

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

# ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В ВУЗ

Методические указания

Седьмое издание, исправленное и дополненное

Автор-составитель Н. М. Рогачев

УДК 53(075)

**Задачи по физике для поступающих в вуз:** Метод. указания/ Куйбышев. авиац. ин-т; Авт.-сост. Н. М. Рогачев. 7-е изд., испр. и доп. Куйбышев, 1990. 48 с.

Представлены задачи для самостоятельного решения по следующим разделам программы: «Механика», «Молекулярная физика», «Тепловые явления», «Основы электродинамики», «Колебания и волны», «Оптика», «Элементы теории относительности», «Квантовая физика»; приведены примеры решения задач с указанием характерных ошибок. Наиболее сложные задачи отмечены звездочкой.

Указания составлены в соответствии с программой вступительных экзаменов для поступающих в высшие учебные заведения СССР в 1989 году. Предназначены для слушателей подготовительных курсов. Могут быть полезны поступающим в вузы и слушателям подготовительных отделений.

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Куйбышевского ордена Трудового Красного Знамени авиационного  
института имени академика С. П. Королева

Рецензент Т. С. Соломина

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

В изучении курса физики решение задач имеет исключительно важное значение, так как способствует усвоению материала программы и позволяет приобрести навыки практического применения основных законов и формул. Умение решать задачи является одним из основных критериев оценки глубины изучения материала.

Данные методические указания составлены по вариантам задач, предлагаемых на вступительных экзаменах в Куйбышевский авиационный институт. Основная цель — оказать методическую помощь, обратить внимание на наиболее распространенные ошибки, а также ознакомить с различными типами конкурсных задач.

При решении многих физических задач в основном используется дедуктивный метод (общие физические законы применяются к конкретному частному случаю). Поэтому очень важно научиться проводить анализ задачи, т. е. разделять сложное физическое явление на ряд простых, к которым легче применить тот или иной физический закон. Результаты, полученные при выполнении анализа, требуется затем объединить, т. е. провести синтез. Анализ и синтез составляют основные этапы решения задачи.

Перед решением задач необходимо:

1. Изучить по учебнику теоретический материал соответствующего раздела курса, добиться наиболее полного понимания сущности рассматриваемых физических явлений, запомнить законы и основные формулы, знать единицы измерения величин, входящих в них.

2. Внимательно прочитать условие задачи. Сделать сокращенную запись данных и искомых физических величин, предварительно представив их в системе измерения СИ.

3. Провести качественный анализ содержания задачи. Для этого надо мысленно представить физическое явление, сформулированное в условии, и четко уяснить цель задачи и требования, накладываемые на физические параметры условием задачи. Необходимо проанализировать все отношения, связывающие элементы задачи, выяснить характер этих отношений. Уяснив цель задачи, надо попытаться своими словами так перефразировать ее условие, чтобы оно освободилось от всего лишнего и несущественного для

рассматриваемого явления. Для этого необходимо использовать такие абстракции, как материальная точка, абсолютно твердое тело, точечный заряд, луч света и т. д.

4. Выполнить схематический чертёж, на котором указать систему отсчета, а также величины и направления основных параметров рассматриваемого явления.

5. Провести количественный анализ задачи. Это наиболее сложный и ответственный этап решения, в ходе которого с помощью физических законов устанавливаются количественные связи между заданными и искомыми величинами. Конечной целью количественного анализа является составление замкнутой системы уравнений, т. е. такой системы, в которой число уравнений равно числу неизвестных.

6. Найти решение полученной системы уравнений в виде алгоритма, отвечающего на вопрос задачи.

7. Проверить правильность полученного решения, используя правило размерностей. Размерности правой и левой части уравнения должны совпадать. Хотя равенство размерностей не является достаточным подтверждением правильности решения задачи, рекомендуемый метод проверки весьма полезен.

8. Провести анализ полученного результата, т. е. найти условия, при которых данное решение имеет физический смысл и удовлетворяет требованиям задачи.

9. Подставить в полученную формулу численные значения физических величин и провести вычисление. Обратит внимание на точность числового ответа, который не может быть больше точности исходных величин. Ответ должен сопровождаться наименованием физической величины.

10. В целях развития навыков и культуры решения задач необходимо просмотреть еще раз выполненное решение, проанализировать его с точки зрения рациональности, поискать другие способы решения. Лучше решить одну и ту же задачу несколькими способами, чем несколько задач одним и тем же способом.

В заключение следует отметить, что при решении задач возможны отступления от вышензложенной схемы.

## **ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ С АНАЛИЗОМ ХАРАКТЕРНЫХ ОШИБОК**

**Пример 1.** При равномерном движении навстречу друг другу двух велосипедистов расстояние между ними уменьшается на 100 м за каждые 5 с. При движении велосипедистов в одном направлении с прежними скоростями расстояние между ними увеличивается на 18 м за каждые 3 с движения. Определить скорости движения велосипедистов.

Дано:

$$\Delta S_1 = 100 \text{ м}$$

$$\Delta t_1 = 5 \text{ с}$$

$$\Delta S_2 = 18 \text{ м}$$

$$\Delta t_2 = 3 \text{ с}$$

$$V_1 - ? \quad V_2 - ?$$

По условию задачи движение велосипедистов является равномерным. Условимся его считать и прямолинейным. Будем рассматривать движение велосипедистов как движение двух материальных точек. Пусть ось  $x$  совпадает с направлением движения первого велосипедиста, а начало координат — с точкой, в которой он находится в момент времени  $t=0$ . Сделаем схематический рисунок для случая сближения велосипедистов (рис. 1).

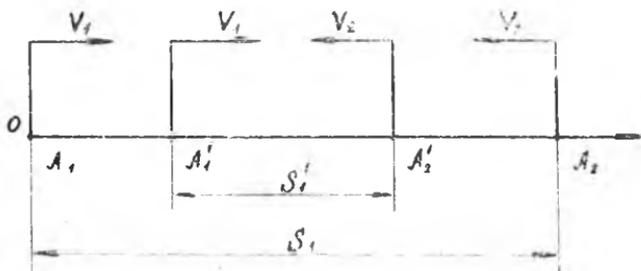


Рис. 1

Обозначим через  $A_1$  и  $A_2$  положения велосипедистов в начальный момент времени, а через  $A'_1$  и  $A'_2$  — положения их по истечении промежутка времени  $\Delta t_1$ ;  $S_1$  и  $S'_1$  — расстояние между велосипедистами в начальный момент времени и по истечении промежутка времени  $\Delta t_1$ . Величина сокращения расстояния между велосипедистами  $\Delta S_1 = S_1 - S'_1$  определяется суммарным пробегом обоих велосипедистов, т. е.

$$\Delta S_1 = V_1 \Delta t_1 + V_2 \Delta t_1 = (V_1 + V_2) \Delta t_1. \quad (1)$$

Повторяем аналогичные рассуждения для случая, когда велосипедисты движутся в одном направлении и делаем схематический чертеж (рис. 2).

Расстояние  $S_2$  обозначает положение велосипедистов в начальный момент времени, а  $S'_2$  — по истечении промежутка времени  $\Delta t_2$ . Увеличение расстояния  $\Delta S_2 = S'_2 - S_2$  определяется их разностной скоростью, т. е.

$$\Delta S_2 = (V_2 - V_1) \Delta t_2. \quad (2)$$

В результате анализа получаем систему уравнений (1) и (2) с двумя неизвестными:

$$\left. \begin{aligned} \Delta S_1 &= (V_1 + V_2) \Delta t_1, \\ \Delta S_2 &= (V_2 - V_1) \Delta t_2. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

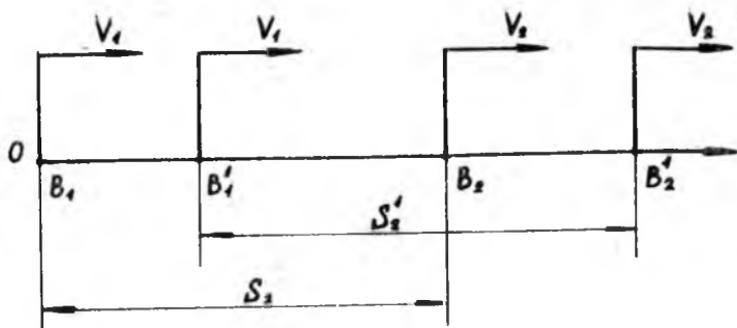


Рис. 2

Решая систему уравнений (3) относительно неизвестных  $V_1$  и  $V_2$  и подставляя численные значения, получим ответ на вопрос задачи:

$$V_1 = \frac{\frac{\Delta S_1}{\Delta t_1} - \frac{\Delta S_2}{\Delta t_2}}{2}, \quad V_1 = \frac{100}{5} - \frac{18}{3} = 7 \text{ м/с};$$

$$V_2 = \frac{\frac{\Delta S_1}{\Delta t_1} + \frac{\Delta S_2}{\Delta t_2}}{3}, \quad V_2 = 13 \text{ м/с}.$$

Рассмотрим еще один способ решения данной задачи. Анализируя условие, отмечаем, что приведенные данные относятся к двум разным системам отсчета: скорости велосипедистов, которые необходимо определить, заданы относительно неподвижной системы отсчета, связанной с Землей, а расстояние между велосипедистами дано в системе отсчета, связанной с движущимся объектом.

Переведем исходные данные в одну систему отсчета, связанную, например, с первым велосипедистом. В этой системе отсчета первый велосипедист считается неподвижным, а скорость второго равна их относительной скорости  $U$ , т. е.

$$U_1 = V_1 + V_2 \quad (4)$$

для случая сближения и

$$U_2 = V_2 - V_1 \quad (5)$$

для случая движения в одном направлении.

Здесь  $V_1$  и  $V_2$  — скорости велосипедистов относительно неподвижной системы отсчета. Движение второго велосипедиста в подвижной системе отсчета происходит равномерно со скоростью  $U_1$  или  $U_2$ , поэтому расстояние  $\Delta S_1$  и  $\Delta S_2$  он преодолевает соответ-

ственно за время  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$  по закону равномерного движения:

$$\Delta S_1 = U_1 \Delta t_1, \quad (6)$$

$$\Delta S_2 = U_2 \Delta t_2. \quad (7)$$

Решая уравнения (6) и (7) совместно с уравнениями (4) и (5), получим систему уравнений, тождественную системе (3) первого способа решения:

$$\begin{cases} \Delta S_1 = (V_1 + V_2) \Delta t_1 \\ \Delta S_2 = (V_2 - V_1) \Delta t_2 \end{cases} \quad (8)$$

Данная система уравнений (8) является полной, поэтому решая ее относительно  $V_1$  и  $V_2$  и подставляя численные значения, получаем такой же ответ, что и в первом варианте решения:

$$V_1 = 7 \text{ м/с} \text{ и } V_2 = 13 \text{ м/с}.$$

При решении этой задачи нередко допускаются следующие ошибки:

- задача решается без построения чертежа;
- чертеж не соответствует условию задачи;
- не делается выбор системы отсчета.

**Пример 2.** Тело массой 100 кг перемещают равномерно по горизонтальной плоскости, прилагая силу, направленную под углом  $30^\circ$  к горизонту. Определить коэффициент трения, если величина прилагаемой силы равна 290 Н.

Дано:

$$\begin{aligned} m &= 100 \text{ кг} \\ \alpha &= 30^\circ \\ F &= 290 \text{ Н} \end{aligned}$$

$k = ?$

Для решения задачи необходимо по-

строить чертеж (рис. 3), на котором следует указать все силы, действующие на тело, и дать направление координатных осей  $x$  и  $y$ . Согласно условию задачи на тело действуют следующие силы:

$\vec{m}g$  — сила тяжести тела и  $\vec{F}$  — сила тяги. Сила тяжести  $\vec{m}g$  давит на плоскость, вызывая силу нормальной реакции плоскости  $\vec{N}$ , действующей на тело. При движении тела возникает сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ , направленная в сторону, противоположную движению. Итак, на тело действуют силы  $\vec{m}g$ ,  $\vec{F}$ ,  $\vec{N}$  и  $\vec{F}_{\text{тр}}$ . Так как эти силы действуют не по одной прямой, то выберем два взаимно перпендикулярных направления  $x$  и  $y$  (оси координат), лежащие в плоскости действия сил. Ось  $x$  совместим с поверхностью Земли, полагая, что движение происходит по ее поверхности. Тогда силы  $\vec{m}g$  и  $\vec{N}$  будут направлены перпендикулярно оси  $x$ . Сила  $\vec{F}$  определяет направление движения тела. Пусть сила  $\vec{F}$  направлена в сторону оси  $x$ , образуя с ней угол  $\alpha$ . Тогда сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$  будет направлена в сторону, противоположную оси  $x$ . Она действует между движущимся

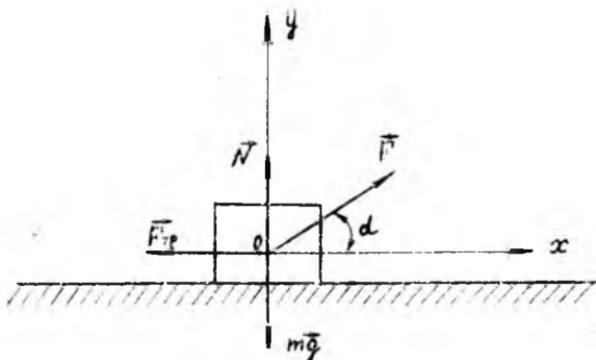


Рис. 3

телом и плоскостью. Считая размеры тела несущественными для решения задачи, будем рассматривать данное тело как материальную точку. Тогда все силы приложим к одной точке, которую совместим с началом осей координат.

Выбирая направление координатных осей, следует стремиться к тому, чтобы проекции некоторых сил на координатные оси оказались равными нулю. Это существенно упрощает решение задачи.

По условию задачи тело движется равномерно. Но мы установили, что на тело действует несколько сил. Согласно первому закону Ньютона тело может двигаться равномерно, если равнодействующая всех сил, приложенных к нему, равна нулю:

$$\vec{mg} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F} = 0. \quad (1)$$

Найдем проекции сил на координатные оси, т. е. запишем уравнение (1) в скалярной форме:

$$F \cos \alpha = F_{\text{тр}}; \quad (2)$$

$$N + F \sin \alpha = mg. \quad (3)$$

Из уравнения (3) находим, что

$$N = mg - F \sin \alpha. \quad (4)$$

Коэффициент трения  $k$  по определению есть отношение силы трения к силе нормального давления, т. е.

$$k = F_{\text{тр}}/N. \quad (5)$$

Подставив в уравнение (5) значения  $F_{\text{тр}}$  и  $N$  из уравнений (2) и (4), получим алгоритм для коэффициента трения:

$$k = \frac{F \cos \alpha}{mg - F \sin \alpha}, \quad k = \frac{290 \cos 30^\circ}{100 \cdot 9,8 - 290 \sin 30^\circ} = 0,3.$$

При решении данной задачи допускаются различные ошибки:  
 задачу решают без построения чертежа;  
 на чертеже указывают не все силы, действующие на тело;  
 не задают систему отсчета;  
 неверно применяют законы Ньютона;  
 не умеют переходить от векторной формы записи уравнений  
 к уравнениям в скалярной форме;  
 не знают определения коэффициента трения.

**Пример 3.** До какой высоты надо налить воды в цилиндрический сосуд радиусом 5 см, чтобы силы давления воды на дно и на боковую поверхность сосуда были равны между собой?

Дано:  
 $R = 5 \cdot 10^{-2}$  м  
 $h$  — ?

Из определения давления можно найти силу давления  $F = PS$ , где  $P$  — давление,  $S$  — площадь. Так как давление жидкости на дно сосуда  $P_d = \rho gh$ ,

а площадь дна цилиндра  $S_d = \pi R^2$ , то силу давления на дно цилиндра можно рассчитать по формуле

$$F_d = \rho gh \pi R^2, \quad (1)$$

где  $\rho$  — плотность жидкости,  $g$  — ускорение свободного падения,  $h$  — высота столба жидкости. Аналогично сила давления на боковую поверхность сосуда равна

$$F_b = \langle P \rangle S_b,$$

где  $\langle P \rangle$  — среднее давление воды на боковую поверхность сосуда,  $S_b$  — площадь боковой поверхности сосуда. Так как давление на боковую поверхность изменяется от нуля до  $P_d = \rho gh$  по линейному закону, то  $\langle P \rangle = P_d/2$ . Площадь боковой поверхности  $S_b = 2\pi Rh$ .

$$\text{Тогда } F_b = \rho g R h^2. \quad (2)$$

По условию задачи  $F_d = F_b$  или, используя уравнения (1) и (2), получим  $\rho gh \pi R^2 = \rho g \pi R h^2$ , откуда  $h = R = 5 \cdot 10^{-2}$  м.

При решении данной задачи часто неверно определяется давление жидкости на боковую поверхность сосуда, что приводит к ошибке в уравнении (2).

**Пример 4.** Маленький шарик подвешен на нити длиной 0,5 м к потолку трамвайного вагона. При какой скорости вагона отклонения шарика будут максимальными, если длина рельса 12,5 м?

Дано:  
 $l = 0,5$  м  
 $S = 12,5$  м  
 $v$  — ?

Шарик, подвешенный к потолку вагона, при его движении совершает вынужденные колебания с частотой  $\nu$ , равной частоте ударов колес вагона о стыки рельсов. Эта частота

$$v = v/S, \quad (1)$$

где  $v$  — скорость движения вагона,  $S$  — длина рельса.

По условию задачи шарик маленький, т. е. его можно принять за математический маятник, период колебаний которого

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Зная период, можно найти частоту собственных колебаний маятника

$$v_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}. \quad (2)$$

Отклонения шарика будут максимальными в случае резонанса, условием которого является совпадение частот собственных и вынужденных колебаний, т. е.

$$v = v_0. \quad (3)$$

Подставляя в уравнение (3) выражения (1) и (2), получим

$$\frac{v}{S} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad \text{откуда } v = \frac{S}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}};$$

$$v = \frac{12,5}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{9,8}{0,5}} \text{ м/с} \approx 9 \text{ м/с}.$$

Наибольшие затруднения при решении данной задачи возникают при определении частоты вынужденных колебаний шарика.

Пример 5. В сосуд с водой опустили две стеклянные трубочки с радиусами внутреннего канала  $r_1 = 0,25$  мм,  $r_2 = 0,5$  мм. Вода поднялась в одной трубочке выше, чем в другой, на высоту  $\Delta h = 30$  мм. Найти коэффициент поверхностного натяжения воды.

Дано:

$$r_1 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$r_2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$\Delta h = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$\sigma = ?$$

В капиллярных трубках вследствие смачивания или несмачивания жидкостью у стенок трубки на поверхности жидкости образуется кривизна (мениск). Изогнутый поверхностный слой оказывает на жидкость избыточное давление, что приводит к поднятию или опусканию уровня жидкости. Подъем смачивающей

жидкости в капилляре происходит до тех пор, пока сила поверхностного натяжения  $F$  не уравновесится силой тяжести  $P$  столба жидкости в капилляре. Найдем эти силы. Сила поверхностного натяжения

$$F = 2\pi r\sigma, \quad (1)$$

где  $r$  — радиус внутреннего канала трубки;  $\sigma$  — коэффициент

поверхностного натяжения жидкости. Сила тяжести столба жидкости

$$P = \rho g \pi r^2 h, \quad (2)$$

где  $\rho$  — плотность жидкости;  $h$  — высота столба жидкости. Приравняв правые части уравнений (1) и (2), получим

$$2 \pi r \sigma = \rho g \pi r^2 h,$$

откуда

$$h = \frac{2 \sigma}{\rho g r} \quad (3)$$

По условию задачи  $h_1 - h_2 = \Delta h$ , используя уравнения (3) и (4), для  $\Delta h$  имеем

$$\Delta h = \frac{2 \sigma}{\rho g r_1} - \frac{2 \sigma}{\rho g r_2},$$

откуда

$$\sigma = \frac{\rho g r_1 r_2 \Delta h}{2 (r_2 - r_1)}; \quad \sigma = 0,073 \text{ Н/м.}$$

Часто при решении данной задачи возникают затруднения при определении условия равновесия столба жидкости.

**Пример 6.** Свинцовая пуля, летящая со скоростью 500 м/с, попадает в стенку и отскакивает от нее со скоростью 370 м/с. Какая часть пули расплавится, если ее температура в момент удара была равна 105 °С, а на нагревание пули пошло 50 % работы, совершаемой при ударе?

Дано:

$$V_1 = 500 \text{ м/с}$$

$$V_2 = 370 \text{ м/с}$$

$$t_1 = 105 \text{ °С}$$

$$\eta = 0,5$$

$$t_2 = 327 \text{ °С}$$

$$c = 0,126 \cdot 10^4 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$$

$$\lambda = 25 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$$

$$\frac{\Delta m}{m} = ?$$

Летящая пуля обладает кинетической энергией. При ударе о стенку кинетическая энергия пули уменьшается, но увеличивается ее внутренняя энергия, так как повышается температура пули.

Для решения задачи сделаем следующие допущения: теплообмен пули с окружающей средой в момент удара отсутствует, масса пули  $m$  при ударе не изменяется, т. е. расплавленный свинец находится внутри пули и после удара о стенку отлетает вместе с пулей.

Составим уравнение энергетического баланса. Согласно закону сохранения и превращения энергии в тепловых процессах тепло  $Q$ , подведенное к системе, расходуется на увеличение внутренней энергии системы  $\Delta U$  и на совершение системой работы  $A$ , т. е.

$$Q = \Delta U + A. \quad (1)$$

В уравнении (1)  $Q = 0$ , так как мы приняли, что нагревание пули происходит без теплообмена с окружающей средой. По усло-

вию задачи на нагревание пули пошло только 50 % работы, совершаемой при ударе. С учетом этого уравнение (1) следует записать в виде

$$\begin{aligned}\Delta U + \eta A &= 0, \\ \Delta U &= -\eta A,\end{aligned}\quad (2)$$

где  $\eta$  — коэффициент, показывающий, какая часть кинетической энергии пошла на нагревание и плавление пули.

Определим работу сопротивления стенки при ударе. В момент удара пуля обладала кинетической энергией:  $W_1 = m V_1^2/2$ . После удара кинетическая энергия пули  $W_2 = m V_2^2/2$ . По закону сохранения энергии разность  $W_2 - W_1$  равна работе сопротивления стенки:

$$A = W_2 - W_1 = \frac{m V_2^2}{2} - \frac{m V_1^2}{2}. \quad (3)$$

Определим увеличение внутренней энергии пули. Пуля нагревалась при ударе от  $t_1 = 105^\circ \text{C}$  до температуры плавления свинца  $t_2 = 327^\circ \text{C}$ , на что потребовалась энергия

$$Q_1 = cm (t_2 - t_1). \quad (4)$$

При нагреве некоторая часть массы пули  $\Delta m$  расплавилась. При этом на плавление затрачивается энергия

$$Q_2 = \Delta m \lambda. \quad (5)$$

Таким образом, увеличение внутренней энергии пули  $\Delta U = Q_1 + Q_2$ .

С учетом уравнений (4) и (5)

$$\Delta U = cm (t_2 - t_1) + \lambda \Delta m. \quad (6)$$

Подставляя выражения (3) и (6) в (2), получим уравнение энергетического баланса:

$$\eta \left( \frac{m V_1^2}{2} - \frac{m V_2^2}{2} \right) = cm (t_2 - t_1) + \lambda \Delta m. \quad (7)$$

Из уравнения (7) определяется отношение  $\Delta m/m$ , показывающее, какая часть пули при ударе расплавится:

$$\begin{aligned}\frac{\Delta m}{m} &= \frac{1}{\lambda} \left[ \frac{\eta (V_1^2 - V_2^2)}{2} - c (t_2 - t_1) \right], \\ \frac{\Delta m}{m} &= \frac{1}{25000} \left[ \frac{0,5 \cdot (250000 - 136900)}{2} - 126 \cdot (327 - 105) \right] \approx 0,01.\end{aligned}$$

Таким образом, при ударе расплавляется всего 1 % массы пули.

Поэтому допущение о том, что масса пули после удара остается без изменения, не является грубым.

При решении задач данного типа многие учащиеся затрудня-

ются составить уравнение энергетического баланса. Допускаются также ошибки при подсчете внутренней энергии. Иногда не учитывается энергия, затрачиваемая на агрегатное превращение вещества.

Пример 7. Электрическое поле в вакууме образовано точечными зарядами  $q_1 = 30$  нКл и  $q_2 = -10$  нКл, расстояние между которыми  $r = 5$  см. Определить напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1 = 3$  см от первого и на расстоянии  $r_2 = 4$  см от второго заряда.

Дано:

$$\begin{aligned} q_1 &= 30 \text{ нКл} \\ q_2 &= -10 \text{ нКл} \\ r &= 5 \cdot 10^{-2} \text{ м} \\ r_1 &= 3 \cdot 10^{-2} \text{ м} \\ r_2 &= 4 \cdot 10^{-2} \text{ м} \end{aligned}$$

$E = ?$

Согласно принципу суперпозиции полей каждый заряд создает поле независимо от присутствия других зарядов. В связи с этим напряженность поля в искомой точке можно определить как векторную сумму напряженностей, создаваемых зарядами  $q_1$  и  $q_2$ :

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2, \quad (1)$$

где  $|\vec{E}_1| = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r_1^2}$ ,  $|\vec{E}_2| = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r_2^2}$  — напряженности электрического поля, создаваемые в данной точке первым и вторым зарядами соответственно.

Выполним чертеж (рис. 4). По заданным величинам  $r$ ,  $r_1$  и  $r_2$  нарисуем треугольник  $ABC$ . В точках  $A$  и  $C$  расположим электрические заряды  $q_1$  и  $q_2$ . Напряженность поля будем определять в точке  $B$ .

Вектор  $\vec{E}_1$  в нашем случае направлен от заряда  $q_1$ , так как данный заряд положителен. Заряд  $q_2$  имеет отрицательный знак, поэтому вектор  $\vec{E}_2$  направлен к заряду  $q_2$ . Искомый вектор  $\vec{E}$  являет-

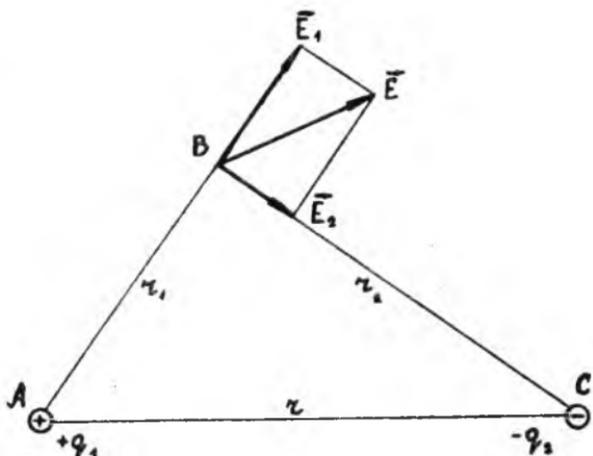


Рис. 4

ся диагональю параллелограмма, сторонами которого служат векторы  $\vec{E}_1$  и  $\vec{E}_2$ .

Применив теорему Пифагора к треугольнику  $ABC$ , убеждаемся, что заданный треугольник — прямоугольный:  $AB^2 + BC^2 = AC^2$  или  $r_1^2 + r_2^2 = r^2$ , т. е.  $9 + 16 = 25$ .

Значит,  $\angle ABC = 90^\circ$ . Из чертежа видно, что  $\angle BE_1E$  тоже равен  $90^\circ$ , так как сторона  $E_1E$  параллельна  $BC$ , а сторона  $BE_1$  является продолжением  $AB$ . Из прямоугольного треугольника  $BE_1E$  найдем гипотенузу  $BE$ , т. е. модуль вектора  $\vec{E}$ :

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\left(\frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r_1^2}\right)^2 + \left(\frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r_2^2}\right)^2}$$

$$E = \sqrt{\left(\frac{30 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 9 \cdot 10^{-4}}\right)^2 + \left(\frac{10 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 16 \cdot 10^{-4}}\right)^2} \approx 3 \cdot 10^5 \text{ В/м.}$$

При решении задач данного типа допускаются следующие ошибки:

не учитывается, что напряженность электрического поля — величина векторная;

при построении чертежа неверно выбираются направления векторов  $\vec{E}_1$  и  $\vec{E}_2$ .

**Пример 8.** На сколько равных частей надо разрезать проводник сопротивлением 100 Ом, чтобы при параллельном соединении этих частей получить сопротивление 1 Ом?

Дано:

$$R = 100 \text{ Ом}$$

$$r = 1 \text{ Ом}$$

$$n = ?$$

Допустим, что проводник следует разрезать на  $n$  частей. Целый проводник можно представить состоящим из соединенных последовательно  $n$  частей. При этом его сопротивление равно  $R$ , т. е.

$$R = nr_1, \quad (1)$$

где  $r_1$  — сопротивление одной части.

При параллельном соединении этих частей общее сопротивление цепи определяется выражением

$$1/r = n/r_1. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1) и (2) относительно  $n$ , получим

$$n = \sqrt{R/r}. \quad (3)$$

Подставим в полученное выражение (3) численные значения из условия задачи:

$$n = \sqrt{\frac{100}{1}} \text{ Ом/Ом} = \pm 10.$$

Ответ:  $n = 10$ . Отрицательное значение не имеет физического смысла.

При решении данной задачи затруднения возникают при составлении уравнений (1) и (2). Часто сопротивление при параллельном соединении  $r$  принимается за сопротивление отдельной части  $r_1$ .

Пример 9. Стержень длиной 1 м вращается в однородном магнитном поле с постоянной угловой скоростью  $\omega = 30 \text{ с}^{-1}$ . Ось вращения стержня параллельна магнитным силовым линиям поля и проходит через его конец. Определить ЭДС индукции, возникающую на концах стержня, если индукция магнитного поля  $B = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ .

Дано:

$$l = 1 \text{ м}$$

$$\omega = 30 \text{ с}^{-1}$$

$$B = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$$

$$E = ?$$

По закону Фарадея величина ЭДС индукции

$$E = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (1)$$

При вращении стержень пересекает магнитные силовые линии, при этом площадь, описываемая стержнем, увеличивается, магнитный поток  $\Phi$  возрастает, т. е. имеется изменение магнитного потока в единицу времени. Согласно уравнению (1) на концах стержня должна возникать ЭДС индукции.

При каждом обороте стержень пересекает магнитный поток

$$\Phi = BS = B \pi l^2. \quad (2)$$

Делая  $n$  оборотов в секунду, стержень пересекает поток в  $n$  раз больший. Поскольку при этом изменение потока происходит за единицу времени, то величину ЭДС, согласно уравнениям (1) и (2), можно определить:

$$E = - B \pi l^2 n. \quad (3)$$

Так как  $\omega = 2 \pi n$ , то

$$n = \omega / 2 \pi. \quad (4)$$

Подставив в уравнение (3) выражение (4), окончательно получим

$$E = - B \pi l^2 \frac{\omega}{2 \pi} = - \frac{B l^2 \omega}{2}$$

Подсчитаем значение ЭДС:

$$E = - \frac{2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл} \cdot 1 \text{ м}^2 \cdot 30 \text{ с}^{-1}}{2} = - 0,3 \text{ В}.$$

Знак «—» определяет направление ЭДС индукции.

Наибольшие трудности при решении данной задачи возникают при составлении уравнения (3).

Пример 10. Найти количество электроэнергии, потребной для никелирования детали площадью  $150 \text{ м}^2$ , если слой никеля на-

носятся толщиной 0,01 мм. Напряжение на зажимах электролитической ванны 4 В.

Дано:

По закону Фарадея для электролиза

$$h = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$S = 150 \text{ м}^2$$

$$U = 4 \text{ В}$$

$$\rho = 8,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$A = 59 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$n = 2$$

$$W = ?$$

$$m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} q, \quad (1)$$

где  $F = 9,65 \cdot 10^4$  Кл/моль — число Фарадея;  $A$  — атомный вес никеля;  $n$  — валентность никеля;  $q$  — количество электричества, прошедшее через электролит,  $m$  — масса никеля.

При этом совершается работа, равная затраченной энергии:

$$W = q U. \quad (2)$$

С другой стороны, массу выделившегося никеля можно найти следующим образом:

$$m = \rho S h. \quad (3)$$

Приравняв уравнения (1) и (3), найдем  $q$  и, подставив его значение в выражение (2), получим

$$W = \frac{F h S \rho n U}{A}$$

Выполним расчеты:

$$W = \frac{9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл/моль} \cdot 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 150 \text{ м}^2 \cdot 8,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 / 2 \cdot 4 \text{ В}}{59 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}} = 1,7 \cdot 10^8 \text{ Дж.}$$

Большое число заданных величин необходимо определять по таблицам, что и составляет наибольшую трудность при решении задачи.

Пример 11. В сеть переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 220 В включены последовательно конденсатор емкостью  $7 \cdot 10^{-5}$  Ф, катушка индуктивностью 200 мГн и активным сопротивлением 4 Ом. Найти амплитудное значение силы тока, а также частоту, при которой в контуре наступит резонанс напряжений.

Дано:

Амплитудное значение силы тока можно определить по закону Ома:

$$\nu = 50 \text{ Гц}$$

$$U_d = 220 \text{ В}$$

$$C = 7 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$R = 4 \text{ Ом}$$

$$I_0 = ? \quad \nu_0 = ?$$

$$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + [\omega L - 1/(\omega C)]^2}}$$

Если учесть, что  $U_0 = U_d \sqrt{2}$  и  $\omega = 2\pi\nu$ , то получим:

$$I_0 = \frac{U_d \sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + [2\pi\nu L - 1/(2\pi\nu C)]^2}}$$

где  $U_0$  — амплитудное значение напряжения;  $\omega$  — циклическая частота вынужденных колебаний;  $U_d$  — действующее значение напряжения.

$$I_0 = \frac{220 \sqrt{2}}{\sqrt{4^2 + [2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,2 - 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 10^{-5})]^2}} \cong 1,7 \text{ А.}$$

Явление резонанса наблюдается, если частота вынужденных колебаний переменного тока совпадает с частотой собственных колебаний контура. Воспользовавшись формулой Томсона, получим

$$\nu_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}},$$

$$\nu_0 = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \sqrt{0,2 \cdot 7 / 10^{-5}}} \cong 42 \text{ Гц.}$$

При решении задачи допускаются ошибки, связанные с незнанием понятий действующего и амплитудного значений силы тока и напряжения.

**Пример 12.** Объектив состоит из собирающей линзы с оптической силой 2,5 дптр и рассеивающей линзы с фокусным расстоянием 0,5 м. Линзы сложены вплотную так, что их оптические оси совпадают. Предмет помещен на расстоянии 40 см от объектива. Найти расстояние от предмета до изображения.

Дано:

$$D_1 = 2,5 \text{ дптр}$$

$$d = 0,4 \text{ м}$$

$$F_2 = 0,5 \text{ м}$$

$$b = ?$$

Оптическая сила объектива  $D$ , состоящего из двух тонких линз, сложенных вплотную, равна алгебраической сумме оптических сил линз, составляющих объектив:

$$D = D_1 - D_2 = D_1 - \frac{1}{F_2},$$

где  $D_2$  — оптическая сила рассеивающей линзы.

Определим фокусное расстояние объектива:

$$F = \frac{1}{D} = \frac{1}{D_1 - \frac{1}{F_2}}, \quad F = \frac{1}{2,5 - \frac{1}{0,5}} = 2 \text{ м.}$$

Так как предмет находится между фокусом и объективом (поскольку  $D < F$ ), то изображение предмета — мнимое, увеличенное, прямое (рис. 5). Применяя формулу тонкой линзы

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$$

найдем расстояние от изображения до объектива

$$f = \frac{Fd}{F - d},$$

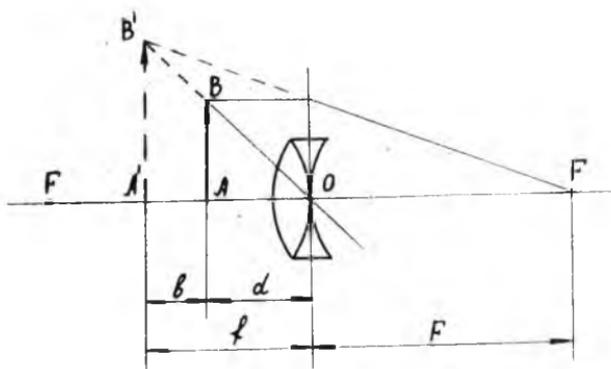


Рис. 5

Искомое расстояние

$$b = f - d = \frac{Fd}{F-d} - d = \frac{d^2}{F-d};$$

$$b = \frac{0,4^2}{2-0,4} = 0,1 \text{ м.}$$

Наибольшее число ошибок при решении задач по оптике связано с построением изображений в линзах и оптических приборах.

Пример 13. Выйдет ли луч белого света из стекла в воздух, если показатели преломления стекла для красной и фиолетовой частей спектра равны соответственно  $n_k = 1,51$  и  $n_\phi = 1,53$ ? Угол падения луча на границу раздела сред равен  $41^\circ$ .

Дано:

$$n_k = 1,51$$

$$n_\phi = 1,53$$

$$i = 41^\circ$$

$$i'_k - ? \quad i'_\phi - ?$$

Луч белого света распространяется из среды оптически более плотной в среду оптически менее плотную, так как показатель преломления стекла больше показателя преломления воздуха. При этом угол преломления луча

будет больше угла падения. С увеличением угла падения угол преломления, увеличиваясь, может достигать значения  $90^\circ$ . Такой угол падения, при котором угол преломления равен  $90^\circ$ , называется предельным углом  $i_1'$  полного внутреннего отражения. При этом преломленный луч скользит вдоль границы раздела сред. Если увеличивать и дальше угол падения луча, то свет во вторую среду не проникает, а полностью отражается от границы раздела сред. Таким образом, луч света перейдет из стекла в воздух, если не наступит полное внутреннее отражение, т. е. если угол падения луча  $i$

будет меньше предельного угла  $i'$ . Найдем значения предельных углов для крайних лучей белого света, т. е. для красного и фиолетового:

$$i'_к = \arcsin \frac{1}{n_к} = \arcsin \frac{1}{1,51} = 41,47^\circ;$$

$$i_\phi = \arcsin \frac{1}{n_\phi} = \arcsin \frac{1}{1,53} = 40,81^\circ.$$

Красные лучи выходят из стекла в воздух, так как  $i < i'_к$ ; фиолетовые лучи испытывают полное внутреннее отражение, поскольку  $i > i_\phi$ .

Таким образом, из стекла в воздух выйдет свет, но не белый, так как часть спектра белого света испытывает полное внутреннее отражение.

**Пример 14.** На дифракционную решетку нормально падает свет с длиной волны  $0,45$  мкм. Период дифракционной решетки  $2$  мкм. Чему равен наибольший порядок спектра, который можно наблюдать с помощью этой дифракционной решетки?

**Дано:**  $\lambda = 0,45 \cdot 10^{-6}$  м  
 $d = 2 \cdot 10^{-6}$  м

При решении задачи воспользуемся формулой дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = k \lambda, \quad (1)$$

$k_{\text{макс}} - ?$  где  $\varphi$  — угол отклонения луча,

$k = 1, 2, 3, \dots$  — порядок дифракционного спектра.

Из уравнения (1) для  $k$  имеем

$$k = d \frac{\sin \varphi}{\lambda}. \quad (2)$$

При заданных значениях  $d$  и  $\lambda$  порядок спектра  $k$  будет определяться величиной  $\sin \varphi$  и будет иметь максимальное значение, когда  $\sin \varphi = 1$ , т. е.  $k_{\text{макс}} = d/\lambda$ ,

$$k_{\text{макс}} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{0,45 \cdot 10^{-6}} \approx 4.$$

**Пример 15.** Найти кинетическую энергию электрона, движущегося со скоростью  $v = 0,9C$  (где  $C$  — скорость света в вакууме).

**Дано:**  $v = 0,9C$   
 $C = 3 \cdot 10^8$  м/с

Кинетическая энергия частицы определяется как разность полной энергии  $W$  и энергии покоя  $W_0$  этой частицы, т. е.

$$W_k = W - W_0. \quad (1)$$

$W_k - ?$  По закону взаимосвязи массы и энергии

$$W = mC^2 \text{ и } W_0 = m_0C^2, \quad (2)$$

где  $m_0$  — масса покоя частицы.

Учитывая зависимость массы  $m$  от скорости:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/C)^2}}, \quad (3)$$

подставим уравнения (2) и (3) в (1) и получим

$$W_k = \frac{m_0 C^2}{\sqrt{1 - (v/C)^2}} - m_0 C^2 = m_0 C^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - (v/C)^2}} - 1 \right).$$

Сделав вычисления, найдем:

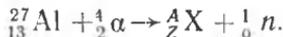
$$W_0 = 1,06 \cdot 10^{-13} \text{ Дж.}$$

Часто допускаются ошибки при составлении уравнений (1) и (2).

**Пример 16.** Написать ядерную реакцию и определить неизвестный элемент, образующийся при бомбардировке ядер изотопа алюминия  ${}_{13}^{27}\text{Al}$   $\alpha$ -частицами, если известно, что при этом вылетает нейтрон.

Дано:

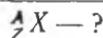
Запишем ядерную реакцию:



По закону сохранения массовых чисел и зарядов можно записать



$$27 + 4 = A + 1,$$

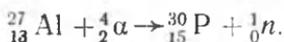


$$13 + 2 = Z + 0,$$

откуда  $A = 30$ ,  $Z = 15$ , т. е.  ${}_{15}^{30}\text{X}$ .

По таблице элементов Менделеева найдем, что неизвестный элемент — это изотоп фосфора  ${}_{15}^{30}\text{P}$ .

Итак, ядерная реакция запишется



## ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ<sup>1</sup>

### МЕХАНИКА

#### Кинематика

**№ 1.** Два велосипедиста, находясь на расстоянии 160 м, одновременно выехали навстречу друг другу со скоростью 3 и 5 м/с. Через сколько времени они встретятся? Каково перемещение каждого велосипедиста?

<sup>1</sup> Большинство задач заимствовано из следующих источников: Знаменский П. А. и др. Сборник вопросов и задач по физике. М.—Л.: Учпедгиз, 1952; Демкович В. П., Демкович Л. П. Сборник задач по физике. М.: Просвещение, 1974; Рымкевич А. П., Рымкевич П. А. Сборник задач по физике. М.: Просвещение, 1980; Мясников С. П., Осанова Т. Н. Пособие по физике. М.: Высшая школа, 1981. Некоторые задачи взяты из научно-популярных журналов.

Ответ: 20 с; 60 м, 100 м.

№ 2. Определить скорость движения катера при перпендикулярном пересечении реки шириной 2,4 км, если скорость течения реки 3 м/с, а время движения катера от одного берега до другого 5 мин.

Ответ: 8,5 м/с.

№ 3. В безветренную погоду на вагонном стекле равномерно движущегося поезда остаются следы от капель дождя в виде полосок, направленных под углом  $60^\circ$  к вертикали. Определить скорость капель дождя относительно Земли, если поезд движется со скоростью 36 км/ч.

Ответ:  $\approx 8$  м/с.

№ 4. Два поезда движутся навстречу друг другу со скоростями 72 и 5 км/ч. Пассажир первого поезда замечает, что второй поезд проходит мимо него в течение 10 с. Определить длину второго поезда.

Ответ: 350 м.

№ 5\*. Расстояние между двумя пунктами на реке катер проходит по течению за 6 ч, против течения за 9 ч. За какое время катер прошел бы это расстояние в стоячей воде?

Ответ: 7,2 ч.

№ 6. Расстояние между пунктами  $A$  и  $B$  равно 108 км. Из пункта  $A$  и  $B$  начали одновременно двигаться навстречу друг другу два автомобиля: первый со скоростью 36 км/ч, второй со скоростью 18 км/ч. Построить графики движений и по ним определить время встречи автомобилей и расстояние от места их встречи до пункта  $A$ .

Ответ: 2 ч; 72 км.

№ 7. Уравнение движения тела задано функцией  $S = 15t - t^2$ . Определить скорость тела в момент времени  $t = 2$  с.

Ответ: 11 м/с.

№ 8. Движения двух тел описаны уравнениями

$$x_1 = 6 + 2t \text{ и } x_2 \approx 0,5t^2.$$

Найти аналитически и графически место и время встречи.

Ответ: 18 м; 6 с.

№ 9. Самолет затрачивает на разбег 24 с. Определить длину разбега самолета и скорость в момент отрыва от земли, если на половине длины разбега самолет имел скорость, равную 30 м/с.

Ответ: 509,1 м; 42,4 м/с.

№ 10. Тело, двигаясь равноускоренно, в течение пятой секунды от начала движения прошло 45 м. С каким ускорением двигалось тело и какой путь прошло оно за первую секунду?

Ответ:  $10 \text{ м/с}^2$ ; 5 м.

№ 11. С аэростата, находящегося на высоте 500 м, упал предмет. Через сколько секунд предмет достигнет земли, если: а) аэро-

стат неподвижен; б) аэростат поднимается вверх со скоростью 9,8 м/с? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ:  $\approx 10$  с;  $\approx 11$  с.

№ 12\*. Тело свободно падает с высоты 240 м. Определить отрезок пути, проходимый телом за последнюю секунду падения. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ:  $\approx 63,7$  м.

№ 13. В шахту глубиной 180 м падает камень. Через сколько секунд будет слышен стук камня о дно шахты? Скорость звука в воздухе 330 м/с.

Ответ:  $\approx 6,6$  с.

№ 14. Тело свободно падает с высоты 270 м. Разделить эту высоту на такие три части, чтобы на прохождение каждой из них потребовалось одно и то же время.

Ответ: 30 м; 90 м; 150 м.

№ 15. Человек, находясь на вершине башни высотой 15 м, бросает вверх камень с начальной скоростью 10 м/с. Через какое время камень достигнет земной поверхности?

Ответ:  $\approx 2,7$  с.

№ 16. Тело, двигаясь с постоянным ускорением  $a$ , потеряло половину своей начальной скорости  $v_0$ . За какое время это произошло и какой путь прошло тело за это время?

Ответ:  $t = \frac{v_0}{2a}$ ;  $S = \frac{3v_0^2}{8a}$ .

№ 17. Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, прошло 200 м за 5 с. На каком расстоянии от начального положения будет находиться тело через 7 с после начала движения?

Ответ: 392 с.

№ 18. Автомобиль, движущийся равноускоренно из состояния покоя, пройдя некоторый путь, достиг 20 м/с. Какова была скорость в средней точке этого пути?

Ответ:  $\approx 14,3$  м/с.

№ 19. С балкона, расположенного на высоте 32 м от земли, через равные промежутки времени падают капли воды, причем первая капля ударяется о землю в тот момент, когда пятая отделяется от балкона. Найти расстояние между каплями в момент удара первой из них о землю. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 2 м; 6 м; 10 м; 14 м.

№ 20\*. Горение топлива в ракете продолжается в течение 2 с и сообщает ей ускорение  $2g$ . На какую высоту поднимется ракета и сколько времени она будет в полете? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 39,2 м; 6,83 с.

№ 21. Длина минутной стрелки часов на Спасской башне Московского Кремля — 3,5 м. Определить линейную скорость конца стрелки часов.

Ответ:  $6 \cdot 10^{-3}$  м/с.

№ 22. Вал диаметром 30 см совершает 1200 оборотов в минуту. Определить угловую скорость вращения вала и линейную скорость точек, лежащих на его поверхности.

Ответ: 125,6 рад/с; 18,84 м/с.

### Основы динамики

№ 23. Молот массой 10,0 кг свободно падает на наковальню с высоты 1,25 м. Найти силу удара, если длительность его 0,01 с.

Ответ: 5 кН.

№ 24\*. Сила сообщает телу массой  $m_1$  ускорение  $2,0$  м/с<sup>2</sup>, а телу массой  $m_2$  — ускорение  $3,0$  м/с<sup>2</sup>. Какое ускорение под действием той же силы получат оба тела, если их соединить вместе?

Ответ:  $1,2$  м/с<sup>2</sup>.

№ 25\*. Два груза массой по 450 г уравновешены на неподвижном блоке на высоте 4,42 м от поверхности земли. Через сколько времени один из грузов опустится на землю, если на него положить перегрузок массой 100 г?

Ответ: 3 с.

№ 26. К концам нити, перекинутой через неподвижный блок, привязаны две гири. Масса первой гири  $m$ , а масса второй в  $n$  раз больше массы первой. Предоставленные сами себе, гири приходят в движение. Определить силу натяжения нити.

Ответ:  $F = \frac{2n}{n+1} mg$ .

№ 27. С какой силой на дно шахтной клетки будет давить груз массой 100 кг, если клеть будет подниматься вертикально вверх с ускорением  $24,5$  см/с<sup>2</sup>?

Ответ:  $\approx 1000$  Н.

№ 28. Лифт, поднимаясь равноускоренно, за 2 с достигает скорости 4 м/с, с которой продолжает подъем в течение 4 с. За последующие 3 с равнозамедленного движения лифт останавливается. Определить высоту подъема лифта.

Ответ: 26 м.

№ 29. Реактивный самолет пикирует со скоростью  $900$  км/ч. На пути самолета оказалась птица массой 2 кг. Определить силу удара птицы о стекло кабины летчика, если длительность удара  $0,001$  с.

Ответ:  $\approx 500$  кН.

№ 30. С какой силой давит космонавт массой 60 кг на опору при вертикальном взлете ракеты с ускорением  $9g$ ? Какова сила давления в полете при выключенных двигателях ракеты?

Ответ:  $\approx 6$  кН; 0.

**№ 31.** Вратарь схватил футбольный мяч, летевший со скоростью 50 м/с, и остановил его в течение 0,1 с. Масса мяча 700 г. Найти силу, приложенную вратарем к мячу.

Ответ: 350 Н.

**№ 32.** С каким ускорением движется тело по наклонной плоскости с углом наклона  $30^\circ$  при коэффициенте трения 0,2?

Ответ:  $3,3 \text{ м/с}^2$ .

**№ 33.** Пуля, летящая со скоростью 500 м/с, попадает в препятствие и застревает в нем, пройдя расстояние 1,25 м. Определить силу сопротивления движению пули в препятствии, если масса пули равна 25 г.

Ответ: 2,5 кН.

**№ 34.** Груз массой 1 кг падает с высоты 240 м и углубляется в песок на 0,2 м. Определить силу сопротивления грунта, если начальная скорость падения груза 14 м/с.

Ответ:  $\approx 12 \text{ кН}$ .

**№ 35.** Две силы по 5 Н приложены к одной точке тела под углом  $90^\circ$ . Как нужно приложить к этому телу другие две силы по 4 Н, чтобы они уравнивали первые?

Ответ: под углом  $56^\circ$  друг к другу, симметрично относительно биссектрисы угла, по которым направлены первые две силы.

**№ 36.** На концах однородного стержня массой 1 кг и длиной 60 см подвешены грузы массой 1 и 2 кг. Где нужно подпереть этот стержень, чтобы он остался в равновесии?

Ответ: на расстоянии 37,5 см от конца с малым грузом.

**№ 37.** Ведущие колеса трактора радиусом 0,7 м, на которые приходится нагрузка  $P = 10 \text{ кН}$ , уперлись в твердый выступ дороги высотой  $h = 10 \text{ см}$ . Какова должна быть горизонтальная сила  $F$ , чтобы трактор преодолел выступ?

Ответ: 6 кН.

**№ 38.** Чему равно удлинение латунного стержня длиной 4 м, имеющего площадь сечения  $0,4 \text{ см}^2$ , под действием силы 1 кН?

Ответ:  $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

**№ 39.** При каком ускорении разорвется трос, прочность которого на разрыв равна 15 кН, при подъеме груза массой 500 кг?

Ответ:  $20 \text{ м/с}^2$ .

**№ 40.** Найти удлинение буксирного троса, имеющего жесткость  $10^5 \text{ Н/м}$ , при буксировке автомобиля массой 2 т с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Трением пренебречь.

Ответ: 0,01 м.

**№ 41.** Резиновый шнур длиной 1 м под действием груза 10 Н удлинился на 10 см. Найти работу силы упругости.

Ответ: 0,5 Дж.

**№ 42.** При удлинении спиральной пружины на 10 см возникает сила упругости 150 Н. Начертить график зависимости силы упругости от удлинения пружины. По графику определить работу, совершаемую силой упругости при удлинении пружины на 8,5 см.

Ответ:  $\approx 5,3$  Дж.

**№ 43.** Автодрезина везет равноускоренно две платформы. Сила тяги 1,78 кН. Масса первой платформы 12 т, второй—80 т. С какой силой упругости натянута сцепка между платформами?

Ответ: 0,71 кН.

**№ 44.** С какой максимальной скоростью может повернуть мотоциклист на горизонтальной плоскости при коэффициенте трения 0,40, если радиус поворота 25 м?

Ответ:  $\approx 10$  м/с.

**№ 45.** Гирия массой 100 г вращается на нити в вертикальной плоскости. На сколько сила натяжения нити при прохождении гири через нижнюю точку будет больше, чем при прохождении через верхнюю?

Ответ: 1,96 Н.

**№ 46.** Шар массой 4 кг подвешен на тонкой нерастяжимой нити. Его отклонили от положения равновесия на угол  $30^\circ$ . Определить силу натяжения нити в момент прохождения шаром положения равновесия.

Ответ: 49,7 Н.

**№ 47\*.** Шарик, привязанный к нити длиной 0,3 м, образует конический маятник, который обращается в горизонтальной плоскости по окружности радиусом 0,15 м. Сколько оборотов в секунду делает шарик?

Ответ:  $\approx 1$  об/с.

**№ 48.** Какой наименьший радиус поворота может быть у автомобиля, движущегося со скоростью 36 км/ч, при коэффициенте трения скольжения колес о почву 0,27?

Ответ: 37,8 м.

**№ 49.** Дорожка для велосипедных гонок делает закругления с радиусом 40 м. В этом месте дорожка сделана с наклоном в  $30^\circ$  к горизонту. На какую скорость рассчитана дорожка?

Ответ: 15 м/с.

**№ 50.** Диск вращается вокруг вертикальной оси, делая 30 об/мин. На расстоянии 20 см от оси вращения на диске лежит тело. Каков должен быть коэффициент трения между телом и диском, чтобы тело не скатилось с диска?

Ответ: 0,22.

**№ 51.** С какой скоростью автомобиль должен проходить середину выпуклого моста с радиусом 40 м, чтобы пассажир на мгновение оказался в состоянии невесомости?

Ответ: 20 м/с.

**№ 52.** Определить силу, прижимающую летчика к сидению самолета в верхней и нижней точках петли Нестерова, если масса летчика 75 кг, радиус петли 200 м, а скорость самолета при прохождении петли постоянна и равна 360 км/ч.

Ответ: 3015 Н; 4485 Н.

**№ 53.** Мальчик массой 50 кг качается на качелях с длиной подвеса 4 м. С какой силой он давит на сидение при прохождении положения равновесия со скоростью 6 м/с?

Ответ:  $\approx 950$  Н.

**№ 54.** Луна движется вокруг Земли со скоростью 1,0 км/с. Радиус орбиты 384000 км. Какова масса Земли?

Ответ:  $\approx 6 \cdot 10^{24}$  кг.

**№ 55.** На каком расстоянии от поверхности Земли сила притяжения спутника станет вдвое меньше, чем на поверхности?

Ответ: 0,41 радиуса Земли.

**№ 56.** Найти, на каком расстоянии от центра Земли период обращения спутника будет равен 24 ч.

Ответ: 42200 км.

### Законы сохранения в механике

**№ 57.** На вагонетку массой 800 кг, катящуюся по горизонтальному пути со скоростью 0,42 м/с, высыпали 600 кг щебня. На сколько при этом уменьшилась скорость вагонетки?

Ответ: 0,18 м/с.

**№ 58.** С неподвижной лодки массой 50 кг, стоящей перпендикулярно к берегу озера, прыгает на берег человек, масса которого 80 кг. Скорость человека 1,2 м/с. С какой скоростью начнет двигаться лодка?

Ответ:  $\approx 1,9$  м/с.

**№ 59.** Пуля вылетает из винтовки со скоростью 1000 м/с. Найти скорость винтовки при отдаче, если масса ее в 500 раз больше массы пули.

Ответ: 2 м/с.

**№ 60.** Стоящий на льду человек массой 60 кг ловит мяч массой 0,50 кг, который летит горизонтально со скоростью 20 м/с. На какое расстояние откатится человек с мячом по горизонтальной поверхности льда, если коэффициент трения 0,05?

Ответ: 0,03 м.

**№ 61.** Граната, летящая со скоростью 10 м/с, разорвалась на два осколка. Большой осколок, масса которого составляла 60 % массы всей гранаты, продолжал двигаться в прежнем направлении, но с увеличенной скоростью, равной 25 м/с. Найти скорость меньшего осколка.

Ответ: — 12,5 м/с.

№ 62. Лыжник съезжает с горы высотой 15 м, образующей с горизонтом угол  $45^\circ$ . Определить коэффициент трения, если лыжник, спустившись с горы, проезжает по инерции 125 м.

Ответ:  $\approx 0,11$ .

№ 63. Сани массой 90 кг скатываются с горы высотой 8 м по склону длиной 100 м. Найти силу сопротивления движению саней, если в конце спуска они имели скорость 11 м/с?

Ответ: 16,1 Н.

№ 64. Грузная шахтная клетка массой 10 т поднимается с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Определить работу по подъему клетки за первые 10 с движения.

Ответ:  $\approx 2,6 \text{ МДж}$ .

№ 65. Из шахты глубиной 200 м поднимается груз массой 500 кг на канате, каждый метр длины которого имеет массу 1,5 кг. Определить работу, совершаемую при поднятии груза, и коэффициент полезного действия установки. Трением пренебречь.

Ответ:  $\approx 1300 \text{ кДж}$ ;  $\approx 77 \%$ .

№ 66. Тело массой 20 кг поднимают равноускоренно из состояния покоя на высоту 20 м за 10 с. Определить величину совершенной работы. Сопротивлением пренебречь.

Ответ: 4,16 кДж.

№ 67. Поезд, масса которого 4000 т, трогается с места и движется с ускорением  $0,20 \text{ м/с}^2$  в течение 1,5 мин. Найти работу локомотива при разгоне, если коэффициент сопротивления 0,05.

Ответ:  $\approx 2236 \text{ МДж}$ .

№ 68. Тело массой 100 г, брошенное вертикально вниз с высоты 20 м со скоростью 10 м/с, упало на землю со скоростью 20 м/с. Найти работу по преодолению сопротивления воздуха.

Ответ: 4,9 Дж.

№ 69. Мальчик везет санки, прилагая к веревке силу 98 Н. Веревка образует с горизонтом угол  $30^\circ$ . Какую работу он производит на расстоянии 20 м?

Ответ: 1,7 кДж.

№ 70. Гиря массой 1 кг подвешена на нити, разрывающейся при силе натяжения в 24,5 Н. В натянутом состоянии нить с гирей из вертикального положения переведена в горизонтальное и отпущена. Уцелеет ли нить при движении гири через положение равновесия?

Ответ: нить разорвется.

№ 71. С какой высоты должно начать скользить тело по наклонному желобу, чтобы описать «мертвую петлю» радиусом 8 м, не отрываясь от желоба в верхней точке. Силами сопротивления пренебречь.

Ответ:  $h \geq 20 \text{ м}$ .

## Жидкости и газы

№ 72. Аквариум наполнен доверху водой. С какой силой давит вода на стенку аквариума длиной 0,5 м и высотой 0,3 м?

Ответ: 220,5 Н.

№ 73. Цилиндрический бак высотой 6 м и диаметром 10 м заполнен нефтью. Найти силу давления нефти на пробку, закрывающую отверстие около дна бака, если ее площадь равна  $50 \text{ см}^2$ .

Ответ: 240 Н.

№ 74. Какая разница получится в высоте уровней ртути в сообщающихся сосудах, если в один сосуд поверх ртути налить керосин высотой  $25,5 \text{ см}$ ?

Ответ:  $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ .

№ 75. На какую высоту нужно подняться вверх, чтобы давление воздуха уменьшилось на 1 мм рт. ст. Плотность воздуха считать постоянной и равной  $0,0013 \text{ г/см}^3$ .

Ответ: 10,5 м.

№ 76. У основания здания давление воды в водопроводе равно 490 кПа. Под каким давлением вытекает вода из крана на четвертом этаже здания на высоте 15 м от его основания? С какой силой давит вода в отверстие крана площадью  $0,5 \text{ см}^2$ ?

Ответ: 343 кПа; 17,15 Н.

№ 77\*. Воздух из магдебургских полушарий откачан до давления 1,06 кПа. Радиус полушарий 0,5 м. Какую силу нужно приложить, чтобы разорвать полушария? Атмосферное давление 102 кПа.

Ответ: 79,3 кН.

№ 78. Площади поршней гидравлического пресса 10 и  $1000 \text{ см}^2$ . Отношение плеч рычага равно 6. Какую силу давления можно будет получить на прессе, если к длинному плечу рычага, передающему давление на малый поршень, приложена сила 80 Н? КПД пресса 75 %.

Ответ: 36 кН.

№ 79. Полый медный шар, внешний объем которого равен  $44,5 \text{ см}^3$ , плавает в воде, погружаясь в нее наполовину. Каков объем полости шара?

Ответ:  $42 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ .

№ 80. Вес тела в воде в  $k$  раз меньше, чем в воздухе. Какова плотность вещества тела? Выталкивающей силой воздуха пренебречь.

Ответ:  $\frac{k}{k-1} \rho$ .

№ 81. Кусок дерева плавает в воде, погружаясь на  $3/4$  своего объема. Определить плотность куска дерева.

Ответ:  $750 \text{ кг/м}^3$ .

№ 82. Определить наименьшую площадь плоской льдины толщиной 40 см, способной удержать на воде человека массой 75 кг.

Ответ:  $1,87 \text{ м}^2$ .

№ 83. Кусок сплава меди с цинком весит в воздухе 8,24 Н, а в воде — 7,26 Н. Определить, сколько меди и цинка находится в куске.

Ответ: 6,31 Н; 1,93 Н.

№ 84. Какое количество гелия потребуется для заполнения оболочки аэростата, если его подъемная сила 9,7 кН. Масса оболочки с гондолой 940 кг.

Ответ: 312,8 кг.

№ 85. Пробковый спасательный круг имеет массу 3,6 кг. Определить подъемную силу этого круга в пресной воде.

Ответ: 141,3 Н.

№ 86. По трубке, площадь сечения которой  $5 \text{ см}^2$ , течет углекислый газ при давлении  $4 \cdot 10^5 \text{ Па}$  и температуре  $7 \text{ }^\circ\text{C}$ . Какова средняя скорость движения газа в трубке, если за 10 мин через ее сечение протекает 2 кг углекислого газа?

Ответ: 0,89 м/с.

### МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

№ 87. Определить число молекул, содержащихся в капле воды массой 0,2 г.

Ответ:  $6,7 \cdot 10^{21}$ .

№ 88. Вычислить увеличение внутренней энергии 2 кг гелия при повышении его температуры на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Ответ: 62 кДж.

№ 89. Сколько молекул воздуха находится в комнате объемом  $240 \text{ м}^3$  при температуре  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  и давлении  $10^5 \text{ Па}$ ?

Ответ:  $\approx 6 \cdot 10^{27}$ .

№ 90. Определить давление и среднюю энергию поступательного движения молекул идеального газа при температуре  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ , если концентрация молекул равна  $10^{26} \text{ м}^{-3}$ .

Ответ: 0,4 МПа;  $6,2 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ .

№ 91. Сколько молекул воздуха будет находиться в  $1 \text{ см}^3$  сосуда при  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , если воздух в сосуде откачан до давления  $1,33 \text{ мкПа}$ ?

Ответ:  $3,4 \cdot 10^8$ .

№ 92. В сосуде находится газ под давлением  $8 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Какое установится давление, если из сосуда выпустить  $3/8$  содержащегося там газа? Температуру считать постоянной.

Ответ:  $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

№ 93. Электрическую лампу при изготовлении заполняют азотом под давлением  $5 \cdot 10^4 \text{ Па}$  и при температуре  $17 \text{ }^\circ\text{C}$ . Какова температура газа в горячей лампе, если давление в ней повысилось до  $10^5 \text{ Па}$ ?

Ответ: 580 К.

№ 94. Найти массу воздуха в комнате размерами  $8 \times 5 \times 4$  м при температуре  $10^\circ\text{C}$  и давлении 780 мм рт. ст.

Ответ:  $\approx 204$  кг.

№ 95. Какова плотность углекислого газа, которым газифицируется вода, если его температура 300 К, а давление в баллоне  $9,8 \cdot 10^6$  Па?

Ответ:  $\approx 170$  кг/м<sup>3</sup>.

№ 96. Определить температуру газа, занимающего объем  $4$  м<sup>3</sup> и находящегося под давлением 75 кПа, если он содержит  $8,1 \cdot 10^{25}$  молекул.

Ответ:  $-5^\circ\text{C}$ .

№ 97. До какой температуры следует изобарически нагреть газ, чтобы его плотность уменьшилась вдвое по сравнению с плотностью при  $0^\circ\text{C}$ ?

Ответ: 546 К.

№ 98. Объем горючей смеси в цилиндре двигателя внутреннего сгорания при сжатии уменьшается в 6 раз, а давление при этом возрастает в 10 раз. До какой температуры нагревается смесь, если первоначальная ее температура  $27^\circ\text{C}$ ?

Ответ:  $227^\circ\text{C}$ .

№ 99. Сжатый компрессором воздух используется для приведения в действие воздушных тормозов железнодорожных вагонов. Под каким давлением он находится, если при температуре  $20^\circ\text{C}$  его плотность равна  $8$  кг/м<sup>3</sup>?

Ответ: 0,67 МПа.

№ 100. Найти число молей идеального газа, если при давлении 200 кПа и при температуре  $15^\circ\text{C}$  его объем составляет 40 л.

Ответ: 3,3 моль.

№ 101\*. Бутылка, наполненная газом, плотно закрыта пробкой, площадь сечения которой равна  $2,5$  см<sup>2</sup>. До какой температуры надо нагреть газ, чтобы пробка вылетела из бутылки, если сила трения, удерживающая пробку, 12 Н? Первоначальное давление воздуха в бутылке и наружное давление 760 мм рт. ст., а температура  $13^\circ\text{C}$ .

Ответ:  $144,8^\circ\text{C}$ .

№ 102. В баллоне находится газ при температуре  $15^\circ\text{C}$ . Во сколько раз уменьшится давление газа, если 40% его выйдет из баллона, а температура при этом понизится на  $8^\circ\text{C}$ ?

Ответ: в 1,7 раза.

№ 103. Аэростат наполняют водородом при  $20^\circ\text{C}$  и давлении 750 мм рт. ст. до объема  $300$  м<sup>3</sup>. Сколько времени будет производиться наполнение, если из баллонов каждую секунду переходит в аэростат 2,5 г водорода?

Ответ: 2,76 ч.

**№ 104.** Чему равна молярная масса газа, который при давлении 100 кПа и температуре 27 °С имеет плотность 0,16 кг/м<sup>3</sup>?

Ответ: 0,004 кг/моль.

**№ 105.** При увеличении абсолютной температуры идеального газа в 2 раза давление его увеличилось на 25 %. Как при этом изменился объем?

Ответ: увеличился в 1,6 раза.

**№ 106.** Стальной баллон наполнен азотом при температуре 12 °С. Давление азота 15 МПа. Найти плотность азота при этих условиях. При какой температуре давление возрастет до 18 МПа? Расширением стенок баллона пренебречь.

Ответ: 180 кг/м<sup>3</sup>; 69 °С.

**№ 107.** Какая масса воздуха потребуется для заполнения камеры для шины автомобиля «Жигули», если объем камеры 12 л? Наполнение камеры производится при температуре 27 °С до давления  $2 \cdot 10^5$  Па.

Ответ:  $27,8 \cdot 10^{-3}$  кг.

**№ 108\*.** Смешали 6 кг воды при 42 °С, 4 кг воды при 72 °С и 20 кг воды при 18 °С. Определить температуру смеси.

Ответ: 30 °С.

**№ 109.** Какую массу должны иметь железные тормоза трамвая, чтобы при полной остановке его на скорости 36 км/ч они нагревались не более чем на 100 градусов? Массу трамвая принять равной 10 т.

Ответ:  $\approx 11$  кг.

**№ 110.** Для приготовления ванны необходимо смешать холодную воду при 11 °С с горячей при 66 °С. Какое количество той и другой воды необходимо взять для получения 550 л воды при 36 °С?

Ответ: 300 л; 250 л.

**№ 111.** Относительная влажность воздуха составляла 63 % при температуре 18 °С. На сколько градусов должна понизиться температура воздуха до появления росы?

Ответ: 7,5 °С.

**№ 112.** В подвальном помещении относительная влажность при температуре 8 °С равна 100 %. На сколько градусов надо повысить температуру воздуха в подвале, чтобы влажность уменьшилась до 60 %?

Ответ: 8 °С.

**№ 113\*.** При 20 °С относительная влажность воздуха 90 %. Сколько воды выделится из 1 м<sup>3</sup> воздуха при понижении температуры до 15 °С?

Ответ: 2,8 г.

№ 114\*. Какое количество воды испарится в  $1 \text{ м}^3$  воздуха, если его температура  $15^\circ \text{C}$ , а точка росы равна  $5^\circ \text{C}$ ?

Ответ: 6,67 г.

№ 115. Относительная влажность воздуха в комнате 60 %, а температура  $20^\circ \text{C}$ . На сколько градусов должна понизиться температура воздуха на улице, чтобы стекла окон в комнате запотели?

Ответ: 8,5 К.

№ 116. Насыщенный водяной пар, взятый при  $100^\circ \text{C}$ , изолировали от жидкости и нагрели изохорически на  $60^\circ \text{C}$ . Какое давление будет оказывать пар на стенки сосуда?

Ответ: 0,12 МПа.

№ 117. Тонкое алюминиевое кольцо массой 7 г и радиусом 7,8 см соприкасается с мыльным раствором. Каким усилием можно оторвать кольцо от раствора? Температуру раствора считать комнатной.

Ответ:  $\approx 0,1 \text{ Н}$ .

№ 118. Проволочное кольцо радиусом 5 см приведено в соприкосновение с поверхностью воды. Масса кольца 2 г. С какой силой надо тянуть кольцо вверх, чтобы поднять его?

Ответ: 0,065 Н.

№ 119. Открытая с обоих концов длинная трубка наполнена водой и поставлена вертикально. Определить высоту столба оставшейся в трубке воды, если диаметр канала трубки равен 2 мм.

Ответ:  $3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ .

№ 120. В капиллярной трубке радиусом 0,5 мм жидкость поднялась на 11 мм. Найти плотность жидкости, если ее коэффициент поверхностного натяжения  $0,022 \text{ Н/м}$ .

Ответ:  $820 \text{ кг/м}^3$ .

№ 121. Две стеклянные трубки с радиусами внутреннего канала 0,25 и 0,5 мм опустили в воду. Вода поднялась в одной трубке выше, чем в другой, на 30 мм. Определить коэффициент поверхностного натяжения воды.

Ответ:  $0,073 \text{ Н/м}$ .

№ 122. Углекислый газ массой 10 г нагрет от  $20$  до  $30^\circ \text{C}$  при постоянном давлении. Найти работу расширения газа и изменение его внутренней энергии.

Ответ:  $\approx 18,8 \text{ Дж}$ ;  $64,2 \text{ Дж}$ .

№ 123. В идеальной тепловой машине за счет каждого килоджоуля энергии, получаемой от нагревателя, совершается работа 300 Дж. Определить КПД машины и температуру нагревателя, если температура холодильника  $17^\circ \text{C}$ .

Ответ: 0,3;  $414^\circ \text{C}$ .

№ 124. Найти работу тепловой машины за один цикл, изображенный на рис. 6.

Ответ:  $(P_2 - P_1) (V_2 - V_1)$ .

№ 125. Молотком массой 1 кг ударяют 10 раз по куску свинца массой 100 г. Скорость молотка при ударе 3 м/с. На сколько градусов нагревается свинец, если 50 % выделившейся при ударе теплоты идет на его нагревание?

Ответ: 1,7 °С.

№ 126. Свинцовая дробинка, летящая со скоростью 100 м/с, попав в доску, углубилась в нее. На сколько градусов нагрелась дробинка, если 50 % выделенной при ударе теплоты пошло на ее нагревание?

Ответ  $\approx$  20 °С.

№ 127. Стальной резец массой 400 г, нагретый до температуры 820 °С, погружают для закалки в 4 кг воды, температура которой 10 °С. Определить, до какой температуры охладился резец.

Ответ: 18,8 °С.

№ 128. Сколько тепла выделится при ударе молота массой 5 кг о предмет, лежащий на наковальне, если скорость молота в момент удара 6 м/с?

Ответ: 88,2 Дж.

№ 129. Железный шар массой 10 кг упал с высоты 87 м и подскочил после удара на высоту 1,6 м. На сколько градусов нагрелся шар, если 50 % выделившейся при ударе энергии пошло на его нагревание?

Ответ: 0,9 °С.

№ 130. Поезд массой 2000 т при торможении с ускорением 0,3 м/с<sup>2</sup> остановился спустя 50 с после начала торможения. Какое количество теплоты выделилось при торможении?

Ответ: 225 МДж.

№ 131. При выстреле вертикально вверх свинцовая пуля достигла высоты 1200 м. При падении, ударившись о землю, она нагрелась. На сколько повысится температура пули, если 50 % всей энергии удара пошло на нагревание?

Ответ: 45,2 К.

№ 132. Сани массой 6 кг скатываются с горы, образующей угол 30° с горизонтом. Пройдя по склону горы 50 м, сани достигают скорости 4,5 м/с. Определить количество теплоты, выделенное при трении полозьев о снег.

Ответ: 1,4 кДж.

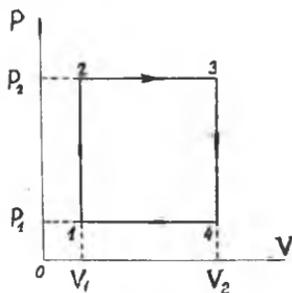


Рис. 6

## ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

### Электростатика

**№ 133.** Сила тяготения между двумя наэлектризованными шариками массой по 1 г уравновешена электрической силой отталкивания. Считая заряды шариков равными, определить их величину.

Ответ:  $0,86 \cdot 10^{-43}$  Кл.

**№ 134.** Два небольших изолированных шара, расположенных на расстоянии 60 см друг от друга, несут заряды  $2,5 \cdot 10^{-8}$  и  $5 \cdot 10^{-8}$  Кл. В какую точку нужно поместить третий заряд, чтобы он оказался в равновесии?

Ответ: 0,25 м.

**№ 135.** Определить величину точечного заряда, образующего поле в вакууме, если на расстоянии 9 см от него напряженность составляет  $4,0 \cdot 10^5$  В/м. На сколько ближе к заряду будет находиться точка, в которой напряженность окажется прежней, если заряд поместить в среду  $\epsilon = 2,0$ ?

Ответ:  $3,6 \cdot 10^{-7}$  Кл;  $2,7 \cdot 10^{-2}$  м.

**№ 136.** Два одинаковых маленьких шарика, имеющих заряды  $6 \cdot 10^{-9}$  и  $4 \cdot 10^{-9}$  Кл, приведены в соприкосновение и вновь раздвинуты на 2 см. Найти силу взаимодействия между ними.

Ответ:  $5,6 \cdot 10^{-4}$  Н.

**№ 137.** Три одинаковых точечных заряда по  $3 \cdot 10^{-9}$  Кл каждый расположены на одной прямой на расстоянии 5 см один от другого. Определить величину силы, которая действует на каждый заряд.

Ответ:  $4,1 \cdot 10^{-5}$  Н; 0;  $4,1 \cdot 10^{-5}$  Н.

**№ 138.** В вершинах квадрата со стороной, равной 10 см, расположены три одинаковых положительных заряда и один отрицательный величиной по  $5 \cdot 10^{-7}$  Кл. Найти напряженность поля в центре квадрата, если заряды находятся в воздухе.

Ответ:  $1,8 \cdot 10^6$  В/м.

**№ 139.** С какой силой взаимодействуют два заряда  $0,66 \cdot 10^{-7}$  и  $1,1 \cdot 10^{-5}$  Кл в воде на расстоянии 3,3 см? На каком расстоянии их следует поместить в вакууме, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?

Ответ: 0,074 Н;  $29,7 \cdot 10^{-2}$  м.

**№ 140.** Шарик имеет массу 10 г и заряд 2 нКл. С каким ускорением он будет двигаться под действием однородного электрического поля с напряженностью 300 В/см?

Ответ:  $0,6 \cdot 10^{-2}$  м/с<sup>2</sup>.

**№ 141.** В поле точечного заряда  $10^{-7}$  Кл две точки расположены на расстоянии 15 и 20 см от заряда. Найти разность потенциалов этих точек.

Ответ: 1500 В.

**№ 142.** Электрическое поле в глицерине ( $\epsilon = 39$ ) образовано точечным зарядом, равным  $0,9 \cdot 10^{-8}$  Кл. Какова разность потен-

циалов двух точек, удаленных от заряда на 3 и 12 см?

Ответ: 52 В.

№ 143. На капельке ртути радиусом 0,1 см помещены одинаковые заряды  $7 \cdot 10^{-13}$  Кл. Десять таких капель сливаются в одну большую каплю. Найти потенциал этой капли.

Ответ:  $\approx 2,9$  В.

№ 144. Шар радиусом 4 см заряжен до потенциала 2400 В. Найти напряженность и потенциал в точке электрического поля, удаленной от поверхности шара на 16 см.

Ответ: 2400 В/м; 480 В.

№ 145. Два шара диаметром 10 см каждый заряжены до потенциалов 6 и 15 кВ, а затем соединены проволокой. Каким оказался потенциал шаров после соединения и как изменился заряд каждого из них?

Ответ: 10,5 кВ; на  $2,5 \cdot 10^{-8}$  Кл.

№ 146. Поле образовано зарядом  $2 \cdot 10^{-7}$  Кл. Какую работу надо совершить, чтобы одноименный заряд  $3 \cdot 10^{-9}$  Кл перенести из точки, удаленной от первого заряда на 50 см, в точку, удаленную от первого заряда на 5 см?

Ответ:  $9,7 \cdot 10^{-5}$  Дж.

№ 147. Шарики емкостью 6 и 9 пФ наэлектризованы до потенциалов 200 и 800 В соответственно. Найти суммарный заряд обоих шариков, считая, что они находятся в воздухе.

Ответ:  $8,4 \cdot 10^{-9}$  Кл.

№ 148. Шару емкостью  $2,2 \cdot 10^{-12}$  Ф сообщили заряд  $18,3 \cdot 10^{-10}$  Кл. Какое количество электричества перейдет на шарик, имеющий радиус 2 мм, если его соединить проводником с большим шаром? Емкостью соединительного проводника пренебречь.

Ответ:  $1,66 \cdot 10^{-10}$  Кл.

№ 149. Найти емкость плоского конденсатора, состоящего из двух круглых пластин диаметром 20 см, разделенных парафиновой прослойкой толщиной 1 мм.

Ответ: 583,6 пФ.

№ 150. В импульсной фотовспышке лампа питается от конденсатора емкостью 800 мкФ, заряженного до напряжения 300 В. Найти энергию вспышки и среднюю мощность, если продолжительность разрядки конденсатора  $2 \cdot 10^{-3}$  с.

Ответ: 36 Дж; 18 кВт.

### Законы постоянного тока

№ 151. Кусок неизолированной проволоки разрезается пополам, и обе половины свиваются вместе. Как изменится сопротивление проводника?

Ответ: уменьшится в 4 раза.

№ 152. Сопротивление двух проводников круглого сечения

одинаковой длины и материала относятся как 1:2. Какой проводник тяжелее и во сколько раз?

Ответ: первый, в 2 раза.

№ 153. Сопротивление двух проводников, соединенных параллельно, равно  $1/7$  Ом. При последовательном соединении тех же проводников получается сопротивление 0,7 Ом. Определить сопротивление каждого проводника.

Ответ: 0,2 Ом; 0,5 Ом.

№ 154. В проводнике при напряжении 120 В был ток 1,5 А. Когда в цепь ввели дополнительное сопротивление, ток стал 1,2 А при том же напряжении. Определить величину включенного сопротивления.

Ответ: 20 Ом.

№ 155. Три лампы сопротивлением 240 Ом каждая соединены параллельно и включены в сеть с напряжением 120 В. Определить мощность, потребляемую всеми лампами, общий ток и энергию, израсходованную за 8 ч горения.

Ответ: 180 Вт; 1,5 А; 5184 кДж.

№ 156. Сопротивление гальванометра 5 Ом, при предельном отклонении стрелки он дает показание 10 мА. Каким дополнительным сопротивлением надо снабдить прибор, чтобы использовать его в качестве вольтметра с предельным показанием 300 В?

Ответ: 30 кОм.

№ 157. Генератор с ЭДС 150 В и внутреннем сопротивлением 0,4 Ом питает 200 ламп сопротивлением по 320 Ом каждая, включенных параллельно. Каково напряжение на зажимах генератора? Сопротивлением подводящих проводов пренебречь.

Ответ: 120 В.

№ 158. Трамвайный вагон с прицепом потребляет ток 110 А при напряжении 600 В и развивает силу тяги 3000 Н. Определить скорость движения трамвая на горизонтальном участке пути, если его КПД 0,6.

Ответ: 13,2 м/с.

№ 159. ЭДС батареи 9 В. При замыкании ее на внешнее сопротивление в 2 Ом она дает ток силой 3 А. Определить силу тока при коротком замыкании батареи.

Ответ: 9 А.

№ 160. Батарея для карманного фонаря с ЭДС 4,5 В при включенной лампочке дает напряжение 4 В. Во сколько раз сопротивление лампочки больше внутреннего сопротивления батареи?

Ответ: в 8 раз.

№ 161. Амперметр имеет сопротивление 0,02 Ом, его шкала рассчитана на 1,2 А. Шунт какого сопротивления надо поставить к амперметру, чтобы можно было измерять токи силой до 6 А?

Ответ: 0,005 Ом.

**№ 162.** Определить сопротивление реостата, если его однослойная обмотка состоит из 150 витков никелинового провода, диаметр витка 4 см и длина обмотанной части цилиндра 15 см.

Ответ: 9,6 Ом.

**№ 163.** Какова масса медного провода длиной 1 км и сопротивлением 0,6 Ом? Какова потеря напряжения на нем при плотности тока 5 А/мм<sup>2</sup>?

Ответ: 250 кг; 85 В.

**№ 164.** Какое напряжение необходимо поддерживать на зажимах генератора, питающего электродвигатель, расположенный на расстоянии 500 м от него? Двигатель рассчитан на ток 8 А и напряжение 120 В. Сечение медного кабеля, подающего ток, равно 7 мм<sup>2</sup>.

Ответ: 140 В.

**№ 165.** Лифт массой 1600 кг поднимается со скоростью 1 м/с. Какую мощность потребляет электродвигатель, приводящий в движение лифт? Определить силу тока, если напряжение в сети 220 В, а КПД двигателя 92 %.

Ответ: 17 кВт; 77 А.

**№ 166.** При ремонте электрической плитки спираль была укорочена на 0,1 первоначальной длины. Во сколько раз изменилась мощность плитки?

Ответ: увеличилась в 1,1 раза.

**№ 167.** Электродвигатель подъемного крана работает под напряжением 380 В и потребляет силу тока 20 А. Определить КПД установки, если груз массой 1000 кг кран поднимает на высоту 19 м за 50 с.

Ответ: 0,5.

**№ 168.** Определить ток короткого замыкания для аккумуляторной батареи, если при токе в 5 А она отдает во внешнюю цепь мощность 9,5 Вт, а при токе в 8 А — 14,4 Вт.

Ответ: 62 А.

**№ 169.** Гальванический элемент замыкается один раз проволокой сопротивлением  $R_1 = 9$  Ом, другой — проволокой сопротивлением  $R_2 = 4$  Ом. В том и другом случаях количество тепла, выделившегося в проволоках за одно и то же время, оказывается одинаковым. Определить внутреннее сопротивление элемента.

Ответ: 6 Ом.

**№ 170.** При электролизе раствора  $ZnSO_4$  была совершена работа в 10 ГВт·ч. Определить количество полученного цинка, если напряжение на зажимах ванны было 4 В.

Ответ: 306 г.

**№ 171.** Какое количество хлора выделится при прохождении  $10^{19}$  электронов через раствор  $HCl$ ? Заряд электрона принять рав

ным  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Электрохимический эквивалент хлора  $k = 0,367$  мг/Кл.

Ответ:  $5,9 \cdot 10^{-3}$  г.

№ 172. Какое количество теплоты получит серная кислота при электролизе, если за 10 мин на катоде выделилось 60 мг водорода? Сопротивление раствора 0,3 Ом.

Ответ: 18 кДж.

№ 173. Сколько атомов цинка выделится на катоде гальванической ванны при пропускании через раствор азотнокислого цинка тока в 5 А в течение 0,5 ч?

Ответ:  $2,8 \cdot 10^{22}$ .

№ 174. Мощность тока, проходящего через электролит, равна 5 Вт. Сколько меди выделится в течение часа при напряжении 3,6 В?

Ответ: 1,65 г.

№ 175. При электролизе раствора хлористой меди ( $\text{CuCl}_2$ ) на катоде выделилось 32 г меди. Какой объем хлора выделится на аноде за то же время, если температура газа равна  $23^\circ\text{C}$ , а давление 760 мм рт. ст.?

Ответ: 12,4 л.

### Магнитное поле. Электромагнитная индукция

№ 176. Проводник, по которому течет ток силой 10 А, расположен горизонтально и перпендикулярен линиям индукции магнитного поля. Какова индукция поля, если проводник оказался в состоянии равновесия? Масса 1 м проводника равна 5 г.

Ответ: 5 мТл.

№ 177. В проводнике с длиной активной части 8 см сила тока равна 50 А. Он находится в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл. Найти совершенную работу, если проводник переместился на 10 см перпендикулярно силовым линиям.

Ответ: 8 мДж.

№ 178. В направлении, перпендикулярном линиям индукции, электрон влетает в магнитное поле со скоростью 10 мм/с. Найти индукцию поля, если электрон описал в поле окружность радиусом 1 см.

Ответ: 5,6 мТл.

№ 179. Протон в магнитном поле с индукцией 0,01 Тл описал окружность  $R = 10$  см. Найти скорость протона.

Ответ:  $96 \cdot 10^3$  м/с.

№ 180\*. Плоская прямоугольная катушка из 200 витков со сторонами 10 и 5 см находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,05 Тл. Какой максимальный вращающий момент может действовать на катушку в этом поле, если сила тока в катушке 2 А?

Ответ: 0,1 Н·м,

№ 181. Найти величину ЭДС индукции в проводнике с длиной активной части 0,25 м, перемещающемся в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл со скоростью 5 м/с под углом  $30^\circ$  к вектору магнитной индукции.

Ответ: 5 мВ.

№ 182. Найти скорость изменения магнитного потока в соленоиде из 2000 витков при возбуждении в нем ЭДС индукции 120 В.

Ответ: 0,06 Вб/с.

№ 183. С какой скоростью надо перемещать проводник, длина активной части которого 1 м, под углом  $60^\circ$  к линиям индукции магнитного поля, чтобы в проводнике возбуждалась ЭДС индукции в 1 В? Индукция магнитного поля равна 0,2 Тл.

Ответ: 5,8 м/с.

№ 184. Найти индуктивность проводника, в котором равномерное изменение силы тока на 2 А в течение 0,25 с возбуждает ЭДС самоиндукции 20 мВ.

Ответ: 2,5 мГн.

№ 185. Найти энергию магнитного поля соленоида, в котором при силе тока 10 А возникает магнитный поток 0,5 Вб.

Ответ: 2,5 Дж.

## КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

### Механические колебания и волны

№ 186. Амплитуда незатухающих колебаний точки струны 0,5 мм, частота 300 Гц. Какое расстояние пройдет точка за 1 с?

Ответ: 0,6 м.

№ 187. Точные астрономические часы установлены на уровне моря. Как изменится ход часов за сутки, если их установить на башне высотой 200 м над уровнем моря?

Ответ: отстанут на  $\approx 2,7$  с.

№ 188. Колебание точки задано уравнением  $x = 10 \sin \left( 15,7 t + \frac{\pi}{4} \right)$ .

Найти амплитуду, частоту и период колебаний. Определить смещение точки и фазу колебания в момент времени  $t = T/4$ .

Ответ: 10 см; 2,5 Гц; 0,4 с; 7,07 см;  $3/4 \pi$ .

№ 189. Через какой промежуток времени после начала колебаний смещение точки из положения равновесия будет равно половине амплитуды, если период колебаний 24 с, начальная фаза равна нулю?

Ответ: 2 с.

№ 190. Чему равен период колебаний математического маятника, находящегося в лифте, который движется вниз с ускорением 0,25 g? Длина нити маятника 0,6 м.

Ответ: 1,79 с.

**№ 191.** Медный шарик, подвешенный к пружине, совершает вертикальные колебания. Как изменится период колебаний, если к пружине вместо медного подвесить алюминиевый шарик того же радиуса?

Ответ: уменьшится в 1,8 раза.

**№ 192.** Найти массу груза, который на пружине жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 с.

Ответ: 4 кг.

**№ 193.** Мальчик несет на коромысле ведро с водой, период собственных колебаний которых 0,8 с. При какой скорости движения вода начнет особенно сильно выплескиваться, если длина шага мальчика 60 см?

Ответ: 2,7 км/ч.

**№ 194.** Как изменится длина звуковой волны при переходе ее из воздуха в воду? Скорость распространения звука в воздухе 340 м/с, в воде 1450 м/с.

Ответ: увеличится в 4,3 раза.

### Электромагнитные колебания и волны

**№ 195.** Амплитудное значение ЭДС синусоидального тока, изменяющегося с частотой 50 Гц, равно 220 В. Каковы мгновенные значения ЭДС через 2,5; 4; 5 мс?

Ответ: 140; 190; 200 В.

**№ 196.** Каков диапазон частот собственных колебаний в контуре, если его индуктивность 0,1 мкГн, а емкость можно изменять в пределах от 50 до 5000 пФ?

Ответ: от 0,71 до 71 МГц.

**№ 197.** На какую длину волны настроен приемник, если его приемный контур обладает самоиндукцией в 0,003 Гн и емкостью в 330 пФ.

Ответ: 1884 м.

**№ 198.** Мгновенное значение ЭДС синусоидального тока для фазы  $30^\circ$  равно 120 В. Каково амплитудное и эффективное значения ЭДС?

Ответ: 240 В; 170 В.

**№ 199.** Напряжение на концах участка цепи, по которому течет переменный ток, изменяется с течением времени по закону

$U = U_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$ . В момент времени  $t = T/12$  мгновенное напряжение равно 10 В. Определить амплитуду напряжения.

Ответ: 11,5 В.

**№ 200.** Катушка индуктивности с ничтожно малым активным сопротивлением включена в цепь переменного тока с частотой 50 Гц. При напряжении 125 В сила тока равна 2,5 А. Какова индуктивность катушки?

Ответ: 0,16 Гн.

№ 201. Проводник имеет активное сопротивление 15 Ом и индуктивность 63 мГн. Найти полное сопротивление проводника в сети переменного тока с частотой 50 Гц.

Ответ: 25 Ом.

№ 202. В цепь переменного тока включены последовательно активное сопротивление 15 Ом, индуктивное сопротивление 30 Ом и емкостное сопротивление 22 Ом. Найти полное сопротивление цепи.

Ответ: 17 Ом.

№ 203. Электродуговая печь, сопротивление которой 22 Ом, питается от генератора переменного тока. Определить количество тепла, выделяемого печью за 1 ч, если амплитуда силы тока 10 А.

Ответ: 39,6 МДж.

№ 204. Какой величины индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости конденсатора 50 пФ получить частоту свободных колебаний 10 МГц?

Ответ: 50 мкГн.

№ 205. В цепь переменного тока с частотой 400 Гц включена катушка с индуктивностью 0,1 Гн. Какой емкости конденсатор надо включить в эту цепь, чтобы осуществился резонанс?

Ответ: 1,6 мкФ.

№ 206. В цепь включены конденсатор емкостью 2 мкФ и катушка с индуктивностью 0,05 Гн. При какой частоте тока в этой цепи будет резонанс?

Ответ: 0,5 кГц.

## ОПТИКА

№ 207. Луч падает под углом  $60^\circ$  на стеклянную ( $n = 1,5$ ) плоскопараллельную пластину толщиной 2 см. Определить смещение луча, вышедшего из пластины.

Ответ:  $1,1 \cdot 10^{-2}$  м.

№ 208\*. Луч света направлен в сероуглероде на границу с воздухом под углом  $39^\circ$ . Нарисовать дальнейший ход луча.

Ответ: наступит полное внутреннее отражение.

№ 209. Луч света переходит из стекла в воду. Угол падения  $45^\circ$ . Чему равен угол преломления?

Ответ:  $53^\circ$ .

№ 210. На стеклянную пластинку с показателем преломления 1,5 падает луч света. Каков угол падения луча, если угол между отраженным и преломленным лучами равен  $90^\circ$ ?

Ответ:  $\approx 56^\circ 18'$ .

№ 211. Луч света переходит из глицерина в воздух. Каков будет угол преломления луча, если он падает под углом  $22^\circ$ ?

Ответ:  $33,5^\circ$ .

№ 212\*. Свет за одно и то же время по кратчайшему пути проходит слой воды высотой 18 см и стеклянный (легкий крон) брусок с плоскопараллельными торцами. Определить длину бруса.

Ответ: 0,16 м.

№ 213. Предельный угол полного внутреннего отражения для некоторого вещества равен  $38^\circ$ . Найти показатель преломления этого вещества.

Ответ: 1,62.

№ 214\*. Луч света падает на треугольную стеклянную призму под углом  $36^\circ$ . Преломляющий угол призмы составляет  $40^\circ$ . Под каким углом луч выйдет из призмы? На какой угол он отклонится от первоначального направления?

Ответ:  $22^\circ$ ;  $26^\circ$ .

№ 215\*. Определить угол отклонения луча стеклянной призмой, преломляющий угол которой  $3^\circ$ , если угол падения луча на переднюю грань призмы равен 0.

Ответ: 0,026 рад.

№ 216. Две одинаковые тонкие собирающие линзы, сложенные вплотную, дают на экране изображение предмета, увеличенное в 3 раза. Расстояние между предметом и экраном 80 см. Определить оптическую силу линз.

Ответ:  $\approx 3,3$  дптр.

№ 217. Две собирающие линзы с одинаковыми фокусными расстояниями  $F = 10$  см расположены одна в фокусе другой. На расстоянии 20 см перед одной из линз на оптической оси находится светящаяся точка. Где будет изображение точки?

Ответ: на расстоянии 5 см за второй линзой.

№ 218. На рассеивающую линзу падает цилиндрический пучок света параллельно главной оптической оси. Диаметр пучка света 5 см. За линзой на расстоянии 20 см установлен экран. Диаметр изображения пучка на экране 15 см. Определить оптическую силу линзы.

Ответ: — 10 дптр.

№ 219. Две равнофокусные линзы — выпуклая и вогнутая — с фокусными расстояниями  $F = 80$  см находятся одна от другой на расстоянии 80 см. Где надо поместить светящуюся точку перед выпуклой линзой, чтобы лучи, пройдя через обе линзы, образовали параллельный пучок?

Ответ: 1,6 м.

№ 220. Определить размер изображения предмета высотой 12 мм, если его поместить на расстоянии  $1,75F$  от линзы. Построить изображение предмета.

Ответ:  $1,6 \cdot 10^{-2}$  м.

№ 221. Фокусное расстояние собирающей линзы 10 см, расстояние предмета от переднего фокуса 5 см, линейные размеры пред-

мета 2 см. Определить величину изображения. Построить изображение предмета и определить его величину.

Ответ:  $4 \cdot 10^{-2}$  м.

№ 222. При помощи собирающей линзы с фокусным расстоянием 6 см рассматривают монету диаметром 1,25 см и наблюдают ее мнимое изображение. На каком расстоянии от линзы находилась монета, если диаметр изображения монеты 5 см? Построить изображение монеты.

Ответ:  $4,5 \cdot 10^{-2}$  м.

№ 223. Найти увеличение изображения, если расстояние предмета от линзы равно  $d$ , а главное фокусное расстояние линзы  $F$ ?

Ответ:  $\frac{F}{d-F}$ .

№ 224. Изображение предмета, помещенного на расстоянии 40 см от двояковыпуклой линзы, получилось на расстоянии 10 см от линзы. Определить оптическую силу линзы и высоту изображения, если высота самого предмета 60 см. Построить изображение предмета.

Ответ: 12,5 дптр;  $1,5 \cdot 10^{-2}$  м.

№ 225. Изображение предмета, удаленного от тонкой собирающей линзы на расстоянии 0,4 м, больше предмета в 5 раз. Определить возможные значения оптической силы линзы, если предмет плоский и установлен перпендикулярно к главной оптической оси линзы.

Ответ: 3 дптр; 2 дптр.

№ 226. Определить оптическую силу рассеивающей линзы, если известно, что предмет, помещенный перед ней на расстоянии 40 см, дает мнимое изображение, уменьшенное в 4 раза. Построить изображение предмета.

Ответ: — 7,5 дптр.

№ 227. Главное фокусное расстояние собирающей линзы равно  $F$ . На каком расстоянии от линзы нужно поместить предмет, чтобы увеличение было больше 2, но меньше 3?

Ответ:  $4/3 F < a < 3/2 F$ .

№ 228. Рисунок на диапозитиве имеет высоту 2,0 см, а на экране 80 см. Определить оптическую силу объектива, если расстояние от объектива до диапозитива 20,5 см? Построить изображение.

Ответ: 5 дптр.

№ 229. При фотографировании с расстояния 100 м высота дерева на негативе оказалась равной 12 мм. Найти действительную высоту дерева, если фокусное расстояние объектива 5 см.

Ответ: 24 м.

№ 230. Объектив обладает оптической силой в 28 диоптрий. На каком расстоянии от экрана надо его поместить, чтобы получить двадцатикратное увеличение? Построить изображение.

Ответ: 2,62 м.

**№ 231.** Какое увеличение можно получить при помощи объектива, который имеет главное фокусное расстояние 15 см, если расстояние от объектива до экрана равно 6 см? Построить изображение.

Ответ: 39.

**№ 232.** Линзу с оптической силой в 50 диоптрий хотят использовать в качестве лупы. Какое линейное увеличение она может дать, если глаз будет аккомодирован на расстояние наилучшего зрения? Построить изображение предмета в лупе.

Ответ: 12,5.

**№ 233.** На дифракционную решетку, имеющую 500 штрихов на миллиметр, падает плоская монохроматическая волна с  $\lambda = 5 \cdot 10^{-7}$  м. Определить наибольший порядок спектра, который можно наблюдать при нормальном падении лучей на решетку.

Ответ: 4.

**№ 234.** Определить угол дифракции для спектра второго порядка света натрия с длиной волны 589 мкм, если на 1 мм дифракционной решетки приходится 5 штрихов.

Ответ:  $5,8 \cdot 10^{-3}$  рад.

**№ 235.** Длина волны красных лучей в воздухе 700 мкм. Какова длина волны их в воде?

Ответ: 526 нм.

**№ 236.** Как изменится длина волны фиолетовых лучей с частотой колебаний  $7,5 \cdot 10^{14}$  Гц при переходе из воды в вакуум, если скорость их распространения в воде  $223 \cdot 10^3$  км/с?

Ответ: увеличится на  $\approx 0,1$  мк.

## ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

**№ 237.** При какой скорости масса движущегося тела возрастает в два раза?

Ответ: 0,87 С.

**№ 238.** Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы приобрести скорость, равную 0,9 С?

Ответ: 0,66 МВ.

**№ 239.** Во сколько раз увеличивается масса электрона при прохождении им разности потенциалов  $10^6$  В?

Ответ: в 3 раза.

**№ 240.** Солнце излучает в пространство каждую секунду около  $3,75 \cdot 10^{26}$  Дж. На сколько в связи с этим уменьшается ежесекундно масса Солнца?

Ответ: 4,2 Мт.

## КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

### Световые кванты

№ 241. С какой длиной волны следует направить световые лучи на поверхность платины, чтобы скорость вылетевших из нее электронов была равна 3000 км/с? ( $A = 5,3$  эВ).

Ответ: 4,02 мк.

№ 242. Красная граница фотоэффекта для серебра равна 261 нм. Определить работу выхода электрона из серебра.

Ответ: 4,3 эВ.

№ 243. На сколько энергия фотонов фиолетового излучения с частотой  $7,5 \cdot 10^{14}$  Гц больше энергии фотона красного излучения с частотой  $4 \cdot 10^{14}$  Гц?

Ответ: на  $23 \cdot 10^{-20}$  Дж.

№ 244. Какую максимальную скорость имеют электроны, вырванные из натрия светом с длиной волны 0,5 мкм? Красная граница фотоэффекта для натрия равна 0,68 мкм.

Ответ:  $48 \cdot 10^4$  м/с.

№ 245. Работа выхода электрона из цинка равна 3,74 эВ. Произойдет ли фотоэффект, если на цинк будут падать световые лучи с длиной волны 0,45 мкм?

Ответ: нет.

№ 246. Источник света мощностью 100 Вт испускает за 1 с  $5 \cdot 10^{20}$  фотонов. Найти среднюю длину волны излучения.

Ответ: 990 нм.

№ 247. Определить длину волны лучей, кванты которых имеют такую же энергию, как электрон, ускоренный разностью потенциалов 4 В.

Ответ: 310 нм.

№ 248. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его кинетическая энергия была равна энергии фотона с длиной волны  $\lambda = 436$  нм?

Ответ:  $10^6$  м/с.

№ 249. Определить массу фотона, если его длина волны  $\lambda = 2,2 \cdot 10^{-10}$  м.

Ответ:  $10^{-32}$  кг.

### Атом и атомное ядро

№ 250. При переходе электрона в атоме водорода с одного энергетического уровня на другой энергия атома уменьшилась на 1,89 эВ. При этом атом излучает квант энергии. Определить длину волны излучения.

Ответ:  $\approx 660$  нм.

№ 251. При радиоактивном распаде энергия  $\alpha$ -частицы приближенно равна 5 МэВ. Определить скорость частицы.

Ответ:  $15,5 \cdot 10^6$  м/с.

№ 252. В атоме водорода радиус первой орбиты электрона равен  $0,5 \cdot 10^{-8}$  см. Определить линейную скорость движения электрона по этой орбите.

Ответ:  $2,2 \cdot 10^6$  м/с.

№ 253. Вычислить энергию связи ядра бора  ${}^{11}_5\text{B}$ .

Ответ: 76,2 МэВ.

№ 254. Вычислить дефект массы ядра изотопа неона  ${}^{20}_{10}\text{Ne}$ .

Ответ:  $2,8 \cdot 10^{-28}$  кг.

№ 255. В результате захвата  $\alpha$ -частицы ядром изотопа азота  ${}^{14}_7\text{N}$  образуется неизвестный элемент и протон. Написать ядерную реакцию и определить неизвестный элемент.

Ответ:  ${}^{17}_8\text{O}$ .

### КОМБИНИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ

№ 256. Аэростат массой 500 кг и объемом  $600 \text{ м}^3$  из состояния покоя поднимается равноускоренно в течение 10 с. На какую высоту поднимется аэростат? Какая работа при этом совершается?

Ответ: 274,4 м;  $2,037 \cdot 10^6$  Дж.

№ 257. Подъемный кран поднимает в воде бетонную плиту объемом  $0,5 \text{ м}^3$  на высоту 1 м за 10 с. Определите силу тока в электродвигателе крана, если подаваемое напряжение 500 В, а КПД крана 25 %.

Ответ:  $\approx 4,8$  А.

№ 258. стакан с водой поставить на лист бумаги, лежащий на столе. Резким движением выдернуть лист из-под стакана. Изменится ли результат опыта, если на бумагу поставить пустой стакан?

Ответ: не изменится.

№ 259. Мальчик стоит на покоящейся тележке и бросает вперед камень массой 2 кг со скоростью 5 м/с относительно земли. Определить произведенную работу, если масса тележки вместе с мальчиком 50 кг.

Ответ: 26 Дж.

№ 260. На какой глубине находился пузырек воздуха, если его объем при всплытии у поверхности воды оказался в 1,5 раза больше, чем под водой? Атмосферное давление принять равным  $760 \text{ мм рт. ст.}$

Ответ: 5,2 м.

№ 261. В озере на глубине 100 м при температуре  $8^\circ\text{C}$  находится в равновесии шар массой 40 г, наполненный воздухом. Найти массу воздуха внутри шара, если атмосферное давление 99,7 кПа. Шар считать тонкостенным, изготовленным из резины.

Ответ:  $5,35 \cdot 10^{-4}$  кг.

№ 262. Внутри замкнутого цилиндра, наполненного воздухом,

находится шарик радиусом 2 см и массой 3 г. Какое давление необходимо создать внутри цилиндра, чтобы шарик находился во взвешенном состоянии, если температура поддерживается  $17^{\circ}\text{C}$ ?

Ответ: 7,5 МПа.

№ 263. Три одинаковых заряда по  $2 \cdot 10^{-7}$  Кл расположены в вершинах равностороннего треугольника. Какой заряд надо поместить в центре этого треугольника, чтобы результирующая сила, действующая на каждый заряд, была равна нулю?

Ответ:  $-1,2 \cdot 10^{-7}$  Кл.

№ 264. Электрочайник содержит 720 г воды при  $20^{\circ}\text{C}$ . В течение какого времени закипит вода в чайнике, если напряжение в сети 120 В, ток 4 А и потери тепла составляют 20 %?

Ответ: 10,5 мин.

№ 265. Два одинаковых маленьких шарика массой по 0,01 г подвешены на шелковых нитях длиной по 1 м так, что они касаются друг друга. Один из шариков отвели в сторону, зарядили и привели в соприкосновение с другим шариком, после чего шарики отошли друг от друга на расстояние 14 см. Определить величину заряда первого шарика до соприкосновения его с другим шариком.

Ответ:  $7,7 \cdot 10^{-9}$  Кл.

№ 266. Шарообразная капля ртути с зарядом  $0,8 \cdot 10^{-18}$  Кл уравновешена в плоском конденсаторе. Определить радиус капли, если известно, что расстояние между пластинами конденсатора 1 мм, а разность потенциалов 60 В.

Ответ:  $4,4 \cdot 10^{-7}$  м.

№ 267. Определить максимальную скорость электрона в электронной лампе, если анодное напряжение 180 В, а расстояние между электродами 1 мм.

Ответ:  $8 \cdot 10^6$  м/с.

№ 268. Пуля массой 9 г вылетела из ствола винтовки со скоростью 800 м/с. Масса порохового заряда 4 г. Определить КПД выстрела. Удельная теплота сгорания пороха  $3 \cdot 10^6$  Дж/кг.

Ответ: 0,24.

№ 269. Сколько литров бензина израсходовал двигатель насоса, накачав  $300 \text{ м}^3$  воды на высоту 23 м? КПД двигателя 15 %.

Ответ: 14,3 л.

№ 270. При электролизе воды через ванну протекло 500 Кл электричества. Определить температуру выделившегося кислорода, если его объем  $250 \text{ см}^3$ , а давление 970 мм рт. ст.

Ответ:  $\approx 300$  К.

№ 271. Дуговая лампа горит под напряжением 50 В и потребляет мощность 500 Вт. На сколько градусов нагреются подводящие провода через одну минуту после включения лампы, если проводка выполнена медным проводом сечением  $2 \text{ мм}^2$  и половина выделившейся теплоты отдана окружающим телам?

Ответ:  $\approx 3,6$  К.

## СОДЕРЖАНИЕ

Методические указания к решению задач . . . . .	3
Примеры решения задач с анализом характерных ошибок . . . . .	4
Задачи для самостоятельного решения . . . . .	20
Механика . . . . .	20
Кинематика . . . . .	20
Основы динамики . . . . .	23
Законы сохранения в механике . . . . .	26
Жидкости и газы . . . . .	28
Молекулярная физика. Тепловые явления . . . . .	29
Основы электродинамики . . . . .	34
Электростатика . . . . .	34
Законы постоянного тока . . . . .	35
Магнитное поле. Электромагнитная индукция . . . . .	38
Колебания и волны . . . . .	39
Механические колебания и волны . . . . .	39
Электромагнитные колебания и волны . . . . .	40
Оптика . . . . .	41
Элементы теории относительности . . . . .	44
Квантовая физика . . . . .	45
Световые кванты . . . . .	45
Атом и атомное ядро . . . . .	45
Комбинированные задачи . . . . .	46

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Автор-составитель *Рогачев Николай Михайлович*

Редактор Н. Д. Чайникова  
Техн. редактор Н. М. Каленюк  
Корректор Н. С. Куприянова

Сдано в набор 18.04.90 г. Подписано в печать 20.07.90 г.

Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная белая.

Гарнитура литературная. Печать высокая.

Усл. п. л. 2,79. Усл. кр.-отт. 2,8. Уч.-изд. л. 2,7. Тираж 2000 экз. Заказ 400.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт им. академика С. П. Королёва.  
443086, Куйбышев, Московское шоссе, 34.

---

Тип. ЭОЗ Куйбышевского авиационного института.  
443001, Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.