2) м/с²;
3) кг · м/с²; 4) кг · м²/с².

17. На рис. 26 показан график скорости тела массой 2 кг. Чему равна действующая на это тело сила?

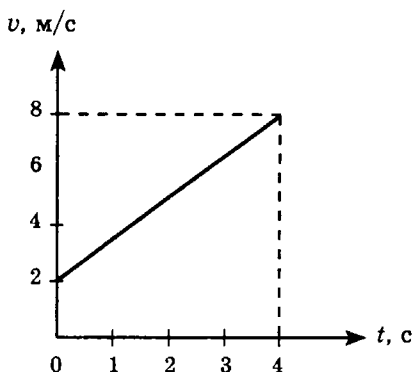


Рис. 26

- 1) 2 Н; 2) 3 Н; 3) 4 Н; 4) 5 Н.

18. Брусок движется по горизонтальной поверхности вправо с замедлением. Как направлены векторы следующих величин:

- | | |
|-------------------------------------|------------|
| Перемещение бруска. | А) вправо; |
| Скорость бруска. | Б) влево. |
| Ускорение бруска. | |
| Сила трения, действующая на брусок. | |

Запишите в таблицу буквы под соответствующими физическими величинами.

Перемещение	Скорость	Ускорение	Сила трения

19. Пуля пробивает бумажную мишень. Сила, с которой мишень действует на пулю:

- 1) меньше силы, с которой пуля ударяет по мишени;
- 2) больше силы, с которой пуля ударяет по мишени;
- 3) равна силе, с которой пуля ударяет по мишени.

20. На рис. 27 показаны силы, действующие на тело. Чему равна равнодействующая этих сил?

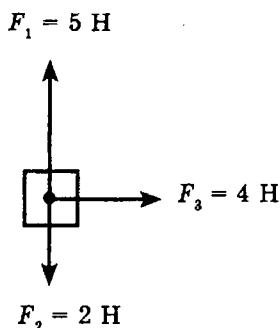


Рис. 27

- 1) 11 Н; 2) 7 Н; 3) 5 Н; 4) 1 Н.

21. В вертикальной трубке создан вакуум. В ней сверху вниз падают монетка, дробишка и перышко. Верным является утверждение, что:

- 1) быстрее всех упадет дробишка;
- 2) быстрее всех упадет монетка;
- 3) медленнее всех упадет перышко;
- 4) монетка, дробишка и перышко упадут одновременно.

22. Камень брошен вверх. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Как направлены векторы следующих величин?

Перемещение камня. А) вверх;

Скорость камня. Б) вниз.

Ускорение камня.

Сила, действующая на камень.

Запишите в таблицу буквы под соответствующими физическими величинами.

Перемещение	Скорость	Ускорение	Сила

23. Камень брошен с земли вверх со скоростью 2 м/с. Через сколько времени он упадет на землю? Сопротивлением пренебречь.

- 1) 0,4 с; 2) 0,6 с; 3) 0,2 с; 4) 0,1 с.

24. Камень бросили вниз с обрыва со скоростью 0,5 м/с. Он упал на землю через 2 с. Чему равна высота обрыва? Сопротивлением пренебречь.

- 1) 9 м; 2) 11 м; 3) 19 м; 4) 21 м.

25. С какой скоростью брошен вверх мяч, если за 0,8 с он достиг высшей точки подъема. На какую высоту поднялся мяч? Сопротивлением пренебречь.

- 1) 4 м/с и 4,4 м; 2) 2 м/с и 2,4 м;
3) 6 м/с и 8,2 м; 4) 8 м/с и 3,2 м.

26. Как изменится сила притяжения спутника к планете, если расстояние между ними увеличится вдвое?

- 1) Уменьшится вдвое; 2) увеличится вдвое;
3) уменьшится вчетверо; 4) увеличится вчетверо.

27. Как изменится ускорение спутника и период обращения вокруг планеты, если радиус его орбиты уменьшится? Скорость спутника не изменится.

- А) увеличится;
Б) уменьшится;
В) не изменится.

Записать буквы, соответствующие физическим величинам, в таблицу.

Ускорение	Период

28. Точка движется равномерно по окружности диаметром 40 см со скоростью 6,28 м/с. Чему равен период ее движения?

- 1) 0,2 с; 2) 0,8 с; 3) 1,4 с; 4) 2,5 с.

29. Точка движется равномерно по окружности. Ее ускорение направлено:

- 1) по радиусу от центра;
- 2) по касательной к окружности в направлении вектора скорости;
- 3) по радиусу к центру.

30. Период обращения спицы колеса увеличился в 3 раза. Частота вращения колеса:

- 1) увеличилась в 3 раза;
- 2) уменьшилась в 3 раза;
- 3) увеличилась в 9 раз;
- 4) уменьшилась в 9 раз.

31. Центростремительное ускорение точки колеса радиусом 50 см равно 2 м/с. Чему равен модуль скорости этой точки?

32. Чему равны периоды секундной стрелки, минутной стрелки и часовой стрелки? Выберите из приведенных чисел числа, соответствующие этим периодам, и занесите их в таблицу:

12 ч

1 мин

24 ч

1 ч

Период секундной стрелки	Период минутной стрелки	Период часовой стрелки

33. Линейная скорость точки на первом диске радиусом 10 см равна 2 м/с, а линейная скорость на втором диске, радиус которого меньше на 2 см, вдвое меньше, чем на первом. Во сколько раз отличаются центростремительные ускорения этих точек?

34. По какой формуле можно определить импульс тела?

- 1) ta ;
- 2) tv ;
- 3) tg ;
- 4) $0,5tv^2$.

35. Импульс тела массой 100 г под действием силы изменился на $4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Насколько изменилась его скорость?

36. С какой скоростью v_1 истекают отработанные газы из сопла ракеты массой без топлива $m_2 = 1 \text{ т}$, если масса топлива в ней $m_1 = 200 \text{ кг}$, а скорость ракеты $v_2 = 800 \text{ м/с}$?

- | | |
|-------------|--------------|
| 1) 400 м/с; | 2) 1,6 км/с; |
| 3) 2 км/с; | 4) 4 км/с. |

37. На платформу массой $m_1 = 500 \text{ кг}$, двигавшуюся горизонтально со скоростью $v_1 = 1,5 \text{ м/с}$, насыпали сверху щебень массой $m_2 = 100 \text{ кг}$. Определить скорость платформы со щебнем v_2 .

- | | |
|--------------|--------------|
| 1) 1,25 м/с; | 2) 0,84 м/с; |
| 3) 1,12 м/с; | 4) 1,05 м/с. |

38. Мальчик массой $m_1 = 25 \text{ кг}$ прыгает с неподвижной лодки массой $m_2 = 100 \text{ кг}$ со скоростью $v_1 = 1,2 \text{ м/с}$. Какую скорость v_2 приобретет лодка в результате этого прыжка?

- | | |
|-------------|-------------|
| 1) 0,1 м/с; | 2) 0,3 м/с; |
| 3) 0,5 м/с; | 4) 0,8 м/с. |

39. Выигрыш в силе при подъеме груза дает:

- 1) неподвижный блок;
- 2) подвижный блок;
- 3) подвижный и неподвижный блоки;
- 4) выигрыш в силе оба блока не дают.

40. Рельс массой 40 кг лежит на земле. Какую минимальную силу надо приложить к его левому концу, чтобы его приподнять? Точкой опоры служит правый конец рельса (рис. 28).

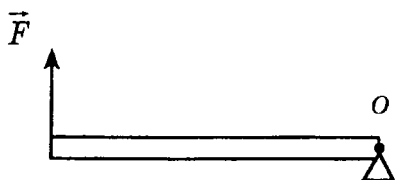


Рис. 28

41. К левому концу легкого стержня приложена сила $F_1 = 10$ Н. Какую силу F_2 нужно приложить к правому концу стержня, чтобы он остался в равновесии? Длина стержня $l = 2$ м, ось вращения проходит через точку O перпендикулярно плоскости чертежа на расстоянии $l_1 = 40$ см от левого конца стержня (рис. 29). Весом стержня пренебречь.

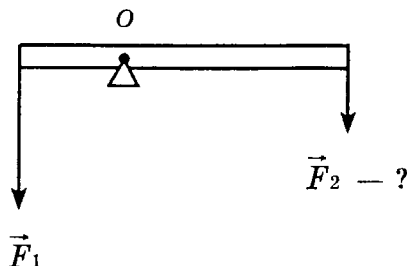


Рис. 29

42. Масса стержня $m = 5$ кг, его длина $l = 1,4$ м. Чему равен момент силы тяжести M относительно оси вращения, проходящей через точку O перпендикулярно плоскости чертежа (рис. 30)?

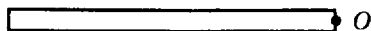


Рис. 30

43. Плотность плитки 2000 кг/м^3 , ее объем 200 см^3 . Какую работу совершает сила тяжести при падении плитки с высоты $1,5 \text{ м}$?

44. Чему равна сила тяги, под действием которой груз перемещают на расстояние 5 м и при этом совершается работа 20 кДж ?

45. Под действием силы 2 кН груз перемещают на расстояние 3 м за 15 с . Какую развивают мощность? Направление силы совпадает с направлением перемещения.

46. На какой высоте находится тело массой 3 кг , если оно обладает вследствие этого потенциальной энергией $1,5 \text{ кДж}$?

47. На рис. 31 изображен график зависимости потенциальной энергии тела от его высоты над землей. Чему равна масса этого тела?

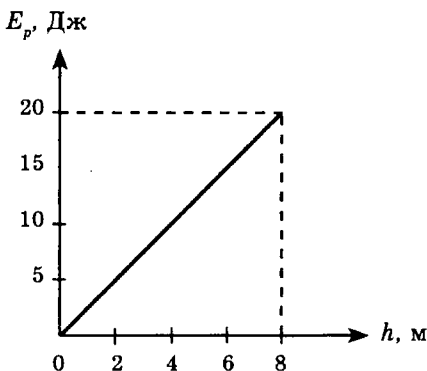


Рис. 31

48. Летящий на высоте снаряд обладает:

- 1) только кинетической энергией;
- 2) только потенциальной энергией;
- 3) и кинетической, и потенциальной энергией.

49. При взлете брошенного вверх мяча:

- 1) его потенциальная энергия уменьшается, а кинетическая увеличивается;
- 2) увеличивается и кинетическая, и потенциальная энергии;
- 3) потенциальная энергия увеличивается, а кинетическая уменьшается;
- 4) уменьшаются и кинетическая, и потенциальная энергии.

50. При падении с высоты 6 м без начальной скорости в некоторый момент груз массой 2 кг оказался на высоте 2 м над землей. Чему равна кинетическая энергия груза на высоте 2 м? Сопротивлением пренебречь.

- 1) 80 Дж;
- 2) 30 Дж;
- 3) 120 Дж;
- 4) 60 Дж.

51. Чему равна у земли кинетическая энергия груза массой 4 кг, упавшего свободно с высоты 5 м?

- 1) 50 Дж;
- 2) 200 Дж;
- 3) 75 Дж;
- 4) 20 Дж.

52. За четверть периода колеблющийся маятник прошел путь $S = 3$ см. Чему равна амплитуда колебаний?

- 1) 3 см;
- 2) 6 см;
- 3) 9 см;
- 4) 12 см.

53. Маятник совершил 20 колебаний за 10 с. Чему равна частота колебаний?

- 1) 0,5 Гц;
- 2) 2 Гц;
- 3) 200 Гц;
- 4) 10 Гц.

54. За 5 с маятник совершил 40 колебаний. Сколько колебаний он совершит за 20 с?

- 1) 80;
- 2) 120;
- 3) 160;
- 4) 200.

55. На рис. 32 изображены пары колеблющихся маятников. Какие из них колеблются:

- А) в одной фазе;
- Б) в противофазе?

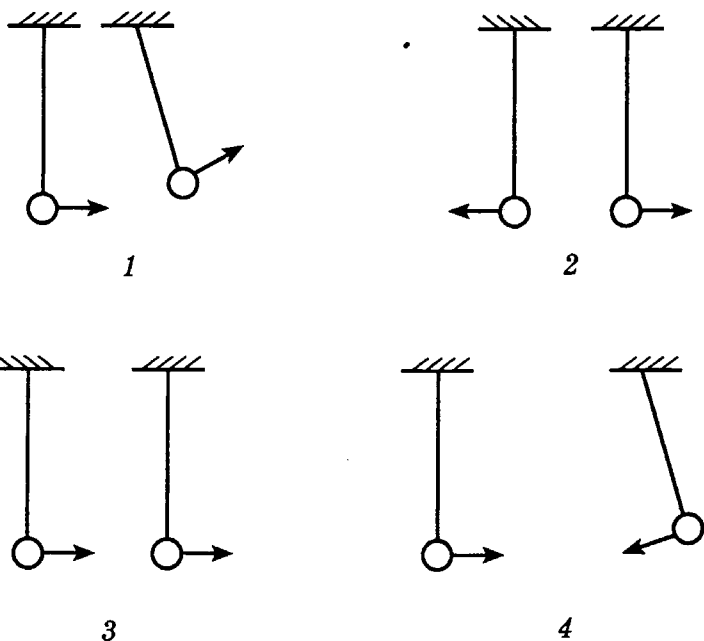


Рис. 32

Цифры под рисунками запишите в таблицу под соответствующими буквами.

А	Б

56. Из графика колебаний на рис. 33 определите, чему равны амплитуда колебаний, период и частота. Результаты вычислений занесите в таблицу.

Амплитуда	Период	Частота

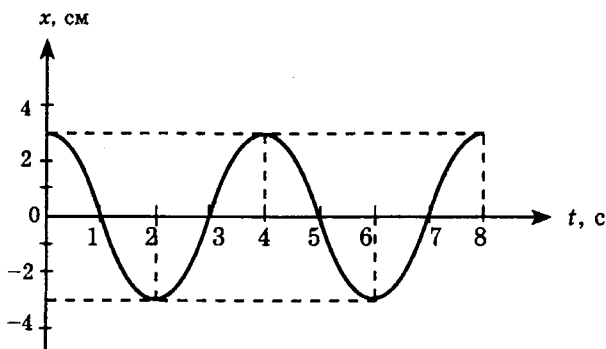


Рис. 33

57. На рис. 34 маятник начал колебаться из положения *A*. Как изменялись его потенциальная и кинетическая энергии при движении маятника из положения *B* в положение *B*?

- 1) увеличивались и потенциальная, и кинетическая энергии;
- 2) потенциальная энергия увеличивалась, а кинетическая уменьшалась;
- 3) потенциальная энергия уменьшалась, а кинетическая увеличивалась;
- 4) уменьшались и потенциальная, и кинетическая энергии.

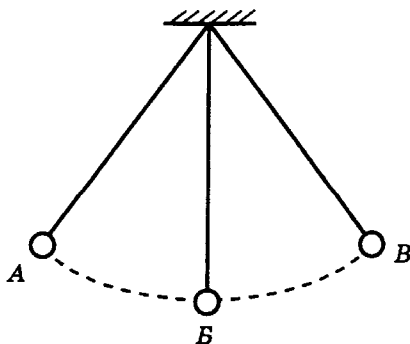


Рис. 34

58. На рис. 35 изображена резонансная кривая, т.е. кривая зависимости амплитуды вынужденных колебаний A маятника от частоты действия вынуждающей силы ν . Определите по графику, во сколько раз амплитуда колебаний при собственной частоте больше амплитуды при частоте вынужденных колебаний 5 Гц.

- 1) В 3 раза; 2) в 4 раза;
3) в 5 раз; 4) в 6 раз.

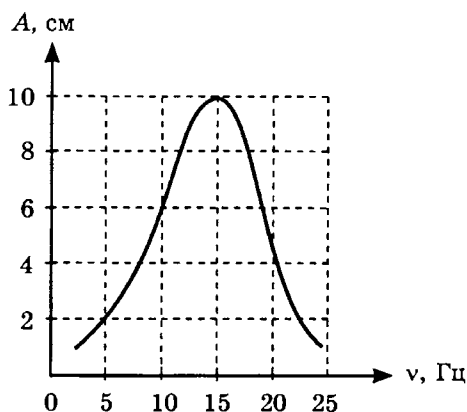


Рис. 35

59. Чему равен объем золотого слитка массой 386 г? Плотность золота $19\,300\text{ кг/м}^3$. Ответ выразить в кубических сантиметрах.

- 1) $0,5\text{ см}^3$; 2) 20 см^3 ; 3) 250 см^3 ; 4) 400 см^3 .

60. Какое давление оказывает на стол брусок массой 500 г, если площадь его основания 40 см^2 ?

- 1) 250 Па; 2) 400 Па; 3) 1250 Па; 4) 5500 Па.

61. На рис. 36 изображен сосуд произвольной формы, в который налита вода. В какой точке давление воды на дно сосуда наибольшее?

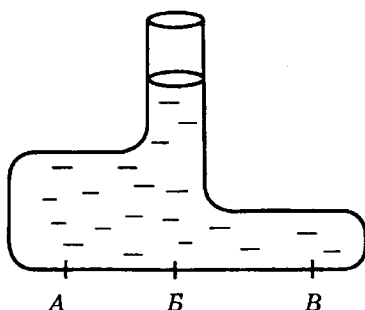


Рис. 36

- 1) А;
- 2) Б;
- 3) В;
- 4) одинаково во всех точках.

62. На каком законе основано действие гидравлического пресса?

- 1) На втором законе Ньютона;
- 2) на законе Ома;
- 3) на законе Паскаля;
- 4) на законе Архимеда.

63. Насколько давление столбика ртути высотой 20 см больше давления столбика воды такой же высоты? Плотность ртути $\rho_1 = 13\,600 \text{ кг/м}^3$, плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$.

- | | |
|---------------|---------------|
| 1) 12 500 Па; | 2) 25 200 Па; |
| 3) 40 500 Па; | 4) 52 000 Па. |

64. Какой высоты h_1 должен быть столбик бензина в цилиндрическом сосуде, чтобы он оказывал на дно сосуда такое же давление, как столбик воды высотой $h_2 = 80 \text{ см}$? Плотность бензина $\rho_1 = 800 \text{ кг/м}^3$, плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$.

- | | | | |
|-----------|-----------|---------|-----------|
| 1) 60 см; | 2) 80 см; | 3) 1 м; | 4) 1,2 м. |
|-----------|-----------|---------|-----------|

65. Площадь малого поршня гидравлического пресса 4 см^2 , а большого 80 см^2 . Чему равна масса груза, который может поднять большой поршень при действии на малый поршень силой 200 Н ?

- 1) 100 кг ; 2) 50 кг ; 3) 250 кг ; 4) 400 кг .

66. Деревянный брусок объемом 100 см^3 плавает в воде, наполовину погружившись в нее. Чему равна выталкивающая сила, действующая на брусок? Плотность воды 1000 кг/м^3 .

- 1) $0,3 \text{ Н}$; 2) $0,5 \text{ Н}$; 3) $1,2 \text{ Н}$; 4) $0,8 \text{ Н}$.

67. По какой формуле можно определить выталкивающую силу?

- 1) ρgh ; 2) ρV ; 3) mgh ; 4) ρgV .

68. Насколько сила, необходимая для удержания бетонной плиты объемом 2 м^3 в воздухе, больше силы, необходимой, чтобы удержать плиту в воде? Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

- 1) $1 \cdot 10^4 \text{ Н}$; 2) $2 \cdot 10^4 \text{ Н}$;
3) $3 \cdot 10^4 \text{ Н}$; 4) $4 \cdot 10^4 \text{ Н}$.

69. Чему равна подъемная сила воздушного шара объемом 50 м^3 , заполненного гелием плотностью $\rho_1 = 0,18 \text{ кг/м}^3$, если масса поднимаемого груза 10 кг ? Плотность воздуха $\rho_2 = 1,3 \text{ кг/м}^3$.

- 1) 150 Н ; 2) 280 Н ; 3) 460 Н ; 4) 600 Н .

70. Чему равен максимальный вес человека, которого может выдержать льдина толщиной $H = 8 \text{ см}$ и с площадью поверхности $S = 6 \text{ м}^2$? Считать, что льдина уже под водой, а человек еще на поверхности. Плотность воды $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность льда $\rho_2 = 900 \text{ кг/м}^3$.

- 1) 240 Н ; 2) 480 Н ; 3) 150 Н ; 4) 380 Н .

71. Алюминиевый шар с пустой полостью внутри него плавает в воде, погружившись на половину своего объема. Наружный объем шара 270 см^3 . Найти объем полости.

Плотность алюминия $\rho_1 = 2700 \text{ кг/м}^3$, плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$.

72. В сосуд с водой опускают из воздуха на нити стальной шар. Как при этом меняются сила тяжести, давление на дно сосуда и сила давления на дно сосуда? Для каждой физической величины укажите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась;
- 2) не изменилась;
- 3) уменьшилась.

Запишите в таблицу цифры, соответствующие изменению.

Сила тяжести	Давление	Сила давления

Ответы на задания

1.	Физическое тело	Физическое явление	Физический закон
	2; 5	1; 3	4; 6

2. За путь.

Верный ответ 3.

3. Выразим скорость в м/с:

$$7,2 \text{ км/ч} = \frac{7,2 \cdot 1000}{3600} \text{ м/с} = 2 \text{ м/с}.$$

Из формулы пути равномерного движения $S = vt$ найдем время $t = \frac{S}{v} = \frac{100}{2} \text{ с} = 50 \text{ с}.$

Верный ответ 2.

4. Если график пути прямая линия, то он соответствует равномерному движению. Из графика на рис. 18 следует, что $v = \frac{30}{4} \text{ м/с} = 7,5 \text{ м/с}$.

Верный ответ 3.

5. Из графика 19, *а* следует, что скорость равна 2,5 м/с. Такой скорости на рис. 19, *б* соответствует график *Б*, потому что координатой точки *Б* на оси *OS* является путь $S = 10 \text{ м}$, а на оси *Ot* является время $t = 4 \text{ с}$. Поэтому скорость $v = \frac{S}{t} = \frac{10}{4} \text{ м/с} = 2,5 \text{ м/с}$.

Верный ответ 2.

6. График *А* на рис. 20 соответствует большей скорости, чем график *Б*, потому что угол наклона графика *А* к оси времени *Ot* больше угла наклона графика *Б*, значит, за одинаковое время тело, движение которого описывает график *А*, пройдет больший путь, чем тело, движению которого соответствует график *Б*. Координатами точки *А* являются путь $S = 20 \text{ м}$ и время $t = 4 \text{ с}$, поэтому скорость, соответствующая графику *А*,

$$v_A = \frac{S}{t} = \frac{20}{4} \text{ м/с} = 5 \text{ м/с}.$$

Координатами точки *Б* являются путь $S = 20 \text{ м}$ и время $t = 8 \text{ с}$, поэтому скорость, соответствующая графику *Б*

$$v_B = \frac{S}{t} = \frac{20}{8} \text{ м/с} = 2,5 \text{ м/с}.$$

Значит, v_A больше v_B в $\frac{5}{2,5} = 2$ — в два раза.

Верный ответ 3.

7. Если сила сопротивления движению стала равна силе тяги двигателя, но направлена противоположно ей, то равнодействующая этих сил равна нулю и по первому

закону Ньютона автомобиль будет двигаться равномерно и прямолинейно.

Верный ответ 4.

8. При равноускоренном движении ускорение a постоянно, поэтому равноускоренному движению соответствует участок AB .

Верный ответ 1.

9. Проекцию вектора перемещения при равноускоренном движении можно рассчитать по формуле

$$S_x = v_{0x}t + 0,5a_x t^2.$$

Верный ответ 4.

10. Поскольку оба графика 1 и 2 выходят из начала координат, значит, в момент времени $t = 0$ начальные скорости тел были равны нулю. Конечная скорость v_1 через $t_1 = 2$ с, соответствующая графику 1, равна 8 м/с, значит, ускорение $a_1 = \frac{v_1 - 0}{t_1} = \frac{8}{2}$ м/с² = 4 м/с². Конечная

скорость v_2 через $t_2 = 4$ с, соответствующая графику 2, равна 4 м/с, значит, ускорение $a_2 = \frac{v_2 - 0}{t_2} = \frac{4}{4}$ м/с² = 1 м/с².

Следовательно, ускорение a_1 больше ускорения a_2 на 4 м/с² - 1 м/с² = 3 м/с².

Верный ответ 2.

11. Путь на графике скорости равноускоренного движения равен площади трапеции с основаниями 10 м/с и 20 м/с и высотой 4 с. А площадь трапеции равна полусумме оснований, умноженной на высоту:

$$S = \frac{10 + 20}{2} \cdot 4 \text{ м} = 60 \text{ м}.$$

Верный ответ 4.

12. Поскольку согласно графику начальная скорость равна нулю, то путь равен площади прямоугольного треугольника с катетами 3 м/с и 6 с, которая равна половине произведения катетов $S = \frac{3 \cdot 6}{2} \text{ м} = 9 \text{ м}$.

Верный ответ 1.

13. Систему отсчета, связанную с поездом, можно считать инерциальной, когда поезд стоит или движется равномерно и прямолинейно. Верно А и В.

14. Из второго закона Ньютона масса тела $m = \frac{F}{a}$.

Согласно графику на рис. 25 ускорение $a = 2 \text{ м/с}^2$.

Тогда масса тела $m = \frac{10}{2} \text{ кг} = 5 \text{ кг}$.

Верный ответ 2.

15. По второму закону Ньютона $F = ma$. Ускорение найдем по формуле $a = \frac{v - v_0}{t}$. Здесь согласно условию изменение скорости $v - v_0 = 2 \text{ м/с}$. Тогда ускорение

$a = \frac{2}{4} \text{ м/с}^2 = 0,5 \text{ м/с}^2$. С учетом этого $F = 5 \cdot 0,5 \text{ Н} = 2,5 \text{ Н}$.

Верный ответ 3.

16. По второму закону Ньютона $F = ma$. Единица силы — ньютон (Н), единица массы — килограмм (кг), единица ускорения — м/с². Значит, Н = кг · м/с².

Верный ответ 3.

17. По второму закону Ньютона $F = ma$. Ускорение найдем из графика скорости на рис. 26:

$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{8 - 2}{4} \text{ м/с}^2 = 1,5 \text{ м/с}^2$.

С учетом этого $F = 2 \cdot 1,5 \text{ Н} = 3 \text{ Н}$.

Верный ответ 2.

18.

Перемещение	Скорость	Ускорение	Сила трения
А	А	Б	Б

Верный ответ 3.

19. По третьему закону Ньютона сила, с которой взаимодействуют два тела, равны по модулю и противоположны по направлению. Значит, сила, с которой мишень действует на пулю, по модулю равна силе, с которой пуля ударяет по мишени.

Верный ответ 3.

20. Равнодействующая противоположных сил F_1 и F_2

$$F_{12} = F_1 - F_2 = 5 \text{ Н} - 2 \text{ Н} = 3 \text{ Н}.$$

Равнодействующую F сил F_{12} и F_3 (рис. 37) определим по теореме Пифагора $F = \sqrt{F_{12}^2 + F_3^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ Н} = 5 \text{ Н}$.

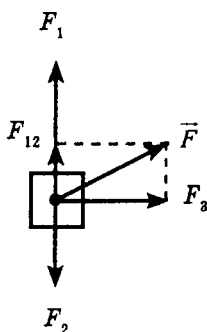


Рис. 37

Верный ответ 3.

21. Поскольку все тела падают свободно с одинаковым ускорением $g = 10 \text{ м/с}^2$, то согласно формуле $S = \frac{gt^2}{2}$

одинаковый путь S они пройдут за одно и то же время t , поэтому упадут одновременно.

Верный ответ 4.

22. Перемещение и скорость камня направлены вверх, а ускорение свободного падения и сила тяжести вниз.

Перемещение	Скорость	Ускорение	Сила
А	А	Б	Б

23. Время подъема камня до высшей точки, где его скорость станет равна нулю, найдем из формулы $g = \frac{v_0}{t}$, откуда $t = \frac{v_0}{g} = \frac{2}{10}$ с = 0,2 с. Столько же времени камень будет падать вниз, поэтому он упадет на землю после броска через $0,2 \cdot 2$ с = 0,4 с.

Верный ответ 1.

24. Высоту обрыва H найдем по формуле

$$H = v_0 t + \frac{gt^2}{2} = \left(0,5 \cdot 2 + \frac{10 \cdot 2^2}{2} \right) \text{ м} = 21 \text{ м.}$$

Верный ответ 4.

25. В высшей точке подъема скорость мяча равна нулю. Поэтому формула зависимости скорости мяча от времени движения $v = v_0 - gt$ примет вид $0 = v_0 - gt$, откуда $v_0 = gt = 10 \cdot 0,8$ м/с = 8 м/с.

Высоту H , на которую поднимется мяч, найдем из формулы $v_0^2 = 2gH$, откуда $H = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{8^2}{2 \cdot 10}$ м = 3,2 м.

Верный ответ 4.

26. Из закона всемирного тяготения $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ следует, что при увеличении расстояния r вдвое сила притяжения уменьшится в $2^2 = 4$ раза.

Верный ответ 3.

27. Центробежное ускорение спутника связано с его линейной скоростью v формулой $a_{ц} = \frac{v^2}{r}$. С учетом этого равенства при неизменной линейной скорости уменьшение радиуса орбиты приведет к увеличению центробежного ускорения спутника.

Линейная скорость связана с периодом обращения спутника формулой $v = \frac{2\pi r}{T}$, откуда $T = \frac{2\pi r}{v}$. Отсюда следует, что при уменьшении радиуса орбиты и неизменной линейной скорости период T уменьшится.

Ускорение	Период
А	Б

28. Линейная скорость связана с периодом обращения спутника формулой $v = \frac{2\pi r}{T}$, откуда $T = \frac{2\pi r}{v}$, где диаметр

$$d = 2r, \text{ поэтому } T = \frac{\pi d}{v} = \frac{3,14 \cdot 0,4}{6,28} \text{ с} = 0,2 \text{ с.}$$

Верный ответ 1.

29. Центробежное ускорение точки направлено по радиусу к центру окружности.

Верный ответ 3.

30. Период и частота — обратные величины: $\nu = \frac{1}{T}$.

Следовательно, если период T увеличился в три раза, то частота ν в 3 раза уменьшилась.

Верный ответ 2.

31. Из формулы центробежного ускорения $a_{ц} = \frac{v^2}{R}$ найдем модуль скорости

$$v = \sqrt{a_{ц} R} = \sqrt{2 \cdot 0,5} \text{ м/с} = 1 \text{ м/с.}$$

32.

Период секундной стрелки	Период минутной стрелки	Период часовой стрелки
1 мин	1 час	12 ч

33. Центробежное ускорение точки на первом

$$\text{диске } a_{ц1} = \frac{v_1^2}{R_1} = \frac{2^2}{0,1} \text{ м/с}^2 = 40 \text{ м/с}^2.$$

Радиус второго диска $R_2 = 10 \text{ см} - 2 \text{ см} = 8 \text{ см} = 0,08 \text{ м}$, а скорость его точки $v_2 = \frac{2}{2} \text{ м/с} = 1 \text{ м/с}$.

Поэтому центробежное ускорение точки на втором диске $a_{ц2} = \frac{v_2^2}{R_2} = \frac{1^2}{0,08} \text{ м/с}^2 = 12,5 \text{ м/с}^2$. Значит,

центробежное ускорение точки на первом диске больше центробежного ускорения точки на втором диске в $\frac{40}{12,5} = 3,2$ раза.

34. Импульс тела можно определить по формуле $p = mv$.

Верный ответ 2.

35. $100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$. Изменение импульса тела Δp связано с изменением его скорости Δv формулой $\Delta p = m\Delta v$. Отсюда изменение скорости

$$\Delta v = \frac{\Delta p}{m} = \frac{4}{0,1} \text{ м/с} = 40 \text{ м/с}.$$

36. $1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}$. По закону сохранения импульса импульс отработанных газов $m_1 v_1$ равен импульсу ракеты $m_2 v_2$: $m_1 v_1 = m_2 v_2$, откуда

$$v_1 = \frac{m_2 v_2}{m_1} = \frac{1000 \cdot 800}{200} \text{ м/с} = 4000 \text{ м/с} = 4 \text{ км/с}.$$

Верный ответ 4.

37. По закону сохранения импульса импульс платформы без щебня $m_1 v_1$ равен импульсу платформы со щебнем $(m_1 + m_2) v_2$: $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_2$, откуда

$$v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{500 \cdot 1,5}{500 + 100} \text{ м/с} = 1,25 \text{ м/с.}$$

Верный ответ 1.

38. По закону сохранения импульса импульс мальчика $m_1 v_1$ равен импульсу лодки $m_2 v_2$: $m_1 v_1 = m_2 v_2$, откуда $v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2} = \frac{25 \cdot 1,2}{100} \text{ м/с} = 0,3 \text{ м/с.}$

Верный ответ 2.

39. Выигрыш в силе при подъеме груза дает подвижный блок.

Верный ответ 2.

40. По правилу моментов сил момент силы F , плечо которой равно длине рельса l , должен быть равен моменту тяжести mg , плечо которой равно половине длины рельса $\frac{l}{2}$ (рис. 38): $Fl = mg \frac{l}{2}$, откуда

$$F = \frac{mg}{2} = \frac{40 \cdot 10}{2} \text{ Н} = 200 \text{ Н.}$$

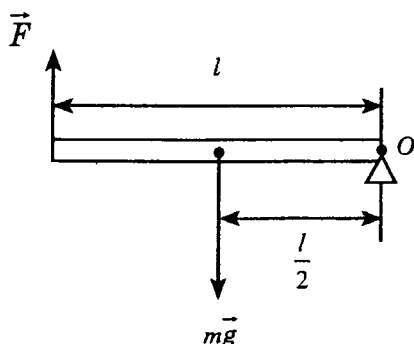


Рис. 38

41. 40 см = 0,4 м. По правилу моментов сил

$$F_1 l_1 = F_2 (l - l_1),$$

откуда $F_2 = F_1 \frac{l_1}{l - l_1} = 10 \frac{0,4}{2 - 0,4} \text{ Н} = 2,5 \text{ Н}.$

42. Момент силы тяжести равен произведению силы тяжести и ее плеча. А плечом силы тяжести является половина длины стержня (рис. 39).

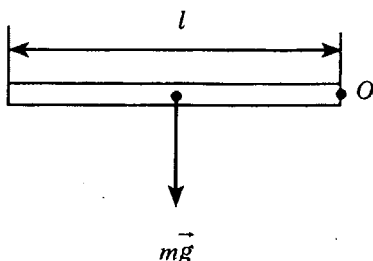


Рис. 39

Поэтому момент силы тяжести

$$M = mg \frac{l}{2} = 5 \cdot 10 \cdot \frac{1,4}{2} \text{ Н} \cdot \text{м} = 35 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

43. $200 \text{ см}^3 = 200 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$ Работа силы тяжести равна произведению силы тяжести и высоты $A = mgh.$ Массу выразим через плотность и объем $m = \rho V.$ С учетом этого равенства

$$A = \rho Vgh = 2000 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot 1,5 \text{ Дж} = 6 \text{ Дж}.$$

44. 20 кДж = 20 000 Дж. Из формулы работы $A = FS$ определим силу тяги $F = \frac{A}{S} = \frac{20\,000}{5} \text{ Н} = 4000 \text{ Н}.$

45. 2 кН = 2000 Н. Мощность равна отношению работы ко времени $N = \frac{A}{t}.$ Работу определим произведени-

ем силы на модуль перемещения $A = FS$. С учетом этого равенства $N = \frac{FS}{t} = \frac{2000 \cdot 3}{15}$ Вт = 400 Вт.

46. 1,5 кДж = 1500 Дж. По формуле потенциальной энергии $E_p = mgh$, откуда высота

$$h = \frac{E_p}{mg} = \frac{1500}{3 \cdot 10} \text{ м} = 50 \text{ м}.$$

47. Из графика на рис. 31 следует, что на высоте $h = 8$ м тело обладало потенциальной энергией 20 Дж. Из формулы потенциальной энергии $E_p = mgh$ масса тела

$$m = \frac{E_p}{gh} = \frac{20}{10 \cdot 8} \text{ кг} = 0,25 \text{ кг}.$$

48. Летящий на высоте снаряд обладает и кинетической, и потенциальной энергией.

Верный ответ 3.

49. При взлете брошенного вверх мяча потенциальная энергия увеличивается, а кинетическая уменьшается.

Верный ответ 3.

50. На высоте $H = 6$ м груз обладал максимальной потенциальной энергией $E_{pm} = mgH$. На высоте $h = 2$ м часть потенциальной энергии превратилась в кинетическую, а у груза осталась потенциальная энергия $E_p = mgh$. Значит, кинетическая энергия на высоте $h = 2$ м.

$$E_k = mgH - mgh = mg(H - h) = 2 \cdot 10(6 - 2) \text{ Дж} = 80 \text{ Дж}.$$

Верный ответ 1.

51. Потенциальная энергия груза E_p на высоте $h = 5$ м при свободном падении у земли полностью превращается в его кинетическую энергию:

$$E_k = E_p = mgh = 4 \cdot 10 \cdot 5 \text{ Дж} = 200 \text{ Дж}.$$

Верный ответ 2.

52. За один период маятник проходит путь, равный четырем амплитудам. Значит, за четверть периода он пройдет путь, равный одной амплитуде: $A = S = 3$ см.

Верный ответ 1.

53. Частота колебаний равна отношению числа колебаний к их времени:

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{20}{10} \text{ Гц} = 2 \text{ Гц.}$$

Верный ответ 2.

54. Частота колебаний маятника

$$\nu = \frac{N_1}{t_1} = \frac{40}{5} \text{ Гц} = 8 \text{ Гц.}$$

Значит, за 20 с он совершит

$$N_2 = \nu t_2 = 8 \cdot 20 = 160 \text{ колебаний.}$$

Верный ответ 3.

55.

А	Б
3	2

56.

Амплитуда	Период	Частота
3 см	4 с	0,25 Гц

57. При движении маятника из положения В в положение Б его потенциальная энергия уменьшалась, а кинетическая увеличивалась.

Верный ответ 3.

58. Из графика следует, что амплитуда достигла максимума 10 см при собственной частоте 15 Гц. А при частоте 5 Гц амплитуда равна 2 см. Значит, амплитуда колебаний при собственной частоте больше амплитуды при частоте вынужденных колебаний 5 Гц в $\frac{15}{5} = 3$ раза.

Верный ответ 1.

59. $386 \text{ г} = 0,386 \text{ кг}$. Плотность вещества равна отношению его массы к объему $\rho = \frac{m}{V}$. Отсюда объем

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{0,386}{19300} \text{ м}^3 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^6 \text{ см}^3 = 20 \text{ см}^3.$$

Верный ответ 2.

60. $500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$, $40 \text{ см}^2 = 40 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Давление бруска на стол p равно отношению силы давления, т. е. веса бруска P , к площади его основания S . А вес бруска равен силе тяжести, поэтому давление

$$p = \frac{P}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{0,5 \cdot 10}{40 \cdot 10^{-4}} \text{ Па} = 1250 \text{ Па}.$$

Верный ответ 3.

61. По закону Паскаля давление воды на дно сосуда одинаково во всех точках.

Верный ответ 4.

62. Действие гидравлического пресса основано на законе Паскаля.

Верный ответ 3.

63. Давление столбика ртути высотой $h = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$,

$$p_1 = \rho_1 g h,$$

а давление столбика воды

$$p_2 = \rho_2 g h.$$

Значит, давление столбика ртути больше давления столбика воды на величину

$$p_1 - p_2 = \rho_1 g h_1 - \rho_2 g h_2 = g h (\rho_1 - \rho_2) = \\ = 10 \cdot 0,2 (13\,600 - 1000) \text{ Па} = 25\,200 \text{ Па}.$$

Верный ответ 2.

64. Давление p столбика бензина высотой h_1

$$p = \rho_1 g h_1,$$

а давление p столбика воды высотой h_2

$$p = \rho_2 g h_2.$$

Поскольку давление бензина и воды одинаково,

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2, \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2, \text{ откуда}$$

$$h_1 = h_2 \frac{\rho_2}{\rho_1} = 80 \frac{1000}{800} \text{ см} = 100 \text{ см} = 1 \text{ м}.$$

Верный ответ 3.

65. По формуле гидравлического пресса сила F_2 , действующая на большой поршень, во столько раз больше силы F_1 , действующей на малый поршень, во сколько площадь S_2 большого поршня больше площади S_1 малого поршня:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}.$$

Сила F_2 равна силе тяжести груза mg , поэтому $\frac{mg}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$, откуда $m = \frac{F_1 S_2}{g S_1} = \frac{200 \cdot 80}{10 \cdot 4} \text{ кг} = 400 \text{ кг}.$

Верный ответ 4.

66. $100 \text{ см}^3 = 100 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$ Выталкивающая сила

$$F_{\text{выт}} = \rho_{\text{воды}} g \frac{V}{2} = 1000 \cdot 10 \cdot \frac{100 \cdot 10^{-6}}{2} \text{ Н} = 0,5 \text{ Н}.$$

Верный ответ 2.

67. Выталкивающую силу можно определить по формуле $F_{\text{выт}} = \rho g V.$

Верный ответ 4.

68. Сила, необходимая для удержания бетонной плиты в воздухе, $F_1 = mg.$ Сила, необходимая для удержания бетонной плиты в воде, $F_2 = mg - F_{\text{выт}},$ где выталкивающая сила $F_{\text{выт}} = \rho g V.$ Значит, сила, необходимая для удержания бетонной плиты в воздухе, больше силы, необходимой, чтобы удержать плиту в воде, на величину

$$F_1 - F_2 = mg - (mg - F_{\text{выт}}) = mg - mg + F_{\text{выт}} = \\ = F_{\text{выт}} = \rho g V = 1000 \cdot 10 \cdot 2 \text{ Н} = 20\,000 \text{ Н} = 2 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Верный ответ 2.

69. Подъемная сила воздушного шара F равна разности между выталкивающей силой $F_{\text{выт}}$, направленной вверх, и силой тяжести mg , направленной вниз:

$$F = F_{\text{выт}} - mg.$$

Здесь m — общая масса гелия и груза

$$m = m_{\text{гелия}} + m_{\text{груза}}.$$

Масса гелия $m_{\text{гелия}} = \rho_1 V$. С учетом этого равенства

$$m = \rho_1 V + m_{\text{груза}}.$$

Выталкивающая сила $F_{\text{выт}} = \rho_2 g V$.

Тогда подъемная сила

$$F = \rho_2 g V - (\rho_1 V + m_{\text{груза}})g = g(\rho_2 V - \rho_1 V - m_{\text{груза}}) = \\ = g(V(\rho_2 - \rho_1) - m_{\text{груза}}) = \\ = 10(50(1,3 - 0,18) - 10) \text{ Н} = 460 \text{ Н}.$$

Верный ответ 3.

70. 8 см = 0,08 м. Согласно условию плавания тел выталкивающая сила, действующая на льдину, должна быть равна сумме веса льдины и человека, а вес здесь равен силе тяжести. Поэтому

$$F_{\text{выт}} = (m_{\text{льдины}} + m_{\text{человека}})g,$$

где $F_{\text{выт}} = \rho_1 g V$, а объем льдины $V = HS$, поэтому

$$F_{\text{выт}} = \rho_1 g HS.$$

Масса льдины $m_{\text{льдины}} = \rho_2 V = \rho_2 g HS$.

Тогда условие плавания примет вид

$$\rho_1 g HS = (\rho_2 g HS + m_{\text{человека}})g,$$

$$\rho_1 HS = \rho_2 g HS + m_{\text{человека}},$$

откуда

$$m_{\text{человека}} = HS(\rho_1 - \rho_2) = 0,08 \cdot 6(1000 - 900) \text{ кг} = 48 \text{ кг}.$$

Вес человека $P = m_{\text{человека}} g = 48 \cdot 10 \text{ Н} = 480 \text{ Н}$.

Верный ответ 2.

71. Согласно условию плавания тел выталкивающая сила, действующая на шар, должна быть равна весу алюминия $F_{\text{выт}} = P$, где $P = mg$. В свою очередь

$$F_{\text{выт}} = \rho_2 g V.$$

Массу алюминия можно определить произведением его плотности и объема $m = \rho_1 V_{\text{алюм}}$, где объем алюминия равен разности между наружным объемом шара и объемом полости: $V_{\text{алюм}} = V - V_{\text{полости}}$. С учетом этих равенств условие плавания шара примет вид

$$\rho_2 g V = \rho_1 (V - V_{\text{полости}}) g,$$

$$\rho_2 V = \rho_1 (V - V_{\text{полости}}),$$

$$\rho_2 V = \rho_1 V - \rho_1 V_{\text{полости}},$$

$$\rho_1 V_{\text{полости}} = \rho_1 V - \rho_2 V = V(\rho_1 - \rho_2),$$

откуда

$$V_{\text{полости}} = V \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} = 270 \frac{2700 - 1000}{2700} \text{ см}^3 = 170 \text{ см}^3.$$

72.

Сила тяжести	Давление	Сила давления
2	1	1

Раздел 2.

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Краткая теория раздела

Все вещества состоят из молекул, которые находятся в вечном хаотическом движении. Молекула — мельчайшая частица данного вещества. Молекулы состоят из атомов. Атом — наименьшая частица химического элемента.

Свойства тел определяются свойствами их молекул и атомов, а также характером движения этих частиц в совокупности.

Между молекулами и атомами всех веществ действуют силы притяжения и отталкивания, имеющие электромагнитное происхождение.

Вечное, непрекращающееся движение молекул свидетельствует о том, что между молекулами всех веществ всегда имеется пространство, иначе они бы не могли двигаться. Опытным доказательством наличия такого пространства являются броуновское движение и диффузия веществ.

Броуновское движение — это движение мельчайших твердых частиц под ударами молекул жидкости, в которой они находятся.

Диффузия — это проникновение молекул одного вещества между молекулами другого вещества.

Диффузия наблюдается у всех веществ: твердых, жидких и газообразных. Скорость диффузии зависит от агрегатного состояния вещества, от самого вещества и от температуры.

Характер движения молекул зависит от агрегатного состояния вещества. Молекулы газов движутся с большими скоростями прямолинейно до столкновения. Силы

взаимодействия молекул газов на расстоянии чрезвычайно малы и заметно проявляются лишь на небольших расстояниях или при столкновении, поэтому газы не сохраняют ни объема, ни формы.

Молекулы жидкостей расположены значительно ближе друг к другу, чем молекулы газов, и силы их взаимодействия тоже значительно больше. Из-за небольших межмолекулярных расстояний и взаимодействия друг с другом молекулы жидкостей могут лишь колебаться около некоторого положения равновесия, время от времени меняясь местами с соседними молекулами, вследствие чего жидкости обладают текучестью. Жидкости не сохраняют формы сосуда, в который ранее были налиты, но сохраняют свой объем.

Молекулы твердых тел расположены еще ближе друг к другу, и их взаимодействие еще сильнее, чем у молекул газов. Они так же, как и молекулы жидкостей, колеблются около положения равновесия, но со значительно меньшими скоростями и амплитудами. Молекулы твердых тел очень редко меняются местами друг с другом, поэтому твердые тела не обладают текучестью и сохраняют и объем, и форму.

Между молекулами всех веществ действуют силы притяжения и отталкивания, имеющие электромагнитное происхождение. Это связано с тем, что в атомах веществ, из которых состоят молекулы, имеются заряды обоих знаков, которые по-разному взаимодействуют друг с другом. Одноименно заряженные частицы атомов отталкиваются друг от друга и одновременно разноименно заряженные частицы притягиваются друг к другу.

Беспорядочное движение молекул называют тепловым движением. С увеличением температуры скорости молекул увеличиваются.

В быту для измерения температуры пользуются шкалой Цельсия. На этой шкале за начало отсчета принят $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ — температура, при которой тает лед. Температуру, измеренную по шкале Цельсия, обозначают $t\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Шкала Цельсия имеет как положительные, так и отрицательные значения температуры.

Каждое тело обладает своей внутренней энергией. *Внутренней энергией* называется сумма кинетических и потенциальных энергий всех молекул тела.

Изменить внутреннюю энергию можно двумя путями: путем совершения работы и путем теплопередачи.

Теплопередачей называют передачу тепла от одного тела другому без совершения механической работы или без превращения тепловой энергии в иные виды.

Теплопередачу делят на теплопроводность, конвекцию и излучение.

Теплопроводность — это передача тепла от горячего тела холодному при их соприкосновении.

Конвекция — это передача тепла путем взаимного перемещения теплых и холодных слоев жидкости и газа.

Излучение — это передача тепла с помощью электромагнитных волн.

При теплопередаче тела передают друг другу количество теплоты.

Количество теплоты Q — это мера изменения внутренней энергии тела, происшедшего при теплопередаче, т. е. без совершения механической работы.

Количество теплоты — скалярная величина. Единица измерения ее в СИ — джоуль (Дж).

При нагревании, плавлении и парообразовании тело получает извне количество теплоты, а при охлаждении, кристаллизации и конденсации выделяет его во внешнюю среду. Для характеристики способности вещества поглощать теплоту при нагревании, плавлении или парообразовании и выделять ее при охлаждении, кристаллизации и конденсации, а также при сгорании введены понятия удельной теплоемкости c , удельной теплоты сгорания q , удельной теплоты плавления λ и удельной теплоты парообразования L .

Удельная теплоемкость c — это величина, равная отношению количества теплоты, полученного при на-

гревании тела или выделенного при его охлаждении, к массе этого тела и изменению его температуры:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}.$$

Удельная теплоемкость — скалярная величина. Ее единица — джоуль на килограмм — градус Цельсия (Дж/(кг · °С)). Удельная теплоемкость разных веществ приведена в справочной литературе.

Зная удельную теплоемкость, можно определить количество теплоты, которое поглотится при нагревании или выделится при охлаждении данной массы тела на известную разность температур по формуле

$$Q = cm\Delta t \text{ или } Q = cm(t_2 - t_1).$$

Удельная теплота сгорания q — это величина, равная отношению количества теплоты, выделившегося при сгорании вещества, к его массе:

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

Удельная теплота сгорания — скалярная величина. Ее единица в СИ — джоуль на килограмм (Дж/кг). Удельную теплоту сгорания данного топлива можно найти в справочной литературе.

Зная удельную теплоту сгорания топлива и его массу, можно определить количество теплоты, которое выделится при его полном сгорании, по формуле

$$Q = mq.$$

Удельная теплота плавления λ — это величина, равная отношению количества теплоты, полученного при плавлении тела или выделенного при его кристаллизации, к массе тела:

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

Удельная теплота плавления вещества — скалярная положительная величина. Ее единица в СИ — джоуль на килограмм (Дж/кг).

Удельная теплота плавления данного вещества равна удельной теплоте его кристаллизации. Определив по справочнику удельную теплоту плавления данного кристаллического вещества, можно вычислить количество теплоты, требуемое для того, чтобы расплавить некоторую массу этого вещества при температуре его плавления по формуле

$$Q = m\lambda.$$

Следует знать, что вода и лед могут находиться в тепловом равновесии, когда лед не тает, а вода не замерзает, только при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Пока лед не нагреется до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, он таять не начнет. Так и вода, пока не охладится до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, не начнет превращаться в лед.

Удельная теплота парообразования L (или r) — это величина, равная отношению количества теплоты, полученному при парообразовании или выделенному при конденсации, к массе вещества:

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

Удельная теплота парообразования — скалярная величина. Единица удельной теплоты парообразования в СИ — джоуль на килограмм (Дж/кг).

Удельная теплота парообразования данной жидкости равна ее удельной теплоте конденсации. Ее величину можно найти для каждой жидкости в справочной литературе. Зная удельную теплоту парообразования данной жидкости и ее массу, можно определить количество теплоты, которое поглотит эта жидкость при полном превращении ее в пар в процессе кипения, по формуле

$$Q = mr.$$

Температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ — и при этих условиях до более высокой температуры воду нагреть нельзя.

Парообразованием называют процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное. Обратный

процесс называют конденсацией. Парообразование делят на испарение и кипение.

Испарение — это процесс парообразования, происходящий с открытой поверхности жидкости при любой температуре. Скорость испарения зависит от самой жидкости и увеличивается с увеличением ее температуры, площади открытой поверхности и скорости движения жидкости относительно внешней среды.

Над открытой поверхностью любой жидкости всегда имеются ее пары. Различают ненасыщенный и насыщенный пары. *Ненасыщенный пар* — это пар, в котором число молекул, вылетевших из жидкости, больше числа молекул, вернувшихся в нее. Давление ненасыщенного пара зависит от его объема и температуры. С ростом температуры давление ненасыщенного пара увеличивается. Оно также увеличивается при уменьшении объема ненасыщенного пара.

Если уменьшать объем ненасыщенного пара при неизменной температуре, например, сжимая пар с помощью поршня в закрытом сосуде, то давление и плотность пара будут возрастать и в конце концов достигнут максимальной величины. При этом число молекул, покидающих жидкость в течение некоторого промежутка времени, станет равно числу молекул, возвращающихся в жидкость за это же время, т. е. между жидкостью и паром наступит динамическое (подвижное) равновесие.

При сжатии или охлаждении ненасыщенный пар становится насыщенным.

Насыщенный пар — это пар, в котором поддерживается динамическое равновесие между числом молекул, вылетевших из жидкости, и числом молекул, вернувшихся в нее.

Давление и плотность насыщенного пара, а также концентрация его молекул максимальны при данной температуре и не зависят от его объема. При попытке уменьшить объем насыщенного пара «лишние» молекулы пара уйдут в жидкость, т. е. часть пара сконденсирует-

ся, а давление, плотность и концентрация оставшегося насыщенного пара не изменятся.

Изменить давление насыщенного пара можно, изменив его температуру. При нагревании увеличится кинетическая энергия молекул пара, усилятся их удары о стенки сосуда, что приведет к повышению давления. При этом нарушится динамическое равновесие между жидкостью и паром, так как благодаря возросшей кинетической энергии число молекул, покидающих жидкость, превысит число молекул, возвращающихся в нее из пара. Следовательно, при нагревании насыщенный пар становится ненасыщенным. И, наоборот, при охлаждении ненасыщенный пар становится насыщенным, так как при этом кинетическая энергия молекул пара уменьшается, скорость падает и легче происходит их переход в жидкость.

Кипение — это процесс парообразования, происходящий не только с открытой поверхности, но и внутри жидкости, при строго определенной для данной жидкости температуре.

В жидкости всегда имеется растворенный или поглощенный стенками сосуда воздух. При нагревании жидкости этот воздух расширяется, собираясь в пузырьки, которые вначале появляются на дне и стенках сосуда с жидкостью. В этих пузырьках заключен насыщенный пар, давление которого при данной температуре максимально и растет с ее повышением.

Когда жидкость нагреется до температуры, близкой к температуре кипения, конденсации пара в верхних слоях жидкости происходить уже не будет. Наоборот, попав в верхние слои, где давление столба жидкости на пузырьки меньше, чем внизу, они будут еще более увеличиваться в объеме. Взлетая вверх с ускорением под действием возрастающей вместе с их объемом выталкивающей силы, пузырьки будут достигать поверхности, где давление атмосферного воздуха значительно меньше давления пара в пузырьках. Поэтому пузырьки будут лопаться. Но если жидкость еще не нагрелась до

кипения, то в лопнувший пузырек проникнет холодный атмосферный воздух и насыщенный пар в пузырьке сконденсируется, из-за чего пузырек резко захлопнется. Поэтому непосредственно перед закипанием жидкости слышен характерный шум, создаваемый множеством захлопывающихся пузырьков. Этот шум прекращается в момент начала кипения жидкости.

Каждая жидкость кипит при определенной температуре, которая называется *температурой* (или *точкой*) *кипения*. Величина температуры кипения данной жидкости приводится в справочниках и задачниках по физике.

При достижении температуры кипения давление насыщенного пара в пузырьках станет столь велико, что, когда они лопнут, холодный воздух из-за большого давления горячего пара не успеет проникнуть внутрь пузырька и пар выйдет из пузырька в атмосферу. Это и есть процесс кипения. При этом выполняются следующие законы:

- а) температура кипения данной жидкости равна температуре ее конденсации;
- б) энергия, поглощенная данной массой жидкости, нагретой до точки кипения, при полном превращении ее в пар, равна энергии, выделяемой этой же массой жидкости при конденсации;
- в) время кипения данной массы жидкости равно времени ее конденсации.

Температура кипения зависит от рода жидкости и давления внешней среды. При повышении давления температура кипения увеличивается, и наоборот.

Плотность водяного пара в воздухе называется его *абсолютной влажностью*. Отношение абсолютной влажности воздуха при данной температуре ρ к плотности насыщенного пара при той же температуре $\rho_{\text{нас}}$ называется его *относительной влажностью* φ :

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нас}}} 100\% .$$

Относительную влажность обычно измеряют в процентах.

Влажность воздуха не может быть выше 100%.

Если температуру воздуха, в котором, например, при 20 °С содержится насыщенный водяной пар, понизить, то плотность насыщенного пара в нем станет меньше вследствие конденсации насыщенного пара.

Если воздух, в котором содержится насыщенный водяной пар, нагреть, то пар перестанет быть насыщенным, хотя плотность водяного пара в нем не изменится. При этом относительная влажность воздуха уменьшится, т. е. воздух станет суше. Для человека считается нормальной относительная влажность 50–60%.

Температуру, при которой водяной пар становится насыщенным, называют *точкой росы*, потому что если водяной пар охладить до температуры ниже точки росы, то выпадет роса.

Если ненасыщенный пар находится в закрытом сосуде, то при его нагревании абсолютная влажность не меняется, а относительная уменьшается, и наоборот. А если его охлаждать, то она сначала превратится в насыщенный, а затем сконденсируется.

Приборы для измерения влажности воздуха называются *гигрометрами* или *психрометрами*.

Твердые тела делят на кристаллические и аморфные.

Кристаллическими называют вещества, у которых атомы или молекулы расположены в определенном порядке, образуя кристаллическую решетку, где наблюдается повторяемость в их расположении. Основное свойство кристаллических веществ — анизотропия, т.е. различие их физических свойств в разных направлениях. К кристаллическим веществам относятся металлы, глина, кремний, поваренная соль, лед и другие вещества.

Аморфными называют тела, в которых отсутствует упорядоченность в расположении атомов и молекул. Их основное свойство — изотропия, т.е. одинаковость физических свойств в разных направлениях. К аморфным

веществам относятся сахар, стекло, каучук, пластмассы и другие вещества.

Процессы плавления и отвердевания у кристаллических и аморфных веществ происходят различно.

Плавлением называют процесс перехода твердого вещества в жидкое состояние. Обратный процесс у кристаллических веществ называется *кристаллизацией*, а у аморфных — *отвердеванием*.

Рассмотрим процесс изменения температуры t °С с течением времени t при переходе твердого кристаллического вещества в жидкость и наоборот (рис. 40). При нагревании твердое тело получает тепловую энергию от нагревателя. При этом происходит повышение температуры (участок 1–2 графика).

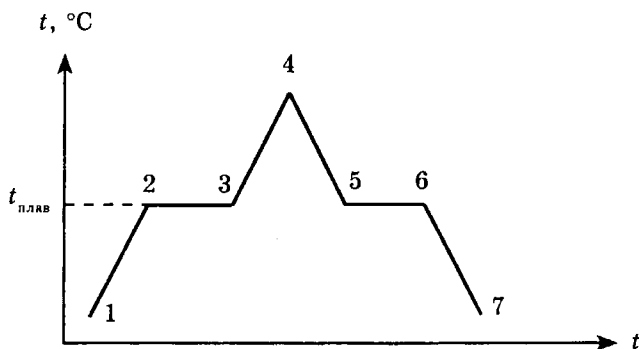


Рис. 40

При достижении температуры плавления $t_{\text{плав}}$ (точка 2 графика) начинается процесс разрушения кристаллических решеток, т. е. плавление (участок 2–3). В процессе плавления температура остается неизменной. Участок 2–3 соответствует одновременному нахождению вещества и в твердом, и в жидком состояниях. Точка 3 соответствует окончанию процесса перехода твердого вещества в жидкое, т. е. в этот момент времени все вещество становится жидким.

При дальнейшей передаче тепла происходит нагревание жидкости (участок 3–4).

Теперь рассмотрим обратный процесс перехода в твердое кристаллическое вещество. Если в момент, соответствующий точке 4, убрать источник тепловой энергии, то начнется процесс охлаждения жидкости (участок 4–5). При этом выделяется тепловая энергия, полученная при нагревании жидкости. Точка 5 соответствует началу кристаллизации.

Участок 5–6 соответствует кристаллизации, т.е. процессу восстановления кристаллических решеток. При этом температура вещества остается постоянной. Здесь выделяется тепло, поглощенное при плавлении. Участок 5–6 соответствует одновременному нахождению вещества и в твердом, и в жидком состояниях. Точка 6 соответствует полному восстановлению кристаллических решеток, т.е. превращению жидкого вещества в твердое.

Участок 6–7 соответствует процессу охлаждения твердого вещества, когда его температура понижается. При этом выделяется тепло, поглощенное при нагревании твердого вещества.

Тепловые двигатели — это устройства, в которых тепловая энергия превращается в механическую.

Тепловые двигатели разнообразны как по конструкции, так и по назначению. К ним относятся паровые машины, паровые турбины, двигатели внутреннего сгорания, реактивные двигатели. Однако, несмотря на многообразие, в принципе действия различных тепловых двигателей есть общее. Основными частями любого теплового двигателя являются: нагреватель, рабочее тело и холодильник.

Нагреватель (паровой котел, горючая смесь, различные виды топлива) выделяет тепловую энергию, нагревая рабочее тело, которое находится в рабочей камере двигателя. Рабочим телом может быть пар или газ. Получив количество теплоты Q_1 , газ расширяется, поскольку его давление больше внешнего давления

(например, атмосферного), и перемещает поршень, совершая положительную работу.

Работа A , совершенная двигателем, равна разности количества теплоты Q_1 , полученной от нагревателя, и количества теплоты Q_2 , отданной холодильнику (внешней среде):

$$A = Q_1 - Q_2.$$

Все тепловые двигатели работают циклично, т. е. все тепловые процессы в них многократно повторяются.

Работоспособность разных двигателей при одинаковых затратах тепловой энергии характеризуется их коэффициентом полезного действия (КПД η). *Коэффициентом полезного действия теплового двигателя* называется отношение работы, совершенной этим двигателем, к количеству теплоты, полученному от нагревателя:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} 100\%, \text{ или } \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} 100\%.$$

КПД любого реального теплового двигателя всегда меньше 100%.

Основные формулы

Количество теплоты, полученное при нагревании или выделенное при охлаждении тела

$$Q = cm\Delta t$$

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

Здесь Q — количество теплоты (Дж),

m — масса тела (кг),

c — удельная теплоемкость (Дж/(кг · °С)),

Δt — изменение температуры (°С),

t_1 — начальная температура тела (°С),

t_2 — конечная температура тела (°С).

Количество теплоты, выделенное при сгорании топлива

$$Q = tq$$

Здесь Q — количество теплоты (Дж),
 t — масса топлива (кг),
 q — удельная теплота сгорания топлива (Дж/кг).

Количество теплоты, полученное при плавлении или выделенное при кристаллизации

$$Q = t\lambda$$

Здесь Q — количество теплоты (Дж),
 t — масса тела (кг),
 λ — удельная теплота плавления (Дж/кг).

Количество теплоты, полученное при кипении жидкости или выделенное при конденсации пара

$$Q = mL$$

Здесь Q — количество теплоты (Дж),
 t — масса жидкости (кг),
 L — удельная теплота парообразования (Дж/кг).

Формула влажности воздуха

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

Здесь φ — относительная влажность воздуха (%),
 ρ — абсолютная влажность воздуха при данной температуре (кг/м³),
 ρ_0 — плотность насыщенного водяного пара при этой температуре (кг/м³).

КПД теплового двигателя

$$\eta = \frac{A}{Q_1} 100\%$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} 100\%$$

- Здесь η — КПД теплового двигателя (%),
 A — полезная работа (Дж),
 Q_1 — количество теплоты, полученное от нагревателя (Дж),
 Q_2 — количество теплоты, отданное холодильнику (Дж).

Задания

1. Диаметр молекулы кислорода составляет 0,0000000003 м. Подсчитайте, сколько молекул кислорода можно расположить на отрезке 3 мм.

- 1) миллион;
- 2) миллиард;
- 3) десять миллионов;
- 4) сто тысяч.

2. Какую температуру показывает термометр на рис. 41?

- 1) 42 °С; 2) 48 °С;
- 3) 46 °С; 4) 44 °С.

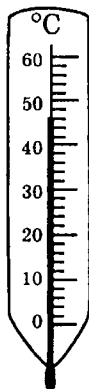


Рис. 41

3. Во сколько раз 1 мм³ меньше 1 м³?

- 1) в 100 раз; 2) в 1000 раз;
- 3) в миллион раз; 4) в миллиард раз.

4. Сколько атомов кислорода и водорода получают при делении 3 молекул воды на отдельные атомы?

- 1) 3 атома водорода и 3 атома кислорода;
- 2) 6 атомов кислорода и 3 атома водорода;
- 3) 6 атомов водорода и 3 атома кислорода;
- 4) 4 атома водорода и 2 атома кислорода.

5. В каких веществах происходит диффузия?

- 1) Только в газах;
- 2) только в жидкостях;
- 3) в газах и жидкостях;
- 4) в газах, жидкостях и твердых телах.

6. Про какие вещества можно сказать, что они сохраняют объем, но не сохраняют форму?

- 1) Про газы и жидкости;
- 2) только про жидкости;
- 3) про жидкости и твердые вещества;
- 4) про жидкости, газы и твердые вещества.

7. Молекулы любых тел:

- 1) только притягиваются друг к другу;
- 2) только отталкиваются друг от друга;
- 3) одновременно и притягиваются, и отталкиваются;
- 4) сначала притягиваются, а потом отталкиваются.

8. В состав атомов входят:

- 1) только незаряженные частицы;
- 2) только отрицательно заряженные частицы;
- 3) только положительно заряженные частицы;
- 4) положительно и отрицательно заряженные частицы.

9. Капля масла объемом 6 мм^3 растеклась по поверхности воды, образовав слой толщиной $0,0000002 \text{ мм}$. Чему равна площадь капли?

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1) 3 м^2 ; | 2) $0,3 \text{ м}^2$; |
| 3) $3 \cdot 10^9 \text{ м}^2$; | 4) $3 \cdot 10^3 \text{ м}^2$. |

10. На рис. 42 приведен график зависимости температуры некоторого вещества от времени. Первоначально вещество находилось в твердом состоянии. Какая точка графика соответствует полному переходу вещества в жидкость?

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 1) 1; | 2) 2; | 3) 3; | 4) 4. |
|-------|-------|-------|-------|

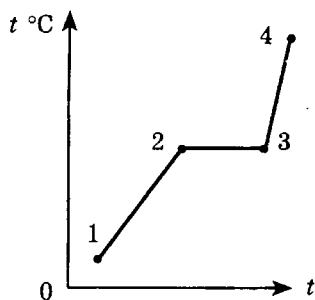


Рис. 42

11. На рис. 43 приведен график зависимости температуры некоторого вещества от времени. Первоначально вещество находилось в жидком состоянии. Какой участок графика соответствует охлаждению твердого вещества?

- 1) 1–2; 2) 2–3; 3) 3–4.

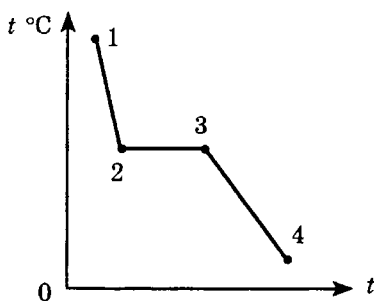


Рис. 43

12. В теплоизолированном сосуде объем газа под поршнем уменьшили. Как при этом изменились температура газа и его внутренняя энергия? Для каждой физической величины укажите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась;
2) не изменилась;
3) уменьшилась.

Запишите в таблицу цифры, соответствующие изменению.

Температура	Внутренняя энергия

13. На рис. 44 показан график зависимости количества теплоты, передаваемого кристаллическому веществу при его плавлении, в зависимости от массы вещества. Чему равна удельная теплота плавления вещества?

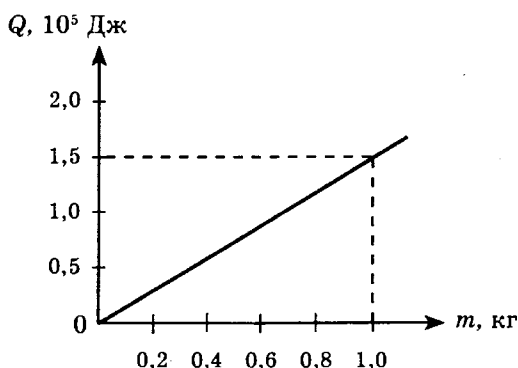


Рис. 44

14. В одном сосуде находится вода при $0\text{ }^\circ\text{C}$, а в другом такая же масса льда при $0\text{ }^\circ\text{C}$. Где больше внутренняя энергия?

15. На рис. 45 показан график зависимости температуры 200 г воды от времени. Какое количество теплоты выделилось при кристаллизации воды и охлаждении льда до температуры $-4\text{ }^\circ\text{C}$? Удельная теплоемкость воды $4200\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, удельная теплота плавления льда $3,4 \cdot 10^5\text{ Дж}/\text{кг}$, удельная теплоемкость льда $2100\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$.

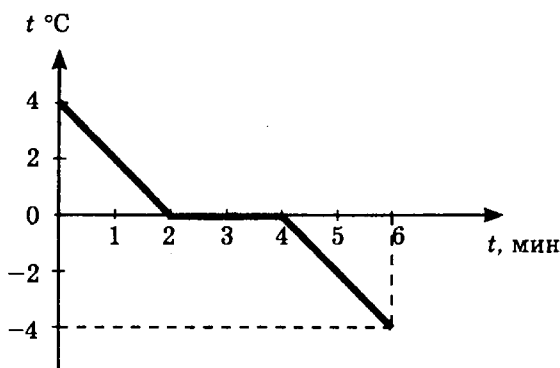


Рис. 45

16. На рис. 46 показан график зависимости температуры стальной детали массой 500 г от времени нагревания. Какое количество теплоты получила деталь за 20 мин? Удельная теплоемкость стали $500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$. Ответ выразить в килоджоулях.

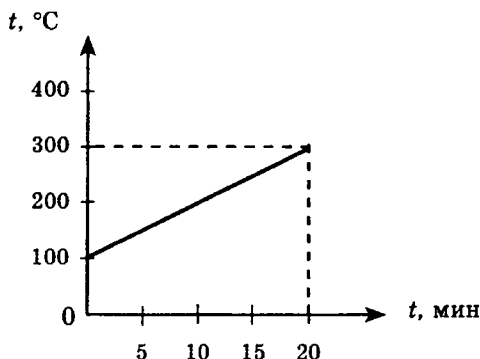


Рис. 46

17. Стальную деталь стали охлаждать. Как при этом изменялись ее объем, масса, плотность и внутренняя энергия? Для каждой физической величины укажите соответствующий характер изменения:

1) увеличилась;

2) не изменилась;

3) уменьшилась.

Запишите в таблицу цифры, соответствующие изменению.

Объем	Масса	Плотность	Внутренняя энергия

18. Для каждого физического понятия из левого столбика выберите соответствующее понятие из правого столбика:

А) физическая величина;

1) охлаждение;

Б) единица измерения физической величины;

2) динамометр;

В) прибор для измерения физической величины;

3) ватт;

Г) физический процесс;

4) масса;

Д) физическое тело.

5) шар.

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

А	Б	В	Г	Д

19. Некоторую массу воды перелили из сосуда А в сосуд Б (рис. 47) с одинаковой площадью дна. Как при этом изменились сила давления воды на дно, сила тяжести, действующая на воду, и давление воды на дно? Для каждой физической величины укажите соответствующий характер изменения:

1) увеличилась;

2) не изменилась;

3) уменьшилась.

Запишите в таблицу цифры, соответствующие изменению.

Сила давления	Сила тяжести	Давление

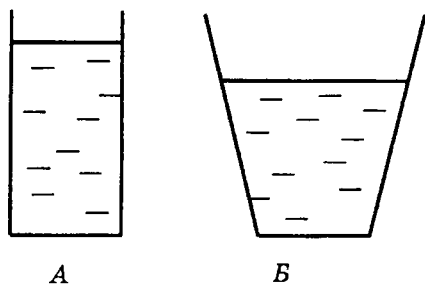


Рис. 47

20. Четыре металлических бруска положили вплотную друг к другу, как показано на рис. 48. Стрелки указывают направление теплопередачи от бруска к бруску. Температура брусков в данный момент: $100\text{ }^{\circ}\text{C}$; $80\text{ }^{\circ}\text{C}$; $60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температуру $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ имеет брусок:

- 1) A; 2) B; 3) C; 4) D.

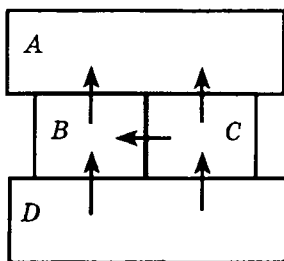


Рис. 48

21. При нагревании воды:

- 1) увеличивается объем каждой молекулы воды;
- 2) увеличивается объем всех молекул воды;
- 3) увеличивается среднее расстояние между молекулами воды;
- 4) уменьшается среднее расстояние между молекулами воды;

22. В каждый из двух одинаковых сосудов с налитой в них водой одинаковой массы и при одинаковой температуре опустили по шарикку одинакового радиуса: в сосуд *A* — стальной шарик, а в сосуд *B* — алюминиевый. Шарикки были до опускания нагреты до одинаковой температуры $800\text{ }^{\circ}\text{C}$. Удельная теплоемкость стали $500\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$, удельная теплоемкость алюминия $920\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$. В каком из сосудов после установления теплового равновесия окажется более высокая температура и почему?

23. Свинцовая пуля, летевшая со скоростью 327 м/с , ударилась о стальную стену. Температура пули перед ударом $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. До какой температуры нагрелась пуля вследствие удара? Считать, что вся энергия пули пошла на ее нагревание. Удельная теплоемкость свинца $327\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

1) $406,5\text{ }^{\circ}\text{C}$;

2) $108,5\text{ }^{\circ}\text{C}$;

3) $203,5\text{ }^{\circ}\text{C}$;

4) $385,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

24. Какое явление связано с нагреванием ложки при размешивании сахара в горячем чае?

1) Конвекция;

2) теплопроводность;

3) излучение.

25. Какое явление связано с нагреванием воздуха от батареи в комнате?

1) Конвекция;

2) теплопроводность;

3) излучение.

26. Какое явление связано с передачей тепла от Солнца Земле?

1) Конвекция;

2) теплопроводность;

3) излучение.

27. Единицей измерения внутренней энергии тела является:

- 1) паскаль; 2) градус Цельсия;
3) джоуль; 4) ньютон.

28. Единица количества теплоты в СИ:

- 1) ньютон; 2) джоуль;
3) паскаль; 4) градус Цельсия.

29. До какой примерно температуры нагреются 2 кг воды в алюминиевой кастрюле массой 400 г, если начальная температура воды и кастрюли $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, а переданное при нагревании количество теплоты равно 42 кДж? Удельная теплоемкость воды $4200\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$, удельная теплоемкость алюминия $920\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$. Ответ округлить до целого числа.

30. Нагреются ли до кипения 1 л воды в спиртовке при полном сгорании 10 г спирта? Начальная температура воды $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, ее удельная теплоемкость $4200\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$, удельная теплота сгорания спирта $2,7 \cdot 10^7\text{ Дж}/\text{кг}$. Теплоемкостью спиртовки пренебречь.

31. Плотность насыщенного водяного пара в воздухе при некоторой температуре $20\text{ г}/\text{м}^3$, а его относительная влажность 60%. Чему равна абсолютная влажность воздуха?

32. Какое количество теплоты нужно передать 0,5 кг воды при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, чтобы полностью превратить ее в пар? Удельная теплоемкость воды $4200\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$, ее удельная теплота парообразования $2,3 \cdot 10^6\text{ Дж}/\text{кг}$.

33. До какой температуры нагреются 500 г воды, взятой при $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, если в нее впустить 10 г стоградусного водяного пара? Удельная теплоемкость воды $4200\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$, ее удельная теплота парообразования $2,3 \cdot 10^6\text{ Дж}/\text{кг}$.

34. КПД теплового двигателя 40%. Какую полезную работу он совершит, получив от нагревателя 2 кДж теплоты?

- 1) 20 кДж; 2) 0,8 кДж;
3) 42 кДж; 4) 80 кДж.

35. КПД теплового двигателя 30%. Какое количество теплоты он отдаст во внешнюю среду (холодильнику) при получении от нагревателя 6 кДж теплоты?

- 1) 1,8 кДж; 2) 3,0 кДж;
3) 3,8 кДж; 4) 4,2 кДж.

36. В 1 л воды при 25 °С опустили кусочек стали массой 200 г, нагретой до 200 °С. До какой температуры нагреется вода и охладится сталь в момент установления теплового равновесия? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг · °С), удельная теплоемкость стали 500 Дж/(кг · °С).

37. С высоты 70 м упал без начальной скорости на металлическую плиту свинцовый осколок. На сколько градусов он нагрелся, если на нагревание пошло 90% механической энергии осколка? Удельная теплоемкость свинца 140 Дж/(кг · °С).

38. По какой формуле можно определить массу воды при ее охлаждении?

- 1) $\frac{Q}{\lambda}$; 2) $\frac{Q}{q}$; 3) $\frac{Q}{c\Delta t}$; 4) $\frac{Q}{L}$.

39. В печь поместили некоторое количество алюминия. Диаграмма изменения температуры алюминия с течением времени показана на рис. 49. Печь при постоянном нагреве передает алюминию 2 кДж тепловой энергии в минуту. Какое количество теплоты потребовалось для плавления алюминия, уже нагретого до температуры его плавления?

- 1) 10 кДж;
3) 40 кДж;

- 2) 30 кДж;
4) 60 кДж.

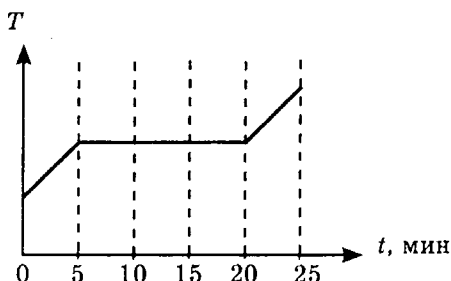


Рис. 49

40. Твердое вещество массой m стали нагревать. На рис. 50 показан график изменения температуры t вещества по мере поглощения им все большего количества теплоты Q . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физические величины

А) Удельная теплоемкость вещества в твердом состоянии.

Б) Удельная теплота плавления

Формулы

1) $\frac{Q_2}{m}$.

2) $\frac{Q_2 - Q_1}{m}$.

3) $\frac{Q_1}{(t_2 - t_1)m}$.

4) $\frac{Q_1}{mt_1}$.

А	Б

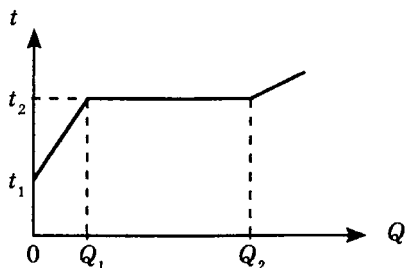


Рис. 50

41. В 2 кг воды $t = 80^\circ\text{C}$ долили воду $t = 10^\circ\text{C}$, в результате чего установилась температура 35°C . Чему равна масса долитой воды? Температурой окружающего воздуха пренебречь.

42. Температура кипения воды зависит от:

- 1) мощности нагревателя;
- 2) массы воды;
- 3) давления окружающего воздуха;
- 4) начальной температуры воды.

43. Горячая жидкость медленно охлаждалась в стакане. В таблице приведены результаты измерений ее температуры с течением времени.

Время, мин	0	2	4	6	8	10	12	14
Температура, $^\circ\text{C}$	95	88	81	80	80	80	77	72

В стакане через 7 мин после начала измерений находилось вещество:

- 1) только в жидком состоянии;
- 2) только в твердом состоянии;
- 3) и в жидком состоянии, и в твердом состояниях;
- 4) и в твердом состоянии, и в газообразном состояниях.

44. Удельная теплота плавления алюминия $3,9 \cdot 10^5$ Дж/кг. Это значит, что для плавления:

- 1) 1 кг алюминия при любой температуре требуется $3,9 \cdot 10^5$ Дж теплоты;
- 2) 1 кг алюминия при температуре плавления требуется $3,9 \cdot 10^5$ Дж теплоты;
- 3) 3,9 кг алюминия при любой температуре требуется $3,9 \cdot 10^5$ Дж теплоты;

45. В цилиндре под поршнем находится ненасыщенный пар. Какие процессы будут происходить при опускании поршня и сжатии пара?

Ответы на задания

1. Число молекул можно определить, разделив длину отрезка $3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ на диаметр молекулы $0,0000000003 \text{ м} = 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$:

$$\frac{3 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-10}} = 1 \cdot 10^7 = 10 \cdot 10^6 \text{ — десять миллионов.}$$

Верный ответ 3.

2. Между большими делениями $40 \text{ }^\circ\text{C}$ и $50 \text{ }^\circ\text{C}$ имеется 5 делений. Значит, цена одного деления $\frac{50 - 40}{5} \text{ }^\circ\text{C} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Следовательно, термометр показывает температуру $46 \text{ }^\circ\text{C}$.

Верный ответ 3.

3. $1 \text{ мм}^3 = 10^{-9} \text{ м}^3$, значит, он меньше 1 м^3 в $\frac{1}{10^{-9}} = 10^9$ раз, т. е. в миллиард раз.

Верный ответ 4.

4. В одной молекуле воды H_2O содержится 2 атома водорода и 1 атом кислорода. Значит, в 3 молекулах воды содержится 6 атомов водорода и 3 атома кислорода.

Верный ответ 3.

5. Диффузия происходит в газах, жидкостях и твердых телах.

Верный ответ 4.

6. Сохраняют объем, но не сохраняют форму только жидкости.

Верный ответ 2.

7. Молекулы любых тел одновременно и притягиваются, и отталкиваются.

Верный ответ 3.

8. В состав атомов входят и положительно, и отрицательно заряженные частицы.

Верный ответ 4.

9. Площадь капли можно найти, разделив объем капли $6 \text{ мм}^3 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$ на толщину слоя

$$0,000002 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ м};$$

$$\frac{6 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-9}} \text{ м}^2 = 3 \text{ м}^2.$$

Верный ответ 1.

10. Полному переходу вещества в жидкость соответствует точка 3.

Верный ответ 3.

11. Охлаждению твердого вещества соответствует участок 3–4.

Верный ответ 3.

12.

Температура	Внутренняя энергия
1	1

Сжимаемая газ, совершили над ним работу, за счет которой внутренняя энергия увеличилась. Значит, температура газа повысилась.

13. Из графика следует, что при плавлении массы $m = 1$ кг вещество получило $Q = 1,5 \cdot 10^5$ Дж теплоты. Значит, удельная теплота плавления вещества

$$\lambda = \frac{Q}{m} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг.}$$

14. Внутренняя энергия одинакова.

15. $200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$. Количество теплоты, которое выделится при кристаллизации воды:

$$Q_1 = m\lambda = 0,2 \cdot 3,4 \cdot 10^5 \text{ Дж} = 6,8 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

Количество теплоты, которое выделится при охлаждении льда от $0 \text{ }^\circ\text{C}$ до $-4 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$Q_2 = mc(t_0 - t) = \\ = 0,2 \cdot 2100 \cdot (0 - (-4)) \text{ Дж} = 1680 \text{ Дж} = 0,168 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

Общее количество теплоты, которое выделилось при кристаллизации воды и охлаждении льда до температуры $-4 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$Q = Q_1 + Q_2 = \\ = 6,8 \cdot 10^4 \text{ Дж} + 0,168 \cdot 10^4 \text{ Дж} = 6,968 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

16. $500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$. Количество теплоты, которое получила деталь за 20 мин нагревания:

$$Q = mc(t_2 - t_1) = \\ = 0,5 \cdot 500 (300 - 100) \text{ Дж} = 50\,000 \text{ Дж} = 50 \text{ кДж.}$$

17. При охлаждении уменьшаются расстояния между атомами стали, поэтому объем детали уменьшается.

Но ее масса не изменяется, поэтому плотность $\rho = \frac{m}{V}$ увеличивается. Внутренняя энергия при охлаждении уменьшается.

Объем	Масса	Плотность	Внутренняя энергия
3	2	1	3

18.

А	Б	В	Г	Д
4	3	2	1	5

19.

Сила давления	Сила тяжести	Давление
3	2	3

20. Температуру $100\text{ }^\circ\text{C}$ имеет брусок, отдающий тепло другим брускам, т.е. брусок *D*.

Верный ответ 4.

21. При нагревании воды увеличивается среднее расстояние между молекулами воды.

Верный ответ 3.

22. При охлаждении каждого килограмма алюминия на $1\text{ }^\circ\text{C}$ вода получит 920 Дж теплоты, а при охлаждении каждого килограмма стали на $1\text{ }^\circ\text{C}$ вода получит только 500 Дж. Значит, после установления теплового равновесия окажется более высокая температура в сосуде Б, куда опустили алюминиевый шарик.

23. Количество теплоты, полученное пулей, равно ее кинетической энергии:

$$Q = E_k,$$

где $Q = mc(t_2 - t_1)$, и $E_k = \frac{mv^2}{2}$.

Следовательно,

$$mc(t_2 - t_1) = \frac{mv^2}{2}, \quad c(t_2 - t_1) = \frac{v^2}{2},$$

откуда $t_2 - t_1 = \frac{v^2}{2c}$

$$\text{и } t_2 = t_1 + \frac{v^2}{2c} = 40 \text{ }^\circ\text{C} + \frac{327^2}{2 \cdot 327} \text{ }^\circ\text{C} = 203,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Верный ответ 3.

24. При размешивании сахара в горячем чае ложка нагревается вследствие теплопроводности.

Верный ответ 2.

25. От батареи в комнате воздух нагревается вследствие конвекции.

Верный ответ 1.

26. Передача тепла от Солнца Земле происходит посредством излучения.

Верный ответ 3.

27. Единицей измерения внутренней энергии тела является джоуль.

Верный ответ 3.

28. Единицей количества теплоты в СИ является джоуль.

Верный ответ 2.

29. Количество теплоты при нагревании воды

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1).$$

Количество теплоты, полученное при нагревании алюминия

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_1).$$

Общее количество теплоты, полученное водой и кастрюлей

$$Q = Q_1 + Q_2 = c_1 m_1 (t_2 - t_1) + c_2 m_2 (t_2 - t_1)$$

$$\text{или } Q = (t_2 - t_1)(c_1 m_1 + c_2 m_2).$$

$$\text{Отсюда } t_2 - t_1 = \frac{Q}{c_1 m_1 + c_2 m_2},$$

$$t_2 = t_1 + \frac{Q}{c_1 m_1 + c_2 m_2} = 20^\circ \text{C} + \frac{42\,000}{4200 \cdot 2 + 920 \cdot 0,4}^\circ \text{C} \approx 25^\circ \text{C}.$$

30. При полном сгорании $10 \text{ г} = 0,01 \text{ кг}$ спирта выделится $Q = mq = 0,01 \cdot 2,7 \cdot 10^7 \text{ Дж} = 270\,000 \text{ Дж}$ теплоты.

Это тепло пойдет на нагревание $1 \text{ л} = 0,001 \text{ м}^3$ воды: $Q = mc(t_2 - t_1) = \rho Vc(t_2 - t_1)$, откуда температура, до которой нагреется вода,

$$t_2 = t_1 + \frac{Q}{\rho Vc} = 20^\circ \text{C} + \frac{270\,000}{1000 \cdot 0,001 \cdot 4200}^\circ \text{C} = 84^\circ \text{C}.$$

Поскольку температура кипения воды 100°C больше 84°C , значит, вода не нагреется до кипения.

31. Относительная влажность воздуха φ равна отношению абсолютной влажности ρ к плотности насыщенного пара $\rho_{\text{нас}}$, выраженному в процентах

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нас}}} 100\%,$$

откуда
$$\rho = \rho_{\text{нас}} \frac{\varphi}{100\%} = 20 \frac{60}{100} \text{ г/м}^3 = 12 \text{ г/м}^3.$$

32. Количество теплоты Q , которое нужно передать воде, чтобы полностью превратить ее в пар, равно сумме количества теплоты Q_1 , необходимого для нагревания воды от первоначальной температуры $t_1 = 20^\circ \text{C}$ до температуры кипения $t_2 = 100^\circ \text{C}$, и количества теплоты Q_2 , необходимого для превращения воды в пар:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

где $Q_1 = mc(t_2 - t_1)$ и $Q_2 = mL$.

С учетом этих равенств

$$Q = mc(t_2 - t_1) + mL = m(c(t_2 - t_1) + L) = \\ = 0,5 (4200 (100 - 20) + 2,3 \cdot 10^6) \text{ Дж} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

33. По закону сохранения энергии количество теплоты Q_1 , которое получают $m_1 = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$ воды при нагревании от температуры $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ до искомой температуры t , равно сумме количества теплоты Q_2 , которое выделит стоградусный пар массой $m_2 = 10 \text{ г} = 0,01 \text{ кг}$ при конденсации, и количества теплоты Q_3 , которое выделит вода, образовавшаяся из пара, при охлаждении от температуры $t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ до искомой температуры t :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3,$$

где $Q_1 = m_1 c (t - t_1),$

$$Q_2 = m_2 L$$

и $Q_3 = m_2 c (t_2 - t).$

В результате получим

$$m_1 c (t - t_1) = m_2 L + m_2 c (t_2 - t).$$

Отсюда определим температуру t :

$$m_1 c t - m_1 c t_1 = m_2 L + m_2 c t_2 - m_2 c t,$$

$$m_1 c t + m_2 c t = m_1 c t_1 + m_2 L + m_2 c t_2,$$

откуда $t = \frac{c(m_1 t_1 + m_2 t_2) + m_2 L}{c(m_1 + m_2)} =$

$$= \frac{4200(0,5 \cdot 30 + 0,01 \cdot 100) + 0,01 \cdot 2,3 \cdot 10^6}{4200(0,5 + 0,01)} \text{ }^\circ\text{C} = 42 \text{ }^\circ\text{C}.$$

34. КПД теплового двигателя η равен отношению полезной работы A к количеству теплоты Q , полученному от нагревателя, выраженному в процентах:

$$\eta = \frac{A}{Q} 100\%,$$

откуда $A = Q \frac{\eta}{100\%} = 2 \frac{40}{100} \text{ кДж} = 0,8 \text{ кДж}.$

Верный ответ 2.

35. КПД теплового двигателя η равен отношению разности между количеством теплоты Q_1 , полученным

от нагревателя, и количеством теплоты Q_2 , отданным холодильнику, к количеству теплоты Q_1 , полученному от нагревателя, выраженному в процентах:

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

$$\begin{aligned} \text{Отсюда } Q_1 - Q_2 &= Q_1 \frac{\eta}{100\%}, \text{ и } Q_2 = Q_1 - Q_1 \frac{\eta}{100\%} = \\ &= Q_1 \left(1 - \frac{\eta}{100\%}\right) = 6 \left(1 - \frac{30}{100}\right) \text{ кДж} = 4,2 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

Верный ответ 4.

36. Отметим, что 1 л воды имеет массу $m_1 = 1$ кг. По закону сохранения энергии количество теплоты Q_1 , которое получит $m_1 = 1$ кг воды при нагревании от температуры $t_1 = 25$ °С до искомой температуры t , равно количеству теплоты Q_2 , которое выделит сталь при охлаждении от температуры $t_2 = 200$ °С до искомой температуры t

$$Q_1 = Q_2, \text{ где } Q_1 = m_1 c_1 (t - t_1) \text{ и } Q_2 = m_2 c_2 (t_2 - t).$$

В результате получим:

$$m_1 c_1 (t - t_1) = m_2 c_2 (t_2 - t).$$

Отсюда определим температуру t :

$$m_1 c_1 t - m_1 c_1 t_1 = m_2 c_2 t_2 - m_2 c_2 t,$$

$$m_1 c_1 t + m_2 c_2 t = m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2,$$

откуда

$$t = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2} = \frac{1 \cdot 4200 \cdot 25 + 0,2 \cdot 500 \cdot 200}{1 \cdot 4200 + 0,2 \cdot 500} \text{ °С} = 29 \text{ °С}.$$

37. КПД процесса нагревания осколка равен отношению количества теплоты Q , пошедшего на нагревание, к потенциальной энергии осколка E_p на высоте, выраженному в процентах:

$$\eta = \frac{Q}{E_p} 100\%.$$

Здесь $Q = mc\Delta t$ и $E_p = mgh$. С учетом этих равенств

$$\eta = \frac{mc\Delta t}{mgh} 100\% = \frac{c\Delta t}{gh} 100\%, \text{ откуда}$$

$$\Delta t = \frac{\eta gh}{c \cdot 100\%} = \frac{90 \cdot 10 \cdot 70}{140 \cdot 100} \text{ }^\circ\text{C} = 4,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

38. Массу воды при ее охлаждении можно определить из формулы $Q = mc\Delta t$, откуда $m = \frac{Q}{c\Delta t}$.

Верный ответ 3.

39. Из диаграммы следует, что алюминий плавился в течение $20 \text{ мин} - 5 \text{ мин} = 15 \text{ мин}$. Поскольку каждую минуту он получал 2 кДж теплоты, то за время плавления он получит $2 \cdot 15 \text{ кДж} = 30 \text{ кДж}$ теплоты.

Верный ответ 2.

40. Удельная теплоемкость вещества в твердом состоянии $c = \frac{Q_1}{(t_2 - t_1)m}$.

Удельная теплота плавления $\lambda = \frac{Q_2 - Q_1}{m}$.

А	Б
3	2

41. По закону сохранения энергии количество теплоты Q_1 , которое отдадут $m_1 = 2 \text{ кг}$ горячей воды при охлаждении от температуры $t_1 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ до температуры $t = 35 \text{ }^\circ\text{C}$, равно количеству теплоты Q_2 , которое получит холодная вода массой m_2 , при нагревании от температуры $t_2 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ до температуры $t = 35 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$Q_1 = Q_2,$$

где $Q_1 = m_1 c(t_1 - t)$ и $Q_2 = m_2 c(t - t_2)$.

В результате получим

$$m_1 c(t_1 - t) = m_2 c(t - t_2), \quad m_1(t_1 - t) = m_2(t - t_2),$$

$$\text{откуда } m_2 = m_1 \cdot \frac{t_1 - t}{t - t_2} = 2 \frac{80 - 35}{35 - 10} \text{ кг} = 3,6 \text{ кг}.$$

42. Температура кипения воды зависит от давления окружающего воздуха.

Верный ответ 3.

43. Через 7 мин в стакане находилось вещество в жидком и твердом состояниях, поскольку при неизменной температуре происходил процесс кристаллизации вещества.

Верный ответ 3.

44. Это значит, что для плавления 1 кг алюминия при температуре плавления требуется $3,9 \cdot 10^5$ Дж теплоты.

Верный ответ 2.

45. При сжатии ненасыщенного пара будет уменьшаться его объем, и при этом давление и плотность при неизменной массе пара станут возрастать. Когда наступит динамическое равновесие между паром и жидкостью, пар станет насыщенным. При дальнейшем его сжатии масса пара будет уменьшаться, так как часть пара будет конденсироваться. При этом давление и плотность пара будут оставаться неизменными, пока весь пар не превратится в жидкость.

Раздел 3.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Краткая теория

Количественной мерой взаимодействия заряженных тел является электрический заряд q . Заряд может быть положительным и отрицательным.

Наименьшим (элементарным) положительным зарядом обладает элементарная частица «протон», входящая в состав ядра атома. Наименьшим (элементарным) отрицательным зарядом обладает элементарная частица «электрон», тоже входящая в состав атома.

Элементарный положительный заряд по модулю равен элементарному отрицательному заряду и отличается от него лишь знаком.

Единица заряда в СИ — кулон (Кл). Выразим кулон через основные единицы СИ:

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

Модуль заряда электрона e равен модулю заряда протона и называется *элементарным зарядом* e :

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

Заряды одного знака (одноименные заряды) отталкиваются друг от друга, а заряды противоположных знаков (разноименные заряды) притягиваются друг к другу.

Электрические заряды рождаются только парами. В каждой такой паре заряды равны по модулю и противоположны по знаку. Если два равных по модулю и противоположных по знаку заряда привести в соприкосновение, то они нейтрализуются. В результате суммар-

ный заряд системы тел, в которой возникли или исчезли заряды, останется прежним.

Янтарь или эбонит, потертые о мех или шерсть, приобретают отрицательный заряд, а при этом мех или шерсть — такой же по модулю положительный заряд. Стекло, потертое о шелк, приобретает положительный заряд, а шелк при этом — такой же по модулю отрицательный заряд.

Любой заряд q содержит в себе целое число N элементарных зарядов e :

$$q = Ne.$$

Вокруг любого заряженного тела имеется особый вид материи — электрическое поле, отличающееся от вещества.

В электрическое поле на заряд со стороны поля действует электрическая сила, под действием которой он перемещается. Следовательно, электрические силы совершают работу перемещения заряда в электрическом поле. Чем ближе к заряду, вокруг которого поле создано, тем больше электрическая сила, действующая на заряд, внесенный в это поле.

Упорядоченное движение электрических зарядов называется электрическим током.

В металлах носителями зарядов являются свободные электроны, в электролитах — положительные и отрицательные ионы. За направление тока в проводнике принято направление положительных зарядов. Во внешней части цепи, к которой относятся все ее участки, кроме источника тока, ток течет от плюса к минусу, во внутренней части, т. е. внутри источника тока, — от минуса к плюсу.

Когда по проводнику идет ток, внутри проводника имеется электрическое поле, под действием которого заряды движутся упорядоченно. Величина, характеризующая способность электрического поля действовать на заряды, называется напряжением U .

Напряжение равно отношению работы тока к величине перемещаемого заряда:

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

Напряжение измеряют прибором, который называется вольтметром. Он включается параллельно тому участку цепи, на котором измеряют напряжение.

Единица напряжения в СИ — вольт (В). $V = \text{Дж/Кл}$.

Силой тока I называется отношение заряда q , прошедшего через поперечное сечение проводника, ко времени прохождения этого заряда t :

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

Сила тока — скалярная величина. Единица силы тока в СИ — ампер (А). Это основная единица СИ.

Силу тока в цепи измеряют с помощью приборов — амперметров. Амперметр включается в цепь последовательно тому участку, в котором измеряют силу тока.

На рис. 51 изображена электрическая цепь, включающая в себя источник тока, проводник сопротивлением R , амперметр, измеряющий силу тока в проводнике, и вольтметр, измеряющий напряжение на нем.

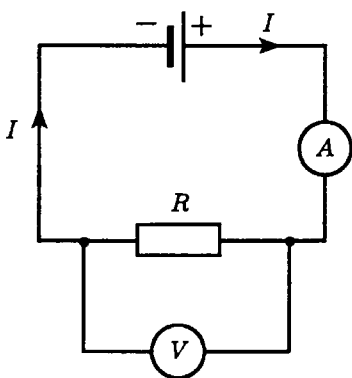


Рис. 51

Проводник оказывает сопротивление электрическому току.

Сопротивление проводника R равно отношению напряжения U на проводнике к силе тока I в нем:

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

Сопротивление — скалярная и всегда положительная величина. Единица сопротивления в СИ — Ом (Ом). Ом = В/А.

Сопротивление линейных проводников R прямо пропорционально их длине l и обратно пропорционально площади поперечного сечения S :

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

Здесь ρ — удельное сопротивление вещества проводника.

Удельное сопротивление — скалярная положительная величина. Оно зависит от вещества и температуры проводника.

Единица удельного сопротивления в СИ — ом на метр (Ом · м).

Закон Ома для проводника (участка цепи): сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению на его концах и обратно пропорциональна сопротивлению проводника:

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

Проводники можно соединять последовательно и параллельно (рис. 52).

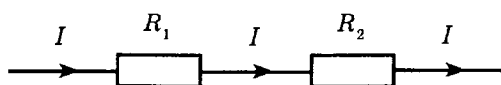
При последовательном соединении проводников (рис. 52, а):

- 1) сила тока во всех проводниках одинакова;
- 2) общее напряжение равно сумме напряжений на отдельных проводниках:

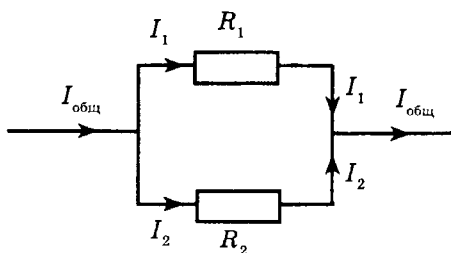
$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2;$$

- 3) общее сопротивление равно сумме сопротивлений отдельных проводников:

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2.$$



а



б

Рис. 52

Если все N проводников имеют одинаковое сопротивление, то

$$R_{\text{общ}} = NR \quad \text{и} \quad U_{\text{общ}} = NU.$$

Напряжения на двух последовательных проводниках прямо пропорциональны их сопротивлениям:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}.$$

При параллельном соединении проводников (рис. 52, б):

- 1) напряжения на всех проводниках одинаковы;
- 2) сила тока в общем (неразветвленном) участке цепи равна сумме сил токов в отдельных проводниках:

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2;$$

- 3) величина, обратная общему сопротивлению, равна сумме величин, обратных сопротивлениям отдельных проводников:

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Если все N проводников, соединенных параллельно, имеют одинаковое сопротивление, то силу тока в общей части цепи и их общее сопротивление определяют формулы

$$R_{\text{общ}} = \frac{R}{N} \quad \text{и} \quad I_{\text{общ}} = NI.$$

Общее сопротивление двух параллельных проводников можно вычислить по формуле

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Силы токов в двух параллельных проводниках обратно пропорциональны их сопротивлениям:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

Напряжение на параллельных ветвях можно найти, умножив:

- а) силу общего тока на общее сопротивление всего параллельного участка;
- б) умножив силу тока в любой параллельной ветви на ее сопротивление.

В любой электрической цепи энергия источника тока превращается в потребителях в иные виды энергии, и при этом электрический ток совершает ту или иную работу. Работа тока на данном участке цепи равна произведению напряжения на этом участке, силы тока в нем и времени прохождения тока:

$$A = UIt.$$

Единица работы в СИ — джоуль (Дж),

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}.$$

Воспользовавшись законом Ома для участка цепи, запишем:

$$U = IR \quad \text{и} \quad I = \frac{U}{R}.$$

Поэтому формулу работы тока можно записать еще и так:

$$A = I^2 R t \quad \text{и} \quad A = \frac{U^2}{R} t.$$

Из этих формул следует, что при неизменной силе тока работа тока прямо пропорциональна сопротивлению участка цепи, где она производится, а при неизменном напряжении она обратно пропорциональна этому сопротивлению.

Быстрота совершения током работы на данном участке цепи характеризуется мощностью тока P . Мощность тока равна отношению работы ко времени, за которое она совершена:

$$P = \frac{A}{t}.$$

С учетом приведенных выше формул формулу мощности тока можно выразить так:

$$P = UI, \quad P = I^2 R, \quad P = \frac{U^2}{R}.$$

При прохождении тока по проводнику положительные ионы в узлах кристаллических решеток проводника за счет энергии тока начинают сильнее колебаться, что сопровождается увеличением внутренней энергии проводника, т. е. его нагреванием. При этом энергия тока выделяется в виде теплоты, которую называют джоулевым теплом. Количество теплоты Q , выделяющейся в проводнике при прохождении по нему электрического тока, практически одновременно и независимо друг от друга определили английский ученый Д. Джоуль и русский ученый Э.Х. Ленц. Закон, открытый ими, получил название закона Джоуля – Ленца.

Закон Джоуля – Ленца: количество теплоты, выделившейся в проводнике при прохождении по нему электрического тока, прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени прохождения тока:

$$Q = I^2 R t.$$

Закон Джоуля — Ленца можно записать иначе, воспользовавшись законом Ома для участка цепи:

$$Q = \frac{U^2}{R} t \quad \text{и} \quad Q = U I t.$$

Магнитное поле — это форма материи, окружающей движущиеся электрические заряды. Магнитное поле окружает проводники с током.

Силовой характеристикой магнитного поля является магнитная индукция.

Магнитная индукция B — это величина, равная отношению максимальной силы F , действующей на проводник с током в магнитном поле, к силе тока I в нем и длине l этого проводника в магнитном поле

$$B = \frac{F}{Il}.$$

Магнитная индукция — векторная величина. Вектор магнитной индукции совпадает по направлению с поступательным движением правого винта (буравчика), когда его головка вращается по току в контуре (рис. 53).

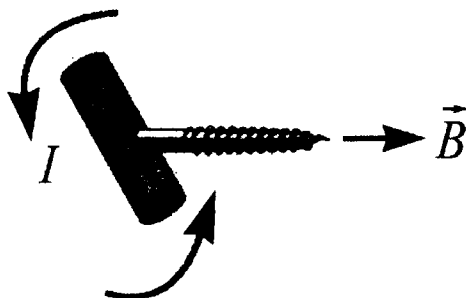


Рис. 53

Правым винтом может служить ваша правая рука. Если свернуть четыре пальца правой руки в направлении

тока в контуре, то большой палец, отставленный на 90° , покажет направление положительной нормали и вектора магнитной индукции.

Единица магнитной индукции в СИ — тесла (Тл).

$$Тл = Н/(А \cdot м).$$

Магнитное поле изображают графически с помощью магнитных силовых линий или линий вектора магнитной индукции. В природе не существует магнитных зарядов, поэтому линии вектора магнитной индукции всегда замкнуты.

Линии вектора магнитной индукции охватывают проводники с током. Линии вектора магнитной индукции поля прямого тока представляют собой concentric circles с центром на проводнике с током (рис. 54).

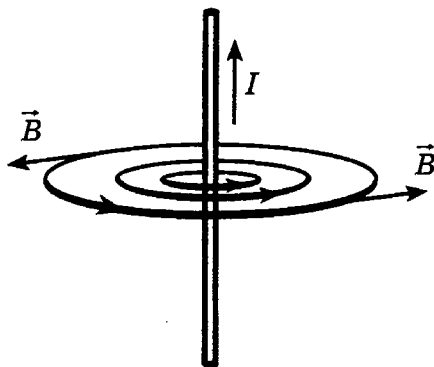


Рис. 54

Их направление можно определить с помощью правого винта (или с помощью вашей правой руки: если большой палец правой руки направить по направлению тока в проводнике, то четыре загнутых пальца покажут направление линии магнитной индукции). По мере удаления от проводника с током индукция магнитного поля этого тока уменьшается.

Магнитное поле, в каждой точке которого вектор магнитной индукции одинаков, называется *однородным*. Линии магнитной индукции однородного поля пред-

ставляют собой прямые, расположенные на одинаковом расстоянии друг от друга. Чем гуще они располагаются, тем больше магнитная индукция. Примером однородного магнитного поля является магнитное поле внутри длинного соленоида — катушки с током (рис. 55).

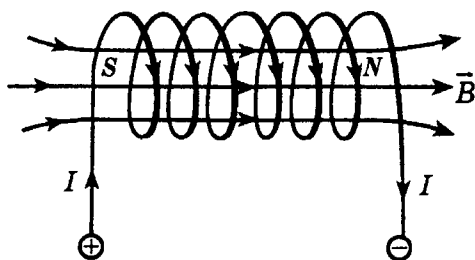


Рис. 55

Линии магнитной индукции выходят из северного полюса N и входят в его южный полюс S .

Магнитное поле полосового магнита (рис. 56) наибольшее на его полюсах, а в центре его магнитная индукция равна нулю.

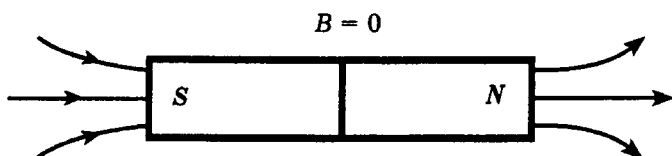


Рис. 56

На проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера. Направление силы Ампера можно определить по правилу левой руки: если ладонь левой руки расположить так, чтобы магнитные линии входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца направить по току в проводнике, то большой палец, отставленный на 90° , покажет направление силы Ампера, действующей на этот проводник в данном магнитном поле (рис. 57).

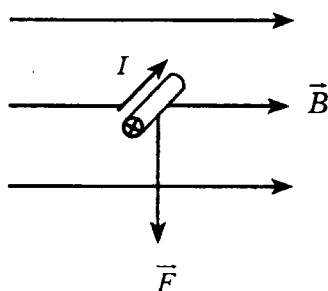


Рис. 57

Если проводник с током расположить параллельно магнитным линиям, то сила Ампера на него действовать не будет.

Из формулы магнитной индукции следует, что сила Ампера равна произведению индукции магнитного поля на силу тока в проводнике, расположенном перпендикулярно магнитным линиям, и на длину проводника в магнитном поле:

$$F_A = BIl.$$

Пронизывая некоторую площадку в магнитном поле, магнитные линии создают сквозь нее магнитный поток. Чем гуще расположены магнитные линии, тем магнитный поток больше. Если площадка S расположена перпендикулярно магнитным линиям, то магнитный поток Φ равен произведению индукции магнитного поля на ее величину:

$$\Phi = BS.$$

Единица магнитного потока — вебер ($Вб = Тл \cdot м^2$).

Если площадка S расположена параллельно магнитным линиям, то они ее не пересекают, поэтому магнитный поток через площадку в этом случае равен нулю.

Когда магнитный поток сквозь площадь, ограниченную проводящим контуром, изменяется, в этом контуре возникает индукционный ток.

По правилу Ленца индукционный ток I_i всегда направлен так, что своим магнитным полем B_i противодействует изменению магнитного потока, вызвавшего этот ток.

На рис. 58, а магнитный поток, созданный однородным полем индукции \vec{B} , при пересечении контура возрастает ($\Delta\Phi > 0$). При этом в контуре возникает индукционный ток I_i , который своим магнитным полем \vec{B}_i , направленным против внешнего магнитного поля \vec{B} , уменьшает это магнитное поле.

На рис. 58, б магнитный поток сквозь тот же контур убывает ($\Delta\Phi < 0$). При этом магнитное поле \vec{B}_i индукционного тока I_i направлено в ту же сторону, что и поле \vec{B} , увеличивая его.

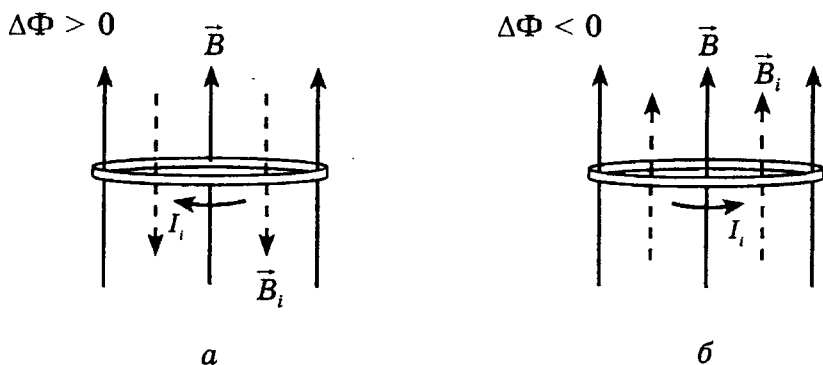


Рис. 58

Магнитный поток Φ , пересекающий контур, прямо пропорционален силе тока I , текущего по этому контуру:

$$\Phi = LI.$$

Величина L называется *индуктивностью контура*. Единица индуктивности генри ($\text{Гн} = \text{Вб/А}$).

Если замкнутый контур вращается в магнитном поле, то в нем при изменении магнитного потока возникает

переменный по величине и направлению ток. График переменного тока показан на рис. 59.

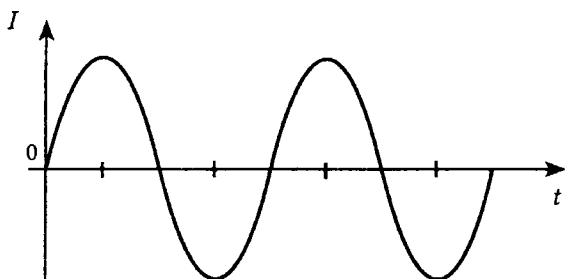


Рис. 59

Гипотеза Максвелла, доказанная им теоретически: всякое изменение магнитного поля сопровождается возникновением переменного электрического поля, а всякое изменение электрического поля приводит к появлению переменного магнитного поля.

Совокупность переменных электрического и магнитного полей называется *электромагнитным полем*. Электромагнитное поле распространяется в пространстве, образуя электромагнитную волну.

Электромагнитная волна является поперечной, так как в ней векторы электрической напряженности \vec{E} и магнитной индукции \vec{B} колеблются перпендикулярно направлению волны \vec{S} (рис. 60). Длина электромагнитной волны в вакууме (воздухе)

$$\lambda = cT, \quad \lambda = \frac{c}{\nu},$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость электромагнитной волны, T — ее период, ν — частота.

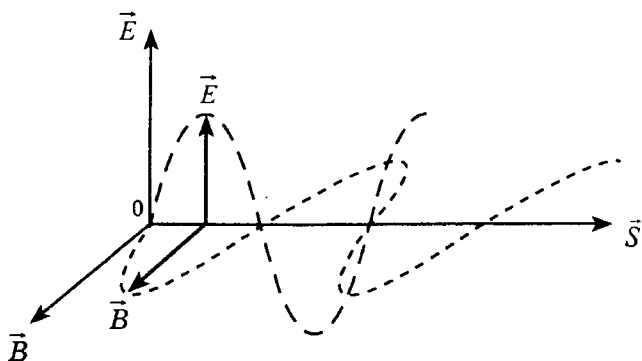


Рис. 60

Источником электромагнитных волн являются ускоренно движущиеся электрические заряды.

Электромагнитные волны разной частоты обладают разными физическими свойствами. Расположенные по мере возрастания частоты и убывания длины волны, они образуют шкалу электромагнитных волн (рис. 61).

Шкала электромагнитных волн

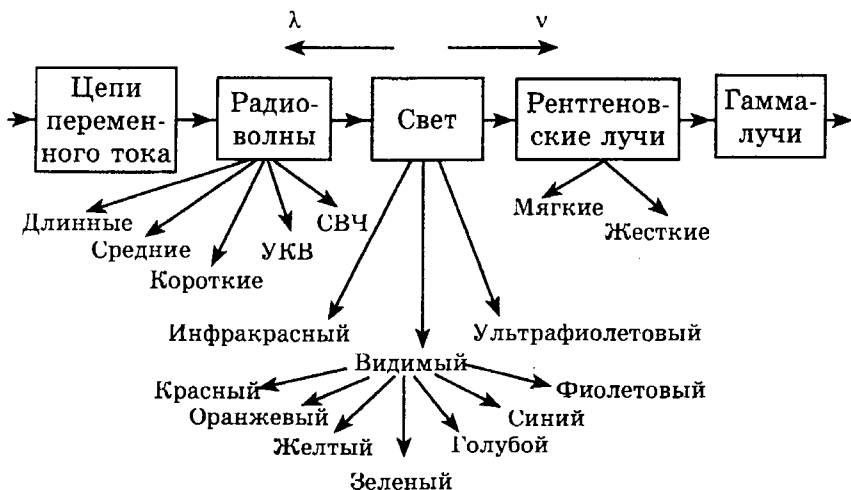


Рис. 61

Электромагнитные волны обладают и волновыми свойствами, и свойствами частиц. Частицы электромагнитного излучения называют *фотонами* (гамма-квантами). Свет является частным случаем электромагнитных волн.

Основные формулы

Кратность электрического заряда

$$q = Ne$$

Здесь q — заряд (Кл),

N — число нескомпенсированных элементарных зарядов в заряде q (безразмерное),

$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл — элементарный заряд (Кл).

Формулы силы тока

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

Здесь I — сила постоянного тока (А),

q — заряд, прошедший через поперечное сечение проводника (Кл),

t — время прохождения заряда (с).

Формула напряжения

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

Здесь U — напряжение (В),

A — работа тока (Дж),

q — заряд (Кл).

Формулы сопротивления проводника

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

Здесь R — сопротивление проводника (Ом),

U — напряжение на нем,
 I — сила тока в проводнике,
 ρ — удельное сопротивление (Ом · м),
 l — длина проводника (м),
 S — площадь поперечного сечения
 проводника (м²).

Закон Ома для участка цепи

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

Здесь I — сила тока (А),
 U — напряжение (В),
 R — сопротивление участка (Ом).

Последовательное соединение проводников

I — одинакова во всех проводниках:

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3$$

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Если все проводники имеют одинаковое сопротивление, то

$$R_{\text{общ}} = NR \qquad U_{\text{общ}} = NU$$

Для двух последовательных проводников

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Здесь I — сила тока (А),
 $U_{\text{общ}}$ — общее напряжение на всех последовательно соединенных проводниках (В),
 U_1, U_2, U_3 — напряжения на отдельных проводниках (В),
 $R_{\text{общ}}$ — общее сопротивление всех последовательно соединенных проводников (Ом),
 R_1, R_2, R_3 — сопротивления отдельных проводников (Ом).

Параллельное соединение проводников U — одинаково на всех проводниках:

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Если все проводники имеют одинаковое сопротивление, то

$$R_{\text{общ}} = \frac{R}{N} \quad I_{\text{общ}} = NI$$

Общее сопротивление двух параллельных проводников

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Для двух параллельных проводников

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Здесь U — напряжение на проводниках (В), $I_{\text{общ}}$ — сила тока на неразветвленном участке цепи (А), I_1, I_2, I_3 — сила тока в отдельных проводниках (А), $R_{\text{общ}}$ — общее сопротивление параллельных проводников (Ом), R_1, R_2, R_3 — сопротивления отдельных проводников (Ом).*Работа тока*

$$A = UIt \quad A = qU \quad A = I^2 R t \quad A = \frac{U^2}{R} t \quad A = Pt$$

Здесь A — работа тока (Дж), U — напряжение на участке цепи (В), I — сила тока в цепи (А), t — время прохождения тока (с), q — прошедший по цепи заряд (Кл),

R — сопротивление участка цепи (Ом),
тока (В),

P — мощность тока (Вт).

Мощность тока

$$P = UI \quad P = I^2R \quad P = \frac{U^2}{R} \quad P = \frac{A}{t}$$

Здесь P — мощность тока (Вт),

U — напряжение (В),

I — сила тока (А),

R — сопротивление (Ом),

A — работа тока (Дж),

t — время (с).

Закон Джоуля — Ленца

$$Q = I^2Rt \quad Q = \frac{U^2}{R}t \quad Q = UI t$$

Формула индукции магнитного поля

$$B = \frac{F}{Il}$$

Здесь B — индукция магнитного поля (Тл),

F — сила Ампера, действующая на проводник
с током в магнитном поле (Н),

I — сила тока в контуре (А),

l — длина проводника в магнитном поле (м).

Формула силы Ампера

$$F_A = BIl$$

Все величины названы в предыдущей формуле.

Формула магнитного потока

$$\Phi = BS$$

Здесь Φ — магнитный поток (Вб),

B — индукция магнитного поля (Тл),

S — площадь контура (м²).

Формулы длины электромагнитной волны в воздухе

$$\lambda = cT, \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

- Здесь λ — длина электромагнитной волны (м),
 c — скорость электромагнитной волны в воздухе (скорость света) (м/с),
 T — период колебаний в электромагнитной волне (с),
 ν — частота колебаний.

Связь магнитного потока с силой тока

$$\Phi = LI$$

- Здесь Φ — магнитный поток (Вб),
 L — индуктивность контура (Гн),
 I — сила тока в контуре (А).

Задания

1. Два легких одинаковых шарика подвешены на шелковых нитях. Шарики зарядили разноименными зарядами. На каком из рисунков (рис. 62) изображены эти шарики?

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) б и в.

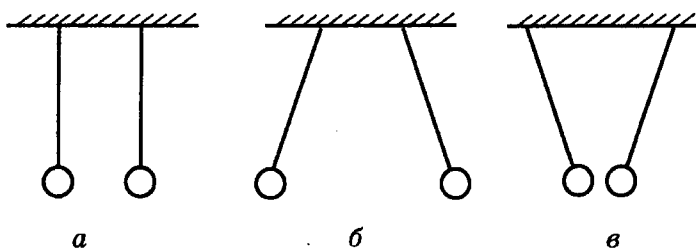


Рис. 62

2. К стержню положительно заряженного электро­скопа поднесли, не касаясь его, стеклянную палочку. Листочки электроскопа опали, образуя гораздо меньший угол. Такой эффект может наблюдаться, если палочка:

- 1) заряжена положительно;
- 2) заряжена отрицательно;
- 3) имеет заряд любого знака;
- 4) не заряжена.

3. К проводникам тока относятся:

- а) серебро;
- б) пластмасса;
- в) стекло;
- г) водный раствор соли.

- 1) только а); 2) а) и в);
3) только г); 4) а) и г).

4. В ядре нейтрального атома находится 8 протонов и 8 нейтронов. Сколько электронов движется вокруг ядра?

- 1) 4; 2) 8; 3) 10; 4) 16.

5. Нейтральный атом захватил один электрон. Он превратился:

- 1) в положительный ион;
2) в отрицательный ион;
3) остался нейтральным;
4) превратился в атом другого вещества.

6. К нейтральной бумажной гильзе, висевшей на нити, поднесли, не касаясь ее, положительно заряженную стеклянную палочку. При этом гильза:

- 1) отклонилась от стеклянной палочки;
2) осталась на месте;
3) притянулась к стеклянной палочке.

7. Электрический ток в металлах представляет собой упорядоченное движение

- 1) положительных ионов;
2) отрицательных ионов;
3) электронов;
4) нейтронов.

8. Электрический ток в электролитах представляет собой упорядоченное движение

- 1) только положительных ионов;
2) только отрицательных ионов;
3) электронов;
4) положительных и отрицательных ионов.

9. Электрическая цепь состоит из источника тока и лампы, амперметра, измеряющего силу тока в лампе, и вольтметра, измеряющего напряжение на ней. На каком из рисунков (рис. 63, *a-g*) правильно показана электрическая схема этой цепи?

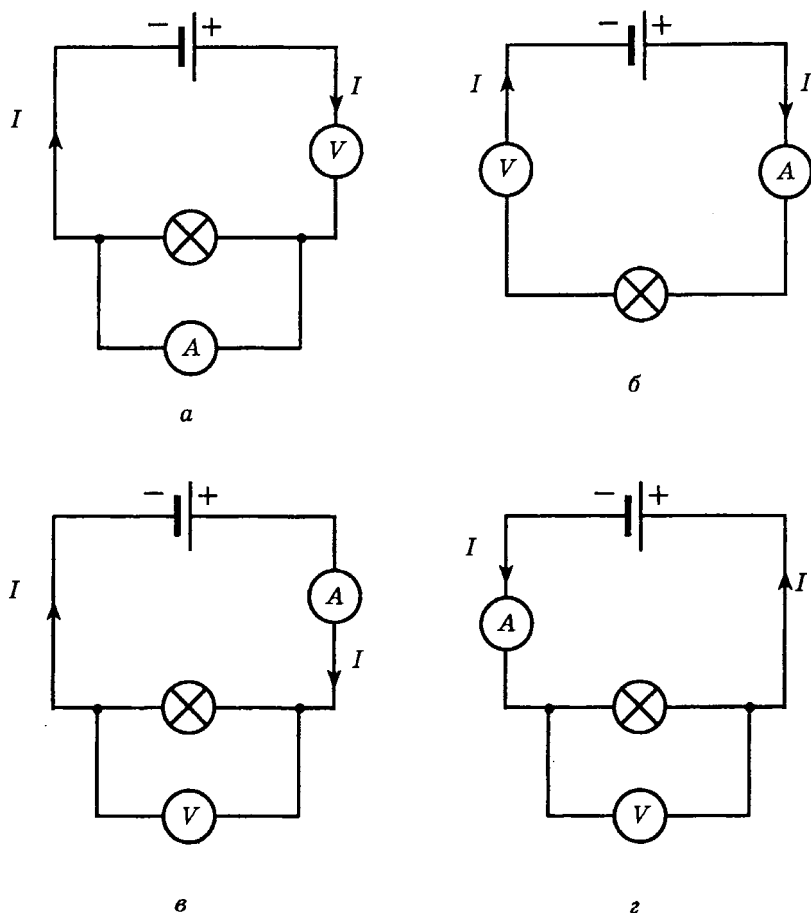


Рис. 63

10. Сила тока в проводнике 2 А. Сколько электронов проходит через поперечное сечение проводника за 32 с?

- 1) $8 \cdot 10^{19}$; 2) $16 \cdot 10^{18}$;
 3) $4 \cdot 10^{20}$; 4) $64 \cdot 10^{21}$.

11. Единица заряда в СИ:

- 1) кулон; 2) вольт; 3) ампер; 4) ом.

12. Единица напряжения в СИ:

- 1) кулон; 2) вольт; 3) ампер; 4) ом.

13. Единица силы тока в СИ:

1) кулон; 2) вольт; 3) ампер; 4) ом.

14. Единица сопротивления в СИ:

1) кулон; 2) вольт; 3) ампер; 4) ом.

15. При напряжении на лампе $U_1 = 100$ В сила тока в ней $I_1 = 2$ А. Чему равна сила тока I_2 в лампе при напряжении на ней $U_2 = 150$ В?

1) 3 А; 2) 5 А; 3) 6 А; 4) 1,5 А.

16. При напряжении $U_1 = 10$ В сила тока в проводнике $I_1 = 2,5$ А. Насколько изменится напряжение на проводнике, если сила тока увеличится на 40%?

17. Определить из графика зависимости силы тока от напряжения на проводнике (рис. 64), какое из сопротивлений больше и во сколько раз.

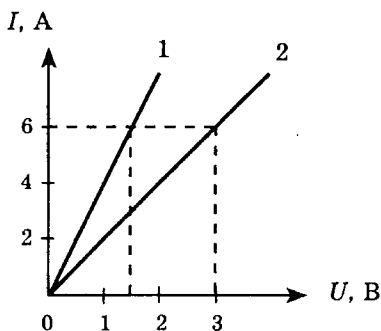


Рис. 64

18. К двум последовательным проводникам параллельно подсоединены два параллельных проводника. На каком из рисунков (рис. 65, а–г) правильно изображено это соединение?

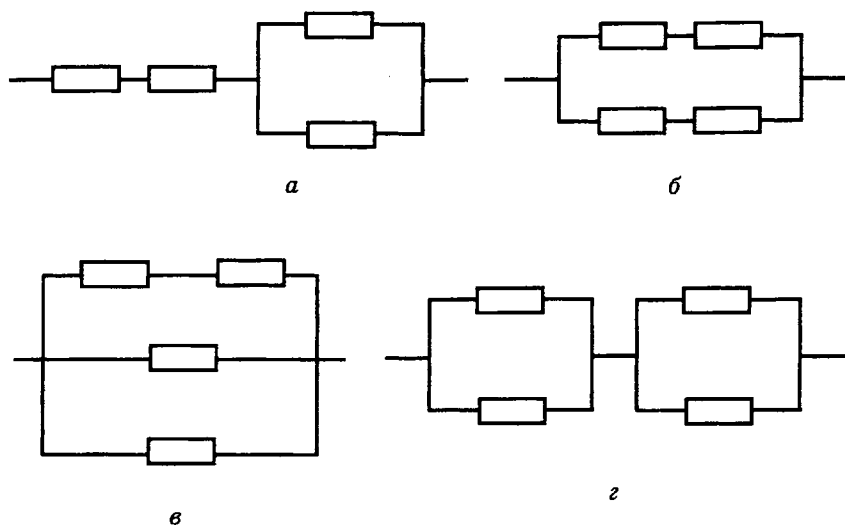


Рис. 65

19. Каждый из трех проводников имеет сопротивление $R_1 = 2$ Ом. Сколько возможных сопротивлений можно получить, соединяя эти три проводника разными способами?

20. Медный проводник длиной $l = 10$ м с площадью поперечного сечения $S = 1$ мм² включен в цепь с напряжением $U = 3,4$ В. Удельное сопротивление меди $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом · м. Чему равна сила тока в цепи?

- 1) 0,34 А; 2) 20 А; 3) 170 А; 4) 68 А.

21. Участок цепи состоит из двух последовательных проводников с сопротивлениями $R_1 = 2$ Ом и $R_2 = 3$ Ом. Напряжение на проводнике с сопротивлением 2 Ом $U_1 = 4$ В. Чему равно напряжение на концах этого участка цепи?

- 1) 10 В; 2) 15 В; 3) 20 В; 4) 25 В.

22. На рис. 66 изображены три медных проводника с разной длиной и площадью поперечного сечения. У какого из них удельное сопротивление больше?

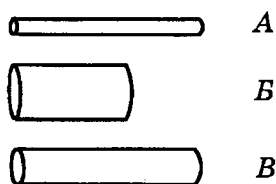


Рис. 66

- 1) А; 2) Б; 3) В; 4) одинаково.

23. Чему равно общее сопротивление участка цепи, изображенного на рис. 67, если сопротивление каждого проводника 6 Ом?

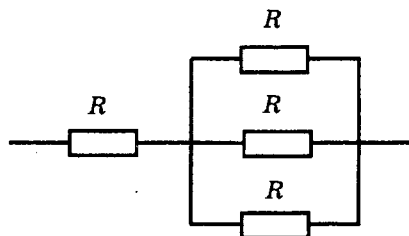


Рис. 67

24. Чему равно напряжение на концах *а**б* участка цепи, изображенного на рис. 68, если амперметр показывает силу тока 2 А? Сопротивления проводников $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом.

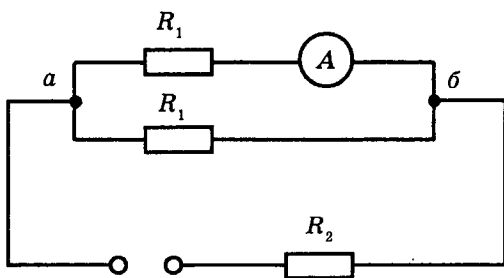


Рис. 68

25. Четыре проводника с одинаковым сопротивлением соединены так, как изображено на рис. 69. Показания амперметра $I = 10$ А, показания вольтметра $U = 120$ В. Чему равно сопротивление каждого проводника?

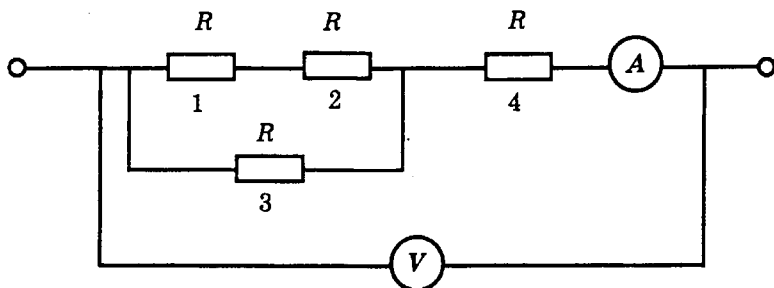


Рис. 69

26. Участок цепи содержит три проводника с одинаковым сопротивлением каждого, соединенных последовательно. Напряжение на концах участка 24 В. Чему равно напряжение на каждом проводнике?

- 1) 6 В; 2) 8 В; 3) 14 В; 4) 20 В.

27. На рис. 70 изображен график зависимости силы тока в проводнике длиной 2 м, изготовленном из сплава металлов, от приложенного к нему напряжения. Чему равна площадь поперечного сечения проводника? Удельное сопротивление сплава проводника $2 \cdot 10^{-8}$ Ом · м.

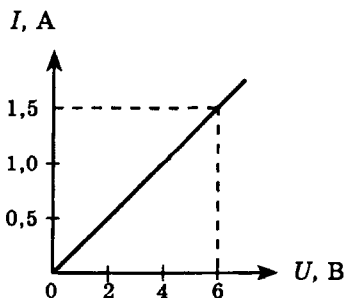


Рис. 70

28. На рис. 71 изображен график зависимости силы тока в проводнике от сопротивления проводника. Чему равно напряжение на проводнике?

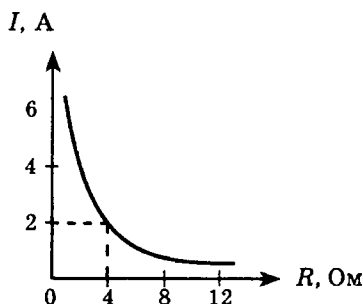


Рис. 71

29. На рис. 72 изображен участок электрической цепи. Напряжение между клеммами A и B $U = 100$ В, $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 5$ Ом. Какую силу тока показывает амперметр?

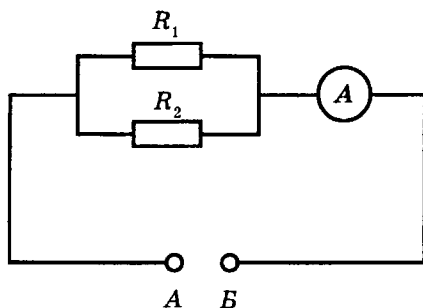


Рис. 72

30. В чайник налили воду массой $m = 320$ г при $t_1 = 30$ °С и поставили на электроплитку. Через сколько времени выкипит вся вода, если сила тока в цепи

$I = 10$ А, а сопротивление нагревателя $R = 20$ Ом? Удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг · К), удельная теплота парообразования воды $L = 2256$ кДж/кг. Потери тепла пренебречь. Ответ выразить в минутах.

31. Лифт массой $m = 2,4$ т поднимается на высоту $H = 25$ м за $t = 40$ с. КПД подъема $\eta = 60\%$. Найти силу тока в электродвигателе лифта, если он работает под напряжением $U = 220$ В. Ответ округлить до целого числа ампер.

32. Трамвай, двигавшийся по горизонтальному пути под действием силы тяги $F_{\text{тяги}}$, проехал расстояние S за время t . Напряжение на проводах U , КПД электрической цепи η . Найти силу тока в двигателе.

33. Включенная в сеть электрическая плитка выделила количество теплоты Q . Определить, какое количество теплоты выделяют две такие плитки за это же время, если их включить в ту же сеть последовательно. Зависимость сопротивления от температуры можно не учитывать.

34. Две лампочки сопротивлением R каждая соединены последовательно. Во сколько раз изменится мощность тока, если лампочки соединить параллельно и включить в ту же розетку?

35. Что нужно сделать, чтобы поменять магнитные полюсы катушки с током на противоположные?

- 1) увеличить силу тока;
- 2) увеличить число витков;
- 3) увеличить диаметр витка;
- 4) изменить направление тока.

36. На каком из рисунков (рис. 73) правильно изображены магнитные линии вокруг прямого проводника с током, сечение которого изображено кружком? Ток течет от чертежа к наблюдателю.

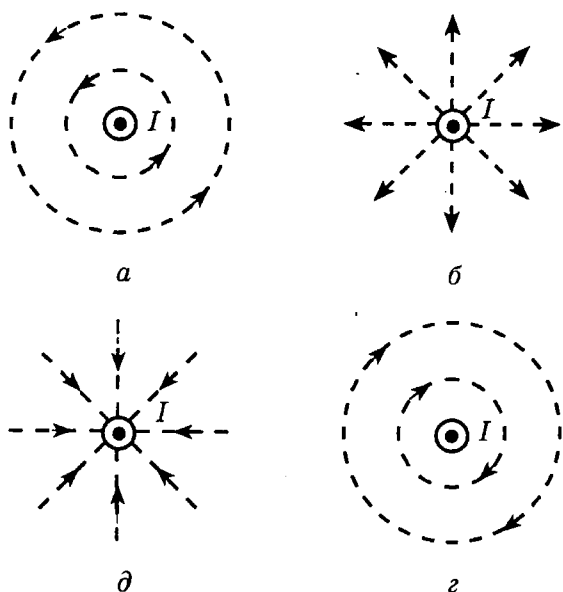


Рис. 73

37. На каком из рисунков (рис. 74) правильно показано положение магнитной стрелки вблизи северного полюса постоянного магнита?

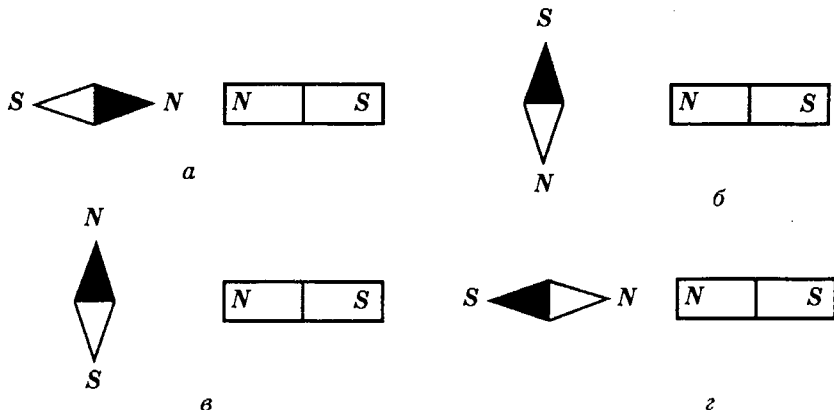


Рис. 74

38. Правильным является утверждение, что магнитные линии:

- 1) выходят из северного полюса магнита и входят в южный;
- 2) выходят из южного полюса магнита и входят в северный;
- 3) выходят и из северного, и из южного полюсов магнита;
- 4) входят и в северный, и в южный полюсы магнита.

39. Правильными являются два утверждения, о том что:

- 1) северный магнитный полюс Земли находится вблизи ее северного географического полюса;
- 2) северный магнитный полюс Земли находится вблизи ее южного географического полюса;
- 3) южный магнитный полюс Земли находится вблизи ее северного географического полюса;
- 4) южный магнитный полюс Земли находится вблизи ее южного географического полюса.

40. На рис. 75 изображены полюса двух полосовых магнитов. Между ними находится проводник с током, сечение которого изображено кружком. Ток течет от наблюдателя за чертеж. Куда направлена сила, действующая на проводник с током со стороны магнитного поля?

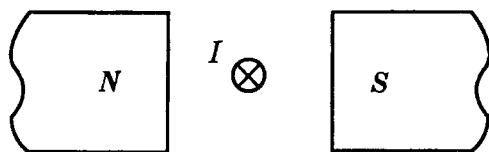


Рис. 75

- 1) влево; 2) вправо; 3) вверх; 4) вниз.

41. На рис. 76 изображена катушка с током. Какая из стрелок правильно показывает направление вектора магнитной индукции \vec{B} в точке M , расположенной внутри катушки?

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) г.

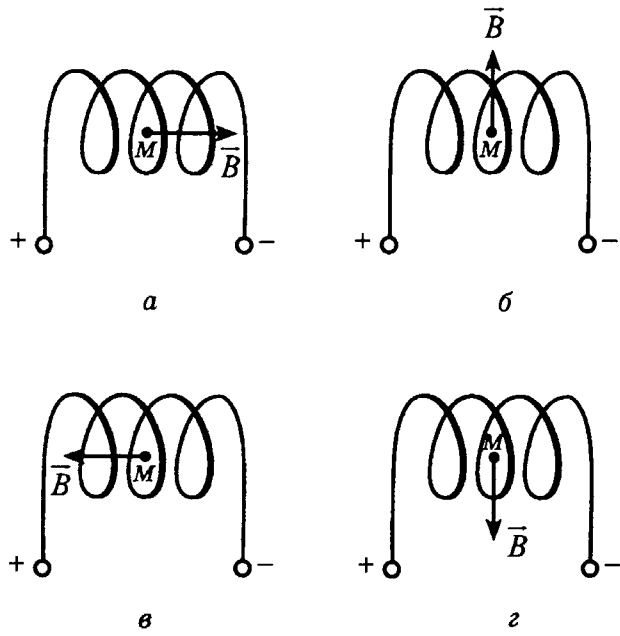


Рис. 76

42. На рис. 77 изображен проводник с током, расположенный параллельно магнитным линиям. Куда направлена сила, действующая на проводник с током со стороны магнитного поля?

- 1) влево;
- 2) вправо;
- 3) от чертежа к наблюдателю;
- 4) сила равна нулю.

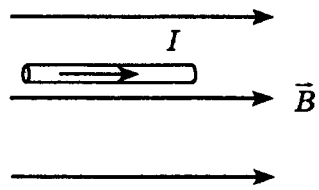


Рис. 77

43. Какая стрелка на рис. 78 правильно показывает направление вектора индукции магнитного поля прямого тока в точке M ? Ток течет от чертежа к наблюдателю.

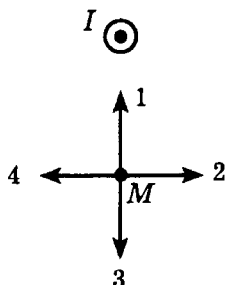


Рис. 78

- 1) 2) 3) 4)

44. В магнитном поле висит проводник с током, сечение которого изображено кружком (рис. 79). Ток течет от наблюдателя за чертеж. Куда направлен вектор индукции магнитного поля?



Рис. 79

- 1) влево; 2) вправо; 3) вверх; 4) вниз.

45. На рис. 80 изображен проводник, способный двигаться по рельсам, подключенным к источнику тока (вид сверху). Рельсы с проводником расположены в однородном магнитном поле, направленном от наблюдателя за чертеж — его направление показано крестиками. Куда станет двигаться подвижный проводник с током? Силой трения пренебречь.

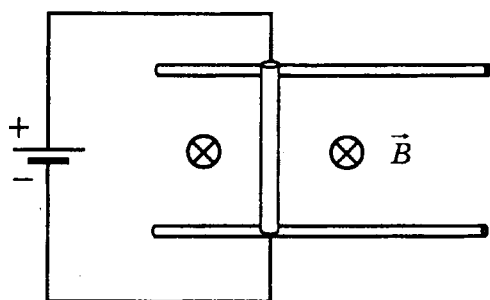


Рис. 80

- 1) влево; 2) вправо; 3) останется на месте.

46. На положительный заряд q , движущийся в однородном магнитном поле, со стороны магнитного поля действует сила \vec{F} , направленная вправо (рис. 81). Поле направлено от чертежа к наблюдателю — его направление показано кружками с точкой. Какая стрелка правильно показывает направление движения заряда в точке M ?

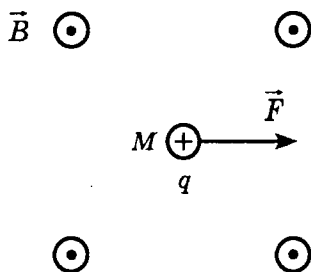


Рис. 81

47. Как изменится индукция магнитного поля, если силу тока в проводнике, помещенном в это поле, увеличить в 3 раза?

- 1) Увеличится в 3 раза;
2) не изменится;

- 3) уменьшится в 3 раза;
- 3) увеличится в 9 раз.

48. По проводнику течет постоянный ток. Проводник расположен в однородном магнитном поле перпендикулярно магнитным линиям. Чему будет равна действующая на него со стороны магнитного поля сила, если силу тока уменьшить в 4 раза, а длину проводника в поле увеличить в 2 раза? До изменения этих величин сила, действующая на него со стороны магнитного поля, равнялась 10 Н.

49. В проводящий прямоугольный контур $ab\gamma z$ включен источник тока (рис. 82). Контур помещен в магнитное поле, вектор индукции которого направлен от чертежа к наблюдателю. Куда направлена сила, действующая на сторону контура $b\gamma$ со стороны магнитного поля?

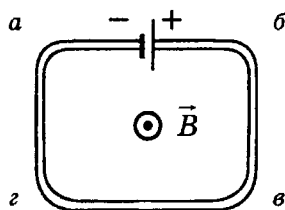


Рис. 82

- 1) От наблюдателя за чертеж;
- 2) от чертежа к наблюдателю;
- 3) влево;
- 4) вправо.

50. В однородном магнитном поле индукцией 4 Тл висит проводник с током силой 2 А и длиной 1 см. Проводник расположен перпендикулярно магнитным линиям. Чему равна масса проводника, если на него действуют только сила тяжести и сила Ампера? Ответ выразить в граммах.

51. В каком случае магнитный поток, пересекающий рамку $ab\gamma z$ (рис. 83), расположенную в однородном магнитном поле, наибольший?

- 1) a ;
- 2) b ;
- 3) γ ;
- 4) z .

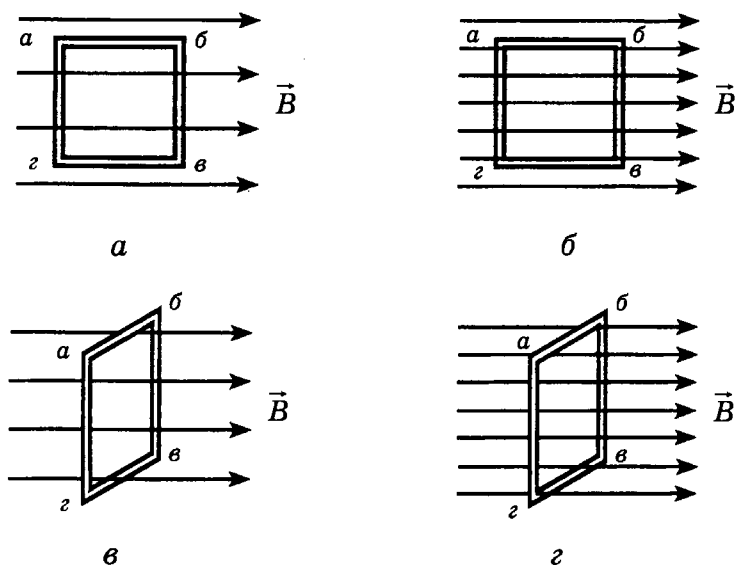


Рис. 83

52. В однородном магнитном поле находится проводящий ток контур (рис. 84). В каком случае в контуре возникнет индукционный ток?

- 1) если контур будет двигаться влево;
- 2) если контур будет двигаться вверх;
- 3) если контур будет вращаться вокруг оси 1–2;
- 4) если контур будет вращаться вокруг оси 3–4.

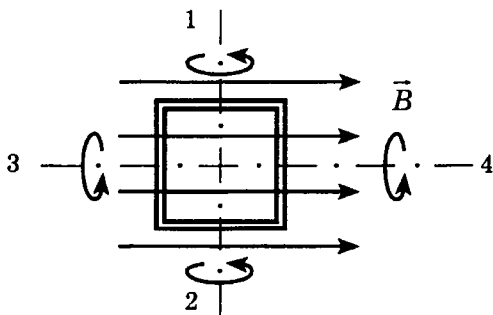


Рис. 84

53. На рис. 85 изображен график изменения силы переменного тока с течением времени. Чему равна частота переменного тока?

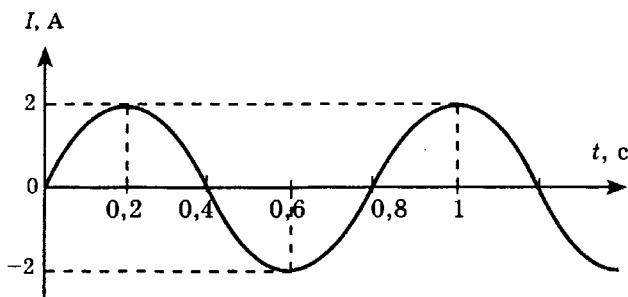


Рис. 85

54. Частота промышленного переменного тока в нашей стране 50 Гц. Чему равен период переменного тока?

- 1) 2 с; 2) 0,2 с; 3) 5 с; 4) 0,02 с.

55. Источником электромагнитного поля является:

- 1) неподвижный заряд;
- 2) заряд, движущийся равномерно и прямолинейно;
- 3) заряд, движущийся равномерно по окружности;
- 4) ни в одном из этих примеров заряд не является источником электромагнитного поля.

56. Период колебаний в электромагнитной волне, распространяющейся в атмосфере, равен $2 \cdot 10^{-7}$ с. Чему равна длина волны? Скорость волны в воздухе $3 \cdot 10^8$ м/с.

- 1) 15 м; 2) 0,7 м; 3) 60 м; 4) 120 м.

57. Длина электромагнитной волны в воздухе 300 м. Чему равна частота колебаний в этой волне? Ответ выразить в мегагерцах.

58. В каком из приведенных примеров правильно назван порядок расположения электромагнитных волн по мере убывания длины волны?

- 1) Радиоволны, рентгеновские лучи, видимый свет, гамма-излучение;
- 2) радиоволны, инфракрасные лучи, видимый свет, рентгеновские лучи;
- 3) гамма-излучение, ультрафиолетовые лучи, видимый свет, радиоволны;
- 4) радиоволны, ультрафиолетовые лучи, видимый свет, рентгеновские волны.

Ответы на задания

1. Разноименно заряженные шарики притягиваются друг к другу, поэтому они изображены правильно на рис. 62, в.

2. Листочки положительно заряженного электроскопа опадут, если к его стержню поднести, не касаясь его, стеклянную палочку, заряженную отрицательно.

Верный ответ 2.

3. К проводникам тока относятся серебро и водный раствор соли.

Верный ответ 4.

4. У нейтрального атома число отрицательно заряженных электронов равно числу положительно заряженных протонов. Поэтому у этого атома вокруг ядра движутся 8 электронов.

Верный ответ 2.

5. Захватив отрицательно заряженный электрон, атом превратился в отрицательный ион.

Верный ответ 2.

6. Гильза притянулась к стеклянной палочке, потому что на ее поверхности, ближайшей к стеклянной палочке, появился поверхностный отрицательный заряд вследствие электризации через влияние. А разноименные заряды притягиваются.

Верный ответ 3.

7. Электрический ток в металлах представляет собой упорядоченное движение электронов.

Верный ответ 3.

8. Электрический ток в электролитах представляет собой упорядоченное движение положительных и отрицательных ионов.

Верный ответ 4.

9. Ток по цепи идет от плюса источника тока к минусу. Амперметр включается в цепь последовательно лампе, а вольтметр параллельно. Поэтому правильно показана электрическая схема этой цепи на рис. 63, в.

10. Сила тока равна отношению заряда ко времени его прохождения $I = \frac{q}{t}$, а заряд содержит целое число N

электронов, $q = Ne$, поэтому $I = \frac{Ne}{t}$, откуда

$$N = \frac{It}{e} = \frac{2 \cdot 32}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4 \cdot 10^{20}.$$

Верный ответ 3.

11. Единица заряда в СИ — кулон.

Верный ответ 1.

12. Единица напряжения в СИ — вольт.

Верный ответ 2.

13. Единица силы тока в СИ — ампер.

Верный ответ 3.

14. Единица сопротивления в СИ — ом.

Верный ответ 4.

15. Из закона Ома для участка цепи $I = \frac{U}{R}$ следует,

что неизменное сопротивление лампы в обоих случаях $R = \frac{U_1}{I_1}$ и $R = \frac{U_2}{I_2}$, поэтому $\frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_2}$, откуда

$$I_2 = I_1 \frac{U_2}{U_1} = 2 \cdot \frac{150}{100} \text{ А} = 3 \text{ А}.$$

Верный ответ 1.

16. При увеличении силы тока на 40% она станет равна $I_2 = I_1 + 0,4 I_1 = 1,4 I_1 = 1,4 \cdot 2,5 \text{ А} = 3,5 \text{ А}$.

Поскольку сопротивление проводника не изменится, то $R = \frac{U_1}{I_1}$ и $R = \frac{U_2}{I_2}$, поэтому $\frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_2}$, откуда новое на-

пряжение $U_2 = U_1 \frac{I_2}{I_1} = 10 \cdot \frac{3,5}{2,5} \text{ В} = 14 \text{ В}$. Значит, напря-

жение увеличится на $14 \text{ В} - 10 \text{ В} = 4 \text{ В}$.

17. Из графиков на рис. 64 следует, что координаты точки 1 $U_1 = 1,5 \text{ В}$ и $I_1 = 6 \text{ А}$. Значит, сопротивление проводника 1 $R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{1,5}{6} \text{ Ом} = 0,25 \text{ Ом}$.

Координаты точки 2 $U_2 = 3 \text{ В}$ и $I_2 = 6 \text{ А}$. Значит, сопротивление проводника 2 $R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{3}{6} \text{ Ом} = 0,5 \text{ Ом}$.

Поэтому сопротивление проводника 2 больше сопротивления проводника 1 в $\frac{0,5}{0,25} = 2$ раза.

18. Это соединение правильно изображено на рис. 65, в.

19. Обратимся к рис. 86.

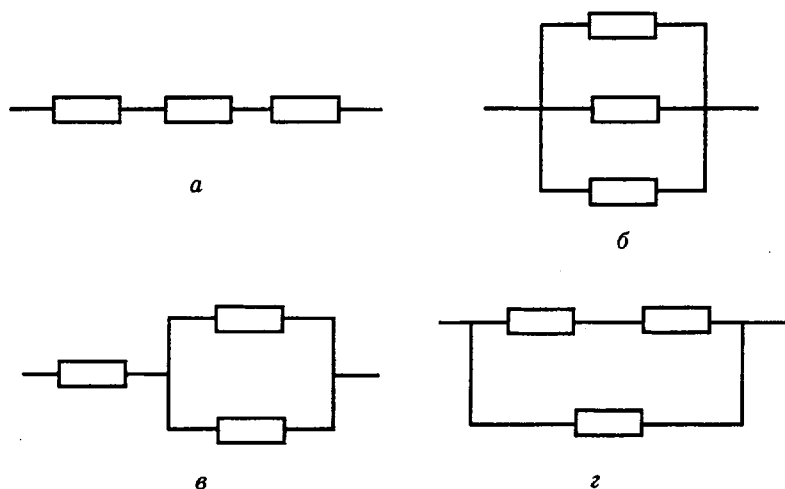


Рис. 86

Соединение *a*: $R_1 = R + R + R = 3R = 3 \cdot 2 \text{ Ом} = 6 \text{ Ом}$.

Соединение *б*: $R_2 = \frac{R}{3} = \frac{2}{3} \text{ Ом}$.

Соединение *в*: $R_3 = R + \frac{R}{2} = 2 \text{ Ом} + \frac{2}{2} \text{ Ом} = 3 \text{ Ом}$.

Соединение *г*: $R_4 = \frac{(R+R)R}{R+R+R} = \frac{(2+2)2}{2+2+2} \text{ Ом} = \frac{4}{3} \text{ Ом}$.

20. $1 \text{ мм}^2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$. По закону Ома для участка цепи сила тока $I = \frac{U}{R}$. Сопротивление проводника найдем

по формуле $R = \rho \frac{l}{S}$. Подставим правую часть этого равенства вместо R в формулу закона Ома:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{US}{\rho l} = \frac{3,4 \cdot 10^{-6}}{1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 10} \text{ А} = 20 \text{ А}.$$

Верный ответ 2.

21. Напряжение на концах участка цепи можно найти, умножив силу тока в этом участке на его общее сопротивление: $U = I(R_1 + R_2)$. Силу тока найдем из закона Ома $I = \frac{U_1}{R_1}$. С учетом этого равенства

$$U = \frac{U_1}{R_1}(R_1 + R_2) = \frac{4}{2}(2 + 3) \text{ В} = 10 \text{ В}.$$

Верный ответ 1.

22. Удельное сопротивление не зависит от длины и площади поперечного сечения проводника, а зависит только от металла и температуры. Поэтому удельное сопротивление всех трех медных проводников одинаково.

Верный ответ 4.

$$23. R_{\text{общ}} = R + \frac{R}{3} = \frac{4}{3}R = \frac{4}{3} \cdot 6 \text{ Ом} = 8 \text{ Ом}.$$

24. Напряжение U_{ab} равно произведению силы тока I в неразветвленном участке цепи на общее сопротивление всего участка: $U_{ab} = I \left(\frac{R_1}{2} + R_2 \right)$. Амперметр показывает

силу тока I_1 в проводнике R_1 . Такой же силы ток течет и в параллельном ему проводнике, ведь их сопротивления одинаковы. Значит, сила тока, входящего в узел a , вдвое больше силы тока I_1 , т.е.

$$I = 2I_1 = 2 \cdot 2 \text{ А} = 4 \text{ А}.$$

$$\text{С учетом этой величины } U_{ab} = 4 \left(\frac{1}{2} + 2 \right) \text{ В} = 10 \text{ В}.$$

25. Поскольку вольтметр показывает напряжение U на всех проводниках, а амперметр — силу тока в неразветвленном участке цепи, то, исходя из закона Ома, общее сопротивление этих проводников

$$R_{\text{общ}} = \frac{U}{I}. \quad (1)$$

На рис. 69 проводники 1 и 2 соединены последовательно, значит, их общее сопротивление $2R$. К ним проводник 3 подсоединен параллельно, поэтому общее сопротивление проводников 1, 2 и 3 равно $\frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2}{3}R$.

К этим трем проводникам проводник 4 присоединен последовательно, поэтому общее сопротивление всего этого участка цепи

$$R_{\text{общ}} = \frac{2}{3}R + R = \frac{5}{3}R. \quad (2)$$

Подставив правую часть равенства (2) в формулу (1), получим

$$\frac{5}{3}R = \frac{U}{I}, \text{ откуда } R = \frac{3U}{5I} = \frac{3 \cdot 120}{5 \cdot 10} \text{ Ом} = 7,2 \text{ Ом}.$$

26. Поскольку все последовательно соединенные проводники имеют одинаковые сопротивления и ток в них тоже одинаков, значит, и напряжения на каждом из них одинаковы. А общее напряжение равно сумме напряжений на каждом из трех проводников, значит, напряжение на каждом проводнике в три раза меньше, чем общее напряжение. Поэтому напряжение на каждом проводнике равно $\frac{24}{3} \text{ В} = 8 \text{ В}$.

Верный ответ 2.

27. Из графика на рис. 70 следует, что сопротивление проводника $R = \frac{U}{I} = \frac{6}{1,5} \text{ Ом} = 4 \text{ Ом}$. Из формулы сопротивления проводника $R = \rho \frac{l}{S}$ площадь поперечного сечения $S = \frac{\rho l}{R} = \frac{2 \cdot 10^{-8} \cdot 2}{4} \text{ м}^2 = 1 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$.

28. Из графика на рис. 71 следует, что при сопротивлении $R = 4$ Ом сила тока в проводнике $I = 2$ А. Из закона Ома для участка цепи напряжение

$$U = IR = 2 \cdot 4 \text{ В} = 8 \text{ В}.$$

29. По закону Ома для участка цепи сила тока, которую показывает амперметр, равна отношению напряжения между клеммами A и B к общему сопротивлению проводников: $I = \frac{U}{R}$. Общее сопротивление двух парал-

лельных проводников рассчитывается по формуле $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$. Подставим правую часть этого равенства

вместо R в предыдущую формулу

$$I = \frac{U(R_1 + R_2)}{R_1 R_2} = \frac{100(10 + 5)}{10 \cdot 5} \text{ А} = 30 \text{ А}.$$

30. $320 \text{ г} = 0,32 \text{ кг}$, $2256 \text{ кДж/кг} = 2\,256\,000 \text{ Дж/кг}$. По закону сохранения энергии количество теплоты, выделенное нагревателем при прохождении по нему тока, $Q = I^2 R t$ равно количеству теплоты, пошедшему на нагревание воды от температуры $t_1 = 30$ °С до температуры кипения $t_2 = 100$ °С и на превращение ее в пар:

$$Q = mc(t_2 - t_1) + mL = m(c(t_2 - t_1) + L).$$

Приравняем правые части этих равенств и из полученного выражения найдем время t :

$$I^2 R t = m(c(t_2 - t_1) + L).$$

Отсюда

$$t = \frac{m(c(t_2 - t_1) + L)}{I^2 R} = \frac{0,32(4200(100 - 30) + 2\,256\,000)}{10^2 \cdot 20} \text{ с} = 408 \text{ с} = 6,8 \text{ мин}.$$

31. $2,4 \text{ т} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ кг}$. КПД подъема лифта равен отношению полезной работы по подъему лифта на высоту к затраченной работе тока, выраженному в процентах:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} 100\% .$$

Полезная работа равна потенциальной энергии лифта на высоте H :

$$A_{\text{пол}} = mgH .$$

Затраченная работа тока

$$A_{\text{затр}} = UIt .$$

С учетом этих равенств КПД $\eta = \frac{mgH}{UIt} 100\%$, откуда

$$I = \frac{mgH}{\eta Ut} = \frac{2,4 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 25}{60 \cdot 220 \cdot 40} 100 \text{ А} = 114 \text{ А} .$$

32. КПД электрической цепи равен отношению полезной работы двигателя к затраченной работе тока, выраженному в процентах:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} 100\% .$$

Полезная работа равна произведению силы тяги на модуль перемещения

$$A_{\text{пол}} = F_{\text{тяги}} S .$$

Затраченная работа тока $A_{\text{затр}} = UIt$.

С учетом этих равенств КПД

$$\eta = \frac{F_{\text{тяги}} S}{UIt} 100\% ,$$

откуда

$$I = \frac{F_{\text{тяги}} S}{\eta Ut} .$$

33. По закону Джоуля – Ленца количество теплоты, выделенное одной плиткой,

$$Q = \frac{U^2}{R} t .$$

Две такие же плитки, включенные в ту же сеть последовательно, выделяют количество теплоты

$$Q_2 = \frac{U^2}{2R} t = \frac{Q}{2},$$

т. е. они выделяют тепла вдвое меньше, чем одна.

34. При последовательном соединении двух одинаковых лампочек мощность тока $P_1 = \frac{U^2}{2R}$, а при их парал-

лельном соединении и включении в ту же розетку, мощность тока $P_2 = \frac{U^2}{\frac{R}{2}} = \frac{2U^2}{R}$. Следовательно,

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2U^2 \cdot 2R}{R \cdot U^2} = 4, \text{ т.е. мощность увеличится в 4 раза.}$$

35. Чтобы поменять магнитные полюсы катушки с током на противоположные, нужно изменить направление тока в катушке.

Верный ответ 4.

36. Магнитные линии прямого тока представляют собой концентрические окружности, охватывающие проводник. Применяв правило буравчика, убедимся, что они правильно изображены на рис. 73, а.

37. Поскольку разноименные полюса притягиваются, значит, правильно показано положение магнитной стрелки вблизи северного полюса постоянного магнита на рис. 74, г.

38. Правильным является утверждение, что магнитные линии выходят из северного полюса магнита и входят в южный.

Верный ответ 1.

39. Правильными являются два утверждения о том, что северный магнитный полюс Земли находится вблизи ее южного географического полюса, а южный магнитный полюс Земли находится вблизи ее северного географического полюса.

Верные ответы 2 и 3.

40. Обратимся к рис. 87. Мы помним, что магнитные линии выходят из северного полюса N магнита и входят в южный полюс S . Повернем ладонь левой руки к северному полюсу, чтобы магнитные линии входили в нее, а четыре вытянутых пальца направим перпендикулярно плоскости рисунка за чертеж. Тогда большой палец, отставленный на 90° , покажет, что сила, действующая на проводник с током со стороны магнитного поля, направлена вниз.

Верный ответ 4.

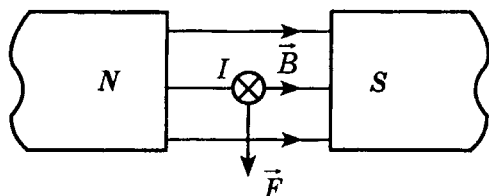


Рис. 87

41. Ток по катушке течет от плюса к минусу, значит, в ее левом конце он течет по часовой стрелке, поэтому это ее южный полюс, а правый — северный. Магнитные линии входят в южный полюс и выходят из северного, поэтому внутри катушки вектор \vec{B} направлен от южного полюса к северному (рис. 88).

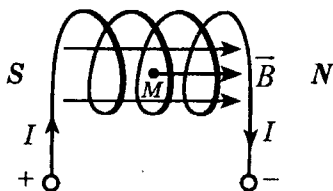


Рис. 88

Верный ответ 75, а.

42. На проводник с током, расположенный параллельно магнитным линиям, сила не действует.

Верный ответ 4.

43. Применим правило буравчика. Направим большой палец правой руки в направлении тока, т.е. на себя, тогда четыре закрученных пальца покажут, что магнитные линии вокруг проводника с током «крутятся» против часовой стрелки. В точке M под проводником с током вектор магнитной индукции \vec{B} , касательный к магнитной линии, будет направлен вправо (рис. 89).

Верный ответ 2.

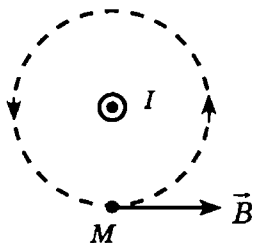


Рис. 89

44. Мы знаем, что сила тяжести $m\vec{g}$ направлена вниз. А поскольку проводник висит, значит, сила, действующая на проводник с током со стороны магнитного поля, направлена вверх и равна по модулю силе тяжести (рис. 90). Направим большой палец левой руки параллельно этой силе вверх, а четыре вытянутых пальца направим перпендикулярно плоскости рисунка в направлении тока за чертеж. Тогда ладонь левой руки окажется повернутой вправо. Вектор магнитной индукции входит в ладонь, значит, он направлен влево.

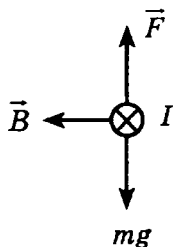


Рис. 90

Верный ответ 1.

45. Ток течет от плюса источника к минусу, значит, по проводнику на рельсах он потечет сверху вниз (рис. 91). Направим четыре пальца левой руки по току, т. е. вниз, а ладонь расположим параллельно плоскости чертежа, повернув ее к нам, чтобы вектор \vec{B} входил в нее. Тогда большой палец, отставленный на 90° , покажет, что сила, действующая на проводник с током со стороны магнитного поля, направлена вправо.

Верный ответ 2.

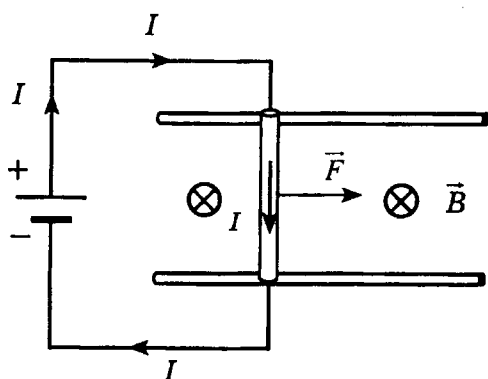


Рис. 91

46. Повернем ладонь левой руки к рисунку, чтобы магнитные линии входили в нее, а большой палец, отставленный на 90° , направим вправо по направлению силы \vec{F} . Тогда четыре вытянутых пальца покажут, что заряд движется вверх (рис. 92).

Верно направлена стрелка 2.

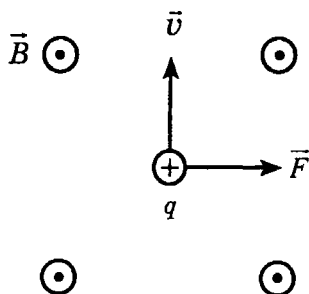


Рис. 92

47. Индукция магнитного поля B не зависит от проводника с током, помещенного в это поле. Поэтому, если силу тока в проводнике, помещенном в магнитное поле, увеличить в 3 раза, то индукция магнитного поля не изменится.

Верный ответ 2.

48. Из формулы индукции магнитного поля $B = \frac{F}{Il}$

следует, что вначале сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, $F_1 = BIl$.

После изменений силы тока и длины проводника новая сила $F_2 = B \frac{I}{4} 2l = \frac{1}{2} BIl = \frac{F_1}{2}$. Значит, сила уменьшится в 2 раза:

$$F_2 = \frac{10}{2} \text{ Н} = 5 \text{ Н}.$$

49. Ток течет от плюса к минусу, значит, по стороне контура $бв$ он будет течь сверху вниз (рис. 93). Повернем ладонь левой руки к рисунку так, чтобы магнитные линии входили в нее, а четыре вытянутых пальца направим вниз параллельно току в стороне $бв$. Тогда большой палец, отставленный на 90° , покажет, что сила, действующая на сторону контура $бв$ со стороны магнитного поля, направлена влево.

Верный ответ 3.

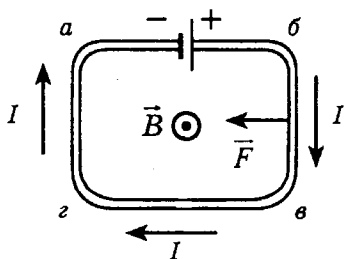


Рис. 93

50. $1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}$. Поскольку проводник висит, значит, сила тяжести mg и сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, F уравновешены, т. е. $mg = F$. Из определения индукции магнитного поля $B = \frac{F}{Il}$ следует, что сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, $F = BIl$.

Поэтому $mg = BIl$, откуда $m = \frac{BIl}{g} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 0,01}{10} \text{ кг} = 0,008 \text{ кг} = 8 \text{ г}$.

51. Чем гуще расположены магнитные линии, тем больше магнитный поток, пересекающий рамку. Но на рис. 83, a и b плоскость рамки параллельна магнитным линиям, поэтому они скользят вдоль рамки, не пересекая ее, и поток в этих случаях равен нулю. Значит, магнитный поток, пересекающий рамку $ab\gamma\delta$, наибольший в случае z .

Верный ответ 4.

52. Индукционный ток возникнет в контуре тогда, когда магнитный поток, пересекающий контур, изменится. А изменяться он будет в том случае, если изменится или индукция магнитного поля B , или площадь контура, или угол между нормалью (перпендикуляром) к плоскости контура и магнитными линиями. Только при вращении контура вокруг оси 1–2 (рис. 84) такой угол будет изменяться, в остальных случаях никакая из перечисленных величин изменяться не будет. Значит, индукционный ток в контуре возникнет только при вращении его вокруг оси 1–2.

Верный ответ 2.

53. Из графика на рис. 85 следует, что период переменного тока, т. е. время его полного изменения по величине и направлению, $T = 0,8 \text{ с}$. Частота связана с

периодом формулой $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,8} \text{ Гц} = 1,25 \text{ Гц}$.

54. Период связан с частотой формулой

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{50} \text{ с} = 0,02 \text{ с}.$$

Верный ответ 2.

55. Источником электромагнитного поля является заряд, движущийся с ускорением. Из приведенных примеров только заряд, движущийся по окружности, имеет центростремительное ускорение, значит, только он излучает электромагнитные волны.

56. Длина волны равна произведению ее скорости и периода $\lambda = cT = 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 60 \text{ м}$.

Верный ответ 3.

57. Длина волны равна отношению ее скорости к частоте колебаний $\lambda = \frac{c}{\nu}$, откуда частота

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{300} \text{ Гц} = 1 \cdot 10^6 \text{ Гц} = 1 \text{ МГц}.$$

58. По мере убывания длины волны правильно назван следующий порядок расположения электромагнитных волн: радиоволны, инфракрасные лучи, видимый свет, рентгеновские лучи.

Верный ответ 2.

Раздел 4.

СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

СТРОЕНИЕ АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА

Краткая теория

Оптика — раздел физики, в котором изучается излучение света, его распространение и взаимодействие с веществом.

Свет в однородной и изотропной среде распространяется прямолинейно. Доказательством этому служит образование тени и полутени. Если источник света S точечный, то позади непрозрачного предмета M образуется тень (рис. 94, а), а если источник света S протяженный, то позади такого предмета M образуются тень и полутени (рис. 94, б).

Точечным источником света называют абстрактный источник, представляющий собой светящуюся материальную точку. Если точечный источник света удален в бесконечность, то его лучи падают на освещаемый предмет параллельным пучком.

Световой луч — это линия, вдоль которой распространяется световая энергия.

При падении световых лучей на непрозрачную гладкую преграду они меняют направление, возвращаясь в прежнюю среду. Это явление называется *отражением света*. Угол между падающим лучом и перпендикуляром к отражающей свет поверхности называется *углом*

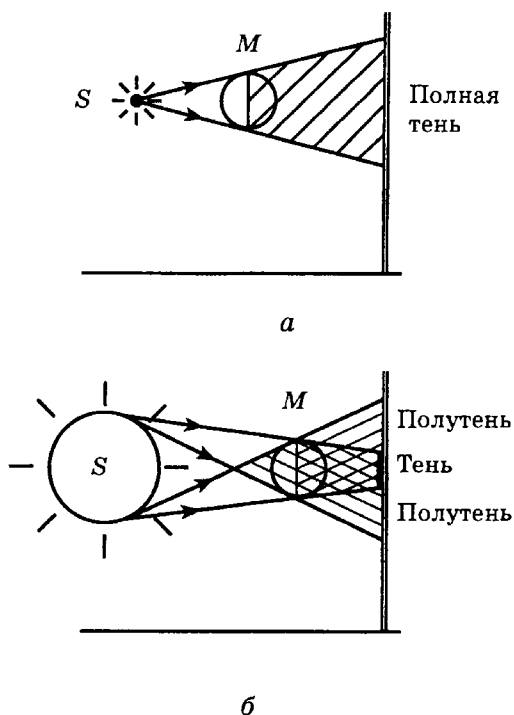


Рис. 94

падения α . Угол между отраженным лучом и перпендикуляром к отражающей поверхности называется *углом отражения* β (рис. 95).

Законы отражения:

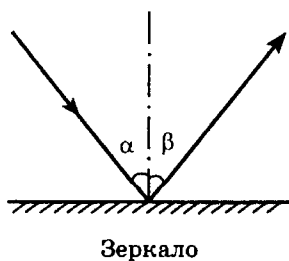


Рис. 95

- луч падающий и луч отраженный всегда лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным в точку падения к отражающей поверхности, по разные стороны от него;
- угол отражения всегда равен углу падения: $\alpha = \beta$.

Если луч падает перпендикулярно отражающей поверхности, то угол падения равен нулю, поэтому и угол отражения тоже равен нулю. В этом случае луч отражается в обратном направлении — сам по себе.

На законе отражения основано получение изображения в плоском зеркале (рис. 96).

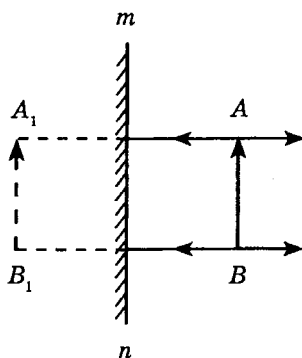


Рис. 96

Плоское зеркало mn дает мнимое и прямое изображение A_1B_1 , равное по размеру предмету AB и расположенное от зеркала на таком же расстоянии, что и предмет.

При переходе света из одной прозрачной среды в другую меняется направление светового луча. Это явление называется *преломлением света*. Угол γ между преломленным лучом и перпендикуляром к преломляющей поверхности называется *углом преломления* (рис. 97).

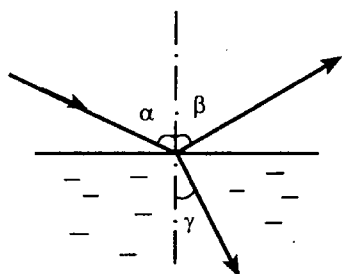


Рис. 97

Законы преломления:

- луч падающий и луч преломленный всегда лежат в одной плоскости с перпендикуляром, опущенным в точку падения луча к преломляющей поверхности, по разные стороны от перпендикуляра;
- отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред и называется *показателем преломления* n :

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

Показатель преломления разных прозрачных сред приводится в справочных данных.

Проходя сквозь стеклянную плоскопараллельную пластинку, луч не меняет своего направления, а лишь смещается на расстояние x (рис. 98). Смещение луча x тем больше, чем толще пластинка и чем больше показатель преломления ее вещества.

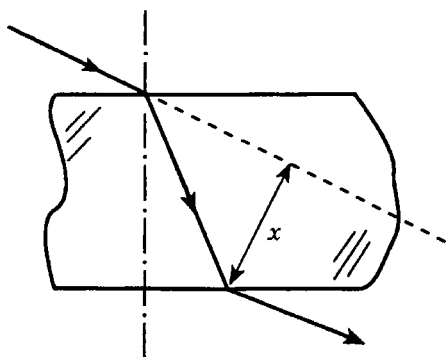


Рис. 98

Проходя сквозь треугольную призму, изготовленную из оптически более плотного, чем окружающая среда, вещества, луч дважды преломляется, отклоняясь к ее основанию (рис. 99).



Рис. 99

Линзой называют прозрачное для света тело, ограниченное сферическими или иными криволинейными поверхностями, одна из которых может быть плоской. Если линза в средней части толще, чем у краев, то она называется выпуклой, а если наоборот, — то вогнутой.

Двояковыпуклая линза является собирающей, так как она собирает после преломления параллельные лучи в одной точке (рис. 100, а). Геометрический центр линзы называется ее главным оптическим центром O .

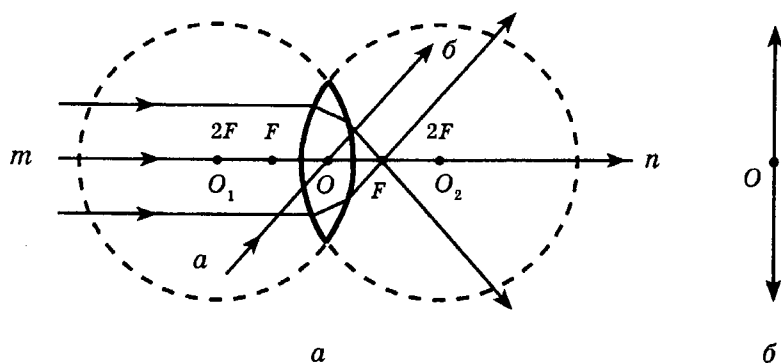


Рис. 100

Прямая mn , проходящая через центры сфер O_1 и O_2 , поверхности которых образуют линзу, называется *главной оптической осью* линзы. Точка, в которой пересекаются лучи, падающие на линзу параллельно ее главной оптической оси, называется *фокусом линзы* F . Фокус линзы F делит расстояние между центром сферы O_1 и главным оптическим центром линзы O пополам, поэтому центр O_1 называют *двойным фокусом линзы* $2F$.

Расстояние OF от фокуса линзы до ее главного оптического центра называется *фокусным расстоянием линзы* и тоже обозначается буквой F . Собирающая линза имеет два действительных фокуса F и два двойных фокуса $2F$, расположенных по обе стороны линзы. На рис. 100, б показано условное изображение собирающей линзы.

Любой луч ab , проходящий через главный оптический центр линзы O , не преломляется.

Двоковыгнутая линза рассеивает пучки параллельных лучей, падающих на нее, поэтому она называется *рассеивающей линзой*. Если пучок лучей падает на рассеивающую линзу параллельно ее главной оптической оси, то после преломления в линзе их мнимые продолжения пересекаются в одной точке, которая является мнимым фокусом F рассеивающей линзы (рис. 101, а). Рассеивающая линза имеет два мнимых фокуса F , рас-

положенных на главной оптической оси по обе стороны от нее на середине отрезка O_1O . На рис. 101, б показано условное изображение рассеивающей линзы.

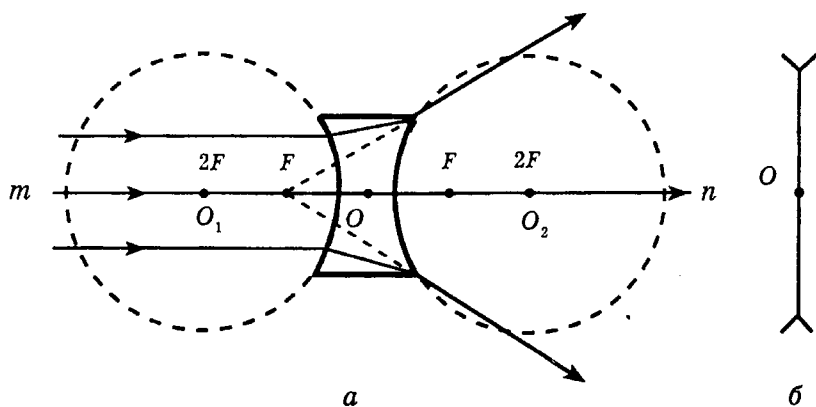


Рис. 101

Чтобы построить изображение предмета AB в собирающей линзе, надо сначала построить изображение точки A , не лежащей на главной оптической оси (рис. 102). Для этого сначала из точки A проведем к линзе луч, параллельный главной оптической оси, — после преломления он пойдет через фокус. Затем из этой же точки A проведем через главный оптический центр линзы O луч, который не преломляется, — побочную ось. Точка A_1 , в которой после преломления пересекутся эти два луча, и будет изображением точки A . Затем, если предмет AB был перпендикулярен главной оптической оси mn , опустить из точки A_1 на главную оптическую ось перпендикуляр и в его основании на оси получить изображение B_1 точки B .

Если предмет AB находится за двойным фокусом собирающей линзы, то его действительное изображение A_1B_1 будет обратным (перевернутым), уменьшенным и расположится между фокусом F и двойным фокусом $2F$ по другую сторону линзы (рис. 102, а). Если предмет

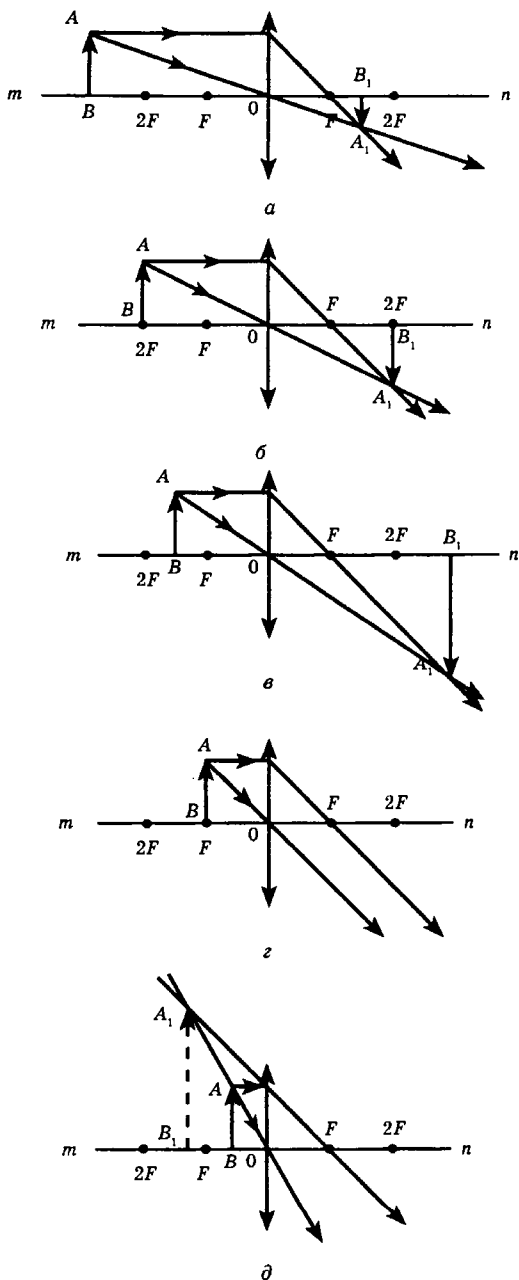


Рис. 102

AB расположен в двойном фокусе $2F$, то его действительное изображение A_1B_1 будет обратным, равным по размерам самому предмету и тоже расположенным в двойном фокусе по другую сторону линзы (рис. 102, б). Если предмет AB находится между двойным фокусом $2F$ и фокусом F , то его действительное изображение A_1B_1 будет увеличенным, обратным и расположится за $2F$ по другую сторону линзы (рис. 102, в). Если предмет AB находится в фокусе линзы F , то его изображение уйдет в бесконечность (рис. 102, г). И наконец, если предмет AB находится между фокусом F и линзой, то его мнимое изображение A_1B_1 в собирающей линзе будет прямым, увеличенным и расположится с той же стороны линзы, что и сам предмет AB (рис. 102, д).

В рассеивающей линзе изображение A_1B_1 предмета AB будет всегда мнимым, прямым и уменьшенным и расположено по ту же сторону линзы, что и сам предмет (рис. 103). Оно отличается от мнимого изображения в собирающей линзе тем, что там оно увеличенное (рис. 102, д).

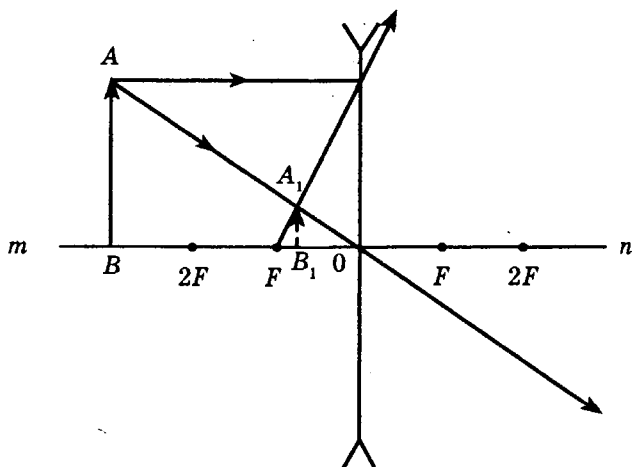


Рис. 103

Величина D , обратная фокусному расстоянию, называется *оптической силой линзы*: $D = \frac{1}{F}$.

Оптическая сила линзы может быть положительной и отрицательной. Положительной считается оптическая сила собирающей линзы, а отрицательной — рассеивающей.

Единица оптической силы в СИ — *диоптрия* (дптр). Одна диоптрия — это оптическая сила линзы с фокусным расстоянием 1 м.

Световые волны — это электромагнитные волны с длиной волны от нескольких десятков микрон у инфракрасного света до сотых долей микрона у ультрафиолетового. На шкале электромагнитных волн световые волны располагаются между сверхвысокочастотными радиоволнами и рентгеновскими лучами. Свет обладает дуализмом, т. е. двойственностью свойств, — он одновременно и волна, и поток частиц. Когда свет распространяется в пространстве, то обнаруживает свои волновые свойства.

Свет испускают возбужденные атомы вещества. По современным представлениям атом состоит из электронной оболочки и ядра.

Ядро атома включает в себя положительно заряженные частицы — протоны и нейтральные частицы — нейтроны. Протоны и нейтроны вместе называются нуклонами.

Когда атом нейтрален, число протонов в ядре равно числу электронов на орбите. Суммарное число протонов и нейтронов ядра называется массовым числом A (или M). Массовое число A равно сумме числа нейтронов N и зарядового числа Z , т.е. числа протонов в ядре. Зарядовое число Z равно порядковому номеру элемента в таблице Менделеева:

$$A = N + Z.$$

Массы ядер и элементарных частиц в атомной физике измеряют в атомных единицах массы — сокращенно а.е.м.:

$$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Если некоторый элемент обозначен ${}^A_Z X$, это означает, что в его ядре Z протонов и $N = A - Z$ нейтронов. Например, обозначение элемента полония ${}^{214}_{64} \text{Po}$ означает, что в его ядре имеется 64 протона и $214 - 64 = 150$ нейтронов.

Изотопами одного и того же элемента называются разновидности его атомов, в ядрах которых содержится одинаковое число протонов, но разное число нейтронов. Из-за этого изотопы одного и того же элемента имеют одинаковые химические, но разные радиоактивные свойства.

Между нуклонами ядра действуют самые мощные силы природы — ядерные силы. Ядерные силы удерживают нуклоны в ядре, препятствуя их распаду из-за одновременного действия электрических сил отталкивания одноименно заряженных протонов. Ядерные силы короткодействующие, они действуют на расстояниях порядка $10^{-14} - 10^{-15}$ м.

Благодаря ядерным силам ядра атомов обладают огромной энергией связи. Энергия связи атомного ядра — это минимальная энергия, необходимая для расщепления ядра на отдельные нуклоны.

Суммарная масса частиц, необходимых для образования ядра, всегда меньше массы готового ядра из этих частиц на величину дефекта массы ΔM . Дефект массы — это разность между суммарной массой частиц, необходимых для образования ядра, и массой ядра из этих частиц. Формулы

$$E_{\text{св}} = \Delta M c^2 \quad \text{и} \quad E_{\text{св}} = (Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}})c^2$$

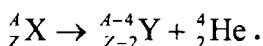
устанавливают связь между дефектом массы ΔM и энергией связи $E_{\text{св}}$.

Химические элементы с массовым числом более 83 обладают естественной радиоактивностью. Радиоактивностью называется способность ядер одних элементов превращаться в ядра других элементов с испусканием элементарных частиц.

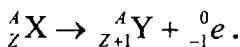
В состав радиоактивного излучения входят альфа-частицы, бета-частицы и гамма-лучи.

Альфа-частицы ${}^4_2\text{He}$ — это ядра гелия. Бета-частицы ${}^0_{-1}e$ — это быстрые электроны. Гамма-лучи γ — это электромагнитные волны с наименьшей на шкале электромагнитных волн длиной волны и наибольшей частотой.

При радиоактивном распаде происходит смещение элемента из одной клетки таблицы Менделеева в другую. При альфа-распаде ядро некоторого элемента ${}^A_Z\text{X}$, испускающая альфа-частицу ${}^4_2\text{He}$, теряет два протона и два нейтрона (всего 4 нуклона) и новый элемент ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ переходит на две клетки к началу таблицы Менделеева. Символически реакция альфа-распада записывается следующим образом:



При бета-распаде ядро некоторого элемента ${}^A_Z\text{X}$, испустив бета-частицу, т.е. быстрый электрон ${}^0_{-1}e$, переходит на одну клетку к концу таблицы Менделеева. Символически такая реакция выглядит следующим образом:



Излучение гамма-лучей не сопровождается превращением одних химических элементов в другие, но всегда имеет место при ядерных реакциях.

Все ядерные реакции подчиняются закону сохранения зарядового и массового чисел. Это значит, что сумма массовых чисел до реакции (слева от стрелки) равна сумме массовых чисел после реакции (справа от стрелки). То же самое касается и зарядовых чисел. Кроме этого, все ядерные реакции подчиняются законам сохранения импульса и энергии.

Однако сумма масс исходных ядра и частицы, вступивших в реакцию, может быть не равна сумме масс ядра и частицы — продуктов реакции. Если сумма масс

продуктов реакции больше суммы масс исходных ядра и частицы, вступивших в реакцию, то такая реакция протекает с поглощением энергии и называется *эндотермической реакцией*. А если сумма масс продуктов реакции меньше суммы масс исходных ядра и частицы, то такая реакция протекает с выделением энергии в виде гамма-квантов и называется *экзотермической*.

При бомбардировке ядер урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ медленными нейтронами ядро распадается на два сильно радиоактивных осколка с выделением от 2 до 3 нейтронов, которые тоже могут вступить в реакцию деления. Возникает цепная реакция деления, сопровождающаяся выделением огромной энергии.

Ядерная реакция деления ядра урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ под воздействием нейтронов, при которой число вновь образующихся при каждом акте деления нейтронов больше числа нейтронов до деления, называется цепной реакцией деления.

Наименьшая масса куска урана, при которой возможна цепная реакция, называется критической массой. Критическая масса урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ равна 50 кг.

При критической массе число нейтронов, выделившихся в результате деления ядер, равно числу потерянных нейтронов, т.е. не вступивших в следующий акт деления.

Если масса куска урана превысит критическую массу, то произойдет ядерный взрыв, поэтому уран хранят в кусках меньшей массы.

Ядерный взрыв сопровождается выделением огромной механической и тепловой энергии при температуре в десятки миллионов градусов. При этом возникает сильное радиоактивное излучение, губительное для всего живого.

Термоядерными реакциями называются экзотермические реакции синтеза легких ядер. Чтобы осуществить термоядерную реакцию, надо сблизить легкие ядра, между которыми действуют силы кулоновского отталкивания, на расстояние действия ядерных сил притяже-

ния, т.е. ближе, чем на 10^{-13} м. Для этого необходимы сверхвысокие температуры порядка сотен миллионов градусов, поэтому для осуществления термоядерной реакции приходится затратить энергию ядерного взрыва. В этих условиях атомы лишаются своих электронных оболочек, и возникает четвертое состояние вещества — высокотемпературная плазма.

Различные виды радиоактивных излучений по-разному взаимодействуют с веществом. Проникая в ткани живых организмов, они оказывают вредное воздействие — мутации. Наибольшей проникающей способностью обладают гамма-лучи и лишенные заряда нейтроны. Биологическое воздействие на живые организмы характеризуется поглощенной дозой D — величиной, равной отношению поглощенной организмом энергии E к его массе m :

$$D = \frac{E}{m}.$$

Единица поглощенной дозы в СИ — грей (Гр).

$$\text{Гр} = \text{Дж/кг} = \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}.$$

Наилучшей поглощающей радиоактивные излучения способностью обладает свинец, поэтому радиоактивные препараты и образцы хранят в свинцовых контейнерах.

Элементарные частицы — это мельчайшие частицы вещества, не являющиеся атомами или их ядрами за исключением протона. Существуют частицы и античастицы. При их столкновении происходит аннигиляция — превращение частиц вещества в частицы электромагнитного поля гамма-кванты. Частица антиэлектрон ${}_{+1}^0 e$ называется позитроном. Все элементарные частицы имеют свои античастицы.

Основные формулы

Закон преломления

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

Здесь α — угол падения (рад),

γ — угол преломления (рад),

n — показатель преломления второй среды относительно первой (безразмерный).

Оптическая сила линзы

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

Здесь D — оптическая сила линзы (дптр),

F — фокусное расстояние линзы (м).

Формула массового числа

$$A = Z + N$$

Здесь A — массовое число, или сумма числа протонов и нейтронов (нуклонов) в ядре (безразмерное),

Z — зарядовое число, или число протонов в ядре (безразмерное),

N — число нейтронов в ядре (безразмерное).

Связь массы покоя и энергии покоя тела

$$E_0 = m_0 c^2$$

Здесь E_0 — энергия покоя (Дж),

m_0 — масса покоя тела (кг),

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в вакууме.

Связь изменения энергии тела с изменением его массы

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

Здесь ΔE — изменение полной энергии тела (Дж),
 Δm — изменение массы тела (кг),
 $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в вакууме.

Формула дефекта массы

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\text{ядра}}$$

Здесь ΔM — дефект массы (кг),
 Z — число протонов (безразмерное),
 m_p — масса протона (кг),
 N — число нейтронов (безразмерное),
 m_n — масса нейтрона (кг),
 $M_{\text{ядра}}$ — масса ядра (кг).

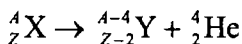
Формулы энергии связи

$$E_{\text{св}} = \Delta Mc^2 \quad E_{\text{св}} = (Zm_p + Nm_n - M_{\text{ядра}})c^2$$

Здесь $E_{\text{св}}$ — энергия связи (Дж),
 c — скорость света в вакууме.

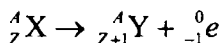
Остальные величины названы в предыдущей формуле.

Правило смещения при альфа-распаде



Здесь A_ZX — исходный элемент до альфа-распада,
 ${}^{A-4}_{Z-2}Y$ — новый элемент, образовавшийся в результате распада,
 ${}^4_2\text{He}$ — альфа-частица, или ядро гелия.

Правило смещения при бета-распаде



Здесь A_ZX — исходный элемент до бета-распада,

${}_{Z+1}^AY$ — новый элемент, образовавшийся в результате распада,

${}_{-1}^0e$ — бета-частица, или электрон.

Формула поглощенной дозы излучения

$$D = \frac{E}{m}$$

Здесь D — поглощенная доза излучения (Гр),

E — поглощенная энергия (Дж),

m — масса тела, поглотившего энергию излучения (кг).

Обозначения некоторых элементарных частиц

${}_{-1}^0e$ — бета-частица, или электрон

${}_{+1}^0e$ — позитрон

p или ${}_{1}^1\text{H}$ — протон (ядро атома водорода)

${}_{0}^1n$ — нейтрон

${}_{1}^2\text{H}$ — изотоп водорода дейтерий

${}_{1}^3\text{H}$ — изотоп водорода тритий

${}_{2}^4\text{He}$ — альфа-частица (ядро гелия)

Задания

1. Луч упал на поверхность плоского зеркала перпендикулярно ей. Угол падения равен:

- 1) 90° ; 2) 180° ; 3) 0° ; 4) 45° .

2. Луч AO упал на зеркало mn (рис. 104). Чему равен угол между отраженным лучом и поверхностью зеркала?

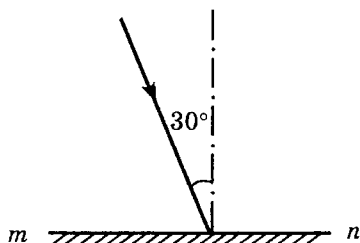


Рис. 104

3. Угол между солнечным лучом и горизонтом равен 30° . Чему равен угол отражения?

- 1) 30° ; 2) 45° ; 3) 60° ; 4) 90° .

4. Изображение предмета в плоском зеркале является:

- 1) мнимым, прямым, уменьшенным и расположенным на таком же расстоянии от зеркала, что и сам предмет;
- 2) действительным, обратным, равным предмету и расположенным на меньшем расстоянии от зеркала по сравнению с расстоянием от зеркала до предмета;
- 3) мнимым, прямым, равным предмету и расположенным на таком же расстоянии от зеркала, что и сам предмет;
- 4) мнимым, обратным, уменьшенным и расположенным на таком же расстоянии от зеркала, что и сам предмет.

5. Пройдя некую оптическую систему, параллельный пучок лучей света повернулся на 90° . Эта оптическая система представляет собой:

- 1) плоскопараллельную пластинку;
- 2) собирающую линзу;
- 3) треугольную призму;
- 4) рассеивающую линзу.

6. Предмет расположен в фокусе собирающей линзы. Его изображение будет:

- 1) прямым, увеличенным и мнимым;
- 2) прямым, уменьшенным и мнимым;
- 3) обратным, уменьшенным и мнимым;
- 4) изображения не будет.

7. Чему равна оптическая сила линзы, изображенной на рис. 105?

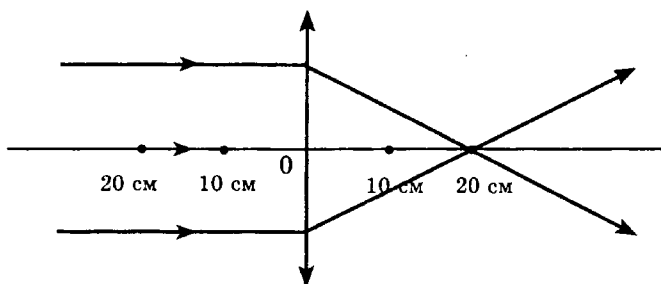


Рис. 105

8. Угол падения света на плоское зеркало mn $\alpha = 30^\circ$. Чему будет равен угол отражения, если повернуть это зеркало на $\varphi = 10^\circ$?

9. Стрелка AB отражается в плоском зеркале mn . На каком из рисунков (рис. 106, $a-g$) верно показано изображение стрелки в этом зеркале?

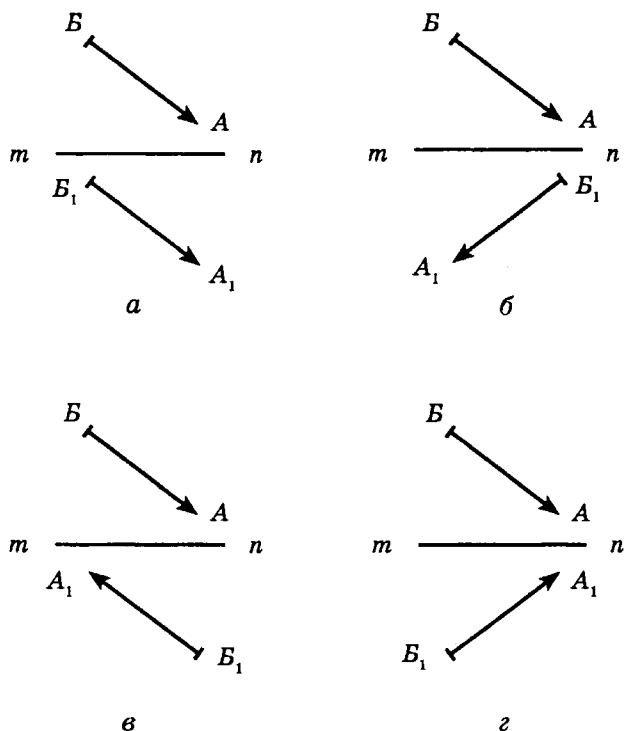


Рис. 106

10. Чему равна оптическая сила линзы с фокусным расстоянием 25 см?

- | | |
|--------------|---------------|
| 1) 5 дптр; | 2) 0,04 дптр; |
| 3) 0,5 дптр; | 4) 4 дптр. |

11. Предмет расположен между фокусом и собирающей линзой. Его изображение будет:

- 1) мнимым, прямым и увеличенным;
- 2) мнимым, прямым и уменьшенным;
- 3) действительным, обратным и увеличенным;
- 4) действительным, обратным и уменьшенным.

12. Какие цвета правильно расположены по мере возрастания частоты соответствующих световых волн?

- 1) Красный, голубой, оранжевый, фиолетовый;
- 2) желтый, зеленый, синий, фиолетовый;
- 3) оранжевый, зеленый, синий, голубой;
- 4) красный, оранжевый, синий, зеленый.

13. Какие цвета правильно расположены по мере возрастания длины соответствующих световых волн?

- 1) Фиолетовый, зеленый, желтый, оранжевый;
- 2) желтый, зеленый, синий, красный;
- 3) оранжевый, зеленый, синий, голубой;
- 4) фиолетовый, синий, желтый, зеленый.

14. На освещенной мыльной пленке чередуются темные и светлые полосы. Это явление называется

- 1) отражением света;
- 2) преломлением света;
- 3) интерференцией света;
- 4) рассеиванием света.

15. Свет обладает:

- 1) только свойствами волн;
- 2) только свойствами частиц;
- 3) и свойствами волн, и свойствами частиц;
- 4) в зависимости от частоты или свойствами волн, или свойствами частиц.

16. С увеличением частоты световой волны

- 1) увеличивается скорость волны;
- 2) уменьшается длина волны;
- 3) уменьшается скорость волны;
- 4) уменьшается длина волны.

17. Свет переходит из воздуха в стекло. При этом:

- 1) изменяются длина волны и частота;
- 2) изменяются скорость волны и период;
- 3) изменяются скорость и частота;
- 4) изменяются длина волны и скорость.

18. Ядро атома состоит из:

- 1) электронов и протонов;
- 2) протонов и нейтронов;
- 3) электронов и нейтронов;
- 4) электронов, протонов и нейтронов.

19. Атом состоит из:

- 1) электронов и протонов;
- 2) протонов и нейтронов;
- 3) электронов и нейтронов;
- 4) электронов, протонов и нейтронов.

20. Альфа-частицы — это:

- 1) электроны;
- 2) протоны;
- 3) нейтроны;
- 4) ядра гелия.

21. Бета-частицы — это:

- 1) электроны;
- 2) протоны;
- 3) нейтроны;
- 4) ядра гелия.

22. В 1896 г. ученый Анри Беккерель открыл:

- 1) из чего состоит атом;
- 2) из чего состоит ядра атома;
- 3) радиоактивность;
- 4) интерференцию света.

23. Радиоактивные лучи представляют собой:

- 1) поток молекул;
- 2) поток атомов;
- 3) поток электронов, ядер гелия и гамма-квантов;
- 4) поток ядер разных элементов.

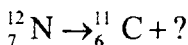
24. Массовое число ядра — это:

- 1) масса протонов и нейтронов, входящих в ядро;
- 2) сумма масс частиц, входящих в состав атома;
- 3) разность между массой нейтронов и массой протонов ядра;
- 4) число нейтронов и протонов в ядре.

25. Зарядовое число — это:

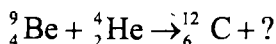
- 1) число протонов и нейтронов, входящих в ядро;
- 2) число электронов и протонов, входящих в состав атома;
- 3) число нейтронов ядра;
- 4) число протонов ядра.

26. Какая частица образуется в результате реакции



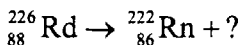
- 1) Протон;
- 2) альфа-частица;
- 3) нейтрон;
- 4) бета-частица.

27. Какая частица образуется в результате реакции



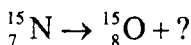
- 1) Протон;
- 2) альфа-частица
- 3) нейтрон;
- 4) бета-частица.

28. Какая частица образуется в результате реакции



- 1) Протон;
- 2) альфа-частица;
- 3) нейтрон;
- 4) бета-частица.

29. Какая частица образуется в результате реакции



30. Нуклоны — это:

- 1) электроны и протоны;
- 2) электроны и нейтроны;
- 3) протоны и нейтроны.

31. Сколько нейтронов содержится в ядре бериллия ${}^9_4\text{Be}$?

- 1) 4;
- 2) 5;
- 3) 13;
- 4) 9.

32. Сколько протонов содержится в ядре урана ${}^{236}_{92}\text{U}$?

- 1) 46; 2) 144; 3) 236; 4) 92.

33. Сколько нуклонов содержится в ядре железа ${}^{56}_{26}\text{Fe}$?

- 1) 26; 2) 30; 3) 56; 4) 82.

34. Изотопы — это:

- 1) ядра с одинаковым числом протонов, но разным числом нейтронов;
- 2) ядра с одинаковым числом нейтронов, но разным числом протонов;
- 3) атомы, у которых число электронов больше числа протонов;
- 4) атомы, у которых число электронов меньше числа протонов.

35. Ядерные силы действуют только между:

- 1) протонами ядра;
- 2) нейтронами ядра;
- 3) электронами и протонами;
- 4) нуклонами ядра.

36. Ядерные силы действуют на расстояниях, сравнимых с размерами:

- 1) молекулы; 2) атома; 3) ядра.

37. Дефект массы — это разность между:

- 1) массой нейтрона и протона;
- 2) массой атома и ядра;
- 3) массой протона и электрона;
- 4) массой нуклонов и ядра.

38. Энергия связи атомного ядра определяется по формуле:

- 1) $\frac{mv}{2}$; 2) mc ; 3) mgh ; 4) Δmc^2 .

39. Цепная реакция деления ядра урана происходит при попадании в ядро:

- 1) протона;
- 2) нейтрона;
- 3) электрона;
- 4) атома.

40. Термоядерная реакция — это реакция:

- 1) деления тяжелых ядер;
- 2) синтеза легких ядер.

41. Какая частица называется позитроном?

- 1) 1_0n ;
- 2) ${}^0_{-1}e$;
- 3) ;
- 4) ${}^0_{+1}e$.

42. Аннигиляция — это:

- 1) превращение электрона и позитрона в гамма-кванты;
- 2) превращение гамма-квантов в электрон и позитрон;
- 3) деление ядер урана при попадании в них нейтронов;
- 4) синтез легких ядер.

43. В атомы антивещества входят:

- 1) электроны;
- 2) нейтроны;
- 3) протоны;
- 4) позитроны.

Ответы на задания

1. Углом падения называется угол между падающим лучом и перпендикуляром в точку падения к отражающей поверхности. Если луч совпадает с этим перпендикуляром, то угол падения равен 0° .

Верный ответ 3.

2. Поскольку угол отражения тоже равен 30° , то угол между отраженным лучом и поверхностью зеркала mp равен $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ (рис. 107).

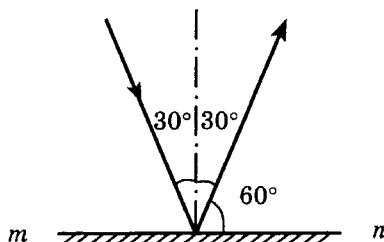


Рис. 107

3. Если угол между солнечным лучом и горизонтом равен 30° , то угол падения луча равен $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ (рис. 108). Поскольку угол отражения равен углу падения, то угол отражения тоже равен 60° .

Верный ответ 3.

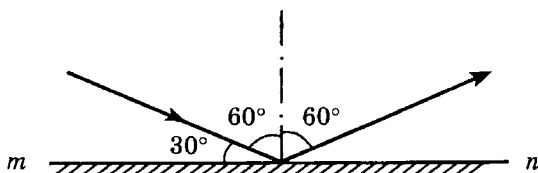


Рис. 108

4. Изображение предмета в плоском зеркале является мнимым, прямым, равным предмету и расположенным на таком же расстоянии от зеркала, что и сам предмет (рис. 96).

Верный ответ 3.

5. Эта оптическая система представляет собой треугольную призму (рис. 109).

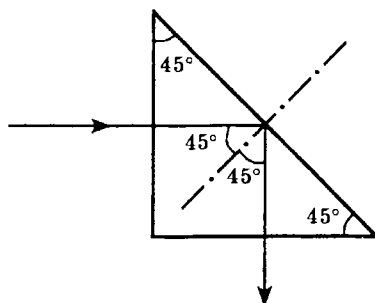


Рис. 109

6. Изображения предмета, расположенного в фокусе собирающей линзы, не будет (рис. 102, з).

Верный ответ 4.

7. Лучи, параллельные главной оптической оси линзы, пересекаются в ее фокусе. Следовательно, согласно рис. 105, фокусное расстояние линзы $F = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$,

а ее оптическая сила $D = \frac{1}{F} = \frac{1}{0,2} \text{ дптр} = 5 \text{ дптр}$.

8. Обратимся к чертежу на рис. 110.

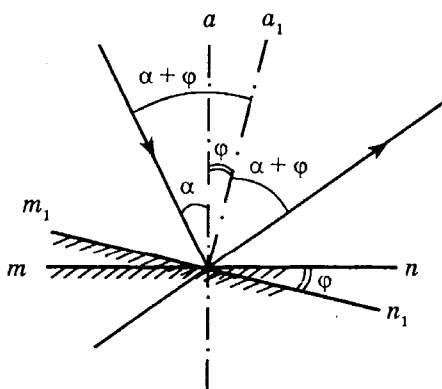


Рис. 110

Проведем к зеркалу $m_1 n_1$ в новом положении новый перпендикуляр $a_1 O$. Угол φ , на который повернули зеркало mn , равен углу между старым перпендикуляром aO и новым $a_1 O$ как углы со взаимно перпендикулярными сторонами. Тогда новый угол падения между прежним падающим лучом и новым перпендикуляром $a_1 O$ будет равен $\alpha + \varphi$, поэтому, согласно закону отражения, и новый угол отражения будет равен $\alpha + \varphi = 30^\circ + 10^\circ = 40^\circ$.

9. Изображение стрелки AB верно показано на рис. 106, z .

10. 25 см = 0,25 м. Оптическая сила линзы

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{0,25} \text{ дптр} = 4 \text{ дптр.}$$

11. Если предмет расположен между фокусом и собирающей линзой, то его изображение будет мнимым, прямым и увеличенным (рис. 102, ∂).

Верный ответ 1.

12. По мере возрастания частоты световых волн правильно расположены цвета желтый, зеленый, синий, фиолетовый (рис. 61).

Верный ответ 2.

13. По мере возрастания длины световых волн правильно расположены цвета фиолетовый, зеленый, желтый, оранжевый (рис. 61).

Верный ответ 1.

14. Чередование темных и светлых полос на освещенной мыльной пленке называется интерференцией.

Верный ответ 3.

15. Свет обладает и свойствами волн, и свойствами частиц.

Верный ответ 3.

16. Согласно формуле $\lambda = \frac{c}{\nu}$ с увеличением частоты световой волны ν уменьшается длина волны λ .

Верный ответ 4.

17. При переходе света из воздуха в стекло изменяются длина волны и скорость света.

Верный ответ 4.

18. Ядро атома состоит из протонов и нейтронов.

Верный ответ 2.

19. Атом состоит из электронов, протонов и нейтронов.

Верный ответ 4.

20. Альфа-частицы — это ядра гелия.

Верный ответ 4.

21. Бета-частицы — это электроны.

Верный ответ 1.

22. В 1896 г. ученый Анри Беккерель открыл радиоактивность.

Верный ответ 3.

23. Радиоактивные лучи представляют собой поток электронов, ядер гелия и гамма-квантов.

Верный ответ 3.

24. Массовое число ядра — это число нейтронов и протонов в ядре.

Верный ответ 4.

25. Зарядовое число — это число протонов ядра.

Верный ответ 4.

26. В результате реакции ${}^{12}_7\text{N} \rightarrow {}^{11}_6\text{C} + ?$ образуется частица с массовым числом $12 - 11 = 1$ и зарядовым числом $7 - 6 = 1$. Это протон ${}^1_1\text{H}$.

Верный ответ 1.

27. В результате реакции ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + ?$ образуется частица с массовым числом $9 + 4 - 12 = 1$ и зарядовым числом $4 + 2 - 6 = 0$. Это нейтрон ${}^1_0\text{n}$.

Верный ответ 3.

28. В результате реакции ${}^{226}_{88}\text{Rd} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + ?$ образуется частица с массовым числом $226 - 222 = 4$ и зарядовым числом $88 - 86 = 2$. Это альфа-частица ${}^4_2\text{He}$.

Верный ответ 2.

29. В результате реакции ${}^{15}_7\text{N} \rightarrow {}^{15}_8\text{O} + ?$ образуется частица с массовым числом $15 - 15 = 0$ и зарядовым числом $7 - 8 = -1$. Это бета-частица или электрон ${}^0_{-1}e$.

30. Нуклоны — это протоны и нейтроны.

Верный ответ 3.

31. В ядре бериллия ${}^9_4\text{Be}$ содержится $9 - 4 = 5$ нейтронов.

Верный ответ 2.

32. В ядре урана ${}^{236}_{92}\text{U}$ содержится 92 протона.

Верный ответ 4.

33. В ядре железа ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ содержится 56 нуклонов.

Верный ответ 3.

34. Изотопы — это ядра с одинаковым числом протонов, но разным числом нейтронов.

Верный ответ 1.

35. Ядерные силы действуют между нуклонами ядра.

Верный ответ 4.

36. Ядерные силы действуют на расстояниях, сравнимых с размерами ядра.

Верный ответ 3.

37. Дефект массы — это разность между массой нуклонов и ядра.

Верный ответ 4.

38. Энергия связи атомного ядра определяется по формуле $E = \Delta mc^2$.

Верный ответ 4.

39. Цепная реакция деления ядра урана происходит при попадании в ядро урана нейтрона.

Верный ответ 2.

40. Термоядерная реакция — это реакция синтеза легких ядер.

Верный ответ 2.

41. Позитроном называется частица ${}^0_{+1}e$.

Верный ответ 4.

42. Аннигиляция — это превращение электрона и позитрона в гамма-кванты.

Верный ответ 1.

43. В атомы антивещества входят позитроны.

Верный ответ 4.

Основные формулы и определение величин, входящих в них

Формула пути равномерного движения

$$S = vt$$

Здесь S — путь (м),
 v — скорость (м/с),
 t — время (с).

Из формулы пути

$$\text{скорость } v = \frac{S}{t};$$

$$\text{время } t = \frac{S}{v}.$$

Формула пути равноускоренного движения

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

При $v_0 = 0$ $S = \frac{at^2}{2}$

Здесь S — путь (м),
 v_0 — начальная скорость (м/с),
 a — ускорение (м/с²),
 t — время (с).

Из этой формулы

$$\text{ускорение } a = \frac{2S}{t^2};$$

$$\text{время } t = \sqrt{\frac{2S}{a}}.$$

Формула ускорения равноускоренного движения

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

Здесь a — ускорение (м/с²),
 v — конечная скорость (м/с),
 v_0 — начальная скорость (м/с),
 t — время изменения скорости (с).

Из формулы ускорения

$$\begin{aligned} \text{конечная скорость } v &= v_0 + at; \\ \text{начальная скорость } v_0 &= v - at; \\ \text{время } t &= \frac{v - v_0}{a}. \end{aligned}$$

Формула средней скорости переменного движения

$$v_{\text{ср}} = \frac{S}{t}$$

Здесь $v_{\text{ср}}$ — средняя скорость (м/с),
 S — путь (м),
 t — время (с).

Из формулы средней скорости

$$\begin{aligned} \text{путь } S &= v_{\text{ср}} t; \\ \text{время } t &= \frac{S}{v_{\text{ср}}}. \end{aligned}$$

Формула периода

$$T = \frac{t}{N}$$

Здесь T — период (с),
 t — время движения (с),
 N — число колебаний (безразмерное).

Из формулы периода

$$\begin{aligned} \text{время движения } t &= TN; \\ \text{число колебаний } N &= \frac{t}{T}. \end{aligned}$$

Формула частоты

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

Здесь ν — частота колебаний (Гц = с⁻¹),
 N — число колебаний (безразмерное),
 t — время (с).

Из формулы частоты

$$\text{Число колебаний } N = \nu t;$$

$$\text{время } t = \frac{N}{\nu}.$$

Связь периода с частотой колебаний

$$T = \frac{1}{\nu}$$

Здесь T — период (с),
 ν — частота вращения (Гц = с⁻¹).

Из этой формулы

$$\text{частота } \nu = \frac{1}{T}.$$

Связь длины волны с периодом

$$\lambda = \nu T$$

Здесь λ — длина волны (м),
 ν — скорость волны (м/с),
 T — период (с).

Из этой формулы

$$\text{скорость волны } \nu = \frac{\lambda}{T};$$

$$\text{период } T = \frac{\lambda}{\nu}.$$

Связь длины волны с частотой

$$\lambda = \frac{v}{\nu}$$

Здесь λ — длина волны (м),
 v — скорость волны (м/с),
 ν — частота (Гц).

Из этой формулы

скорость волны $v = \nu\lambda$;

частота $\nu = \frac{v}{\lambda}$.

Связь центростремительного ускорения с линейной скоростью и радиусом

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}$$

Здесь $a_{ц}$ — центростремительное ускорение (м/с²),
 v — линейная скорость (м/с),
 R — радиус окружности (м).

Из этой формулы

линейная скорость $v = \sqrt{a_{ц}R}$;

радиус $R = \frac{v^2}{a_{ц}}$.

Второй закон Ньютона

$$a = \frac{F}{m}$$

Здесь a — ускорение (м/с²),
 F — сила (Н),
 m — масса (кг).

Из этой формулы

$$\text{масса } m = \frac{F}{a};$$

$$\text{сила } F = ma.$$

Закон всемирного тяготения

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Здесь F — сила тяготения (Н),

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ — гравитационная постоянная,

m_1 и m_2 — массы притягивающихся друг к другу материальных точек (кг),

r — расстояние между этими точками (м).

Из этой формулы

$$\text{массы точек } m_1 = \frac{Fr^2}{Gm_2} \text{ и } m_2 = \frac{Fr^2}{Gm_1};$$

$$\text{расстояние между точками } r = \sqrt{G \frac{m_1 m_2}{F}}.$$

Ускорение свободного падения на поверхности Земли и других планет

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

Здесь g — ускорение свободного падения ($\text{м}/\text{с}^2$),

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ — гравитационная постоянная,

M — масса планеты (кг),

R — радиус планеты (м).

Из этой формулы

$$\text{масса планеты } M = \frac{gR^2}{G};$$

$$\text{радиус планеты } R = \sqrt{\frac{GM}{g}}.$$

В средних широтах Земли $g = 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$.

Ускорение свободного падения на высоте H над поверхностью Земли и других планет

$$g = G \frac{M}{(R+H)^2}$$

Все величины названы в предыдущей формуле.
Из этой формулы

$$\text{масса планеты } M = \frac{g(R+H)^2}{G};$$

$$\text{радиус планеты } R = \sqrt{\frac{GM}{g}} - H;$$

$$\text{высота тела над планетой } H = \sqrt{\frac{GM}{g}} - R.$$

Вес тела в покое или движущегося равномерно вверх или вниз

$$P = mg$$

Здесь P — вес (Н),

m — масса (кг),

g — ускорение свободного падения (м/с^2).

Из формулы веса тела

$$\text{масса } m = \frac{P}{g};$$

$$\text{ускорение свободного падения } g = \frac{P}{m}.$$

Момент силы

$$M = Fl$$

Здесь M — момент силы (Н · м),
 F — сила, вращающая тело (Н),
 l — плечо этой силы (м).

Из формулы момента силы

$$\text{сила } F = \frac{M}{l};$$

$$\text{плечо силы } l = \frac{M}{F}.$$

Работа при перемещении тела

$$A = FS$$

Здесь A — работа (Дж),
 F — сила (Н),
 S — модуль перемещения (м).

Из формулы работы

$$\text{сила } F = \frac{A}{S};$$

$$\text{модуль перемещения } S = \frac{A}{F}.$$

Мощность в механике

$$N = \frac{A}{t}$$

Здесь N — мощность (Вт),
 A — работа (Дж),
 t — время (с).

Из формулы мощности

$$\text{работа } A = Nt;$$

$$\text{время } t = \frac{A}{N}.$$

Потенциальная энергия тела, поднятого на высоту

$$E_p = mgh$$

Здесь E_p — потенциальная энергия (Дж),

m — масса (кг),

g — ускорение свободного падения (м/с^2),

h — высота (м).

Из формулы потенциальной энергии

$$\text{масса } m = \frac{E_p}{gh};$$

$$\text{ускорение свободного падения } g = \frac{E_p}{mh};$$

$$\text{высота } h = \frac{E_p}{mg}.$$

Полная механическая энергия

$$E = E_p + E_k$$

Здесь E — полная механическая энергия (Дж),

E_p — потенциальная энергия (Дж),

E_k — кинетическая энергия (Дж).

Из формулы полной механической энергии

потенциальная энергия $E_p = E - E_k$;

кинетическая энергия $E_k = E - E_p$.

Импульс тела

$$p = mv$$

Здесь p — импульс тела ($\text{кг} \cdot \text{м/с}$),

m — его масса (кг),

v — скорость тела (м/с).

Из формулы импульса тела

$$\text{масса } m = \frac{p}{v};$$

$$\text{скорость } v = \frac{p}{m}.$$

Плотность

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Здесь ρ — плотность (кг/м³),

m — масса (кг),

V — объем (м³).

Из формулы плотности

$$\text{масса } m = \rho V;$$

$$\text{объем } V = \frac{m}{\rho}.$$

Формула давления

$$p = \frac{F_{\text{давл}}}{S}$$

Здесь p — давление (Па),

$F_{\text{давл}}$ — сила давления (Н),

S — площадь опоры (м²).

Из формулы давления

$$\text{сила давления } F_{\text{давл}} = pS;$$

$$\text{площадь опоры } S = \frac{F_{\text{давл}}}{p}.$$

Давление столба жидкости

$$p = \rho gh$$

Здесь p — давление (Па),

ρ — плотность жидкости (кг/м³),

g — ускорение свободного падения (м/с²),

h — высота столба жидкости (м).

Из формулы давления столба жидкости

$$\text{плотность } \rho = \frac{p}{gh};$$

ускорение свободного падения $g = \frac{P}{\rho h}$;

высота столба жидкости $h = \frac{P}{\rho g}$.

Выталкивающая (архимедова) сила

$$F_{\text{выт}} = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{т}}$$

Здесь $F_{\text{выт}}$ — выталкивающая сила (Н),
 $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости (кг/м³),
 g — ускорение свободного падения (м/с²),
 $V_{\text{т}}$ — объем тела, погруженного
 в жидкость (м³).

Из формулы выталкивающей силы

плотность жидкости $\rho_{\text{ж}} = \frac{F_{\text{выт}}}{g V_{\text{т}}}$;

ускорение свободного падения $g = \frac{F_{\text{выт}}}{\rho_{\text{ж}} V_{\text{т}}}$;

объем тела $V_{\text{т}} = \frac{F_{\text{выт}}}{\rho_{\text{ж}} g}$.

Относительная влажность, выраженная через плотность пара

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нас}}} 100\%$$

Здесь φ — относительная влажность (%),
 ρ — плотность водяного пара в воздухе при
 данной температуре (кг/м³),
 $\rho_{\text{нас}}$ — плотность насыщенного водяного пара
 при той же температуре (кг/м³).

Из формулы влажности

плотность водяного пара при данной

$$\text{температуре } \rho = \frac{\varphi \rho_{\text{нас}}}{100\%};$$

плотность насыщенного водяного пара при той

$$\text{же температурe } \rho_{\text{нас}} = \frac{\rho}{\varphi} 100\%.$$

Количество теплоты при нагревании или охлаждении тел

$$Q = cm\Delta t = cm(t_2 - t_1)$$

Здесь Q — количество теплоты, переданное телу при нагревании или отданное им при охлаждении (Дж),

c — удельная теплоемкость вещества (Дж/(кг · К),

m — масса тела (кг),

Δt — изменение температуры тела по шкале Цельсия,

t_1 и t_2 — температуры тела по шкале Цельсия в начале и в конце процесса передачи теплоты.

Из этой формулы

удельная теплоемкость вещества

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}, \quad c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)};$$

$$\text{масса тела } m = \frac{Q}{c\Delta t}, \quad m = \frac{Q}{c(t_2 - t_1)};$$

изменение температуры тела по шкале Цельсия

$$\Delta t = \frac{Q}{cm};$$

температура тела по шкале Цельсия в начале
нагревания $t_1 = t_2 - \frac{Q}{cm}$;

температура тела по шкале Цельсия в конце
нагревания $t_2 = t_1 + \frac{Q}{cm}$.

Количество теплоты при плавлении или кристаллизации

$$Q = m\lambda$$

Здесь Q — количество теплоты (Дж),

m — масса тела (кг),

λ — удельная теплота плавления вещества
(Дж/кг).

Из этой формулы

$$\text{масса тела } m = \frac{Q}{\lambda};$$

$$\text{удельная теплота плавления вещества } \lambda = \frac{Q}{m}.$$

Количество теплоты при парообразовании или конденсации

$$Q = mL$$

Здесь Q — количество теплоты (Дж),

m — масса тела (кг),

L — удельная теплота парообразования
(Дж/кг).

Из этой формулы

$$\text{масса тела } m = \frac{Q}{L};$$

$$\text{удельная теплота плавления вещества } L = \frac{Q}{m}.$$

Количество теплоты при сгорании топлива

$$Q = mq$$

Здесь Q — количество выделившейся теплоты,
 m — масса топлива (кг),
 q — удельная теплота сгорания (Дж/кг).

Из этой формулы

$$\text{масса тела } m = \frac{Q}{q};$$

$$\text{удельная теплота плавления вещества } q = \frac{Q}{m}.$$

Коэффициент полезного действия теплового двигателя, выраженный через работу и количество теплоты, полученное рабочим веществом от нагревателя

$$\eta = \frac{A}{Q_1} 100\%$$

Здесь η — коэффициент полезного действия (%),
 A — работа, совершенная двигателем (Дж),
 Q_1 — количество теплоты, полученное рабочим веществом от нагревателя (Дж).

Из формулы КПД

$$\text{работа, совершенная двигателем } A = \frac{\eta Q_1}{100\%};$$

количество теплоты, полученное от нагревателя

$$Q_1 = \frac{A}{\eta} 100\%.$$

Коэффициент полезного действия теплового двигателя, выраженный через количество теплоты, полученное рабочим веществом от нагревателя, и количество теплоты, отданное рабочим веществом холодильнику

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} 100\%$$

Здесь η — коэффициент полезного действия (%),
 A — работа, совершенная двигателем (Дж),
 Q_1 — количество теплоты, полученное рабочим
 веществом от нагревателя (Дж),
 Q_2 — количество теплоты, отданное рабочим
 веществом холодильнику (Дж).

Из этой формулы

количество теплоты, полученное от нагревателя

$$Q_1 = \frac{Q_2 100\%}{100\% - \eta};$$

количество теплоты, отданное холодильнику

$$Q_2 = Q_1 \left(1 - \frac{\eta}{100\%} \right).$$

Связь заряда с числом элементарных зарядов в нем

$$q = Ne$$

Здесь q — заряд (Кл),

N — число элементарных зарядов
 (безразмерное),

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

Из этой формулы

$$\text{число элементарных зарядов } N = \frac{q}{e}.$$

Формула напряжения

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

Здесь U — напряжение (В),

A — работа перемещения заряда (Дж),

q — перемещаемый заряд (Кл).

Из формулы напряжения

работа перемещения заряда

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$A = q\Delta\varphi$$

$$A = qU;$$

перемещаемый заряд

$$q = \frac{A}{\varphi_1 - \varphi_2} \quad q = \frac{A}{\Delta\varphi} \quad q = \frac{A}{U}.$$

Формула силы тока

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

Здесь I — сила постоянного тока (А),

q — заряд, прошедший через поперечное сечение проводника (Кл),

t — время прохождения заряда (с).

Из формулы силы тока

заряд $q = It$;

время прохождения заряда $t = \frac{q}{I}$.

Формула сопротивления проводника

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

Здесь R — сопротивление проводника (Ом),

ρ — удельное сопротивление (Ом · м),

l — длина проводника (м),

S — площадь поперечного сечения проводника (м²).

Из формулы сопротивления

удельное сопротивление $\rho = \frac{RS}{l}$;

длина проводника $l = \frac{RS}{\rho}$;

площадь поперечного сечения $S = \frac{\rho l}{R}$.

Закон Ома для участка цепи

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

Здесь I — сила тока (А),

U — напряжение на участке цепи (В),

R — сопротивление участка (Ом).

Из закона Ома

напряжение на участке цепи $U = IR$;

сопротивление участка $R = \frac{U}{I}$.

Последовательное соединение проводников

I — одинакова во всех проводниках

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3;$$

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Здесь I — сила тока (А),

$U_{\text{общ}}$ — общее напряжение на всех последовательно соединенных проводниках (В),

U_1, U_2, U_3 — напряжения на отдельных проводниках (В),

$R_{\text{общ}}$ — общее сопротивление всех последовательно соединенных проводников (Ом),

R_1, R_2, R_3 — сопротивления отдельных проводников (Ом).

Общее сопротивление одинаковых последовательно соединенных проводников $R_{\text{общ}} = RN$

Здесь $R_{\text{общ}}$ — общее сопротивление всех последовательно соединенных проводников с одинаковым сопротивлением (Ом),

R — сопротивление каждого проводника (Ом),

N — количество проводников (безразмерное).

Из этой формулы

$$\text{сопротивление каждого проводника } R = \frac{R_{\text{общ}}}{N};$$

$$\text{количество проводников } N = \frac{R_{\text{общ}}}{R}.$$

Общее напряжение на одинаковых последовательно соединенных проводниках $U_{\text{общ}} = UN$

Здесь $U_{\text{общ}}$ — общее напряжение на всех последовательно соединенных проводниках с одинаковым сопротивлением (В),

U — напряжение на каждом проводнике (В),

N — количество проводников (безразмерное).

Из этой формулы

$$\text{напряжение на каждом проводнике } U = \frac{U_{\text{общ}}}{N};$$

$$\text{количество проводников } N = \frac{U_{\text{общ}}}{U}.$$

Соотношение напряжений и сопротивлений при последовательном соединении двух проводников

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Здесь U_1 — напряжение на первом проводнике (В),

U_2 — напряжение на втором проводнике (В),

R_1 — сопротивление первого проводника (Ом),

R_2 — сопротивление второго проводника (Ом).

Из этой формулы

$$\text{напряжение на первом проводнике } U_1 = U_2 \frac{R_1}{R_2};$$

$$\text{напряжение на втором проводнике } U_2 = U_1 \frac{R_2}{R_1};$$

сопротивление первого проводника $R_1 = R_2 \frac{U_1}{U_2}$;

сопротивление второго проводника $R_2 = R_1 \frac{U_2}{U_1}$.

Параллельное соединение проводников

U — одинаково на всех проводниках

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3;$$

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Здесь U — напряжение на проводниках (В),

$I_{\text{общ}}$ — сила тока в неразветвленном участке цепи (А),

I_1, I_2, I_3 — сила тока в отдельных проводниках (А),

$R_{\text{общ}}$ — общее сопротивление параллельных проводников (Ом),

R_1, R_2, R_3 — сопротивления отдельных проводников (Ом),

N — количество проводников (безразмерное).

Общее сопротивление одинаковых параллельно соединенных проводников

$$R_{\text{общ}} = \frac{R}{N}$$

Здесь $R_{\text{общ}}$ — общее сопротивление одинаковых параллельных проводников (Ом),

R — сопротивление каждого проводника (Ом),

N — количество проводников (безразмерное).

Из этой формулы

сопротивление каждого проводника $R = R_{\text{общ}} N$;

количество проводников $N = \frac{R}{R_{\text{общ}}}$.

Сила тока в неразветвленном участке цепи при параллельном соединении одинаковых проводников

$$I_{\text{общ}} = IN$$

Здесь $I_{\text{общ}}$ — сила тока в неразветвленном участке цепи (А),

I — сила тока в отдельных проводниках (А),

N — количество проводников (безразмерное).

Из этой формулы

$$\text{сила тока в отдельных проводниках } I = \frac{I_{\text{общ}}}{N};$$

$$\text{количество проводников } N = \frac{I_{\text{общ}}}{I}.$$

Общее сопротивление двух параллельных проводников

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Здесь $R_{\text{общ}}$ — общее сопротивление двух параллельных проводников (Ом),

R_1 — сопротивление первого проводника (Ом),

R_2 — сопротивление второго проводника (Ом).

Из этой формулы

$$\text{сопротивление первого проводника } R_1 = \frac{R_{\text{общ}} R_2}{R_2 - R_{\text{общ}}};$$

$$\text{сопротивление второго проводника } R_2 = \frac{R_{\text{общ}} R_1}{R_1 - R_{\text{общ}}}.$$

Соотношение между силами тока и сопротивлениями при параллельном соединении двух проводников

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Здесь I_1 — сила тока в первом проводнике (А),

I_2 — сила тока во втором проводнике (А),

R_1 — сопротивление первого проводника (Ом),

R_2 — сопротивление второго проводника (Ом).

Из этой формулы

$$\text{сила тока в первом проводнике } I_1 = I_2 \frac{R_2}{R_1};$$

$$\text{сила тока во втором проводнике } I_2 = I_1 \frac{R_1}{R_2};$$

$$\text{сопротивление первого проводника } R_1 = R_2 \frac{I_2}{I_1};$$

$$\text{сопротивление второго проводника } R_2 = R_1 \frac{I_1}{I_2}.$$

Формула работы тока, выраженная через напряжение и силу тока в проводнике

$$A = UIt$$

Здесь A — работа тока (Дж),

U — напряжение на проводнике (В),

I — сила тока в проводнике (А),

t — время прохождения тока (с).

Из формулы работы тока

$$\text{напряжение на проводнике } U = \frac{A}{It};$$

$$\text{сила тока в проводнике } I = \frac{A}{Ut};$$

$$\text{время прохождения тока } t = \frac{A}{UI}.$$

Формула работы тока, выраженная через заряд и напряжение на проводнике

$$A = qU$$

Здесь A — работа тока (Дж),

U — напряжение на проводнике (В),

q — заряд, прошедший по проводнику (Кл).

Из этой формулы

заряд, прошедший по проводнику $q = \frac{A}{U}$;

напряжение на проводнике $U = \frac{A}{q}$.

Формула работы тока, выраженная через силу тока и сопротивление проводника

$$A = I^2 R t$$

Здесь A — работа тока (Дж),

I — сила тока в проводнике (А),

R — сопротивление проводника (Ом),

t — время прохождения тока (с).

Из этой формулы

сила тока в проводнике $I = \sqrt{\frac{A}{Rt}}$;

сопротивление проводника $R = \frac{A}{I^2 t}$;

время прохождения тока $t = \frac{A}{I^2 R}$.

Формула работы тока, выраженная через напряжение и сопротивление проводника

$$A = \frac{U^2}{R} t$$

Здесь A — работа тока (Дж),

U — напряжение на проводнике (В),

R — сопротивление проводника (Ом),

t — время прохождения тока (с).

Из этой формулы

$$\text{напряжение на проводнике } U = \sqrt{\frac{AR}{t}};$$

$$\text{сопротивление проводника } R = \frac{U^2}{A}t;$$

$$\text{время прохождения тока } t = \frac{AR}{U^2}.$$

Формула мощности тока, выраженная через напряжение и силу тока в проводнике

$$P = UI$$

Здесь P — мощность тока (Вт),

U — напряжение (В),

I — сила тока (А).

Из формулы мощности тока

$$\text{напряжение на проводнике } U = \frac{P}{I};$$

$$\text{сила тока в проводнике } I = \frac{P}{U}.$$

Формула мощности тока, выраженная через силу тока в проводнике и сопротивление проводника

$$P = I^2R$$

Здесь P — мощность тока (Вт),

I — сила тока в проводнике (А),

R — сопротивление проводника (Ом).

Из этой формулы

$$\text{сила тока в проводнике } I = \sqrt{\frac{P}{R}};$$

$$\text{сопротивление проводника } R = \frac{P}{I^2}.$$

Формула мощности тока, выраженная через напряжение на проводнике и сопротивление проводника

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Здесь P — мощность тока (Вт),

U — напряжение на проводнике (В),

R — сопротивление проводника (Ом)

Из этой формулы

напряжение на проводнике $U = \sqrt{PR}$;

сопротивление проводника $R = \frac{U^2}{P}$.

Формула мощности тока, выраженная через работу тока в проводнике

$$P = \frac{A}{t}$$

Здесь P — мощность тока (Вт),

A — работа тока (Дж),

t — время (с).

Из этой формулы

работа тока $A = Pt$;

время $t = \frac{A}{P}$.

Закон Джоуля — Ленца: формула количества теплоты, выделившегося в проводнике при прохождении тока, выраженного через силу тока и сопротивление проводника

$$Q = I^2 R t$$

Здесь Q — количество теплоты (Дж),

I — сила тока в проводнике (А),

R — сопротивление проводника (Ом),

t — время прохождения тока (с).

Из закона Джоуля — Ленца

$$\text{сила тока в проводнике } I = \sqrt{\frac{Q}{Rt}};$$

$$\text{сопротивление проводника } R = \frac{Q}{I^2 t};$$

$$\text{время прохождения тока } t = \frac{Q}{I^2 R}.$$

Закон Джоуля — Ленца: формула количества теплоты, выделившегося в проводнике при прохождении тока, выраженного через напряжение и сопротивление проводника

$$Q = \frac{U^2}{R} t.$$

Здесь Q — количество теплоты (Дж),
 U — напряжение на проводнике (В),
 R — сопротивление проводника (Ом),
 t — время прохождения тока (с).

Из этой формулы

$$\text{напряжение на проводнике } U = \sqrt{\frac{QR}{t}};$$

$$\text{сопротивление проводника } R = \frac{U^2}{Q} t;$$

$$\text{время прохождения тока } t = \frac{QR}{U^2}.$$

Формула индукции магнитного поля

$$B = \frac{F_A}{Il}$$

Здесь B — индукция магнитного поля (Тл),
 I — сила тока в проводнике (А),

F_A — максимальная сила Ампера, действующая на проводник с током в магнитном поле (Н),

l — длина проводника в магнитном поле (м).

Из формулы индукции магнитного поля максимальная сила Ампера, действующая на проводник с током в магнитном поле, $F_A = BIl$;

сила тока в проводнике $I = \frac{F_A}{Bl}$;

длина проводника в магнитном поле $l = \frac{F_A}{BI}$.

Связь магнитного потока с силой тока

$$\Phi = LI$$

Здесь Φ — магнитный поток (Вб),

L — индуктивность контура (Гн),

I — сила тока в контуре (А).

Из этой формулы

индуктивность контура $L = \frac{\Phi}{I}$;

сила тока в контуре $I = \frac{\Phi}{L}$.

Формула магнитного потока

$$\Phi = BS$$

Здесь Φ — магнитный поток (Вб),

B — индукция магнитного поля (Тл),

S — площадь (м²).

Из этой формулы

индукция магнитного поля $B = \frac{\Phi}{S}$;

площадь $S = \frac{\Phi}{B}$.

Связь длины электромагнитной волны в вакууме (воздухе) с периодом

$$\lambda = cT$$

Здесь λ — длина волны (м),
 $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в вакууме,
 T — период колебаний (с).

Из этой формулы

$$\text{период колебаний } T = \frac{\lambda}{c}.$$

Связь длины электромагнитной волны в вакууме (воздухе) с частотой

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Здесь λ — длина волны (м),
 $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в вакууме,
 ν — частота колебаний (Гц).

Из этой формулы

$$\text{частота колебаний } \nu = \frac{c}{\lambda}.$$

Закон отражения

$$\alpha = \beta$$

Здесь α — угол падения (рад),
 β — угол отражения (рад).

Закон преломления

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

Здесь α — угол падения (рад),
 γ — угол преломления (рад),
 n — показатель преломления второй среды относительно первой (безразмерный).

Из закона преломления

$$\sin \alpha = n_{21} \sin \gamma;$$

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n_{21}}.$$

Оптическая сила линзы

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

Здесь D — оптическая сила линзы (дптр),

F — фокусное расстояние линзы (м).

Из формулы оптической силы

$$\text{фокусное расстояние линзы } F = \frac{1}{D}.$$

Формула массового числа

$$A = Z + N$$

Здесь A — массовое число или сумма числа протонов и нейтронов (нуклонов) в ядре (безразмерное),

Z — зарядовое число или число протонов в ядре (безразмерное),

N — число нейтронов в ядре (безразмерное).

Из формулы массового числа

$$\text{зарядовое число } Z = A - N;$$

$$\text{число нейтронов в ядре } N = A - Z.$$

Закон взаимосвязи массы и энергии

$$E = mc^2$$

Здесь E — энергия тела (Дж),

m — масса тела (кг),

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в вакууме.

Из этой формулы

$$\text{масса } m = \frac{E}{c^2}.$$

Формула дефекта массы

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}$$

Здесь ΔM — дефект массы (кг),

m — масса тела (кг),

Z — число протонов (безразмерное),

m_p — масса протона (кг),

N — число нейтронов (безразмерное),

m_n — масса нейтрона (кг),

$M_{\text{я}}$ — масса ядра (кг).

Из этой формулы

$$\text{число протонов } Z = \frac{\Delta M - Nm_n + M_{\text{я}}}{m_p};$$

$$\text{число нейтронов } N = \frac{\Delta M - Zm_p + M_{\text{я}}}{m_n};$$

$$\text{масса ядра } M_{\text{я}} = Zm_p + Nm_n - \Delta M.$$

Формула энергии связи ядра

$$E_{\text{св}} = \Delta Mc^2$$

Здесь $E_{\text{св}}$ — энергия связи (Дж),

ΔM — дефект массы (кг),

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в вакууме.

Из этой формулы

$$\text{дефект массы } \Delta M = \frac{E_{\text{св}}}{c^2}$$

Формула поглощенной дозы излучения

$$D = \frac{E}{m}$$

Здесь D — поглощенная доза излучения (Гр),

E — поглощенная энергия (Дж),

m — масса тела, поглотившего энергию излучения (кг).

Из формулы поглощенной дозы

$$\text{поглощенная энергия } E = Dm;$$

$$\text{масса тела } m = \frac{E}{D}.$$

Обозначения элементарных частиц

 ${}_{-1}^0e$ — бета-частица или электрон ${}_{+1}^0e$ — позитрон ${}^1_1\text{H}$ — протон (ядро атома водорода) 1_0n — нейтрон ${}^2_1\text{H}$ — изотоп водорода дейтерий ${}^3_1\text{H}$ — изотоп водорода тритий ${}^4_2\text{He}$ — альфа-частица (ядро гелия)

Сокращения названий единиц измерений

м (метр)

с (секунда)

кг (килограмм)

Н (ньютон)

Вт (ватт)

Па (паскаль)

Кл (кулон)

В (вольт)

А (ампер)

Дж (джоуль)

Тл (тесла)

Гц (герц)

дптр (диоптрия)

Гр (грей)

Перевод некоторых внесистемных единиц в СИ

$$1 \text{ км} = 10^3 \text{ м}$$

$$1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$$

$$1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$$

$$1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$$

$$1 \text{ дм} = 10^{-1} \text{ м}$$

$$1 \text{ км} = 10^3 \text{ м}$$

$$1 \text{ мм}^2 = 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$1 \text{ см}^2 = 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$1 \text{ дм}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$1 \text{ мм}^3 = 10^{-9} \text{ м}^3$$

$$1 \text{ см}^3 = 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$1 \text{ л} = 1 \text{ дм}^3 = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$$

$$1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}$$

$$1 \text{ мг} = 10^{-6} \text{ кг}$$

$$1 \text{ г} = 10^{-3} \text{ кг}$$

$$1 \text{ т} = 10^3 \text{ кг}$$

$$1 \text{ км/ч} = \frac{1000}{3600} \text{ м/с}$$

$$1 \text{ кН} = 10^3 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ кДж} = 10^3 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ мА} = 10^{-3} \text{ А}$$

$$1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт}$$

$$1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м} = 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

СОДЕРЖАНИЕ

Вступление.....	3
Программа по физике для подготовки к ГИА.....	6
Механика.....	6
Молекулярная физика и термодинамика.....	7
Электрические явления.....	8
Магнитные явления.....	8
Световые явления.....	9
Строение атома и атомного ядра.....	9
Раздел 1. Механика.....	10
Краткая теория.....	10
Основные формулы.....	32
Задания.....	38
Ответы на задания.....	57
Раздел 2. Тепловые явления.....	73
Краткая теория раздела.....	73
Основные формулы.....	84
Задания.....	86
Ответы на задания.....	98
Раздел 3. Электрические и магнитные явления.....	108
Краткая теория.....	108
Основные формулы.....	122
Задания.....	127
Ответы на задания.....	144
Раздел 4. Световые явления.	
Строение атома и атомного ядра.....	159
Краткая теория.....	159
Основные формулы.....	173
Задания.....	176
Ответы на задания.....	183
Основные формулы и определение величин, входящих в них.....	190
Обозначения элементарных частиц.....	218
Сокращения названий единиц измерений.....	218
Перевод некоторых внесистемных единиц в СИ.....	219

Учебное издание

Касаткина Ирина Леонидовна

Физика

Подробные ответы на задания ГИА и решение типовых задач 7-9 классы

Ответственный редактор
Технический редактор

С.А. Осташов
Л.А. Багрянцева

Подписано в печать 14.03.13.
Формат 84 108/32. Бум. тип № 2.
Гарнитура Newton. Печать офсетная. Усл. п. л. 11,76
Тираж 2500 экз. Зак. № 166.

ООО «Феникс»

344082, г. Ростов-на-Дону, пер. Халтуринский, 80
Тел./факс: (863) 261-89-50, 261-89-75

Сайт издательства: www.phoenixrostov.ru
Интернет-магазин: www.phoenixbooks.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов в ЗАО «Книга»
344019, г. Ростов-на-Дону, ул. Советская, 57

Качество печати соответствует предоставленным диапозитивам.



ТОРГОВЫЙ ОТДЕЛ
344082, г. Ростов-на-Дону,
пер. Халтуринский, 80.

Контактные телефоны:
Тел.: (863) 261-89-50,
261-89-54, 261-89-55,
261-89-56, 261-89-57.

Факс: 261-89-58.

Начальник торгового отдела

Аникина Елена Николаевна

Тел.: (863) 261-89-52.

E-mail: torg153@mail.ru

ОТДЕЛ ОПТОВЫХ ПРОДАЖ

Менеджер по продажам

Серова Екатерина Игоревна

(доб. 110), e-mail: torg@aaanet.ru

Кунгурцева Мария Сергеевна

(доб. 123), e-mail: torg188@aaanet.ru

Чермантеева Татьяна Степановна

(доб. 155), e-mail: torg155@aaanet.ru

Чуркина Юлия Сергеевна

(доб. 111), e-mail: torg152@aaanet.ru

Менеджер по работе с бюджетными организациями

Казакова Надежда Вячеславовна

(доб. 156), e-mail: sibir@aaanet.ru

Вы можете купить любую книгу издательства **Феникс** по самым **низким ценам** в интернет-магазине **www.phoenixbooks.ru**

Оплата — денежный перевод или электронный платеж,
доставка — почтой России или самовывоз из Ростова-на-Дону.
Для некоторых книг доступен онлайн просмотр отдельных глав,
разделов и содержания на страницах
сайта www.phoenixbooks.ru.

Тел. 8(9298)622-87-04 E-mail: myphoenixbooks@gmail.com

Сайт: www.phoenixrostov.ru

Вы можете получить книги издательства «Феникс»
по почте, сделав заказ:

344082, г. Ростов-на-Дону, пер. Халтуринский, 80,
издательство «Феникс», «Книга-почтой»,
Лозе Игорю Викторовичу.

Тел.: 8-909-4406421. E-mail: tvoyakniga@mail.ru
www.shop50.ru