

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ**

**МОРДОВСКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ  
ИНСТИТУТ ОБРАЗОВАНИЯ**

**МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени Н.П. ОГАРЕВА**

**РЕГИОНАЛЬНЫЙ УЧЕБНЫЙ ОКРУГ**

# **ФИЗИКА**

**Сборник олимпиадных задач**

**Саранск  
2005**

УДК [531+539.19](076.1)

Составители: *В.В. Батин, В.И. Ивлев, О.И. Подмарева*

И 255 Физика: Сборник олимпиадных задач / Сост.: В.В. Батин, В.И. Ивлев, О.И. Подмарева. - Саранск: Изд-во Мордов. республиканского ин-та образования, 2005. – 80 с.

Содержит задачи, предлагавшиеся для решения на предметных олимпиадах разного уровня.

Предназначено для учащихся, изучающих физику углубленно в средней школе.

© .: В.В. Батин, В.И. Ивлев, О.И. Подмарева, 2005

## ОТ СОСТАВИТЕЛЕЙ

Программа развития образования Республики Мордовия на 2002-2006 годы содержит проект «Одаренные дети», целями которого являются:

- формирование системы поддержки и совершенствования интеллектуального потенциала Республики Мордовия, способного обеспечить устойчивое развитие ее государственности, хозяйственного механизма и социальной сферы;
- создание условий для выявления и максимального развития интеллектуальных способностей учащихся, воспитания у них желания заниматься интеллектуальной деятельностью, формирование навыков продуктивного интеллектуального труда;
- формирование в республике единой системы работы с одаренной молодежью.

Одно из главных звеньев системы работы с одаренными детьми является проведение предметных олимпиад разного уровня – от школьной до республиканской и выше. Основными задачами олимпиад являются выявление и развитие творческих способностей и интереса к научной деятельности у обучающихся в общеобразовательных учреждениях, создание необходимых условий для поддержки одаренных детей, пропаганда научных знаний. В 45-й республиканской олимпиаде школьников (2003) приняли участие более 700 победителей школьных олимпиад. Соревнования проходили по 15 учебным предметам, в том числе по физике.

Развитию олимпиадного движения должно способствовать и принятое в 2004 году решение о приеме победителей и призеров республиканского тура предметных олимпиад без вступительных экзаменов на соответствующие профилю предмета специальности вузов Мордовии.

Предметные олимпиады являются традиционной формой работы с интеллектуально одаренными детьми. Но устоявшаяся методика проведения этих олимпиад не свободна от ряда недостатков, в числе которых отсутствие систематической подготовки к решению олимпиадных задач в школах; слишком большой фактор случайности при определении победителей.

Чтобы решить хотя бы некоторые из этих проблем, предлагается:

- наладить подготовку к решению олимпиадных заданий в школах и на межшкольных факультативах;
- совершенствовать методику проведения олимпиад, в частности, сформировать постоянно пополняемую автоматизированную базу олимпиадных заданий.

Книжка, которую вы держите в руках, представляет собой сборник *открытых* олимпиадных заданий по физике. Сюда вошли задачи, предлагавшиеся на олимпиадах различного уровня, вплоть до международных, и задачи из сборников, список которых приведен в конце сборника.

В последнее время доступ школьников к изданиям, содержащим не типовые задачи (например, используемые на ЕГЭ), затруднен, так как выпуск подобной

литературы ограничен, а стоимость данных изданий довольно значительна. Поэтому составители настоящего сборника считают, что его выпуск будет очень полезен как учащимся, так и педагогам.

В ближайшее время планируется создать компьютерную программу для случайной выборки задач из данного сборника по ряду критериев (раздел физики, уровень сложности и т. д.) непосредственно перед проведением олимпиады, что будет способствовать большей объективности оценки результатов олимпиады. Частичная апробация первого варианта такой программы в применении к открытому сборнику задач проводилась на городских олимпиадах по физике в Саранске.

Предполагается, что на олимпиадах школьного и районного уровней большая часть задач (до 80 %) будет выбираться из данного открытого сборника компьютером непосредственно перед началом олимпиады. Поэтому, если ученик сможет самостоятельно или с помощью консультаций учителя решить большинство приведенных здесь задач, успех в олимпиаде ему в значительной мере обеспечен.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Систематическое самостоятельное решение задач является необходимым условием успешного изучения физики, так как помогает уяснить физический смысл явлений, закрепляет в памяти формулы, прививает навыки практического применения теоретических знаний.

Физические задачи весьма разнообразны и дать единый рецепт их решения невозможно. Однако, как правило, наиболее целесообразный порядок решения задач следующий.

1. Внимательно прочитать условие, установить, какие физические явления определяют содержание задачи, каким законам они подчиняются и какими математическими соотношениями могут быть описаны.

2. Записать все данные и искомые величины в стандартной форме.

3. Выразить все данные в единой системе единиц (предпочтительна система СИ).

4. При необходимости, сделать чертёж, схему или рисунок с обозначениями данных задачи. Это обязательно, например, при решении задач с векторными величинами, задач с электрическими цепями и т. п.

5. Поняв условие и уяснив, что надо найти, необходимо построить цепочку логических рассуждений, идя от неизвестного к известному.

6. При решении необходимо обратить внимание на то, чтобы одни и те же физические величины в условии задачи, данных и решении были обозначены одинаково, а различные отличались друг от друга (по крайней мере, индексами). Все нестандартные обозначения, в том числе обозначения буквами с индексами, должны быть расшифрованы.

7. Решить задачу в общем виде – получить «рабочую формулу», то есть выразить искомую величину через заданные в формуле (без промежуточных вычислений). Это позволяет получить дополнительную информацию об особенностях изучаемого явления, а также проверить правильность проведенных действий на основе анализа размерностей.

8. Произвести вычисления. Решив задачу, подумайте над полученным результатом: реален ли он? Иногда элементарная арифметическая ошибка может привести к грубейшей физической ошибке.

8. Помните правила действий над приближенными числами: точность ответа не должна превышать точности исходных данных.

9. Не забудьте записать ответ с единицами, в которых искомая величина выражается.

Во время проведения олимпиады, сразу после того, как вы получите задание, внимательно прочтите условия всех задач. Затем определите порядок их решения. Рекомендуется, как правило, вначале решить те задачи, которые вам представляются наиболее простыми. «Освободившись» от них, вы можете спокойно оставшееся время посвятить трудным задачам. Такая тактика всегда обеспечит вам получение нескольких баллов. Противоположная тактика (от сложных к простым) зачастую приводит к «нулевому» результату.

Помните, что решение должно быть максимально подробным. Ни в коем случае нельзя ограничиваться записью последовательности формул. Словесное сопровождение решения (т. е. объяснение хода решения) совершенно необходимо. Решение без объяснения не считается полным и не оценивается максимальной отметкой, даже если оно правильное.

На следующих страницах приведены несколько примеров решений задач и их оформления.

## ОБРАЗЦЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### 9 класс

*Задача 1.* Велосипедист проехал первую половину пути со скоростью  $V_1 = 10$  км/ч. Затем он поехал с большей скоростью, но проколол шину. После попытки ликвидировать прокол велосипедист был вынужден оставшуюся часть пути пройти пешком. Чему равна средняя скорость движения велосипедиста на всем пути, если первую треть времени, затраченного им на вторую половину пути, он ехал со скоростью  $V_2 = 20$  км/ч, вторую треть занимался проколом и последнюю треть шел пешком со скоростью  $V_4 = 5$  км/ч?

*Решение.*

В задаче фигурируют физические величины только одного вида – скорости, причем все известные скорости заданы в одних и тех же единицах измерения (км/ч). Следовательно, нет необходимости перевода внесистемных единиц в систему СИ и можно выразить ответ в тех же единицах. Однако перевод ответа в систему СИ будет учтен в пользу решающего.

Средняя скорость на некотором участке пути, согласно определению, равна отношению пройденного пути ко времени, в течение которого этот путь пройден. Тогда

$$V_{\text{cp}} = \frac{S}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}, \quad (1)$$

где:  $S$  – весь путь велосипедиста,  $t_1$  – время движения со скоростью  $V_1$ ,  $t_2$  – время движения со скоростью  $V_2$ ,  $t_3$  – время, затраченное на попытку ликвидировать прокол,  $t_4$  – время, в течение которого велосипедист шел пешком со скоростью  $V_4$ .

Согласно условиям задачи:

$$0,5S = V_1 t_1,$$

$$0,5S = V_2 t_2 + 0 \cdot t_3 + v_4 t_4,$$

$$t_2 = t_3 = t_4.$$

Отсюда можно найти:

$$t_1 = 0,5 S/V_1, \quad (2)$$

$$t_2 = t_3 = t_4 = 0,5 S/(V_2 + V_4). \quad (3)$$

Подставляя соотношения (2) и (3) в формулу (1), получаем:

$$V_{\text{cp}} = 2V_1(V_2 + V_4)/(3V_1 + V_2 + V_4) = 9,1 \text{ км/ч.}$$

**Задача 2.** В схему включены два микроамперметра  $A_1$ ,  $A_2$  и два одинаковых вольтметра  $V_1$ ,  $V_2$  (рис. 1). Приборы показывают следующие значения физических величин:  $J_1 = 100$  мкА,  $J_2 = 99$  мкА,  $U_1 = 10$  В. Найти показание вольтметра  $V_2$ .

*Решение.*

При решении олимпиадных задач необходимо, чтобы число приближений было минимальным, причем каждое из них следует обосновать. Так, при решении типовых задач на уроках в 8-9 классах обычно не учитывается, что через амперметр  $A_2$  проходит не весь ток, идущий через амперметр  $A_1$ , – часть его ответвляется (в точках  $M$  и  $N$ ) на вольтметр  $V_2$ .

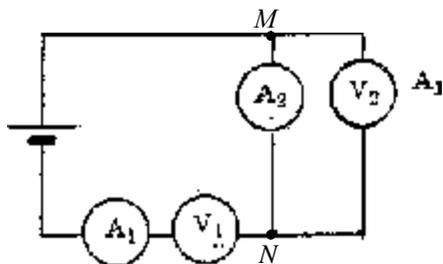


Рис. 1.

Однако такое приближение справедливо лишь в том случае, когда сопротивление вольтметра значительно больше сопротивления амперметра. В условии настоящей задачи это не оговорено, следовательно, разветвление тока в точках  $M$  и  $N$  необходимо учесть.

По закону Ома:

$$U_1 = J_1 R_V, \quad (1)$$

$$U_2 = J_V R_V, \quad (2)$$

где  $J_V$  – ток, текущий через вольтметр  $V_2$ ,  $R_V$  – сопротивление вольтметров.

Учитывая разветвление цепи, можем записать:

$$J_1 = J_2 + J_V. \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1) – (3) относительно  $U_2$ , находим:

$$U_2 = U_1 (J_1 - J_2) / J_1 = 0,1 \text{ В}.$$

**Задача 3.** При затяжном прыжке сила сопротивления, действующая на парашютиста, определяется экспериментальной формулой:

$$F = 0,15 h^n \rho^k V^f,$$

где:  $h$  – рост парашютиста,  $V$  – скорость его падения,  $\rho$  – плотность воздуха,  $n$ ,  $k$ ,  $f$  – некоторые постоянные. Чему, на ваш взгляд, равны постоянные  $n$ ,  $k$  и  $f$ ?

При решении задач такого типа целесообразно использовать анализ размерностей величин, входящих в предложенную формулу. Значения постоянных  $n$ ,  $k$  и  $f$  можно найти, сопоставив единицы измерения величин в правой и левой частях формулы (1).

Единицами силы, длины, плотности и скорости являются:

$$\left. \begin{aligned} [F] &= 1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}, \\ [h] &= 1 \text{ м}, \\ [\rho] &= 1 \text{ кг/м}^3, \\ [v] &= 1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}. \end{aligned} \right\} (2)$$

Размерности левой и правой частей формулы должны совпадать. Тогда из формулы (1) и выражений (2) следует:

$$1 \text{ кг}^1 \text{ м}^1 \text{ с}^{-2} = 1 \text{ кг}^k \text{ м}^{n-3k+f} \text{ с}^{-f}.$$

Отсюда имеем:

$$\begin{aligned} k &= 1, \\ n - 3k + f &= 1, \\ f &= 2. \end{aligned}$$

В выражениях (3) значения  $k$  и  $f$  определены. Для  $n$  нетрудно найти:

$$n = 1 + 3k - f = 2.$$

### 10 класс

*Задача 1.* Семь резисторов сопротивлением  $R_1 = 1 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 2 \text{ кОм}$ ,  $R_3 = 0,5 \text{ кОм}$ ,  $R_4 = 2,5 \text{ кОм}$ ,  $R_5 = 2 \text{ кОм}$ ,  $R_6 = 1 \text{ кОм}$ ,  $R_7 = 1 \text{ кОм}$  соединены с источником постоянного напряжения  $U = 30 \text{ В}$  (рис. 2). К резисторам подключили два вольтметра и два амперметра. Определите их показания  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ . Приборы считайте идеальными.

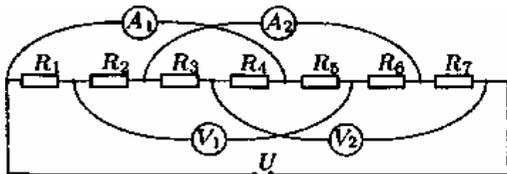


Рис. 2.

К резисторам подключили два вольтметра и два амперметра. Определите их показания  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ . Приборы считайте идеальными.

*Решение.*

Перерисуем схему без вольтметров (рис. 3).

Сопротивление каждой из параллельных ветвей цепи составляет

$$r = R_1 + R_2 = R_3 + R_4 = R_5 + R_6 = 3 \text{ кОм},$$

поэтому полное сопротивление цепи

$$R = \frac{r}{3} + R_7 = 2 \text{ кОм}.$$

Сила тока, текущего через резистор  $R_7$ , равна  $I = U/R$ . Через каждую из параллельных ветвей цепи течет одинаковый ток, поэтому сила тока в каждой из них  $i = I/3$ , откуда

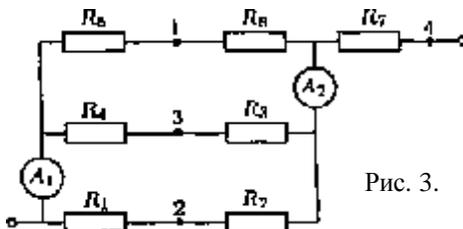


Рис. 3.

$$I_1 = I_2 = 2i = \frac{2U}{3R} = 10 \text{ мА} .$$

Показания  $V_1$  и  $V_2$  вольтметров найдем как напряжения между соответствующими точками:

$$V_1 = |U_{12}| = iR_5 - iR_1 = \frac{U}{3R}(R_5 - R_1) = 5B .$$

$$V_2 = |U_{34}| = iR_3 + iR_7 = \frac{U}{3R}(R_3 + 3R_7) = 17,5B .$$

*Задача 2.* Для удержания у поверхности Земли воздушного шара массой  $m = 20$  кг необходимо приложить силу  $F = 10^3$  Н. Если шар освободить, то он поднимется на такую высоту, где его объем увеличится в два раза. Температура воздуха на этой высоте  $T = 230$  К. Найдите давление  $P$  на этой высоте, если у поверхности Земли давление  $P_0 = 754$  мм рт. ст., а температура  $T = 290$  К.

*Решение.*

Согласно уравнению Клапейрона-Менделеева для атмосферного воздуха имеем:

$$P_0 = (\rho_0/M)RT_0 , \quad (1)$$

$$P = (\rho/M)RT , \quad (2)$$

где  $R$  - универсальная газовая постоянная,  $\rho_0$ ,  $\rho$  - значения плотности воздуха у поверхности Земли и на высоте максимального подъема шара,  $M$  - молярная масса воздуха.

Из (1) и (2) следует:

$$P/P_0 = (\rho/\rho_0)(T/T_0) . \quad (3)$$

Рассматривая равновесие шара у поверхности Земли и на максимальной высоте подъема, можем записать:

$$\rho_0 V g = mg + F , \quad (4)$$

$$\rho(2V)g = mg , \quad (5)$$

где  $\rho_0 V g = F_A^0$  - значение силы Архимеда у поверхности Земли,  $\rho(2V)g = F_A$  - значение силы Архимеда на максимальной высоте подъема шара,  $V$  - объем шара у поверхности Земли,  $g$  - ускорение свободного падения.

Из (4) и (5) следует:

$$(\rho/\rho_0) = 0,5mg/(mg + F) . \quad (6)$$

Используя соотношения (3) и (6), находим:

$$P = 0,5P_0mgT/(mg + F)T_0 = 49 \text{ мм рт.ст.}$$

*Задача 3.* Затыжном прыжок – один из элементов воздушной акробатики, которым в совершенстве владеют спортсмены Рязанского высшего воздушно-десантного командного училища. Сила сопротивления, действующая на парашютиста в затыжном прыжке, определяется экспериментальной формулой:

$$F = 0,15h^n \rho^k V^f,$$

где:  $h$  – рост парашютиста,  $V$  – скорость его падения,  $\rho$  – плотность воздуха,  $n$ ,  $k$ ,  $f$  – некоторые постоянные. Какой максимальной скорости достигнет спортсмен в затыжном прыжке в безветренную погоду при температуре воздуха  $17^\circ\text{C}$  и давлении  $10^5\text{Па}$ ? Масса парашютиста  $80\text{ кг}$ , рост  $1,8\text{ м}$ .

*Решение.*

Значения постоянных  $n$ ,  $k$ ,  $f$  можно найти, сопоставив единицы величин в правой и левой частях формулы (1):

$$F = 0,15h^n \rho^k V^f. \quad (1)$$

Единицами силы, длины, плотности и скорости являются:

$$\left. \begin{aligned} [F] &= 1\text{ Н} = 1\text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}, \\ [h] &= 1\text{ м}, \\ [\rho] &= 1\text{ кг}/\text{м}^3, \\ [v] &= 1\text{ м} \cdot \text{с}^{-1}. \end{aligned} \right\} (2)$$

Из формулы (1) и выражений (2) следует:

$$1\text{ кг}^1 \text{ м}^1 \text{ с}^{-2} = 1\text{ кг}^k \text{ м}^{n-3k+f} \text{ с}^{-f}.$$

Отсюда имеем:

$$\left. \begin{aligned} k &= 1, \\ n - 3k + f &= 1, \\ f &= 2. \end{aligned} \right\} (3)$$

В выражениях (3) значения  $k$  и  $f$  определены. Для  $n$  нетрудно найти:

$$n = 1 + 3k - f = 2.$$

$$F = 0,15h^2 \rho V^2.$$

Максимальной скорости  $V_{\max}$  парашютист достигает, когда сила сопротивления сравнивается с силой тяжести  $mg$ , т. е.

$$0,15h^2 \rho V_{\max}^2 = mg.$$

$$\text{Отсюда имеем: } V_{\max} = \sqrt{mg / 0,15h^2 \rho}$$

Значение плотности воздуха можно найти из уравнения Клапейрона-Менделеева:

$$\rho = PM/RT ,$$

где  $M = 29$  г/моль – молярная масса воздуха.

Подставляя численные данные, находим:

$$V_{\max} = 37 \text{ м/с.}$$

### 11 класс

*Задача 1.* На гладкой горизонтальной поверхности находится грузик, прикрепленный двумя одинаковыми пружинами к стенкам (рис. 4). Когда грузик находится в положении равновесия, пружины имеют одинаковое растяжение  $\delta$ . Введем систему координат  $Oxy$ . Траектория грузика, совершающего малые колебания, изображена на рисунке. Определите  $\delta$ , если длина пружин в нерастянутом состоянии равна  $a$ .

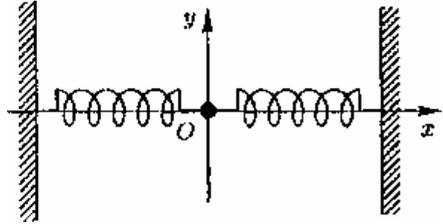


Рис. 4.

*Решение.*

При малом смещении  $\Delta x$  вдоль оси  $x$  возникает возвращающая сила  $F_1 = 2k\Delta x$ . Частота малых колебаний вдоль оси  $x$  равна

$$\omega_x = \sqrt{\frac{2k}{m}} ,$$

где  $m$  - масса грузика,  $k$  - жесткость пружины. При малом смещении вдоль оси  $y$  возникает возвращающая сила

$$F_2 = 2F_0 \frac{\Delta y}{\delta + a} ,$$

где  $F_0 = k\delta$  - сила натяжения пружин в положении равновесия. Значит, частота малых колебаний вдоль оси  $y$  равна

$$\omega_y = \sqrt{\frac{2k}{m} \frac{\delta}{\delta + a}} .$$

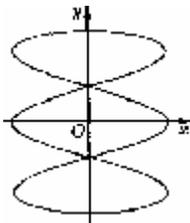


Рис. 5.

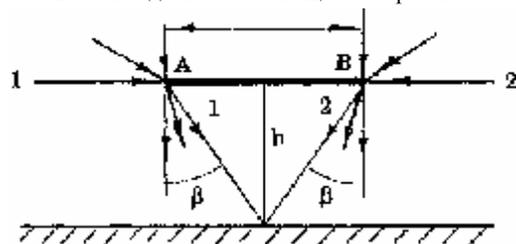
Из картины двумерных колебаний (рис. 5) видно, что  $\omega_y/\omega_x = 1/3$ . Следовательно,

$$\frac{\delta}{\delta + a} = \frac{1}{9} , \text{ откуда } \delta = \frac{1}{8} a .$$

**Задача 2.** В ясный солнечный день на поверхности пруда плавает плот, отбрасывая на горизонтальное дно пруда тень в форме квадрата со стороной 2 м. Какова глубина пруда, если при затягивании неба сплошной облачностью тень на дне пруда вырождается в точку? Показатель преломления воды относительно воздуха  $n = 1,33$ . Поверхность воды считать гладкой. Толщиной плота пренебречь.

*Решение.*

В ясный день плот освещается прямыми солнечными лучами. В силу их высокой параллельности тень плота на горизонтальном дне тождественна по своим очертаниям самому плоту. Отсюда следует, что плот должен иметь форму квадрата со стороной  $L = 2$  м.



При сплошной облачности плот освещается рассеянными лучами.

При этом с точки А и В, ограничивающие сторону плота падают лучи с углами падения от  $0$  до  $90^\circ$ . Границы тени будут определяться лучами 1 и 2, падающими в точки А и В под углом  $90^\circ$ . Для них из закона преломления имеем:

$$1/\sin \beta = n, \quad (1)$$

где  $\beta$  – угол преломления для лучей 1 и 2.

Из рисунка следует, что глубина  $h$ , при которой тень плота вырождается в точку, должна удовлетворять уравнению:

$$0,5L \sin \beta \sqrt{h^2 + (0,5L)^2}. \quad (2)$$

Решая систему уравнения (1) и (2) относительно  $h$ , можно найти:

$$H = 0,5L \sqrt{n^2 - 1} = 0,88 \text{ м.}$$

**Задача 3.** Сила сопротивления, действующая на купол парашюта круглой формы, определяется экспериментальной формулой:

$$F = 2,83 r^n \rho^k V^f,$$

где:  $r$  – радиус купола,  $V$  – скорость спуска,  $\rho$  – плотность воздуха,  $n, k, f$  – некоторые постоянные. Оцените, при каком радиусе купола Ваш прыжок с парашютом можно считать безопасным, если вы совершите его сегодня, представив себя курсантом высшего воздушно-десантного командного училища. Для тренированного десантника еще безопасной является скорость приземления около 8 м/с. Ветер в расчет не принимать. Массу экипировки десантника положите равной 15 кг.

*Решение.*

Руководствуясь соображениями размерности, для силы сопротивления можно получить (см. решение задачи 3 для 9 класса):

$$F = 2,83r^2\rho V^2.$$

При прыжке с большой высоты приземление парашютиста происходит при постоянной скорости  $V_k$ , когда сила тяжести уравновешивается силой сопротивления, т.е.

$$mg = 2,83r^2\rho V_k^2, \quad (1)$$

где  $m$  – масса парашютиста со всей экипировкой,  $g$  – ускорение свободного падения.

Приземление будет еще безопасным, если

$$V_k < V_{\max}, \quad (3)$$

где  $V_{\max} = 8$  м/с.

Из соотношений (2), (3) для искомого значения радиуса купола находим:

$$r \geq \left( mg / 2,83\rho V_{\max}^2 \right)^{1/2}. \quad (4)$$

Значение плотности воздуха  $\rho$  можно найти из уравнения Клапейрона-Менделеева:

$$\rho = PM/RT, \quad (5)$$

где  $P$ ,  $T$  – атмосферное давление и температура воздуха,  $M$  – молярная масса воздуха,  $R$  – универсальная газовая постоянная.

Значения  $m$ ,  $P$  и  $T$ , необходимые для оценки  $r$ , в условиях задачи отсутствуют, поскольку в ней говорится о прыжке с парашютом самого участника олимпиады в день ее проведения. По этой причине каждый участник должен сам задать  $m$ ,  $P$  и  $T$ , так как в задаче речь идет об оценке величины  $r$ , то он может воспользоваться их примерными значениями, оцененными «на глаз».

Для случая  $m = 80$  кг,  $t = -13$  °С и  $P = 10^5$  Па из соотношений (5) и (4) найдем:  $r \geq 1,8$  м.

**9 класс**  
**Механика**

1. Если человек идёт пешком, то его скорость 5 км/ч, если едет на лошади – 30 км/ч. Чему равна средняя скорость, если: а) полпути человек прошёл пешком, полпути проехал; б) половину времени прошёл пешком, половину проехал.

2. Автомобиль проехал половину пути со скоростью  $u_1 = 60$  км/ч. Следующий отрезок пути он ехал со скоростью  $u_2 = 15$  км/ч, а последний отрезок пути со скоростью  $u_3 = 45$  км/ч. Какова средняя скорость автомобиля, если второй и третий участки пройдены за одинаковое время?

3. Три четверти своего пути автомобиль прошёл со скоростью  $u_1 = 60$  км/ч, остальную часть пути – со скоростью  $u_2 = 80$  км/ч. Какова средняя скорость автомобиля при движении по всему пути?

4. Против течения моторная лодка плывёт медленнее, чем по стоячей воде, зато по течению быстрее. Где удастся скорее проплыть одно и то же расстояние туда и обратно – в реке или в озере?

5. Идущая вверх по реке моторная лодка встретила сплавляемые по течению реки плоты. Через час после встречи лодочный мотор заглох. Ремонт мотора продолжался 30 мин. В течение этого времени лодка свободно плыла вниз по течению. После ремонта лодка поплыла вниз по течению с прежней относительно воды скоростью и нагнала плоты на расстоянии  $S = 7,5$  км от места их первой встречи. Определить скорость течения реки, считая ее постоянной.

6. Два автомобиля движутся с постоянными скоростями  $u_1$  и  $u_2$  по дорогам, пересекающимся под прямым углом. Когда первый автомобиль достиг перекрёстка, второму оставалось проехать до этого места расстояние  $L$ . Спустя какое время  $t$  после этого расстояние между автомобилями будет минимальным? Чему равно это расстояние?

7. Товарный поезд длины  $L_1 = 630$  м и экспресс длины  $L_2 = 120$  м идут по двум параллельным путям в одном направлении со скоростями  $u_1 = 48,6$  км/ч и  $u_2 = 102,6$  км/ч соответственно. В течение какого времени экспресс будет догонять товарный поезд?

8. Два поезда идут навстречу друг другу со скоростями  $u_1 = 3$  км/ч и  $u_2 = 54$  км/ч. Пассажир в первом поезде замечает, что второй поезд проходит мимо него в течение времени  $t = 6$  с. Какова длина второго поезда?

9. Две свечи, высота каждой из которых в начальный момент была равна  $h$ , находятся на расстоянии  $d$  друг от друга. Расстояние между каждой свечой и ближайшей к ней стеной также равно  $d$  (рис. 1). С какой скоростью движутся тени от свечей по стенам, если одна свеча сгорает за время  $t_1$ , а другая – за время  $t_2$ ?

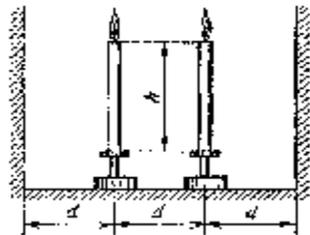


Рис. 1

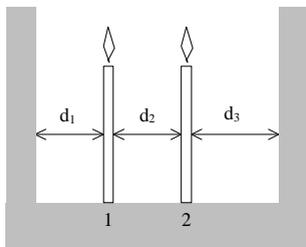


Рис. 2

10. Две свечи одинаковой длины  $L$  зажжены одновременно и поставлены так, как показано на рис.2. Тень первой свечи (на левой стенке) неподвижна, а тень второй свечи (на правой стенке) укорачивается со скоростью  $u$ . Вычислить время, через которое сгорит каждая из свеч. Каким будет ответ данной задачи, если тень на левой стене поднимается со скоростью  $u_1$ , а на правой опускается со скоростью  $u_2$ .

11. Трое туристов, обладающих одним велосипедом, должны прибыть на базу в кратчайший срок (время оценивается по последнему прибывшему). Велосипед может взять лишь двое, поэтому третьему туристу приходится сначала идти пешком. Велосипедист довозит второго туриста до некоторой точки дороги, откуда тот продолжает движение пешком, и возвращается за третьим. Найти среднюю скорость туристов, если скорость пешехода  $u_1 = 4$  км/ч, а велосипедиста  $u_2 = 20$  км/ч.

12. Почтовая связь между речными пристанями  $M$  и  $K$  осуществляется двумя катерами. В условленное время катеры отплывают от своих пристаней, встречаются, обмениваются почтой и возвращаются обратно. Если катеры отплывают от своих пристаней одновременно, то катер выходящий из  $K$ , тратит на путь в оба конца 3 ч, а катер из  $M$  тратит 1,5 ч. Скорости обоих катеров относительно воды одинаковы. На сколько позже катера из  $K$  должен отплыть катер из  $M$ , чтобы оба они находились в пути одно и то же время? (Решить задачу графически.) Определить скорость катеров относительно воды, скорость течения реки и место встречи катеров в случае, если они отплывают от своих пристаней одновременно. Расстояние между пристанями  $S = 30$  км.

13. От пристани  $C$  к пристани  $T$  по реке плывёт со скоростью  $u_1 = 3$  км/ч относительно воды вёсельная лодка. От пристани  $T$  по направлению к пристани  $C$  одновременно с лодкой отходит катер, скорость которого относительно воды  $u_2 = 10$  км/ч. За время движения лодки между пристанями катер успевае пройти это расстояние четыре раза и прибывает к  $T$  одновременно с лодкой. Определить направление течения реки.

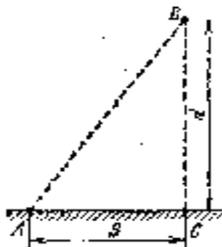


Рис. 3

14. Человек находится на берегу озера в точке  $A$ . Ему необходимо в кратчайшее время попасть в точку  $B$ , находящуюся на озере (рис. 3). Расстояние от точки  $B$  до берега  $BC = d$ , а расстояние  $AC = S$ . Скорость движения человека в воде  $u_1$ , а по берегу  $u_2 > u_1$ . Каким путем должен двигаться человек: плыть из точки  $A$  по прямой  $AB$  или пробежать по берегу некоторое расстояние и после этого плыть по направлению к точке  $B$ ? Доказать свой ответ.

15. С высоты  $H$  на упругую горизонтальную плиту свободно падает стальной шарик. Построить график изменения координаты и скорости шарика в зависимости от времени, считая, что продолжительностью соударения можно пренебречь.

16. Определить среднюю скорость и среднее ускорение точки за 5 и 10 с, если движение ее задано графиком скорости, представленным на рис. 4.

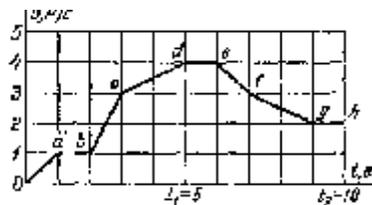


Рис. 4

17. Лифт движется с ускорением  $a$ . Пассажир, находящийся в лифте, роняет книгу. Чему равно ускорение книги относительно пола лифта, если лифт движется вверх? Если лифт движется вниз?

18. Точки  $A$ ,  $B$  и  $C$  в начальный момент времени расположены на одной горизонтальной прямой на равных расстояниях друг от друга. Точка  $A$  начала двигаться вертикально вверх с постоянной скоростью  $u$ , а точка  $C$  – без начальной скорости, вертикально вниз с постоянным ускорением  $a$ . Как должна двигаться по вертикали точка  $B$ , чтобы все три точки находились все время на одной прямой? Точки начинают двигаться одновременно.

19. С высокой башни одно за другим бросают два тела с одинаковыми по модулю скоростями  $u_{01} = u_{02} = u_0$ . Первое тело бросают вертикально вверх; спустя время  $\Delta t$  бросают второе – вертикально вниз. Определить скорость тел относительно друг друга и расстояние между ними в момент времени  $t > \Delta t$ .

20. На клин, плоскость которого составляет угол  $\alpha$  с горизонтом, положили тело  $A$  (рис. 5). Какое ускорение необходимо сообщить клину в горизонтальном направлении, чтобы тело  $A$  свободно падало вертикально вниз?



Рис. 5

21. Тело, имея начальную скорость 4 м/с, прошло за шестую секунду движения путь 2,9 м. Найти ускорение тела.

22. Графики скоростей двух частиц, движущихся по одной прямой из одного и того же начального положения, показаны на рис. 6. Известны моменты времени  $t_1 = 10$  с и  $t_2 = 19$  с. Определить момент встречи двух частиц и построить графики их движения.

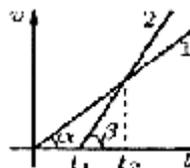


Рис. 6

23. Мимо наблюдателя, стоящего на платформе, проходит поезд. Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя за время 1 с, второй – за 1,5 с. Найти ускорение поезда, считая движение поезда равноускоренным. Найти скорость поезда в начале и в конце наблюдения, а также ускорение поезда. Длина каждого вагона 12 м.

24. За пятую секунду равнозамедленного движения точка проходит путь 5 см и останавливается. Какой путь проходит точка за третью секунду этого движения?

25. С высоты 1000 м падает тело без начальной скорости. Одновременно с высоты 1100 м падает другое тело с некоторой начальной скоростью. Оба тела

достигают Земли в один и тот же момент времени. Найти начальную скорость второго тела. Сопротивлением воздуха пренебречь.

26. Два велосипедиста одновременно начали движение по наклонной плоскости: один, имея начальную скорость  $v_{01} = 4$  м/с, равнозамедленно поднимается вверх с ускорением, модуль которого  $a_1 = 0,1$  м/с<sup>2</sup>, другой, имея начальную скорость  $v_{02} = 1$  м/с, равноускоренно спускается вниз с ускорением, модуль которого  $a_2 = 0,4$  м/с<sup>2</sup>. Через какое время  $t$  они встретятся и какие пути  $s_1$  и  $s_2$  пройдет каждый до встречи, если в начальный момент расстояние между ними  $x_0 = 150$  м?

27. Лифт, поднимаясь равноускоренно в течение первого промежутка времени  $t = 2$  с, достигает скорости  $v_1 = 4$  м/с, с которой продолжает подъем в течение второго промежутка времени  $t_2 = 4$  с. Затем лифт движется равнозамедленно и к концу третьего промежутка  $t_3 = 4$  с останавливается. Определить высоту подъема лифта. Решить задачу также графически.

28. Тело движется по горизонтальной плоскости прямолинейно со скоростью  $v_0 = 30$  м/с. Через  $t_1 = 20$  с после начала действия постоянной силы оно приобретает скорость  $v_1 = 20$  м/с, направленную в обратную сторону. Найти модуль перемещения, совершенного телом за это время, пройденный телом путь и модуль ускорения.

29. Расстояние  $s = 18$  км между двумя железнодорожными станциями поезд проходит за время  $t = 20$  мин. Первые  $t_1 = 5$  мин он идет равноускоренно (без начальной скорости), а затем – равнозамедленно, пока не остановится. Определить ускорение поезда на пути разгона.

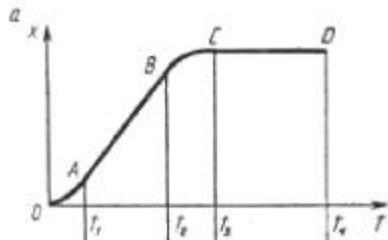


Рис.7.

30. Описать характер движения тела, график зависимости координаты которого от времени изображен на рис. 7 (OA и BC – участки парабол). Начертить графики скорости и ускорения, соответствующие данному движению.

31. При равноускоренном движении из состояния покоя тело проходит за пятую секунду 90 см. Определить перемещение тела за седьмую секунду.

32. С вертолета, находящегося на высоте 300 м, сброшен груз. Через какое время груз достигнет земли, если вертолет: 1) неподвижен; 2) опускается со скоростью 5 м/с; 3) поднимается со скоростью 5 м/с?

33. С воздушного шара, опускающегося вниз с постоянной скоростью 2 м/с, бросили вертикально вверх груз со скоростью 18 м/с относительно земли. Определить расстояние между шаром и грузом в момент, когда груз достигает высшей точки своего подъема. Через какое время груз пролетит мимо шара, падая вниз? Трением о воздух пренебречь.

34. Тело бросают вертикально вверх со скоростью 4,9 м/с. Одновременно с предельной высоты, которой оно может достичь, бросают вертикально вниз другое тело с той же начальной скоростью. Определить время, по истечении которого тела встретятся.

35. Кабина лифта поднимается в течение первых 4 с равноускоренно, достигая скорости 4 м/с. С этой скоростью кабина движется в течение 8 с, а последние 3 с она движется равнозамедленно. Определить перемещение кабины лифта. Построить графики скорости, перемещения и ускорения.

36. Завод, на котором работает инженер, находится за городом. Каждый раз к приходу поезда на станцию приезжает заводская машина, которая доставляет инженера на место работы. Однажды инженер приехал на станцию на час раньше обычного и, не дожидаясь машины, пошел на завод пешком. По дороге он встретил автомашину и приехал на завод на 10 мин раньше обычного. Сколько времени шел инженер до встречи с заводской автомашиной? Решить задачу графически.

37. Поезд в течение 10 с увеличил скорость с 36 до 54 км/ч. В течение следующих 0,3 мин он двигался равномерно. Определить перемещение и среднюю скорость поезда. Построить графики скорости и перемещения.

38. Как двигался мотоциклист, график скорости движения которого изображен на рис. 8?

39. По заданному графику скорости (рис. 8) построить графики ускорения и перемещения.

40. Найти радиус вращающегося колеса, если известно, что скорость точки, лежащей на ободе, в 2,5 раза больше скорости точки, лежащей на 5 см ближе к оси колеса.

41. По графику перемещения, состоящему из двух участков парабол (рис. 9), построить график скорости и ускорения.

42. Жонглер бросает с одного и того же уровня два шарика вертикально вверх с начальными скоростями  $v_0 = 5$  м/с один за другим через промежуток времени  $t_0 = 0,31$  с. Определить, через какое время после бросания первого шарика оба шарика окажутся на одной высоте.

43. Хоккейная шайба, скользя по льду, проходит последовательно два равных отрезка пути длиной  $l$  каждый и продолжает двигаться. Первый отрезок она проходит за  $T$  с, второй – за  $2T$  с. Найти скорость шайбы  $v$ , в конце первого отрезка пути, если сопротивление движению шайбы считать постоянным.

44. Тело падает с башни с нулевой начальной скоростью. Известно, что вторую половину пути оно прошло за  $T = 0,8$  с. Определить высоту башни  $H$ .

45. Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, прошло некоторый путь. Чему равно отношение средней скорости движения тела на второй половине пути к средней скорости на первой половине?

46. Свободно падающее тело прошло последние 30 м за время 0,5 с. С какой высоты падало тело?

47. Тело падает с высоты  $h = 1$  км с нулевой начальной скоростью. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, какой путь пройдет тело: 1) за первую секунду пути; 2) за последнюю секунду пути. Какое время понадобится телу для прохождения 1) первых 10 м пути; 2) последних 10 м пути?

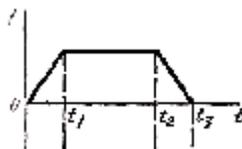


Рис. 8

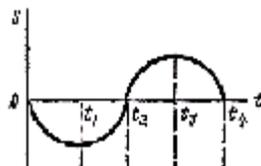


Рис. 9

48. Свободно падающее без начальной скорости тело в последнюю секунду падения прошло  $2/3$  своего пути. Найти путь  $S$ , пройденный телом.

49. С балкона бросили мяч вертикально вверх с начальной скоростью  $u_0 = 5$  м/с. Через время 2 с мяч упал на землю. Определить высоту балкона над землёй и скорость мяча в момент удара о землю.

50. На движущуюся вертикально вверх со скоростью  $u$  плиту свободно падает шарик. Расстояние от точки начала падения шарика до его места встречи с плитой равно  $h_0$ . На какую высоту  $h$  от этого места подскочит шарик после соударения с плитой? Плита, обладая очень большой массой, не изменяет своей скорости в результате соударения с шариком. Считать соударение абсолютно упругим.

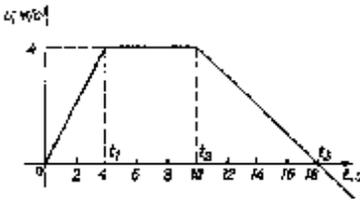


Рис. 10

51. На рис.10 изображена зависимость скорости от времени. Нарисовать зависимость ускорения и перемещения от времени. Определить перемещение за время  $\Delta t = t_3$ . Определить среднюю скорость движения в течение промежутка времени  $\Delta t = t_3$ .

52. Тело падает вертикально вниз с высоты 20 м без начальной скорости. Определить : путь  $h$ , пройденный телом за последнюю секунду падения; среднюю скорость

падения  $v_{cp}$ ; среднюю скорость на второй половине пути  $v_{cp2}$ . Считать  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

53. С башни высотой  $h_0$  одновременно бросают два шарика: один вверх со скоростью  $v_{01}$ , другой вниз со скоростью  $v_{02}$ . Определить: зависимость расстояния между шариками от времени; промежуток времени, отделяющий моменты их падения на землю  $\Delta t$ .

54. Два пункта  $A$  и  $B$  расположены на расстоянии  $l = 240$  м друг от друга на склоне горы. От пункта  $A$  начинает равноускоренно спускаться к пункту  $B$  велосипедист с начальной скоростью  $v_{01} = 8$  м/с. Одновременно с пункта  $B$  к пункту  $A$  начинает равнозамедленно подниматься мотоциклист с начальной скоростью  $v_{02} = 16$  м/с. Они встречаются через  $t_1 = 10$  с, к этому времени велосипедист проехал  $s_1 = 130$  м. С каким ускорением ехал каждый из них?

55. С поверхности земли с одинаковыми скоростями  $v_0 = 20$  м/с вверх последовательно через промежуток времени  $\Delta t = 1$  с брошены два мяча. Определить, когда и на каком расстоянии от поверхности земли они встретятся. Считать  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

56. Два автомобиля выехали одновременно из одного пункта. Зависимость пройденного ими пути задаётся уравнениями  $s_1 = A + Bt + Ct^2$  и  $s_2 = Dt + Ft^2$ . Определить относительную скорость (скорость удаления одного автомобиля от другого), если они движутся прямолинейно: 1) в одном направлении; 2) в противоположных направлениях.

57. Движение двух материальных точек выражается уравнениями:  $x_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2$ ,  $x_2 = A_2 + B_2 t + C_2 t^2$ , где  $A_1 = 20$  м,  $B_1 = B_2 = 8$  м/с,  $C_1 = -4$  м/с<sup>2</sup>,  $A_2 = 2$  м,  $C_2 = 0,5$  м/с<sup>2</sup>. В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковыми? Определить скорости и ускорения точек в этот момент.

58. Тело, имея некоторую начальную скорость, движется равноускоренно. За время  $t$  тело прошло путь  $S$ , причём его скорость увеличилась в  $n$  раз. Найти ускорение тела.

59. Тело, имея начальную скорость  $u_0 = 2$  м/с, двигалось с течением времени  $t_1 = 3$  с равномерно,  $t_2 = 2$  с - с ускорением  $a_2 = 2\text{ м/с}^2$ ,  $t_3 = 5$  с - с ускорением  $a_3 = 1\text{ м/с}^2$ ,  $t_4 = 2$  с - с ускорением  $a_4 = -3\text{ м/с}^2$ ,  $t_5 = 2$  с - равномерно, со скоростью, полученной в конце промежутка времени  $t_4$ . Найти конечную скорость  $u$ , пройденный путь  $S$  и среднюю скорость  $u_{\text{cp}}$  на этом участке пути. Задачу решить аналитически и графически.

60. Поезд прошёл расстояние  $s = 17$  км между двумя станциями со средней скоростью  $u_{\text{cp}} = 60\text{ км/ч}$ . При этом на разгон в начале движения и торможение перед остановкой ушло в общей сложности  $t_1 = 4$  мин, а остальное время поезд двигался с постоянной скоростью. Чему равна эта скорость  $v$ ?

61. На рис. 11 приведён график зависимости  $l_x(t)$  для тела, движущегося вдоль оси  $x$ . Постройте графики зависимости от времени ускорения  $a_x$ , перемещения  $S_x$  и пройденного пути.

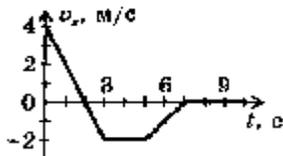


Рис. 11

62. Небольшой шарик движется без трения один раз по желобу  $ABC$  (рис. 12), а другой раз по желобу  $ADC$ . Части желоба  $AD$  и  $BC$  вертикальны, а углы  $ABC$  и  $ADC$  закруглены. Изобразить графически для обоих случаев зависимость скорости  $v$  шарика от времени  $t$ , если  $AB = BC = AD = DC = h$ . Скорость шарика в точке  $A$  равна нулю. По какому пути ( $ABC$  или  $ADC$ ) шарик скорее попадёт из точки  $A$  в точку  $C$ ?

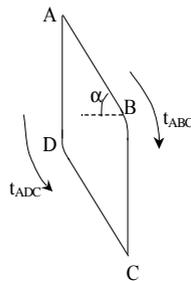


Рис. 12

63. По прямому шоссе движется автобус со скоростью  $16$  м/с. Впереди по ходу автобуса, в поле на расстоянии  $60$  м от шоссе и  $400$  м от автобуса, находится человек, который может бежать со скоростью  $4$  м/с. В каком направлении он должен бежать, чтобы успеть “перехватить” автобус? При какой наименьшей скорости человека это возможно? В каком направлении следует бежать с такой скоростью?

64. Стержень  $AB$  длины  $L$  опирается концами о пол и стену. Найти зависимость координаты  $y$  конца стержня  $B$  от времени  $t$  при движении конца стержня  $A$  с постоянной скоростью  $v$  в направлении, указанном на рис. 13, если первоначально конец  $A$  имел координату  $x_0$ .

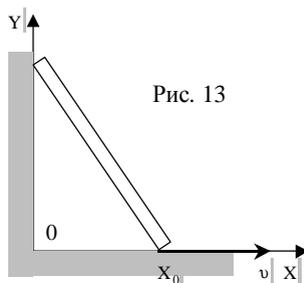


Рис. 13

65. Лодка массой  $M$  стоит в неподвижной воде. На корме и на носу сидят рыболовы, массы которых  $m_1$  и  $m_2$ . Рыболовы смещаются навстречу друг другу на расстояния  $l_1$  и  $l_2$  соот-

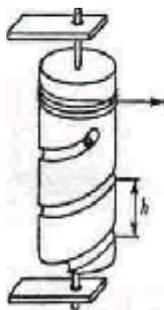


Рис. 14

ответственно. Насколько переместится при этом лодка? Сопротивлением воды пренебречь.

66. В винтовой желоб (рис. 14) положен тяжёлый шарик. С каким ускорением  $a$  нужно тянуть нить, намотанную на цилиндр с желобом, чтоб шарик падал свободно, если диаметр цилиндра равен  $D$ , а шаг винтового желоба равен  $h$ .

67. Лодка длиной  $l$  и массой  $M$  стоит в спокойной воде. На носу лодки сидит человек массой  $m$ . На сколько сместится лодка относительно берега, если человек перейдет с носа на корму (рис. 15)? При этом сопротивление воды и перемещение воды в объеме лодки не учитывать.

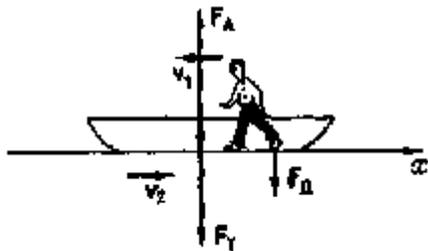


Рис. 15

68. Два человека на роликовых коньках стоят друг против друга. Масса первого человека  $m_1 = 70$  кг, а второго

$m_2 = 80$  кг. Первый бросает второму груз массой  $m = 10$  кг со скоростью, горизонтальная составляющая которой  $v = 5$  м/с относительно земли. Определить скорость первого человека после броска и второго после того, как он поймает груз. Трение не учитывать.

69. Два конькобежца с массами  $m_1 = 80$  кг и  $m_2 = 50$  кг, держась за концы длинного натянутого невесомого шнура, неподвижно стоят на льду, один против другого. Один из них начинает укорачивать шнур,

выбирая его со скоростью  $u_0 = 1$  м/с. С какой скоростью будет двигаться по льду каждый из конькобежцев? Трением пренебречь.

70. Представьте, что на космическом корабле закончились запасы топлива. Космонавт начал выбрасывать через люк одинаковые предметы массой  $m$  со скоростью  $u$  относительно ракеты. Найти скорость ракеты  $u_n$  после выбрасывания  $n$ -го предмета. Начальная масса ракеты (вместе с выбрасываемыми предметами) равна  $M$ , начальная скорость равна нулю.

71. Ракета массой  $m_0 = 3000$  кг летит со скоростью  $v = 200$  м/с. От нее отделяется ступень массой  $m = 1000$  кг, при этом скорость головной части возрастает на 20 м/с. Определить, с какой скоростью будет двигаться отделившаяся часть ракеты.

72. Чугунное ядро массы  $m$  падает в воде с постоянной скоростью  $u$ . С какой силой  $F$  надо тянуть его вверх, чтобы оно поднималось со скоростью  $2u$ ? Сила сопротивления прямо пропорциональна величине скорости.

73. На идеально гладкой горизонтальной плоскости лежит шар массой  $m_2$ . На него налетает шар массой  $m_1$ . Какая часть энергии переходит в теплоту при абсолютно неупругом ударе (то есть после удара тела движутся как единое целое)? Рассмотреть предельный случай  $m_2 \gg m_1$ .

74. На идеально гладкой горизонтальной плоскости лежит шар массой  $m_2$ . На него налетает шар массой  $m_1$ , скорость которого  $u_1$ . Между шарами происходит упругий (без потери энергии системой) центральный удар. Определить скорости шаров после столкновения и величину энергии, переданной первоначально покоящемуся шару. Рассмотреть предельные случаи.

75. На пути тела массой  $m$ , скользящего по гладкой плоскости, находится горка высотой  $H$ , массой  $M$ . При какой минимальной скорости  $u$  тела оно сможет преодолеть горку? Горка может скользить без трения по плоскости, не отрываясь от нее.

76. Чему равна работа сил трения при вытаскивании пробки из горлышка бутылки? Длина пробки  $a$ . Пробка находится от края горлышка тоже на расстоянии  $a$  (рис. 16). Наибольшее значение силы трения между пробкой и бутылкой  $F$ .

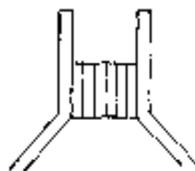


Рис. 16

77. Тележка массой 0,8 кг движется по инерции со скоростью 2,5 м/с. На тележку с высоты 50 м падает кусок пластилина массой 0,2 кг и прилипает к ней. Рассчитайте энергию, которая перешла во внутреннюю при этом ударе.

78. Рычаг длиной  $l = 1$  м, на концах которого подвешены грузы весом  $P_1 = 5$  кг и  $P_2 = 2$  кг, находится в равновесии. В какую сторону сместится рычаг, если к каждому грузу добавить по перегрузку  $P_0 = 1$  кг. На какое расстояние нужно перенести точку опоры рычага, чтобы восстановить равновесие? Весом рычага пренебречь.

79. Невесомый стержень может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку  $O$  и перпендикулярной к стержню (рис. 17). На концах стержня укреплены грузы равных масс, находящиеся на расстояниях  $a$  и  $2a$  соответственно от точки  $O$ . В начальный момент стержень расположен горизонтально и отпущен. Определить скорость грузов в момент прохождения стержнем положения равновесия.

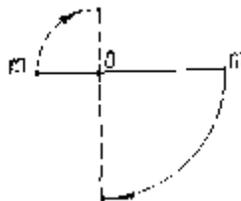


Рис. 17

80. Как известно, барон Мюнхаузен мог одним выстрелом подстрелить несколько птиц. Однажды он дождался, когда 20 куропаток выстроились вдоль прямой линии, и выстрелил в них. Он заметил, что пуля, прострелив первую из них, потеряла 5% начальной скорости. Найдите, сколько птиц подстрелил этим выстрелом барон.

## МЕХАНИКА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

81. В воду опущен сосуд, имеющий форму усеченного конуса. Дно сосуда приставное; оно отпадает, если в сосуд налить 200 г воды. Отпадет ли дно, если: а) в его центр поставить гирию массой 200 г; б) налить в сосуд 200 г бензина; в) налить 200 г ртути?

82. В колена открытой с двух сторон U-образной трубки налиты вода и спирт, разделенные ртутью (рис. 18). Уровень ртути в обоих коленах одинаков.

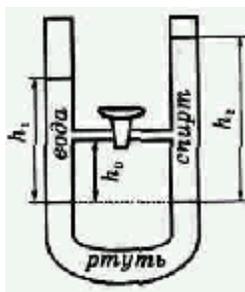


Рис. 18

На высоте  $h_0 = 24$  см от уровня ртути колена соединены горизонтальной трубкой с закрытым краном. Высота столба воды  $h_1 = 40$  см. Какова высота столба спирта  $h_2$ ? Какое движение возникнет в жидкости сразу после того, как откроют кран? В каком из колена ртути установится на более высоком уровне?

83. В колена открытой с двух сторон U-образной трубки налиты вода и спирт, разделенные ртутью (рис. 18). Уровень ртути в обоих коленах одинаков. На высоте  $h_0 = 24$  см от уровня ртути колена соединены горизонтальной трубкой с закрытым краном. Высота столба воды  $h_1 = 40$  см. Как изменятся уровни жидкостей после открывания крана, если спирт заменить керосином? Керосин имеет ту же плотность, что и спирт, но, в отличие от него, не смешивается с водой. Капиллярные эффекты не учитывайте.

84. В двух цилиндрических сообщающихся сосудах налита ртуть. Сечения одного из сосудов вдвое больше другого. Более широкий сосуд доливают до края водой. Насколько поднимется при этом уровень ртути в другом сосуде? Первоначально уровень ртути был в  $a$  см от верхнего края сосудов.

85. Тонкая однородная палочка шарнирно закреплена за верхний конец. Нижняя часть палочки погружена в воду, причем равновесие достигается, когда в воде находится половина длины палочки. Определить удельный вес материала, из которого сделана палочка.

86. В стакане плавает кусок льда. Как изменится уровень воды, когда лед растает? Изменится ли ответ, если во льду находится кусок пробки? Стальная гайка?

87. В небольшом бассейне плавает лодка. Как изменится уровень воды в бассейне, если лежащий на дне лодки камень бросить в воду?

88. В небольшом бассейне плавает полузаплавленная лодка, причем уровень воды в лодке совпадает с уровнем воды в бассейне. Из лодки зачерпнули ведро воды и вылили в бассейн. Где после этого выше уровень воды – в лодке или в бассейне? Как изменился уровень воды в бассейне?

89. Потонет ли в воде стеклянная бутылка, доверху наполненная водой? Бутылка со ртутью – в ртути?

90. В воде плавает плоская льдина. Какую работу надо совершить, чтобы полностью погрузить льдину в воду, если ее площадь  $S = 5$  м<sup>2</sup>, а толщина  $H = 0,5$  м?

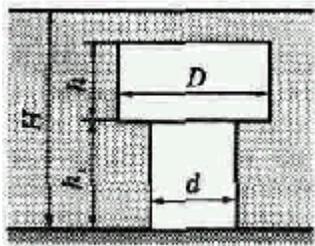


Рис. 19

91. К дну аквариума приклеена алюминиевая конструкция грибовидной формы (рис. 19). С какой силой давит конструкция на дно аквариума? Атмосферное давление не учитывайте.

92. Пластмассовый брусок плавает на поверхности воды. Как изменится глубина погружения бруска в воду, если поверх воды налить слой масла, полностью покрывающий брусок?

93. Доска толщиной 5 см плавает в воде, погружившись на 70%. Поверх воды разливается

слой нефти толщиной 1 см. На сколько будет выступать доска над поверхностью нефти?

94. Тело плотностью  $\rho$  плавает на границе раздела двух жидкостей (рис. 20) с плотностями  $\rho_1$  и  $\rho_2$ . Какая часть объема тела погружена в нижнюю жидкость?

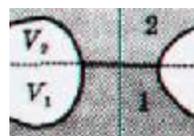


Рис. 20

95. Стальной кубик с длиной ребра  $a = 10$  см плавает в ртути. Поверх ртути наливают воду вровень с верхней гранью кубика. Какова высота  $H$  слоя воды?

96. В воде на некоторой глубине плавает полый шар.

Вернется ли он на прежнюю глубину, если его погрузить ниже и отпустить?

97. Перевернутая кастрюля массы  $m$  и радиуса  $R$  стоит на гладком резиновом коврике, плотно прилегая к нему краями. В дне кастрюли – круглое отверстие радиуса  $r$ , в которое плотно вставлена лёгкая вертикальная трубка. В кастрюле через трубку наливают воду. При какой длине  $h$  столба воды в трубке вода начнёт вытекать из-под кастрюли?

98. Оцените массу атмосферы Земли (радиус Земли  $R = 6400$  км).

99. Сплошные шары – алюминиевый и железный – уравновешены на рычаге. Нарушится ли равновесие, если оба шара погрузить в воду? Рассмотрите случаи, когда оба шара погрузили в воду? Рассмотрите случаи, когда: а) одинаковую массу; б) одинаковый объём.

100. На рычажных весах уравновешен гирями стакан с водой. Нарушится ли равновесие, если в воду погрузить подвешенный на нити стальной брусок так, чтобы он не касался дна?

101. Тонкая деревянная палочка длиной 20 см закреплена шарнирно на одном конце и опущена свободным концом в воду. Какая часть длины палочки будет находиться в воде при равновесии?

102. Однородный конус массой 18 кг плавает в воде, плотность которой  $1000 \text{ кг/м}^3$ , вершиной вниз. Определить высоту выступающей над водой части конуса, если высота конуса равна 1 м, а площадь основания равна  $0,25 \text{ м}^2$ .

103. В колено U-образной трубки площадью  $1 \text{ см}^2$ , содержащей ртуть плотностью  $13600 \text{ кг/м}^3$ , налили 7,2 г воды плотностью  $1000 \text{ кг/см}^3$  и 20 г бензина плотностью  $800 \text{ кг/м}^3$ . На сколько сантиметров уровень жидкости в одном колене станет выше, чем в другом?

104. В цилиндрический сосуд налиты равные массы ртути и воды. Общая высота двух слоев жидкостей 29,2 см. Определить давление жидкостей на дно сосуда (рис. 21).

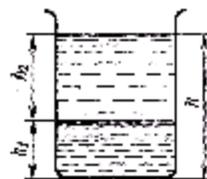


Рис. 13

105. Динамометр, к которому подвешен кусок сплава, состоящего из меди и серебра, показывает в воздухе 2,41 Н, а в воде 2,71 Н. Определить массу меди и серебра в этом куске. Выталкивающей силой воздуха пренебречь.

106. Однородное тело плавает на поверхности керосина так, что объём погруженной части составляет 0,92 всего объёма тела. Определить объём погруженной части при плавании тела на поверхности воды

107. Сплав золота и серебра плотностью  $1,40 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3$  имеет массу  $0,40 \text{ кг}$ . Определить массу и процентное содержание золота в сплаве, считая объем сплава равным сумме объемов его составных частей.

108. В сосуд с вертикальными стенками и площадью дна  $S$  налита жидкость плотностью  $\rho$ . На сколько изменится уровень жидкости в сосуде, если в него опустить тело произвольной формы массой  $m$ , которое не тонет?

109. Вес тела, погруженного в жидкость плотностью  $\rho_1$ , равен  $P_1$ , а погруженного в жидкость плотностью  $\rho_2 - P_2$ . Определить плотность тела  $\rho$ .

110. В сосуде находятся две несмешивающиеся жидкости, плотности которых различны:  $\rho_1 < \rho_2$ . На границе раздела жидкостей плавает однородный прямоугольный брусок, погруженный целиком в жидкость. Плотность  $\rho_3$  материала бруска больше плотности  $\rho_1$  верхней жидкости, но меньше плотности  $\rho_2$  нижней жидкости ( $\rho_1 < \rho_3 < \rho_2$ ). Какая часть объема бруска будет находиться в верхней жидкости?

111. Какую работу нужно совершить, чтобы медленно погрузить в жидкость на глубину  $H$  вертикально ориентированный однородный цилиндр плотностью  $\rho_1$ , высотой  $h$  и диаметром  $d$ , если плотность жидкости  $\rho_2$  и перед погружением нижнее основание цилиндра касалось поверхности жидкости? Плотность жидкости больше плотности цилиндра ( $\rho_2 > \rho_1$ ).

112. Определить минимальный объем наполненного водородом шара, который может поднять человека массой  $m_1 = 70 \text{ кг}$  на высоту  $h = 100 \text{ м}$  за время  $t = 30 \text{ с}$ . Общая масса оболочки шара и корзины  $m_2 = 20 \text{ кг}$ , плотность воздуха и водорода принять равными соответственно  $\rho_1 = 1,3 \text{ кг/м}^3$  и  $\rho_2 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ . Соппротивлением воздуха пренебречь.

113. Тело объемом  $V=1500 \text{ см}^3$  при взвешивании в воздухе на равноплечных рычажных весах было уравновешено латунными гирями массой  $m_1 = 1700 \text{ г}$ . Найти массу уравновешивающих гирь при взвешивании этого тела в вакууме. Плотность латуни  $\rho_1 = 8,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , плотность воздуха  $\rho_2 = 1,2 \text{ кг/м}^3$ .

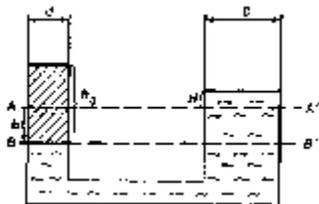


Рис. 22

114. В сообщающихся сосудах разных диаметров находится ртуть (рис. 22). После того как в более узкий сосуд налили столб масла высотой  $60 \text{ см}$ , уровень ртути в широком сосуде повысился относительно первоначального положения  $AA$  на  $0,7 \text{ см}$ . Определить отношение диаметров сообщающихся сосудов, если плотность масла  $\rho_m$  равна  $800 \text{ кг/м}^3$ , а плотность ртути  $\rho_{рт}$  равна  $1,36 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3$ . Считать  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

115. Вес однородного тела в воде в три раза меньше, чем в воздухе. Чему равна плотность тела, если плотность воды  $\rho_b = 10^3 \text{ кг/м}^3$ ?

116. Пустотелый медный шар весит в воздухе  $P_1 = 17,8 \text{ Н}$ , а в воде  $P_2 = 14,2 \text{ Н}$ . Определить объем полости  $V_{пол}$ , если плотность меди  $\rho_{меди} = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

117. Бревно высотой  $h$  и площадью поперечного сечения  $S$  погружают в воду в вертикальном положении. Определить работу, которую совершила выталкивающая сила при полном погружении бревна (рис. 23).

118. В сосуд, наполненный смесью жидкостей, плотность которой изменяется с глубиной по закону  $\rho = \rho_0 + ah$ , опускают тело плотностью  $\rho$ . Тело целиком погружается в жидкость. На какой глубине окажется тело (центр тела), если оно имеет форму куба? При погружении грань куба параллельна поверхности жидкости.

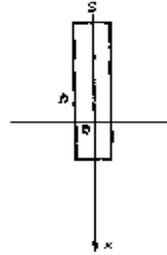


Рис. 13

### МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕПЛОТА

119. В двух вертикальных цилиндрах различного поперечного сечения под поршнями, массы которых  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 2$  кг, находится газ при постоянной температуре, а над поршнями – вакуум. Цилиндры соединены внизу трубкой, а поршни располагаются на одинаковой высоте  $h_0 = 0,2$  м. Какова будет разность их высот  $h$ , если увеличить массу 1-го поршня до массы 2-го?

120. Известно, что если температура на улице равна  $-20$  °С, то в комнате температура равна  $+20$  °С, а если на улице температура равна  $-40$  °С, то в комнате устанавливается температура  $+10$  °С. Найдите температуру  $T$  батареи, отапливающей комнату.

121. Космический объект имеет форму шара радиусом  $R$ . По всему его объему равномерно распределены источники, обеспечивающие выделение теплоты с постоянной скоростью. Количество теплоты, выделяемое единицей площади поверхности, пропорционально 4-й степени термодинамической температуры. Во сколько раз изменилась бы температура объекта, если его радиус уменьшился бы вдвое?

122. Теплообменник длины  $l$  состоит из трубы площадью поперечного сечения  $2S$ , внутри которой проходит другая труба площадью поперечного сечения  $S$  (рис. 24). Трубы тонкостенные. Вся конструкция теплоизолирована от внешней среды. В трубах со скоростью  $v$  прокачивается жидкость плотностью  $\rho$  и удельной теплоемкостью  $c$ . Температуры жидкости при входе в теплообменник равны  $T_{H1}$  и  $T_{H2}$  соответственно. Определите температуры  $T_{K1}$  и  $T_{K2}$

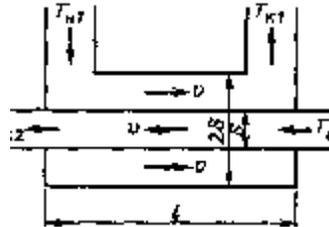


Рис. 24

жидкости при выходе из теплообменника, если потоки жидкости по трубам текут навстречу друг другу. Считать, что теплота, переданная в единицу времени через единичную площадку, пропорциональна разности температур с коэффициентом пропорциональности  $k$ . Теплопроводностью жидкости в направлении ее течения пренебречь.

123. Почему при кладке кирпичных печей используют глинистый раствор для скрепления кирпичей, а не, например, цементный (более прочный)? Учтеть, что для кладки печей используют красный кирпич, сделанный из глины.

124. В теплоизолированном сосуде имеются две жидкости с начальными температурами  $T_1$  и  $T_2$  и удельными теплоемкостями  $C_1$  и  $C_2$ , разделенные нетеплопроводящей перегородкой. Перегородку убирают, и после установления теплового равновесия разность между начальной температурой одной из жидкостей и установившейся в сосуде температурой  $T$  оказывается в два раза меньше разности начальных температур жидкостей. Найдите отношение масс жидкостей  $m_1/m_2$ .

125. В первый раз в пробирку налили воду при температуре  $20^\circ\text{C}$ . Дно пробирки погрузили в большое количество воды при температуре  $80^\circ\text{C}$ . Вода в пробирке нагрелась за время  $t_1$  до  $80^\circ\text{C}$ . Во второй раз в пробирку налили воду при температуре  $80^\circ\text{C}$ . Дно пробирки погрузили в большое количество воды при температуре  $20^\circ\text{C}$ . Вода в пробирке охладилась за время  $t_2$  до  $20^\circ\text{C}$ . Какое время больше:  $t_1$  или  $t_2$ ?

126. В два одинаковых легких металлических сосуда налили одну и ту же массу воды. Тяжелый шарик (масса которого равна массе воды, а его плотность много больше плотности воды) опустили на тонкой нетеплопроводящей нити в один из сосудов так, что он находится в центре объема налитой воды. Сосуды нагрели до температуры кипения воды и поставили остывать. Известно, что время остывания сосуда с шариком до температуры окружающей среды в  $k$  раз больше времени остывания сосуда без шарика. Определите отношение удельных теплоемкостей материала шарика и воды  $C_{ш}/C_в$ .

127. Два одинаковых теплоизолированных цилиндрических калориметра высоты  $h = 75$  см заполнены на  $1/3$ . Первый – льдом, образовавшимся в результате замерзания налитой в него воды, второй – водой при  $T_в = 10^\circ\text{C}$ . Воду из второго калориметра переливают в первый, в результате чего он оказывается заполненным на  $2/3$ . После того как температура в первом калориметре установилась, уровень заполнения его увеличился на  $\Delta h = 0,5$  см. Плотность льда равна  $\rho_л = 0,9 \rho_в$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 340$  кДж/кг, удельная теплоемкость льда  $C_л = 2,1$  кДж/(кг  $\cdot$  К), удельная теплоемкость воды  $C_в = 4,2$  кДж/(кг  $\cdot$  К). Найдите начальную температуру  $T_л$  льда в первом калориметре.

128. Длинная вертикальная кирпичная труба заполнена чугуном. Нижний конец трубы поддерживается при температуре  $T_1 > T_{пл}$  ( $T_{пл}$  – температура плавления чугуна), верхний – при температуре  $T_2 < T_{пл}$ . Теплопроводность расплавленного (жидкого) чугуна в  $k$  раз больше, чем твердого. Определите, какая часть трубы занята расплавленным металлом.

129. Оболочка космической станции представляет собой зачерненную сферу, температура которой в результате работы аппаратуры внутри станции поддерживается равной  $T = 500$  К. Количество теплоты, выделяемое единицей площади поверхности, пропорционально 4-й степени термодинамической температуры. Определите температуру оболочки  $T_x$ , если станцию окружить тонким черным сферическим экраном почти такого же радиуса, как и радиус ее оболочки.

130. В ведре находится смесь воды со льдом массой  $m = 10$  кг. Ведро внесли в комнату и сразу же начали измерять температуру смеси. Получившаяся зависи-

мость температуры от времени  $T(\tau)$  изображена на рис. 25. Удельная теплоемкость воды равна  $c_w = 4,2$  Дж/(кг · К), удельная теплота плавления льда  $\lambda = 340$  кДж/кг. Определите массу  $m_{\text{л}}$  льда в ведре, когда его внесли в комнату. Теплоемкостью ведра пренебречь

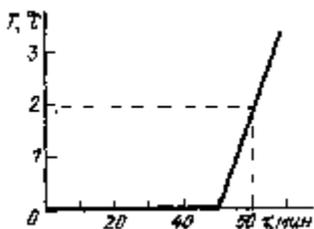


Рис. 25

131. Сколько дров надо сжечь в печи с к.п.д. = 40%, чтобы получить из 200 кг снега, взятого при температуре  $-10$  °С, воду при  $20$  °С ( $c_w = 2,1 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К),  $c_{\text{л}} = 2,1 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К),  $\lambda_{\text{с}} = 33 \cdot 10^4$  Дж/кг,  $q_{\text{лп}} = 10 \cdot 10^6$  Дж/кг)?

132. Колба, теплоемкостью которой можно пренебречь, содержит 600 г воды при  $80$  °С. Какое количество льда при температуре  $-15$  °С нужно добавить в воды, чтобы окончательная температура смеси была  $50$  °С ( $c_w = 2,1 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К),  $c_{\text{л}} = 2,1 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К),  $\lambda_{\text{с}} = 33 \cdot 10^4$  Дж/кг,  $q_{\text{лп}} = 10 \cdot 10^6$  Дж/кг)?

133. В латунный калориметр массой  $0,15$  кг, содержащий  $0,20$  кг воды при  $15$  °С, опустили железную гиру массой  $0,26$  кг при температуре  $100$  °С. Найти установившуюся общую температуру. Потери тепла не учитывать.

$c_{\text{л}} = 460$  Дж/(кг · К),  $c_{\text{ж}} = 4187$  Дж/(кг · К),  $c_{\text{в}} = 380$  Дж/(кг · К) – удельная теплоемкость соответственно железа, воды, латуни.

## ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

134. Между двумя разноименными точечными зарядами  $+q_1$  и  $-q_2$  помещают тонкий диэлектрический стержень (рис. 26). Как изменятся силы, действующие на заряды.



Рис. 26

135. Для регулирования напряжения на нагрузке собрана схема, изображенная на рис.

27. Сопротивления нагрузки и регулировочного реостата равны  $R$ . Нагрузка подключена к половине реостата. Входное напряжение неизменно и равно  $U$ . Определите, как изменится напряжение на нагрузке, если ее сопротивление увеличить в два раза.

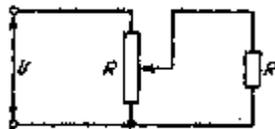


Рис. 27

136. Имеются два разных амперметра. Отклонение стрелки в каждом амперметре пропорционально силе тока, а шкалы имеют равномерные деления. К первому амперметру подключен резистор с сопротивлением  $R_1$ , ко второму амперметру – резистор с неизвестным сопротивлением  $R_x$ . Сначала амперметры соединяют последовательно и подключают к точкам  $A$  и  $B$  (как показано на рис. 28). От-

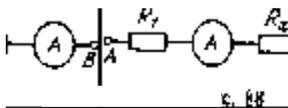


Рис. 28

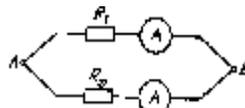


Рис. 29

клонения стрелок в амперметрах в этом случае равны  $n_1$  и  $n_2$ . Затем эти амперметры соединяют параллельно и подключают к точкам  $A$  и  $B$  (как показано на рис. 29). Отклонения стрелок во втором случае равны  $n'_1$  и  $n'_2$ . Определите неизвестное сопротивление  $R_x$  второго резистора.

137. Имеются две проволоки одинаковой длины, но разного квадратного сечения, сделанные из одного и того же материала. Сторона сечения первой проволоки  $d_1 = 1$  мм, второй  $d_2 = 4$  мм. Для того чтобы расплавить первую проволоку, через нее нужно пропустить ток  $I_1 = 10$  А. Определите силу тока  $I_2$ , который нужно пропустить через вторую проволоку, чтобы она расплавилась. Считать, что количество теплоты, уходящее в окружающую среду за 1 секунду, подчиняется закону  $Q = kS(T - T_{cp})$ , где  $S$  – площадь поверхности проволоки,  $T$  – ее температура,  $T_{cp}$  – температура окружающей среды вдали от проволоки,  $k$  – коэффициент пропорциональности, одинаковый для обоих образцов.

### ОПТИКА

138. Точечный источник  $S$  находится на оси полого конуса с зеркальной внутренней поверхностью (рис 30). С помощью собирающей линзы на экране  $\mathcal{E}$  получают изображение источника, создаваемое лучами, однократно отраженными от зеркальной поверхности конуса (прямые лучи от источника на линзу не попадают). Что произойдет с изображением, если линзу закрыть диафрагмами, такими, как на рис. 31 и 32?

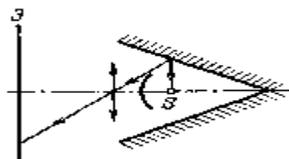


Рис. 30

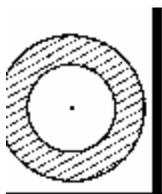


Рис. 31

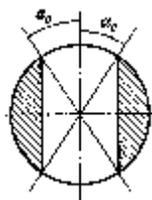


Рис. 32

139. Можно ли с помощью рассеивающей линзы увеличить освещенность некоторых участков поверхности экрана?

140. Точно над карандашом, расположенным вертикально над водой, находится точечный источник света. На дне сосуда с водой видна тень карандаша. Если карандаш опускают в воду, то, когда он входит в нее, размер темного пятна увеличивается. Если затем карандаш вытаскивают из воды, то на месте темного появляется светлое пятно. Объясните описанные явления.

141. Точечный источник света  $S$  расположен вне цилиндра на его оси вблизи торца (основания). Найдите минимальный показатель преломления  $n$  материала цилиндра, при котором ни один луч, вошедший через основание, не выйдет через боковую поверхность наружу.

142. В концы трубы, внутренняя боковая поверхность которой зачернена, вставлены две собирающие линзы. Диаметры линз равны диаметру трубы. Фокусное расстояние одной линзы в два раза больше фокусного расстояния другой.

Линзы находятся на таком расстоянии друг от друга, что параллельные лучи света, падающие вдоль оси трубы на одну линзу, выходят из второй линзы также параллельным пучком. Когда широкий пучок света падает на линзу с большим фокусным расстоянием, то на экране получается светлое пятно площадью  $S_1$ . Теперь перевернем трубу так, чтобы свет падал на линзу с меньшим фокусным расстоянием. На экране получается светлое пятно с площадью  $S_2$ . Определите, во сколько раз изменится площадь освещенной части на экране.

143. Предположим, что ваш собеседник, с которым вы разговариваете, сидя напротив него за столом, носит очки. Сможете ли вы определить, каким дефектом зрения – дальнозоркостью или близорукостью – он обладает? Естественно, как воспитанный человек вы при этом не станете просить собеседника дать вам примерить его очки и вообще не будете заводить о них разговор.

144. Внутренняя поверхность конуса, покрытая отражающим слоем, образует коническое зеркало. Вдоль оси конуса внутри него натянута тонкая светящаяся нить. Определите минимальный угол  $\alpha$  раствора конуса, при котором лучи, идущие от нити, будут отражаться от поверхности конуса не более одного раза.

145. В жарких пустынях иногда наблюдается мираж: вдалеке «возникает» поверхность водоема. Какими физическими явлениями обусловлен такой мираж?

146. Почему мокрый асфальт темнее сухого? Почему аналогичное явление не наблюдается для полированного гранита?

147. Луч падает нормально на боковую грань стеклянной призмы. Найдите угол  $\delta$  отклонения луча от первоначального направления, если преломляющий угол  $\varphi$  призмы (то есть угол, лежащий напротив основания призмы) равен: а)  $30^\circ$ ; б)  $60^\circ$ . Считать постоянную величину при переходе из воздуха в призму  $n = 1,5$ .

148. Преломляющий угол призмы (то есть угол, лежащий напротив основания призмы)  $\varphi = 45^\circ$ . Луч света выходит из призмы под тем же углом, под каким он в нее входит; при этом луч отклоняется от первоначального направления на угол  $\delta = 25^\circ$ . Найдите показатель преломления  $n$  материала призмы, то есть постоянную величину в законе преломления для перехода света из воздуха в призму.

149. На сферическую каплю воды падает луч света. Найдите угол  $\delta$  отклонения луча от первоначального направления в результате двух преломлений и одного отражения на поверхности капли. Угол падения луча из воздуха на поверхность капли равен  $\alpha$ . Считать постоянную величину при переходе из воздуха в воду  $n = 1,33$ .

## 10 класс МЕХАНИКА

150. Капли дождя падают отвесно со скоростью  $u$ . По дороге катится мяч со скоростью  $v$ . Другой такой же мяч лежит неподвижно. На какой мяч падает больше капель? Во сколько раз?

151. Капля дождя при скорости ветра  $v_1 = 11$  м/с падает под углом  $a = 30^\circ$  к вертикали. Определите, при какой скорости ветра  $v_2$  капля воды будет падать под углом  $b = 45^\circ$ .

152. Капли дождя на окнах неподвижного трамвая оставляют полосы, наклоненные под углом  $\alpha = 30^\circ$  к вертикали. При движении трамвая со скоростью  $u = 18$  км/ч полосы от дождя вертикальны. Найти скорость капель дождя  $v$  в безветренную погоду и скорость ветра  $v'$ .

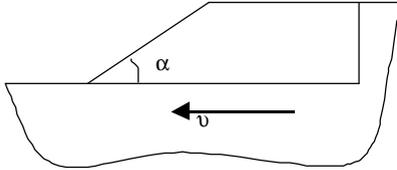


Рис. 33

154. Корабль идёт на запад со скоростью  $v$ . Известно, что ветер дует с юго-запада. Скорость ветра, измеренная на палубе корабля, равна  $u_0$ . Найти скорость ветра относительно земли.

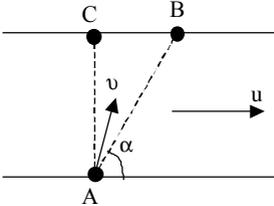


Рис. 34

156. Пловец переплывает реку, имеющую ширину  $h$ . Под каким углом  $\alpha$  к направлению течения он должен плыть, чтобы переправиться на противоположный берег в кратчайшее время? Где он в этом случае окажется, и какой путь  $s$  пройдёт, если скорость течения реки равна  $u$ , а скорость пловца относительно воды равна  $v$ ?

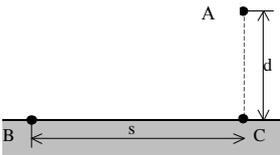


Рис. 35

157. Человек находится на берегу озера в точке  $A$  и хочет в кратчайшее время попасть в точку  $B$ , находящуюся на озере (рис. 35). Скорость движения человека в воде  $v_1$ , а по берегу  $v_2$ . По какой траектории следует двигаться человеку, если  $v_1 < v_2$ .

158. Две прямые дороги пересекаются под углом  $\alpha = 60^\circ$ . От перекрёстка по ним удаляются машины: одна со скоростью  $v_1 = 60$  км/ч, другая со скоростью  $v_2 = 80$  км/ч. Определить скорости, с которыми одна машина удаляется от другой. Перекрёсток машины прошли одновременно.

159. Тело 1 начинает двигаться из точки  $A$  по направлению к точке  $B$  со скоростью  $v_1$ ; одновременно тело 2 начинает двигаться из точки  $B$  по направлению к точке  $C$  со скоростью  $v_2$  (рис. 36). Расстояние  $AB = L$ . Острый угол  $ABC = \alpha$ . В какой момент времени расстояние между телами 1 и 2 будет минимальным, и каково это расстояние?

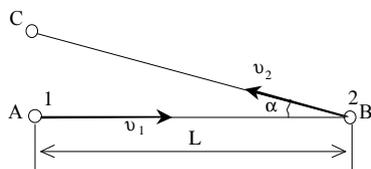


Рис. 33

160. Два тела падают с одной и той же высоты  $H$ . На пути второго тела находится расположенная под углом  $45^\circ$  к горизонту площадка, с которой это тело упруго сталкивается. Как различаются времена и конечные скорости падения тел? На какой высоте надо разместить площадку, чтоб второе тело упало как можно позже?

161. С высоты  $H$  на наклонную плоскость, образующую угол  $\alpha$  с горизонтом падает мяч. Найти расстояние между местами 1-го и 2-го, 2-го и 3-го, ...,  $n$ -го и  $(n+1)$ -го ударов мяча о плоскость. Удары считайте упругими.

162. С башни высотой  $h = 30$  м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью  $v_0 = 10$  м/с. Определите: 1) уравнение траектории тела  $y(x)$ ; 2) скорость тела  $v$  в момент падения на землю; 3) угол  $\beta$ , который образует эта скорость с горизонтом в точке его падения.

163. Тело брошено горизонтально. Через время  $t = 5$  с после броска направления полной скорости и полного ускорения составили угол  $\beta = 45^\circ$ . Найти полную скорость тела  $v$  в этот момент. Считать ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

164. Тело брошено под углом к горизонту. Оказалось, что максимальная высота подъёма  $h = s/4$  ( $s$  – дальность полёта). Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите угол броска к горизонту.

165. Тело брошено с земли под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ . Построить график зависимости вертикальной проекции  $v_y$  от времени  $t$ ; координаты  $y$  (высоты); координаты  $x$  (расстояния по горизонтали от места бросания).

166. Мотоциклист въезжает на высокий берег рва, параметры которого указаны на рис. 37. Какую минимальную скорость должен иметь мотоциклист в момент отрыва от берега, чтобы перескочить через ров?

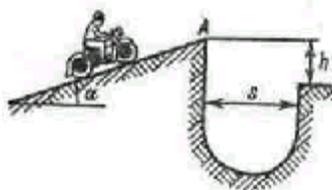


Рис. 37

167. Бомбардировщик пикирует по прямой под углом  $\alpha$  к горизонту. Если пилот хочет сбросить бомбу на высоте  $H$  и попасть точно в цель, то на каком расстоянии по горизонтали от цели он должен это сделать? Скорость бомбардировщика  $v$ . Сопротивление воздуха не учитывать.

168. Из миномета ведут обстрел объекта, расположенного на склоне горы. На каком расстоянии будут падать мины, если начальная скорость их  $v_0$ , угол  $\gamma$  осно-

вания  $\alpha = 30^\circ$  и угол, под которым направлен ствол миномета,  $\beta = 60^\circ$  по отношению к горизонту.

169. На наклонную плоскость падает упругий шарик с высоты 0,5 м. Сколько раз шарик ударится о наклонную плоскость, если ее длина равна 32 м, а угол наклона плоскости  $30^\circ$ ? После удара величина скорости не изменяется.

170. Четыре черепахи находятся в углах квадрата со стороной  $a$  и начинают двигаться одновременно с одинаковой по модулю скоростью  $v$ . При этом первая черепаха всё время держит курс на вторую, вторая – на третью, третья – на четвертую, четвертая на первую. Через какое время  $t$  черепахи встретятся? Ответьте на этот же вопрос для трёх черепах, находящихся первоначально в углах равнобедренного треугольника со стороной  $a$ .

171. Заяц бежал с постоянной скоростью по прямой тропинке вдоль поля, а на поле, на расстоянии  $L$  от тропинки, сидела лиса. Она увидела зайца, когда он находился в ближайшей к ней точке тропинки, и тут же пустилась в погоню. Лиса бежала с той же по величине скоростью, что и заяц, и всегда «держала курс» на зайца. Через некоторое время расстояние между лисой и зайцем практически перестало меняться. Каким стало это расстояние? Через какое время лиса догонит зайца, если скорость лисы  $u$  превышает скорость зайца  $v$ ?

172. Муха заметила на столе каплю мёда, пролетая точно над ней горизонтально со скоростью  $v_0$  на высоте  $H$ . Как надо двигаться мухе, чтоб как можно быстрее добраться до мёда? Сколько времени для этого понадобится? Считайте, что муха способна развивать в любом направлении ускорение  $a$ .

173. По наклонной плоскости одновременно начали двигаться два тела: одно – вверх с начальной скоростью  $v_0 = 0,5$  м/с, другое – вниз без начальной скорости. Через какое время  $t$  тела встретятся, и какой будет их относительная скорость в месте встречи, если первоначальное расстояние между телами  $L = 2,5$  м?

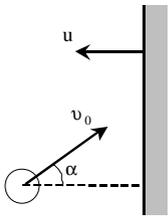


Рис. 38

174. Гладкая вертикальная плита движется горизонтально со скоростью  $u$ . Летящий в горизонтальной плоскости со скоростью  $v_0$  шарик соударяется с плитой. Направление полёта шарика составляет угол  $\alpha$  с перпендикуляром к плите (рис. 38). Найти скорость шарика после соударения с плитой. Плита, обладая очень большой массой, не изменяет своей скорости в результате соударения с шариком. Считать соударение абсолютно упругим. Силой тяжести пренебречь.

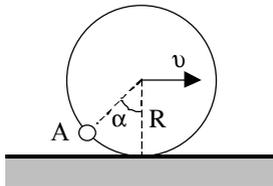


Рис. 39

175. Шарик свободно падает по вертикали на наклонную плоскость. Пролетев расстояние  $h = 1$  м, он упруго отражается и второй раз падает на ту же плоскость. Найти расстояние  $S$  между первым и вторым ударами шарика о плоскость, если последняя составляет с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ .

176. С колеса автомобиля, движущегося с постоянной скоростью  $v$ , слетают комки грязи. Радиус колеса равен  $R$ . На какую высоту  $h$  над дорогой будет отбрасываться грязь, оторвавшаяся от точки  $A$  колеса, указанной на рис. 39? Изменится ли высота  $h$ , если колесо будет катиться с пробуксовкой?

177. С какой скоростью  $v$  должен ехать автомобиль, чтоб сорвавшийся с его колеса в т.  $A$  камень (рис. 40) попал в ту же точку колеса, от которой оторвался? Радиус колеса  $R$ .

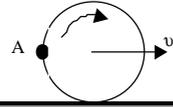


Рис. 40

178. Две параллельные рейки движутся в одну сторону с постоянными скоростями  $v_1 = 6$  м/с и  $v_2 = 4$  м/с. Между рейками зажат диск радиусом  $R = 0,5$  м, катящийся по рейкам без проскальзывания. Найти скорость центра диска и угловую скорость вращения.

179. Колесо катится по горизонтальной поверхности со скоростью  $u$  без проскальзывания (рис. 41). Определить скорости точек  $A, B, C$  обода.

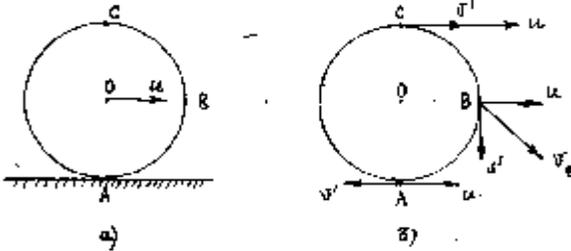


Рис. 33

180. Мяч свободно падает с высоты  $h = 120$  м на горизонтальную плоскость. При каждом отскоке скорость его уменьшается в  $n = 2$  раза. Построить график зависимости скорости от времени и найти пройденный мячом путь от начала движения до остановки.

181. Шарик массой  $m = 20$  г падает со скоростью  $v_1 = 5$  м/с на стальную плиту и отскакивает от нее в прямо противоположном направлении со скоростью  $v_2 = 4$  м/с. Определить модуль изменения импульса шарика и модуль средней силы, действующей на шарик во время удара, если соударение длилось  $\tau = 10^{-2}$  с.

182. Самолет снижается под углом  $\alpha < 0$  к горизонту со скоростью  $u_1$ . Движущаяся цель удаляется от него по Земле со скоростью  $u_2$ . Скорости  $u_1$  и  $u_2$  лежат в одной плоскости. На каком расстоянии по горизонтали от цели самолет, находясь на высоте  $H$ , должен бросить бомбу, чтобы поразить цель? Сопротивление воздуха не учитывать.

183. Тело бросают с высоты  $H = 4$  м под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту так, что к поверхности Земли оно подлетает под углом  $\beta = 60^\circ$ . Какое расстояние по горизонтали пролетит тело? Сопротивление воздуха не учитывать.

184. Из двух портов  $A$  и  $B$ , расстояние между которыми равно  $l$ , одновременно выходят два катера, один из которых плывет со скоростью  $v_1$ , а другой – со скоростью  $v_2$ . Направление движения первого катера составляет угол  $\alpha$ , а второго – угол  $\beta$  с линией  $AB$  (рис. 42). Каким будет наименьшее расстояние между катерами?

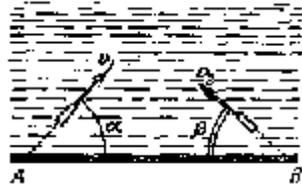


Рис. 42

185. За лисой, бегущей прямолинейно и равномерно со скоростью  $v_1$ , гонится собака, скорость которой  $v_2$  постоянна по абсолютной величине и направлена все время на лису. В момент, когда скорости  $v_1$  и  $v_2$  оказались взаимно перпендикулярными, расстояние между лисой и собакой было равно  $l$ . Каково было ускорение собаки в этот момент?

186. Космонавты, находясь вблизи одной из звезд некоторого звездного скопления, видят, что все другие звезды скопления удаляются от них со скоростями, пропорциональными расстояниям до этих звезд. Какую картину движения звезд увидят космонавты, оказавшись вблизи какой-нибудь другой из звезд этого скопления? Докажите свой ответ.

187. Плот массой  $m_1$  скользит по поверхности воды со скоростью  $u_1$ . На плот с берега прыгает человек массой  $m_2$ . Скорость человека перпендикулярна скорости плота и равна  $u_2$ . Определить скорость плота с человеком. Силами сопротивления воды пренебречь.

188. Два тела одновременно начинают движение из точки, удаленной на 1 м от стенки: первое – от стенки под углом  $30^\circ$  к ней, второе – к стенке под углом падения  $30^\circ$  и после упругого отражения сталкивается с первым. Какой путь пройдет первое тело до удара со вторым, если его скорость в  $\sqrt{3}$  раза меньше скорости второго тела?

189. Тело массой 5 кг лежит на полу лифта, поднимающегося вверх. Ускорение лифта  $a = 2 \text{ м/с}^2$ . Определить силу давления тела на пол лифта  $P$  (вес тела).

190. Груз массой 50 кг равноускоренно поднимают с помощью каната вертикально вверх в течение 2 с на высоту 10 м. Определить силу натяжения каната.

191. Клетка подъемника массой 5000 кг обслуживает шахту глубиной 900 м. Когда клетка находится на дне шахты, на нее начинает действовать вертикально вверх сила тяги 60 кН. Через 150 м после начала подъема сила тяги изменяется так, что на протяжении следующих 600 м движение клетки становится равномерным. Наконец, сила тяги изменяется еще раз так, что клетка останавливается, достигнув вершины шахты. Силу трения считать постоянной и равной 5 кН. Рассмотреть движение, клетки на этих участках и определить полную продолжительность подъема.

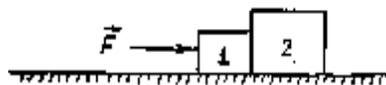


Рис. 43

192. Два бруска с массами  $m_1$  и  $m_2$  движутся по гладкой поверхности под действием силы  $F$ , приложенной к бруску 1. Определить силу, действующую на брусок 2 (рис. 43)

193. Два тела массой  $m_1 = 3 \text{ кг}$  и  $m_2 = 6 \text{ кг}$  лежат на абсолютно гладком столе. Тела связаны невесомым шнуром, который разрывается, если к телу с меньшей массой приложить силу  $F_1 = 240 \text{ Н}$ . Какую минимальную силу  $F_2$  надо приложить к телу с большей массой, чтобы разорвать шнур?

194. Два груза массами  $M_1$  и  $M_2$  связанные шнуром, лежат на горизонтальной поверхности. Шнур выдерживает силу натяжения  $T$ . Коэффициент трения между каждым из грузов и поверхностью равен  $\mu$ . С какой постоянной силой  $F$  можно тянуть первый груз параллельно шнуру, чтоб шнур не порвался?

195. Брусок массой 2 кг скользит по горизонтальной поверхности под действием груза массой 0,5 кг, прикрепленного к концу нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный блок. Коэффициент трения бруска о поверхность 0,1. Найти ускорение движения тела и силу натяжения нити. Массами блока и нити, а также трением в блоке пренебречь.

196. В показанной на рис. 44 системе значения  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m$  и  $\alpha$  произвольны. Грузы отпускают без начальной скорости. Найти ускорение данной системы грузов.

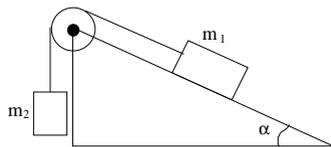


Рис. 44

197. От поезда, идущего по горизонтальному участку пути с постоянной скоростью  $v_0$ , отцепилась 1/3 состава. Через некоторое время скорость отцепившихся вагонов уменьшилась в 2 раза. Считая, что сила тяги при разрыве состава не изменилась, определить скорость головной части поезда в этот момент. Сила трения пропорциональна силе тяжести и не зависит от скорости.

198. На горизонтальном участке дороги от равномерно движущегося поезда массой  $M = 1000$  т оторвался последний вагон массой  $m = 40$  т, проехал расстояние  $s_B = 200$  м и остановился. Какое расстояние  $s_T$  проехал поезд за время торможения вагона? Решите задачу в двух случаях: 1) неизменной осталась скорость поезда; 2) неизменной осталась сила тяги локомотива. В обоих случаях считайте, что сила сопротивления пропорциональна массе.

199. По наклонной плоскости, образующей угол  $\alpha$  с горизонтом, скользит без трения сосуд с водой. Найдите форму поверхности воды в сосуде.

200. Кирпич массой  $m$  лежит на горизонтальном столе. Коэффициент трения между кирпичом и столом равен  $\mu$ . К кирпичу приложена горизонтальная сила  $F$ . 1) Выразите аналитически и графически зависимость силы  $F_{тр}$  трения и ускорения кирпича  $a$  от величины силы  $F$ . 2) Сделайте то же самое для случая, когда  $F$  направлена под углом  $\alpha$  к плоскости стола (учитывая случаи  $\alpha > 0$  и  $\alpha < 0$ ).

201. С какой силой  $F$  надо тянуть веревку, привязанную к ящику массой  $m = 40$  кг, чтобы ящик двигался по горизонтальной поверхности равномерно? Коэффициент трения  $\mu = 0,27$ , веревка образует угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом.

202. Груз массой  $m$  необходимо равномерно перемещать по горизонтальной плоскости. Какую минимальную силу  $F_{min}$  нужно для этого приложить и под каким углом  $\alpha$  к плоскости следует ее направить? Коэффициент трения равен  $\mu$ .

203. К телу массой  $m = 4$  кг, лежащему на горизонтальной шероховатой плоскости, приложена сила ( $F < mg$ ), направленная под углом  $\alpha$  к горизонту. Коэффициент трения между телом и плоскостью  $k = 0,2$ . а) Какое ускорение  $a$  сообщит телу эта сила, если  $F = 19,6$  Н,  $\alpha = 30^\circ$ . б) При какой величине силы движение будет равномерным? в) При какой минимальной величине силы движение будет равномерным?

204. К покоящемуся на горизонтальной поверхности телу приложена равномерно возрастающая сила, направленная под углом  $30^\circ$  к горизонту. Определить модуль ускорения тела в момент отрыва от поверхности.

205. На краю тележки длиной  $l$ , массой  $m_2$  лежит груз массой  $m_1$ . С какой минимальной силой  $F$  надо тянуть тележку по горизонтальной поверхности, чтобы

груз соскользнул за время  $\tau$ ? Коэффициент трения между тележкой и грузом  $k$ , трение между тележкой и плоскостью отсутствуют.

206. На доске массой  $M = 4$  кг лежит брусок массой  $m = 1$  кг. Длина доски  $l = 60$  см. Коэффициент трения между бруском и доской  $k = 0,2$ , между доской и столом  $k_2 = 0,1$ . Определить: 1) с какой максимальной силой  $F_{\max}$  можно тянуть доску, чтобы брусок не соскользнул с нее; 2) за какой промежуток времени брусок соскользнет с доски, если сила  $F = 35$  Н. Размеры бруска не учитывать.

207. На гладком горизонтальном столе лежит доска массой  $M = 2$  кг, на которой находится брусок массой  $m = 1$  кг. Тела соединены легкой нитью, перекинутой через блок, масса которого равна нулю. Какую силу  $F$  нужно приложить к доске, чтобы она начала двигаться от блока с постоянным ускорением  $a = 0,5g$ ? Коэффициент трения между телами  $k = 0,5$  (рис. 45). Трением между доской и столом пренебречь. Считать  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

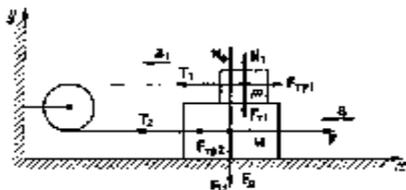


Рис. 45

208. Сани движутся по горизонтальной поверхности со скоростью 10 м/с. Коэффициент трения между полозьями саней и дорогой равен 0,1. Какой путь сани пройдут за 15 с?

209. Груз массой 30 кг придавливается к вертикальной стене силой  $F_d = 100$  Н. Чему должна быть равна сила тяги  $F$ , чтобы груз равномерно двигался вертикально вверх? Определить значение минимальной силы  $F$ , которой можно удержать тело в покое. Коэффициент трения  $k = 0,2$ . Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

210. Угол  $\alpha$  наклонной плоскости с горизонтальною постепенно увеличивают от 0 до 90°. На плоскости находится ящик массой  $m$ . Постройте график зависимости силы трения  $F_{\text{тр}}$  от угла  $\alpha$ . Чему равно максимальное значение силы трения  $F_{\max}$ ?

211. Санки толкнули вверх по ледяной горке, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом. Санки въехали на некоторую высоту и съехали обратно. Время спуска  $t_c$  в  $n = 1,2$  раза превышает время подъёма  $t_n$ . Чему равен коэффициент трения?

212. Наклонная плоскость составляет с горизонтом угол 30°. По ней начинает двигаться снизу вверх тело, которое за 2 с проходит расстояние 16 м, после чего соскальзывает вниз. Каков коэффициент скольжения между поверхностью и телом? Сколько времени длится соскальзывание тела?

213. Какую силу надо приложить для подъема вагонетки массой 600 кг по эстакаде с углом наклона 20°, если коэффициент сопротивления движению равен 0,05?

214. На ледяном склоне, составляющем угол  $\alpha$  с горизонтом, лежит доска массой  $M$ . Как должен бежать по этой доске человек массой  $m$ , чтобы доска оставалась в покое? При каком коэффициенте трения  $\mu$  между подошвами и доской это возможно? Трение между доской и льдом пренебрежимо мало.

215. Тело массой  $m = 0,1$  кг соскальзывает без трения по наклонной плоскости, переходящей в цилиндрическую поверхность радиусом  $R$ . Определить силы

давления тела на поверхность цилиндра  $F_A$  и  $F_B$  в точке А и В в случае, когда тело соскальзывает с высоты  $H = 3R$  (рис. 46).

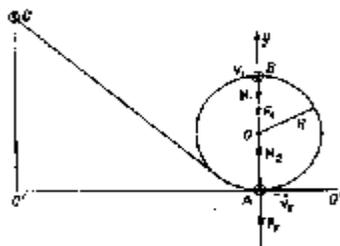


Рис. 46

216. На диск проигрывателя на расстоянии  $r$  от оси вращения положили монету массой  $m$ . Диск вращается с частотой  $n$ . Коэффициент трения между монетой и диском равен  $\mu$ . Найти зависимость силы трения, действующей на монету, от расстояния  $r$ .

217. Тело массой  $m$ , движущееся с ускорением  $a$ , прикреплено к двум соединенным последовательно пружинам жесткости  $k_1$  и  $k_2$ . Каково суммарное удлинение пружин  $x_1 + x_2$ ? (Колебаний нет, массами пружин пренебречь). Коэффициент трения  $k_{\text{тр}}$  (рис. 47).

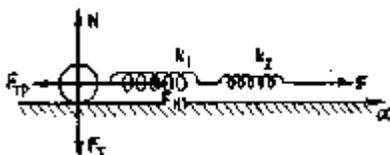


Рис. 47

218. Какой должна быть скорость мотоциклиста, чтобы он мог ездить внутри поверхности вертикального цилиндра по горизонтальному кругу, если при движении по горизонтальной поверхности при том же коэффициенте трения скольжения и скорости  $18 \text{ км/ч}$  минимальный радиус поворота составляет  $4,5 \text{ м}$ ? Радиус вертикального цилиндра  $8 \text{ м}$ .

219. Для подготовки летчиков-космонавтов к перегрузкам применяют специальные центрифуги. При какой частоте вращения центрифуги радиуса  $R = 5 \text{ м}$  спинка сиденья давит на летчика с такой же силой, которая возникает при ускорении ракеты  $a = 3g$ ?

220. Найти максимальную разность между силами натяжения нити при вращении в вертикальной плоскости шарика массой  $m$  на невесомой нити.

221. На нить длиной  $l$  подвесили груз. Какую минимальную горизонтальную скорость надо ему сообщить, чтобы он сделал полный оборот? Ответить на тот же вопрос в случае, если шарик закреплен на невесомом стержне (рис. 48).

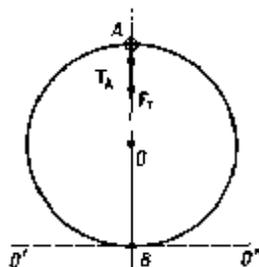


Рис. 48

222. Ведро с водой вращают в вертикальной плоскости на веревке длиной  $0,5 \text{ м}$ . С какой наименьшей скоростью нужно его вращать, чтобы при прохождении через верхнюю точку удержать воду в ведре?

223. Бусинка массой  $m$  продета сквозь проволочное кольцо, поставленное вертикально, и находится в его верхней точке. Найти зависимость величины давления  $N$  бусинки на кольцо при ее соскальзывании от угла  $\alpha$  между вертикалью и радиусом, проведенным через бусинку. Трением пренебречь.

224. На вираже лётчик поворачивает корпус самолёта вокруг направления движения на угол  $\alpha = 10^\circ$ . Скорость полёта  $v = 360$  км/ч. Найдите радиус поворота  $R$ .

225. На вертикальной оси электродвигателя укреплен отвес – маленький шарик на нити длиной  $L = 12,5$  см. При медленном вращении двигателя нить остаётся вертикальной, а при быстром вращении шарик движется как канонический маятник. При какой частоте  $n_1$  вращения двигателя нить начинает отклоняться от вертикали? Чему равен угол её отклонения  $j_2$  при частоте вращения  $n_2 = 3c^{-1}$ ?

226. Металлическая замкнутая цепочка длиной  $L = 62,8$  см насажена на диск. Диск раскручивают с помощью электродвигателя. Когда частота вращения диска достигает  $n = 60$  с<sup>-1</sup>, цепочка соскальзывает с диска. Она ведёт себя как жёсткий обруч: может, например, катиться по столу, пока вращение не замедлится. Какова сила натяжения  $T$  цепочки в тот момент, когда она соскакивает с диска? Масса цепочки  $m = 40$  г.

227. Определить центростремительное ускорение точек земной поверхности на экваторе, на широте  $45^\circ$  и на полюсе, вызванное вращением Земли.

228. Два одинаковых поезда массой 1000 т каждый движутся по экватору навстречу друг другу со скоростями 30 м/с. Насколько отличаются силы, с которыми они давят на рельсы?

229. Определить вес тела массой  $m = 1$  кг на географической широте  $\varphi$ . Рассмотреть случаи, когда тело находится на полюсе и на экваторе.

230. Найти скорость, которую будет иметь спутник Земли на круговой орбите, находящейся на высоте 1600 км над поверхностью Земли. Радиус Земли 6400 км, ускорение свободного падения у поверхности Земли 9,8 м/с<sup>2</sup>.

231. Во сколько раз период обращения искусственного спутника, совершающего движение по круговой орбите на высоте  $h$  над поверхностью Земли (радиус Земли  $R$ ), превышает период спутника, обращающегося в непосредственной близости от её поверхности ( $h \gg 0$ )?

232. Космонавты, оказавшись на малой планете (астероиде), провели необычное «взвешивание»: груз и гири подвешивали к равноплечным рычажным весам с помощью очень лёгких нитей различной длины. Оказалось, что при разности длин нитей  $h = 10$  м ошибка взвешивания составила 1 %. Найдите по этим данным радиус  $R$  астероида. Вращением астероида вокруг своей оси можно пренебречь.

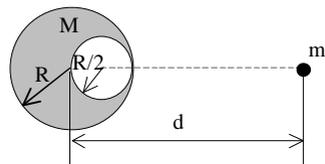


Рис. 49

233. Найдите силу притяжения маленького шарика массой  $m$  и большого однородного шара массой  $M$ , в котором имеется сферическая полость (рис. 49).

234. Вычислить ускорение свободного падения тела, находящегося на расстоянии 100 км от поверхности Земли.

235. Спутник движется по круговой орбите в плоскости экватора на высоте, равной радиусу Земли. С какой скоростью должен перемещаться наземный наблюдатель, чтобы спутник появлялся над ним каждые 5 ч? Разобрать случаи, когда направления движения спутника и вращения Земли совпадают и когда противоположны.

236. Чтобы установить постоянную радиосвязь через искусственный спутник Земли, удобно, чтобы он всё время «висел» над одной и той же точкой земной поверхности. Найдите радиус орбиты  $r$  такого спутника, его скорость  $v$  и период обращения  $T$ . В какой плоскости должна лежать траектория полёта?

237. Подлетев к неизвестной планете, космонавты придали своему кораблю горизонтальную скорость 11 км/с. Эта скорость обеспечила полет корабля по круговой орбите радиусом 9100 км. Каково ускорение свободного падения у поверхности планеты, если ее радиус 8900 км?

238. Представьте себе планету, внутри которой находится пустота в форме сферической оболочки постоянной толщины. Если бы обитатели планеты жили на её внутренней поверхности, то они перелетали бы из одного места в другое, просто чуть-чуть подпрыгнув: внутри планеты просто не ощущалась бы сила тяжести. Объясните это явление.

239. На экваторе некоторой планеты тело весит вдвое меньше, чем на полюсе. Плотность вещества этой планеты  $3 \text{ г/см}^3$ . Определите период вращения планеты вокруг своей оси.

240. На экваторе воображаемой планеты тела весят вдвое меньше, чем на полюсе. Определите среднюю плотность вещества планеты, если период ее вращения вокруг оси  $T = 1 \text{ ч } 27,5 \text{ мин}$ .

241. Известно, что при подъёме тела с поверхности Земли сила  $F$  его притяжения к Земле уменьшается. А как изменяется эта сила при погружении тела в шахту, доходящую до центра Земли? Постройте график зависимости  $F(r)$  для тела массой  $m$ , где  $r$  – расстояние от тела до центра Земли. Считайте Землю однородным шаром.

242. Струя сечением  $S = 6 \text{ см}^2$  ударяет из брандспойта в стенку под углом  $\alpha = 60^\circ$  к нормали и под тем же углом упруго отражается от неё. Скорость струи  $v = 15 \text{ м/с}$ . С какой силой струя давит на стену?

243. Тело массой 0,2 кг падает с высоты 1 м с ускорением  $8 \text{ м/с}^2$ . Найти изменение импульса тела.

244. Космический корабль массой  $10^6 \text{ кг}$  начинает подниматься вертикально вверх. Сила тяги его двигателей  $2,94 \cdot 10^7 \text{ Н}$ . Определить ускорение корабля и вес тела, находящегося в нем, если на Земле на тело действует сила тяжести  $5,88 \cdot 10^2 \text{ Н}$ .

245. Ракета массой 100 т начинает вертикальный подъем с поверхности Земли, выбрасывая за 0,1 с 150 кг продуктов сгорания топлива со скоростью 2000 м/с. Найти модуль ускорения ракеты в момент старта.

246. Ракета влетает в пылевое облако со скоростью  $v$  относительно облака. Пылинки оказались липкими: они соударялись с ракетой неупруго. Чтобы скорость движения не изменялась, пришлось включить двигатель, развивающий силу тяги  $F$ . Какая нужна была бы сила тяги для сохранения скорости, если бы: а) ракета влетела в то же облако со скоростью  $2v$ ; б) влетела со скоростью  $v$  в другое облако, где концентрация частиц (то есть число частиц в единице объема) в три раза больше?

247. Космический корабль, имеющий среднее лобовое сечение  $S = 5 \text{ м}^2$  и скорость  $u = 10 \text{ км/с}$ , попадает в облако микрометеоров, плотность которых  $2 \cdot 10^{-9} \text{ кг/м}^3$ . Приближенно будем считать соударения микрометеоров с кораблем абсолютно неупругими. Определить, какая тормозящая сила действует на корабль за счет столкновения с облаком.

248. По длинному склону, образующему угол  $\alpha$  с горизонтом, съезжает тележка, на которой установлен бак с водой. Через отверстие площадью  $S$  в задней стенке бака вытекает струя воды со скоростью  $v$  относительно бака. Поверхность воды в баке установилась параллельно склону. Найдите коэффициент сопротивления движению  $m$ . Масса тележки с баком  $M$ , за время спуска вытекает лишь небольшая часть воды.

249. Плот массой  $m_1$  скользит по поверхности воды со скоростью  $u_1$ . На плот с берега прыгает человек массой  $m_2$ . Скорость человека перпендикулярна скорости плота и равна  $u_2$ . Определить скорость плота с человеком. Силами сопротивления воды пренебречь.

250. Баржа плывёт по реке со скоростью  $v$ . Когда она проплывает под мостом, на неё плавно опускают ящик массой  $m$ . Ящик скользит по барже, оставив след длиной  $L$ . Найти полную работу  $A$  сил трения: а) в системе отсчёта, связанной с баржей; б) в системе отсчёта, связанной с Землёй. Коэффициент трения между ящиком и баржей  $\mu$ .

251. Бассейн площадью  $S = 100 \text{ м}^2$  заполнен водой до уровня  $h = 2 \text{ м}$  и разделён пополам подвижной вертикальной перегородкой. Перегородку медленно передвинули так, что она разделила площадь бассейна в соотношении  $1 : 3$ . Какую работу при этом пришлось совершить? Вода не проникла через перегородку и не переливалась через край бассейна.

252. Прямоугольная яма, площадь основания которой  $S$  и глубина  $h$ , наполовину заполнена водой. Насос выкачивает воду и подает ее на поверхность земли через цилиндрическую трубу радиусом  $R$ . Какую работу совершил насос, если он выкачал всю воду за время  $t$ ?

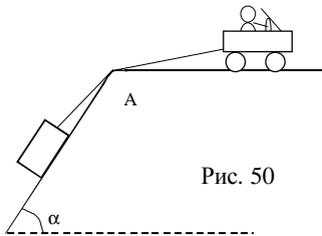


Рис. 50

253. Ящик вытаскивают на возвышенность (рис. 50). Скорость движения не изменилась и после того, как ящик прошёл край склона (точку  $A$ ). Каков коэффициент трения между ящиком и землёй? Мощность двигателя всё время оставалась неизменной. Склон образует угол  $\alpha = 45^\circ$  с горизонтом. Трением между дорогой и тросом можно пренебречь.

254. Автомобиль движется вверх по пологому склону со скоростью  $v_1 = 6 \text{ м/с}$  и спускается по той же дороге со скоростью  $v_2 = 9 \text{ м/с}$ . С какой скоростью  $v$  будет ехать этот автомобиль по горизонтальному участку этой же дороги? Мощность двигателя на всех трёх участках одинакова. Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

255. Шлифовальный диск диаметром  $D = 30 \text{ см}$  вращается с частотой  $n = 120 \text{ об/мин}$ . Металлический брусок прижимают к цилиндрической поверхности диска с силой  $F = 100 \text{ Н}$ . Коэффициент трения между бруском и диском  $\mu = 0,2$ . Какую мощность  $N$  развивает двигатель, вращающий диск?

256. Обезьяна качалась на длинной тонкой лиане, причём максимальный угол отклонения лианы от вертикали был равен  $\alpha$ . Когда обезьяна находилась в нижней точке траектории, лиана случайно зацепилась серединой за сук. Каким будет теперь максимальный угол  $\beta$  отклонения лианы от вертикали, если  $\alpha \leq 60^\circ$ ? Что изменится, если  $60^\circ < \alpha < 90^\circ$ ?

257. Санки съезжают с горы, длина основания которой  $a = 5$  м, а высота  $H = 2$  м, и проезжают до остановки ещё  $s = 35$  м по горизонтальной площадке. Найти коэффициент трения, считая его одинаковым на всём пути. Переход склона горы в горизонтальную поверхность считать плавным.

258. На гладком горизонтальном столе лежит клин массой  $M$  и высотой  $h$ . Угол наклона поверхности клина к горизонту равен  $\alpha$ . С клина соскальзывает без трения небольшое тело массой  $m$ . Какую скорость  $v$  приобретает тело в конце спуска? Найти модуль и направление скорости.

259. Охотник, увидев на ветке птицу, выстрелил в неё и попал. Раненая птица упала на землю, но оказалось, что она лишь ранена. Второй раз охотник выстрелил в неподвижную птицу сверху вниз. Оказалось, что первая пуля вошла на  $s = 10$  см, а вторая – на  $Ds = 1$  мм глубже, чем первая. По этим данным охотник вычислил массу птицы. Масса пули  $m = 10$  г. При этом птица и земля достаточно твёрдые, а сила сопротивления  $F$ , действующая на пулю внутри птицы, постоянна.

260. Представьте, что внутри вагона, стоявшего на рельсах на кольцевом пути, взорвался порох и вагон разорвало на две различные части. Они понеслись по рельсам друг от друга, в некоторой точке столкнулись снова, и буфера растолкнули их. При втором же столкновении части вагона соединились друг с другом намертво, как будто взрыва не было! Какой путь прошла каждая из частей вагона до первого столкновения? От первого до второго? Массы частей вагона  $m_1$  и  $m_2$ , длина кольцевого пути  $L$ . Трением можно пренебречь.

261. С какой средней силой давит на плечо ручной пулемет при стрельбе, если масса пули  $m = 10$  г, ее скорость при вылете  $v = 800$  м/с и скорострельность пулемета  $n = 600$  выстрелов в минуту?

262. Атомное ядро летит со скоростью  $v$  и распадается на два одинаковых осколка. Каков максимально возможный угол  $\alpha$  между скоростью ядра и скоростью осколка, если известно, что при распаде покоящегося ядра каждый из осколков приобретает скорость  $u$ .

263. Снаряд, летевший в горизонтальном направлении со скоростью  $7,3$  м/с, разорвался на 2 осколка массами  $30$  кг и  $10$  кг. Первый осколок полетел под углом  $45^\circ$ , а второй – под углом  $120^\circ$  к направлению движения снаряда. Определить скорость второго осколка.

264. Абсолютно упругий удар – взаимодействие, в результате которого механическая энергия сохраняется. Найти скорости двух шаров  $u_1$  и  $u_2$  после прямого абсолютно упругого удара. Прямым ударом называется удар, при котором векторы скорости лежат на линии, соединяющей центры шаров. Массы шаров  $m_1$  и  $m_2$ , скорости удара  $v_1$  и  $v_2$  соответственно (рис. 51).

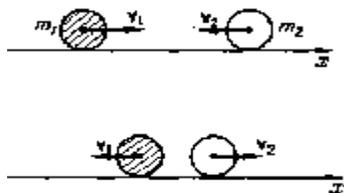


Рис. 51

265. Тело массой  $m_1 = 2$  кг движется по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью  $v_1 = 4$  м/с и нагоняет второе тело массой  $m_2 = 10$  кг, движущееся со скоростью  $v_2 = 1$  м/с. Найти скорости тел после столкновения, если удар был: 1) абсо-

лютно неупругим; 2) абсолютно упругим. Тела движутся по одной прямой; удар центральный, т.е. скорости тел направлены вдоль линии, соединяющей их центры масс.

266. Когда бильярдный шар налетает на такой же неподвижный шар, эти шары всегда разлетаются под одним и тем же углом, если удар нецентральный. Каков этот угол? Столкновение бильярдных шаров можно считать упругим.

267. Два одинаковых гладких шара испытывают упругий нецентральный удар (скорости шаров не лежат на прямой, соединяющей их центры). Второй шар до столкновения покоился. Определить угол разлета шаров.

268. Тело массой  $m_1=0,60$  кг свободно падает с высоты  $H=11$  м и абсолютно неупруго сталкивается с телом массой  $m_2 = 0,40$  кг, брошенным с начальной скоростью  $V_0 = 16$  м/с под углом  $\alpha=60^\circ$  к горизонту. Удар происходит в момент, когда тело  $m_2$  находится в верхней точке траектории. Определить направление и величину скорости тел после удара.

269. Шар массой  $m_1$  налетает на неподвижный шар массой  $m_2$ . Происходит лобовое упругое соударение. Как зависит доля  $a$  переданной при соударении энергии от соотношения масс шаров  $k=m_1/m_2$ ? Постройте график зависимости  $a(k)$ .

270. Тело массой  $m_1$  ударяется абсолютно неупруго о тело массой  $m_2$ . Найти долю  $q$  потерянной при этом кинетической энергии, если тело массой  $m_2$  до удара было в покое.

271. На гладкой горизонтальной поверхности на некотором расстоянии от вертикальной стенки находится шар массой  $M$ . Второй шар массой  $m$  движется от стенки к первому шару. Между шарами происходит центральный упругий удар. При каком соотношении масс  $M$  и  $m$  второй шар после удара достигнет стенки и, упруго отразившись от нее, догонит первый шар? Оба шара находятся на одном перпендикуляре к стенке.

272. Какая часть кинетической энергии перейдет в теплоту при неупругом столкновении двух одинаковых тел, движущихся до удара с равными по модулю скоростями под прямым углом друг к другу?

273. Докажите, что при соударении двух тел *изменение* их суммарной кинетической энергии не зависит от того, в какой системе отсчета рассматривается процесс.

274. Два железнодорожных вагона с массами  $m_1$  и  $m_2$  медленно движутся в одном направлении со скоростями  $v_1$  и  $v_2$ . Вагоны сталкиваются, и пружины буферов расталкивают их так, что удар можно считать упругим. Какова максимальная энергия  $W$  упругой деформации пружин?

275. Барон Мюнхаузен в полёте пересел с одного пушечного ядра на другое, встречное. Насколько изменяется суммарная кинетическая энергия его тела и ядер при такой пересадке? Рассмотрите два случая: 1) неизменной остаётся скорость оставленного бароном ядра; 2) неизменной остаётся скорость ядра, на котором он пересел. Ядра имеют одинаковую по модулю скорость  $v_0=1000$  м/с и массу  $M = 100$  кг; масса Мюнхаузена  $m = 80$  кг.

276. Пуля, летящая со скоростью 400 м/с, попадает в вал и проходит до остановки 0,5 м. Определить силу сопротивления вала движению пули, если ее масса 24 г.

277. Груз массой 2 кг, падающий с высоты 5 м, проникает в мягкий грунт на глубину 5 см. Определить среднюю силу сопротивления грунта.

278. Груз массой 5 кг падает с некоторой высоты и достигает поверхности земли за 2,5 с. Найти работу, совершенную грузом.

279. Баба копра массой 400 кг падает на сваю массой 100 кг, вбитую в грунт. Определить среднюю силу сопротивления грунта, если известно, что при каждом ударе свая погружается в грунт на 5 см, а высота поднятия копра 1,5 м. Удар неупругий.

280. От удара груза массой  $M = 50$  кг, падающего свободно с высоты 4 м, свая массой  $m = 150$  кг погружается в грунт на 10 см. Определить силу сопротивления грунта, считая ее постоянной, а удар абсолютно неупругим.

281. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 10 м/с. На какой высоте кинетическая энергия тела будет равна потенциальной энергии? Отсчет потенциальной энергии тела в поле тяготения производится от точки бросания. Сопротивлением воздуха пренебречь.

282. Какую работу совершает человек при подъеме тела массой 2 кг на высоту 1 м с ускорением 3 м/с<sup>2</sup>?

283. Бревно диаметром 60 см и длиной 2 м медленно ставят вертикально. Плотность древесины  $\rho = 0,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Какая работа при этом совершена внешними силами?

284. Мощность двигателя подъемного крана  $P = 4,4$  кВт. Какой груз можно поднять при помощи этого крана на высоту 12 м в течение 5 мин, если подъем груза совершается равноускоренно? КПД двигателя  $\eta = 80\%$  (рис. 52).

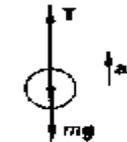


Рис. 52

285. На горизонтальном участке пути локомотив развивает постоянную силу тяги  $F = 3,5 \cdot 10^5$  Н. На участке пути длиной  $l = 600$  м скорость поезда возрастает с  $v_1 = 10$  м/с до  $v_2 = 20$  м/с. Определить коэффициент трения, если масса поезда  $m = 10^6$  кг.

286. Какую работу совершает автомобиль «Жигули» массой 1,3 т после трогания с места на первые 75 м пути, если это расстояние автомобиль проходит за 10 с, а коэффициент сопротивления движению равен 0,05?

287. Мальчик стоит неподвижно на льду рядом с санками. Масса мальчика  $M$ , масса санок  $m$ . Мальчик толкает санки и сообщает им скорость  $v$ , а сам движется в противоположном направлении. Какую работу совершил мальчик?

288. Груз массой 0,5 кг падает с некоторой высоты на плиту массой 1 кг, укрепленную на пружине жесткостью  $k = 9,8 \cdot 10^2$  Н/м. Определить наибольшее сжатие пружины, если в момент удара груз обладал скоростью 5 м/с. Удар неупругий.

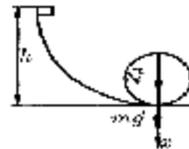


Рис. 53

289. Тело скользит вниз по наклонному скату, переходящему в вертикальную петлю радиусом 40 см (рис. 53). Какова должна быть высота ската  $h$ , чтобы тело не оторвалось в верхней точке петли? Трением пренебречь.

290. Лифт массой  $m = 10^3$  кг поднимается на высоту  $h = 9$  м за время 3 с. Сравнить работу по подъему лифта в двух случаях: 1) лифт поднимается равномерно; 2) лифт поднимается равноускоренно, начальная скорость равна нулю.

291. Пуля массой  $m = 10$  г, летящая со скоростью  $v = 800$  м/с, попадает в дерево и углубляется на  $s = 10$  см. Найти силу сопротивления дерева и время движения пули в дереве, считая это движение равнозамедленным.

292. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 500 м/с, пробивает доску толщиной 50 см и вылетает со скоростью 200 м/с. Определить среднюю силу сопротивления, которая действовала на пулю.

293. В маятник массой  $M$  ударяет пуля массой  $m$ , летящая горизонтально со скоростью  $v_1$ , и застревает в нем. На какую высоту  $h$  поднимается маятник? Какая часть механической энергии летящей пули превратится в механическую энергию маятника с пулей?

294. Пуля, летящая горизонтально, попадает в шар, подвешенный на легком жестком стержне, и застревает в нем. Масса пули в 1000 раз меньше массы шара. Расстояние от точки подвеса стержня до центра 1 м. Найти скорость пули, если известно, что стержень с шаром отклонился от удара пули на угол  $10^\circ$ .

295. Деревянный шар массой  $M$  лежит на тонкой подставке. Снизу в шар попадает пуля массой  $m$ , летящая вертикально вверх, и пробивает его. При этом шар подскакивает на высоту  $h$ . На какую высоту поднимается пуля над подставкой с шаром, если ее скорость перед ударом о шар была равна  $v$ ?

296. Летящая горизонтально со скоростью  $v = 400$  м/с пуля попадает в брусок и застревает в нем. Какое расстояние пройдет по горизонтальной поверхности этот брусок от толчка пули, если его масса  $n$  в 99 раз больше массы пули? Начальная скорость бруска равна нулю, а коэффициент трения между бруском и поверхностью  $\mu = 0,1$ .

297. Электровоз при движении со скоростью  $v = 72$  км/ч потребляет мощность  $N_3 = 600$  кВт. Определить силу тяги электровоза, если его коэффициент полезного действия  $\eta = 80\%$ .

298. Человек, находящийся в вагонетке, толкает другую вагонетку. Обе вагонетки приходят в движение и через некоторое время останавливаются вследствие трения. Определить отношение перемещений вагонеток до остановки, если масса первой вагонетки с человеком в три раза больше массы второй вагонетки.

299. Вертикальный невесомый стержень длиной  $l$  м подвешен одним концом к оси вращения. На другом конце и посередине стержня закреплены две равные точечные массы. Какую минимальную скорость нужно сообщить нижнему концу стержня, чтобы он отклонился в горизонтальное положение?

300. Концы однородного тонкого стержня находятся на гранях прямого двугранного угла. Одна из граней образует угол  $\alpha$  с горизонтальной плоскостью. Найти угол  $\varphi$  между стержнем и другой гранью в положении равновесия и силы реакции граней. Вес стержня  $P$ , поверхности граней абсолютно гладкие.

301. Лестница АВ весом  $P_0$  опирается в гладкую стену и опирается на горизонтальный шероховатый пол. Под каким наименьшим углом  $\alpha$  к полу надо поставить лестницу, чтобы по ней мог подняться до вершины человек, сила тяжести которого  $P$ ? Коэффициент трения скольжения лестницы о пол равен  $k$ .

302. Лестница прислонена к стенке. При каком минимальном угле наклона к полу она не будет падать? Коэффициент трения между лестницей и стеной  $k_1$  между лестницей и полом  $k_2$ .

303. При каком коэффициенте трения  $\mu$  заколоченный в бревно клин не выскакивает? Угол при вершине клина  $\alpha = 30^\circ$ .

304. На шероховатой горизонтальной плоскости лежат два кубика, имеющих равные массы  $m$ . Длина ребра первого кубика  $a_1 = a$ , а второго  $a_2 = 2a$ . Показать, что второй кубик более устойчив, чем первый.

305. Однородный шар с силой тяжести  $P$  лежит на двугранном угле  $\beta$ , одна грань которого образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$ . Определить величину сил реакций, действующих на шар.

306. Через блок перекинута нить, к концам которой подвешены грузы  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 2,1$  кг. Начальные скорости грузов равны нулю. Каково перемещение грузов за время  $t = 3$  с? Какова сила натяжения нити?

307. На концах нити, перекинутой через блок, подвешенный к потолку, закреплены два груза общей массой 30 кг. Грузы движутся относительно Земли с ускорением  $a = 0,3 * g$ , направленным для правого груза вниз. Найти массы обоих грузов. Массой блока и нити, а также трением в оси блока пренебречь.

308. К потолку лифта, движущегося с ускорением  $a = 2$  м/с<sup>2</sup>, направленным вверх, подвешен блок. Через блок перекинута нерастяжимая нить, к которой привязаны два груза массами  $m_1 = 6$  кг и  $m_2 = 4$  кг. Определить ускорения тел относительно блока и земли. Считать массу блока и нити равными нулю.

309. На концах нити, переброшенной через два неподвижных блока, висят два одинаковых груза (рис.54). К середине нити прикрепляют третий такой же груз. На какое расстояние  $h$  опустится этот груз после установления равновесия? Расстояние между блоками равно  $2l$ . Трение в осях блоков считать малым.

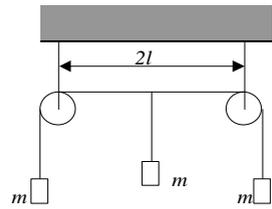


Рис. 54

310. К концам нити, переброшенной через два блока, подвесили грузы  $m_1$  и  $m_2$  (рис. 55). Какой груз  $m_3$  надо подвесить к нити между блоками, чтобы при равновесии угол  $\alpha$  был равен  $120^\circ$ ? Рассмотрите случаи: а)  $m_1 = m_2 = 4$  кг; б)  $m_1 = 3$  кг,  $m_2 = 5$  кг.

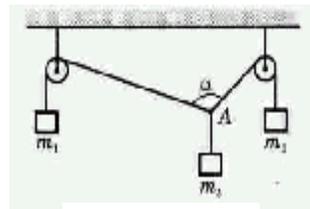


Рис. 55

311. К концам невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый неподвижный блок, подвешены два груза массой по 100 г каждый. На один из грузов положен перегрузок массой 10 г. Найти силу, с которой перегрузок давит на груз, а также силу давления на ось блока.

312. Два груза с массами  $m_1 = M$  и  $m_2 = M$  подвешены на нерастяжимой нити, перекинутой через блок. На один из них положен перегрузок массой  $m_3 = m$ . Определить ускорение системы, натяжение нити  $T$ , давление  $N$  перегрузка на груз  $M$ ,

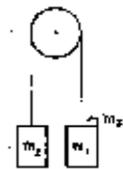


Рис. 56

давление  $P$  на ось блока (рис.56). Массы нити и блока считать исчезающе малыми.

313. С какой силой человек должен тянуть веревку, чтобы удержать себя и платформу, на которой он стоит, в равновесии (рис. 57)? Масса человека  $m_1 = 70$  кг, платформы –  $m_2 = 30$  кг, массой блоков и веревок пренебречь.

314. Маляр работает в подвесном кресле. С какой силой он должен тянуть за веревку, чтобы подниматься вверх с ускорением  $a$ ? Чему равны давление маляра на кресло и полная нагрузка на блок? Масса кресла  $m_2 = 24$  кг, масса маляра  $m_1 = 76$  кг ( $a = g/5$ ).

315. Груз массой  $m_2$  находится на наклонной плоскости (рис.58), образующей угол  $\alpha$  с горизонтом. Коэффициент трения равен  $\mu$ . На нити, привязанной к грузу и переброшенной через блок, подвешен груз массой  $m_1$ . При какой величине  $m_1$  система будет находиться в равновесии?

316. Цепочка массой  $m$  подвешена к потолку (рис.59). При каком угле  $\alpha$  сила натяжения цепочки в ее нижней точке равна весу цепочки? Чему будет равна при этом сила  $T$  натяжения в точке подвеса?

317. Балка массой  $m_1 = 600$  кг и длиной  $l_1 = 4$  м покоится на опорах  $A$  и  $B$ , расстояние между которыми  $l_2 = 1$  м. К свободному концу балки подвешен груз. Балка давит на опору  $B$  с силой  $F_B = 7350$  Н. Определить массу груза и силу, с которой балка давит на опору  $A$ .

318. Гладкий невесомый стержень  $AC$  длиной  $1$  м вставлен горизонтально с малым зазором по толщине на глубину  $AB = 0,2$  м в вертикальную стену (рис. 60). К концу  $C$  стержня подвешен груз весом  $P = 100$  Н. Найдите силы реакции стенки в точках –  $A$  и  $B$ .

319. Гладкий невесомый стержень  $AC$  длиной  $1$  м вставлен с малым зазором под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту в вертикальную стену (рис. 61). К концу  $C$  стержня подвешен груз весом  $P = 100$  Н. Каковы силы реакции боковых стенок отверстия в точках  $A$  и  $B$ ? С какой силой стержень сжат? Расстояние  $AB$  равно  $0,2$  м.

320. Лестница длиной  $4$  м приставлена к идеально гладкой стене под углом  $60^\circ$  к горизонту. Коэффициент трения между лестницей и полом  $0,33$ . На какое расстояние вдоль лестницы может подняться человек, прежде чем лестница начнет скользить? Массой лестницы пренебречь.

321. Для подъема тяжелого цилиндрического катка радиусом  $\sqrt{2}$  м на прямоугольную ступеньку пришлось приложить к его оси горизонтально направленные

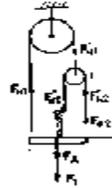


Рис. 57

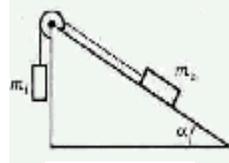


Рис. 58

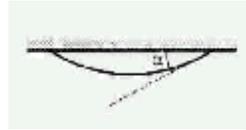


Рис. 59

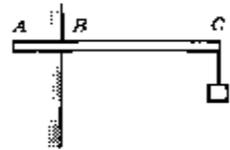


Рис. 60

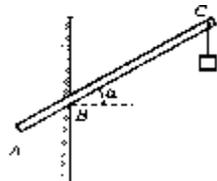


Рис. 61

ную силу, равную силе тяжести катка. Определить максимальную высоту ступеньки.

322. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы однородный куб, находящийся на горизонтальной плоскости, перевернуть с одной грани на соседнюю? Масса куба  $m = 100$  кг, длина его ребра  $l = 50$  см.

323. Тонкий однородный стержень укреплен на шарнире в точке  $A$  и удерживается в равновесии горизонтальной нитью (рис. 62). Масса стержня  $m = 1$  кг, угол его наклона к горизонту  $\alpha = 45^\circ$ . Найдите величину и направление силы  $N$  реакции шарнира.

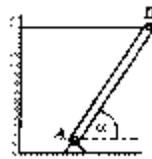


Рис. 62

324. Два невесомых стержня  $AB$  и  $BC$  соединены шарнирно между собой и с вертикальной стеной (рис. 63), угол между стержнями равен  $\alpha$ . К середине стержня  $AB$  подвешен груз массой  $m$ . Каковы силы  $F_A$  и  $F_B$  давления стержня  $AB$  на шарниры  $A$  и  $B$ ?

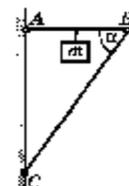


Рис. 63

325. Рычаг изогнут, как показано на рис. 64, причем  $AB = BC = CB$ . Ось рычага проходит через точку  $B$ . В точке  $A$  приложена сила  $F$  перпендикулярно  $AB$ . Какую наименьшую силу нужно приложить в точке  $B$ , чтобы рычаг находился в равновесии? Изменится ли ответ, если ось рычага будет проходить через точку  $C$ ? Массой рычага можно пренебречь.

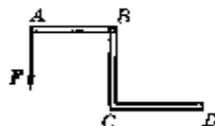


Рис. 64

326. На земле лежат вплотную друг к другу два одинаковых бревна цилиндрической формы. Сверху между ними кладут такое же бревно. При каком коэффициенте трения  $\mu$  между бревнами они не раскатятся? По земле бревна не скользят.

327. В лифте находится ведро с водой, в котором плавает мяч. Как изменится глубина погружения мяча, если лифт будет двигаться с ускорением  $a$ , направленным вверх? Вниз?

328. В бак с жидкостью опущена длинная трубка диаметром  $d$ , к которой снизу плотно прилегает диск толщиной  $h$  и диаметром  $D > d$ . Плотность материала диска  $\rho_1$  больше плотности жидкости  $\rho_2$ . Трубку медленно поднимают вверх. Определить, на каком уровне диск оторвется от трубки.

329. Пробковый поплавок массы  $m$ , привязанный нитью к камню, находится на глубине  $h$  под водой. Какое количество теплоты  $Q$  выделится после перерезания нити?

330. Какова должна быть высота цилиндрического сосуда радиусом 5 см, заполненного водой, чтобы сила давления воды на дно сосуда была равна силе ее давления на боковую поверхность?

331. Полый железный шар взвешивают в воздухе и керосине. Показания динамометра соответственно равны 2,6 Н и 2,2 Н. Определить объем внутренней полости шара. Выталкивающей силой воздуха пренебречь.

332. Рассчитать, как изменится потенциальная энергия погруженного в жидкость тела, если его поднять в жидкости на высоту  $h$ . Плотность жидкости  $\rho_1$ , плотность тела  $\rho_2$ , объем тела  $V$ .

333. К концу однородного стержня массой  $m = 4\text{ г}$  подвешен на нити алюминиевый шарик радиусом  $R = 0,5\text{ см}$ . Стержень кладут на край стакана с водой, добиваясь такого положения равновесия, при котором погруженной в воду оказывается половина шарика. Определить, в каком отношении делится длина стержня точкой опоры. Плотность алюминия  $\rho_1 = 2,7 \cdot 10^3\text{ кг/м}^3$ , плотность воды  $\rho_2 = 10^3\text{ кг/м}^3$ .

334. В баке находится вода. Расположенный у ее поверхности камень был брошен вертикально вниз в воду с начальной скоростью  $v_0$  и опустился на дно. Масса камня  $m$ , объем  $V$ , вода налита до высоты  $H$ . Какое количество теплоты выделится при падении камня?

## 11 класс

### МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

335. Определить плотность смеси  $m_1=32\text{ г}$  кислорода и  $m_2=8\text{ г}$  азота при давлении  $p=1\text{ атм}$  и температуре  $t=0^\circ\text{C}$  ( $M_1=32$  и  $M_2=28$  – молекулярные массы молекулярного кислорода и азота).

336. Для исследования свойств нелинейного резистора был произведен ряд экспериментов. Сначала была исследована зависимость сопротивления резистора от температуры. При повышении температуры до  $T_1 = 100^\circ\text{C}$  мгновенно происходил скачок сопротивления от значения  $R_1 = 50$  до  $R_2 = 100\text{ Ом}$ ; при охлаждении обратный скачок происходил при температуре  $T_2 = 99^\circ\text{C}$ . Затем к резистору приложили постоянное напряжение  $U_1 = 60\text{ В}$ , при котором его температура оказалась равной  $T_3 = 80^\circ\text{C}$ . Наконец, когда к резистору приложили постоянное напряжение  $U_2 = 80\text{ В}$ , то в цепи возникли самопроизвольные колебания тока. Температура воздуха в лаборатории постоянна и равна  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ . Теплоотдача от резистора пропорциональна разности температур резистора и окружающего воздуха, теплоемкость резистора  $C = 3\text{ Дж/К}$ . Определите период  $T$  этих колебаний, а также максимальное и минимальное значения силы тока.

337. В теплоизолированный откачанный сосуд объемом  $V = 166\text{ л}$  налили воду массой  $m_1 = 230\text{ г}$  при температуре  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  и бросили кусок меди массой  $m_2 = 1,15\text{ кг}$  при температуре  $t_1 = 800^\circ\text{C}$ . Определите давление пара в сосуде. Объемом воды и меди по сравнению с объемом сосуда пренебречь. Удельная теплоемкость паров воды  $c_1=0,40\text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$ . Удельная теплоемкость воды  $c_2=4,2\text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$ . Удельная теплота парообразования воды  $g = 2,3\text{ кДж/кг}$ . Универсальная газовая постоянная  $R=8,31\text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ .

338. Стенки сосуда, в котором находится газ температуры  $T$ , имеют температуру  $T_c$ . В каком случае давление газа на стенки сосуда больше: когда стенки сосуда холоднее газа ( $T_c < T$ ) или когда теплее ( $T_c > T$ )? Объяснить ответ.

339. С  $n$  молями идеального газа совершен круговой процесс (цикл)  $1-2-3-4-1$ , состоящий из двух изобар  $2-3$  и  $4-1$ , изохоры  $1-2$  и некоторого про-

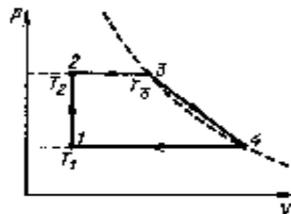


Рис. 65

цесса 3–4, изображенного на  $pV$  – диаграмме прямой линией (рис. 65). Температуры газа в состояниях 1, 2, 3 равны  $T_1, T_2, T_3$  соответственно, точки 2 и 4 лежат на одной изотерме. Определите работу  $A$  газа за цикл.

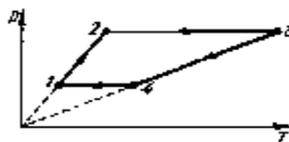


Рис. 66

340. С 3 молями идеального одноатомного газа совершен цикл, изображенный на рис.66. Температуры газа в различных состояниях равны:  $T_1 = 400$  К,  $T_2 = 800$  К,  $T_3 = 2400$  К и  $T_4 = 1200$  К. Найдите работу  $A$  газа за цикл.

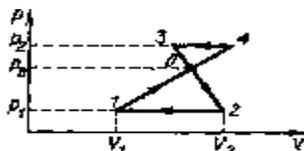


Рис. 67

341. Определите работу  $A$ , которую совершает идеальный газ в замкнутом цикле  $1 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ , изображенном на рис.67, если  $p_1 = 10^5$  Па,  $p_0 = 3 \cdot 10^5$  Па,  $p_2 = 4 \cdot 10^5$  Па,  $V_2 - V_1 = 10$  л и участки цикла  $4 - 3$  и  $2 - 1$  параллельны оси  $V$ .

342. Сосуд вместимостью  $V = 30$  л разделен на три равные части неподвижными тонкими полупроницаемыми перегородками (рис. 68). В левую часть вводят  $m_{H_2} = 30$  г водорода, в среднюю  $m_{O_2} = 160$  г кислорода и в правую  $m_{N_2} = 70$  г азота. Через левую перегородку может диффундировать только водород, через правую – водород и азот. Какое давление будет в каждой из трех частей сосуда после установления равновесия, если он поддерживается при постоянной температуре  $T = 300$  К?

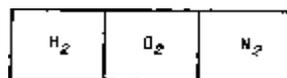


Рис. 68

343. Спускаемый аппарат космического корабля приближается к поверхности планеты по вертикали с постоянной скоростью, передавая на борт корабля данные о наружном давлении. График зависимости давления (в условных единицах) от времени приведен на рис. 69. Опустившись на поверхность планеты, аппарат измерил и передал на борт данные о температуре:  $T = 700$  К и ускорении свободного падения:  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Определите: скорость  $v$  спуска аппарата, если известно, что атмосфера планеты состоит из углекислого газа  $CO_2$ ; температуру  $T_h$  на высоте  $h = 15$  км над поверхностью планеты.

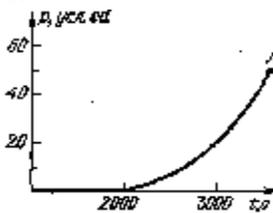


Рис. 69

344. В вертикальном цилиндре вместимостью  $V$  под невесомым поршнем находится  $n$  молей идеального одноатомного газа. Газ под поршнем теплоизолирован. На поршень положили груз массой  $M$ , в результате чего поршень переместился на расстояние  $h$ . Определите конечную температуру установившуюся после перемещения поршня, если площадь поршня равна  $S$ , атмосферное давление  $p_0$ .

345. В вертикальном цилиндре с площадью поперечного сечения  $S$  под поршнем, масса которого равна  $M$ , находится 1 моль идеального одноатомного газа. В некоторый момент времени под поршнем включается нагреватель, передающий газу за единицу времени количество теплоты  $q$ . Определите установив-

шуюся скорость  $v$  движения поршня при условии, что давление газа под поршнем постоянно и равно  $p_0$ , газ под поршнем теплоизолирован.

346. Произведение давления газа на его объем ( $pV$ ) не меняется с изменением объема при постоянной температуре, только если предположить, что газы, с которыми мы имеем дело, являются идеальными. Определите, будет уменьшаться или увеличиваться произведение  $pV$  при очень сильном сжатии газа, если не делать предположения об идеальности последнего.

347. Горизонтальный цилиндрический сосуд длиной  $2l$  разделен тонким нетеплопроводящим поршнем на две равные части, в каждой из которых находится по  $n$  молей идеального одноатомного газа при температуре  $T$ . Поршень прикреплен к торцам сосуда недеформированными пружинами жесткости  $k$  каждая (рис. 70). Газу в правой части сообщили количество теплоты  $Q$ , в результате чего поршень сместился влево на расстояние  $x = l/2$ . Определите количество теплоты  $Q'$ , отданное при температуре  $T$  термостату, с которым газ в левой части все время находился в тепловом контакте.

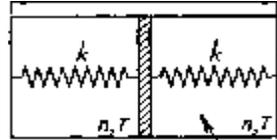


Рис. 70

348. Теплоизолированный сосуд разделен на две части нетеплопроводящим поршнем, который может перемещаться в сосуде без трения. В левой части сосуда содержится 1 моль идеального одноатомного газа, в правой – вакуум. Поршень соединен с правой стенкой сосуда пружиной, длина которой в свободном состоянии равна длине сосуда (рис. 71). Определите теплоемкость  $C$  системы. Теплоемкостью сосуда, поршня и пружины пренебречь.

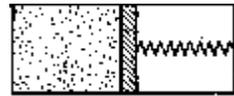


Рис. 71

349. Докажите, что КПД тепловой машины, использующей цикл, состоящий из двух изотерм и двух изохор, меньше КПД идеальной тепловой машины Карно, работающей с теми же нагревателем и холодильником.

350. Предположим, что планету массой  $M$  и радиусом  $r$  окружает атмосфера постоянной плотности, состоящая из газа с молярной массой  $m$ . Определите температуру  $T$  атмосферы на поверхности планеты, если толщина атмосферы равна  $h$  ( $h \ll r$ ).

351. В закрытом цилиндрическом сосуде с площадью основания  $S$  находится вещество в газообразном состоянии вне поля тяготения Земли. Масса газа равна  $M$ , давление  $p$ , причем  $p \ll p_{нас}$ , где  $p_{нас}$  – давление насыщенных паров вещества при данной температуре. Сосуд начинают разгонять с ускорением  $a$ , направленным по оси цилиндра. Температура поддерживается постоянной. Определите, какая масса жидкости  $m_ж$  образуется в результате движения в сосуде.

352. На некоторой планете давление насыщенного водяного пара равно  $p_0 = 60$  мм рт. ст. Определите его плотность  $\rho$ .

353. В холодную погоду изо рта при дыхании идет «пар». Если приоткрыть дверь в теплую избу в морозный день, то в комнату тоже врывается «пар». Объясните эти явления.

354. Сосуд объемом  $V = 1$  л содержит  $m_{H_2} = 2$  г водорода и немного воды. Давление в сосуде равно  $p_H = 17 \cdot 10^5$  Па. Сосуд нагревают так, что давление в нем

увеличивается до  $p_k = 26 \cdot 10^5$  Па, и часть воды испаряется. Молярная масса водяных паров равна  $\mu = 18 \cdot 10^{-3}$  кг/моль. Определите начальную  $T_H$  и конечную  $T_K$  температуры воды и ее массу  $\Delta m$ . *Указание.* Воспользуйтесь следующей температурной зависимостью давления насыщенных паров воды:

$T, ^\circ\text{C}$	100	120	133	152	180
$p_{\text{нас}}, 10^5 \text{ Па}$	1	2	3	5	10

355. Нижний конец капилляра радиусом  $r = 0,2$  мм и длиной  $l = 8$  см погружен в воду, температура которой постоянна и равна  $T_H = 0^\circ\text{C}$ . Температура верхнего конца капилляра равна  $T_B = 100^\circ\text{C}$ . На какую высоту  $h$  поднимется вода в капилляре? Считать, что теплопроводность капилляра намного превосходит теплопроводность воды в нем. Теплообменом с окружающим воздухом пренебречь. *Указание.* Воспользуйтесь следующей температурной зависимостью поверхностного натяжения воды:

$T, ^\circ\text{C}$	0	20	50	90
$\sigma, \text{мН/м}$	76	73	67	60

356. В цилиндре с подвижным поршнем находится воздух под давлением  $p_1$  и мыльный пузырь радиусом  $r$ . Поверхностное натяжение равно  $\sigma$ , температура  $T$  поддерживается постоянной. Определите давление  $p_2$ , до которого нужно сжать воздух медленным вдвиганием поршня, чтобы мыльный пузырь уменьшил свои размеры вдвое.

357. В теплоизолированном цилиндрическом сосуде под легким поршнем находится смесь равных масс воды и льда:  $m = m_b = m_l = 1$  кг. Давление на поршень медленно увеличивают от начального значения  $p_0 = 10^5$  Па до  $p_1 = 2,5 \cdot 10^6$  Па. Удельные теплоемкости воды и льда равны  $C_b = 4,2$  кДж/(кг·К),  $C_l = 2,1$  кДж/(кг·К), удельная теплота плавления льда  $\lambda = 340$  кДж/кг, плотность льда  $\rho_l = 0,9 \rho_b$  ( $\rho_b$  – плотность воды). Определите, какая масса  $\Delta m$  льда при этом растает и какую работу  $A$  совершит внешняя сила. Известно, что для уменьшения температуры плавления льда на  $1^\circ\text{C}$  нужно довести давление до значения  $p = 14 \cdot 10^6$  Па, а для уменьшения объема некоторой массы воды на 1 % давление нужно поднять до  $p' = 20 \cdot 10^6$  Па.

1) Решите задачу, считая воду и лед несжимаемыми.

2) Оцените поправку, которую дает учет сжимаемости, считая сжимаемость льда равной половине сжимаемости воды.

358. Известно, что если обычную воду подсолить, то температура ее кипения станет выше. Определите, как при этом изменится плотность насыщенных водяных паров при температуре кипения.

359. Для многих веществ существует такое значение температуры  $T_{mp}$  и давления  $p_{mp}$  при котором все три фазы вещества (газообразная, жидкая и твердая) находятся в равновесии друг с другом – так называемая тройная точка вещества. Например, для воды  $T_{mp} = +0,0075^\circ\text{C}$ ,  $p_{mp} = 4,58$  мм рт. ст. Удельная теплота испарения воды в тройной точке равна  $q = 2,48 \cdot 10^3$  кДж/кг, удельная теплота плавления льда  $\lambda = 0,34 \cdot 10^3$  кДж/кг. Найдите удельную теплоту сублимации воды  $v$  (т. е. прямого перехода из твердого в газообразное состояние) в тройной точке.

360. Известно, что давление насыщенного пара над водным раствором сахара меньше, чем над чистой водой, где оно равно  $p_{нас}$ , на величину  $\Delta p = 0,05 p_{нас} C$ , где  $C$  – молярная концентрация раствора. Цилиндрический сосуд, наполненный до высоты  $h_1 = 10$  см раствором сахара с концентрацией  $C_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ , помещают под широкий колпак. На горизонтальную поверхность под колпаком налит тот же раствор с концентрацией  $C_2 = 10^{-3}$ , его уровень  $h_2 < h_1$  (рис. 72). Определите уровень  $h$

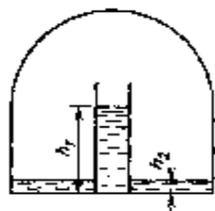


Рис. 72

раствора в цилиндрическом сосуде после установления равновесия. Температура поддерживается постоянной и равной  $20^\circ\text{C}$ . Пар над поверхностью раствора содержит только молекулы воды, молярная масса водяных паров равна  $\mu = 18 \cdot 10^{-3}$  кг/моль.

361. Когда летом после сухой и жаркой погоды идет дождь и капли попадают на стену из красного кирпича, слышится шипение. Объясните, почему?

362. Тонкая U-образная, запаянная с одного конца трубка состоит из трех колен длиной по  $L = 250$  мм каждое, согнутых под прямыми углами. Вертикальные части трубки заполнены ртутью до половины (рис. 73). Медленно нагревая в запаянной трубке газ, отделенный от атмосферы ртутью, можно вытеснить из трубки всю ртуть. Определите, какую работу  $A$  совершит при этом газ в трубке, полностью вытеснив ртуть. Атмосферное давление равно  $p_0 = 10^3$  Па, плотность ртути  $\rho_{рт} = 13,6 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, поперечное сечение трубки  $S = 1$  см<sup>2</sup>.

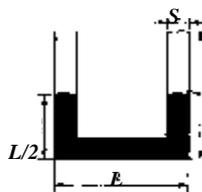


Рис. 73

363. Остаточную деформацию упругого стержня можно грубо описать в рамках следующей модели. Если растяжение стержня  $\Delta l < x_0$  (где  $x_0$  – заданная для данного стержня величина), то сила, необходимая для того, чтобы вызвать растяжение  $\Delta l$ , определяется законом Гука  $F = k\Delta l$ , где  $k$  – жесткость стержня. Если  $\Delta l > x_0$

то сила перестает зависеть от растяжения (вещество стержня начинает «течь»). Если теперь начать снимать нагрузку, то удлинение стержня будет спадать по пути  $CD$ , который для простоты считаем прямым и параллельным участку  $AB$  (рис. 74). Поэтому при полном снятии нагрузки стержень остается деформированным (точка  $D$  на рисунке). Пусть стержень вначале растянут на  $\Delta l = x > x_0$ , а затем нагрузку убирают. Определите максимальное изменение  $\Delta T$  температуры стержня, если его теплоемкость равна  $C$ . Стержень теплоизолирован.

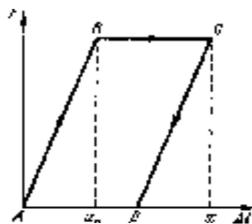


Рис. 74

364. Тонкостенный заполненный газом цилиндр массой  $m$ , высоты  $h$  и площадью основания  $S$  плавает в воде (рис. 75). В результате потери герметичности в нижней части цилиндра его глубина погружения уве-



Рис. 75

личилась на  $\Delta h$ . Определите начальное давление  $p_1$  газа в цилиндре. Атмосферное давление равно  $p_0$ , температура не меняется.

365. Ударная волна представляет собой область повышенного давления, распространяющуюся в положительном направлении оси  $x$  с большой скоростью  $v$ . В момент прихода волны давление резко повышается. Эта зависимость изображена на рис. 76. Определите, какую скорость  $u$  приобретает клин сразу после прохождения через него фронта ударной волны. Масса клина равна  $m$ , размеры указаны на рис. 77. Трением пренебречь. Считать, что приобретаемая клином скорость много меньше скорости волны ( $u \ll v$ ).

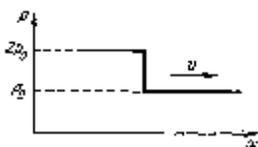


Рис. 76

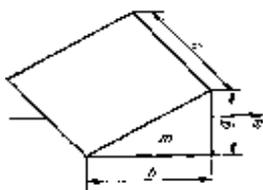


Рис. 77

366. Каково давление  $p$  атмосферного воздуха на поверхность, которая поглощает половину налетающих на нее молекул газа?

367. В закрытом сосуде происходит полное сгорание кусочка угля с образованием углекислого газа. После этого сосуд охлаждают до первоначальной температуры. Сравните конечное давление в сосуде с начальным. Объем угля мал по сравнению с объемом сосуда.

368. В закрытом сосуде при давлении  $p_0$  находится смесь из одного моля кислорода и двух молей водорода. Между газами происходит реакция с образованием водяного пара. Какое давление установится в сосуде после охлаждения до первоначальной температуры? Конденсации пара не происходит.

369. В герметично закрытом баллоне находится смесь из  $m_1 = 0,50$  г водорода и  $m_2 = 8,0$  г кислорода при давлении  $p_1 = 2,35 \cdot 10^6$  Па. Между газами происходит реакция с образованием водяного пара. Какое давление  $p$  установится в баллоне после охлаждения до первоначальной температуры? Конденсации пара не происходит.

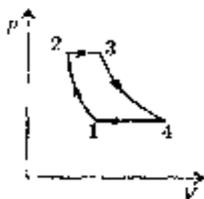


Рис. 78

370. Каковы средние кинетические энергии  $\langle E \rangle$  поступательного движения и средние квадратичные скорости молекул кислорода и водорода при температуре  $t = 27^\circ\text{C}$ ?

371. Герметично закрытый сосуд полностью заполнен водой. Каким стало бы давление  $p$  внутри сосуда, если бы силы взаимодействия между молекулами воды исчезли? Температура в сосуде постоянна:  $t = 27^\circ\text{C}$ .

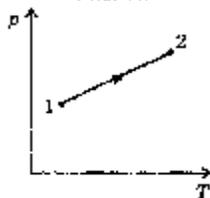


Рис. 79

372. Постройте графики процесса, происходящего с идеальным газом (рис. 78), в координатах  $p$ ,  $T$  и  $V$ ,  $T$ . Масса газа постоянна. Участки графика 1-2 и 3-4 соответствуют изотермическим процессам.

373. Сравните объем данной массы идеального газа в состояниях 1 и 2 (рис. 79).

374. Как менялось давление идеального газа в ходе процесса, график которого изображен на рис. 80? Укажите

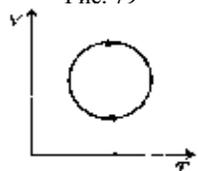


Рис. 80

точки на графике, соответствующие наибольшему и наименьшему давлению.

375. Укажите точку, в которой достигалась наибольшая температура идеального газа в ходе процесса, график которого изображен на рис. 81 (дайте графическое решение).

376. Поршень в цилиндре с газом неплотно прилегает к стенке и пропускает газ наружу. На рис. 82 показана зависимость объема газа от температуры при изобарном процессе. Укажите направление процесса.

377. Какова температура идеального газа в состоянии 2 (рис. 83), если состояния 2 и 4 лежат на одной изотерме? Температуры  $T_1$  и  $T_2$  в состояниях 1 и 3 считайте заданными.

378. Цикл состоит из двух изобар ( $P_2 = 2P_1$ ) и двух изохор ( $V_2 = 2V_1$ ). Определите КПД цикла, если рабочим веществом является одноатомный идеальный газ.

379. Вместимость цилиндра поршневого насоса равна 0,5 л. Насос соединен с баллоном вместимостью 3,0 л, содержащим воздух при нормальном атмосферном давлении. Найти давление воздуха в баллоне после пяти рабочих ходов поршня в случаях режимов работы: 1) нагнетательного; 2) разрежающего.

380. Стальной снаряд, летевший со скоростью 200 м/с, ударяется в земляную насыпь и застревает в ней. На сколько повысится температура снаряда, если на его нагревание пошло 60% кинетической энергии?

381. На электроплитке мощностью 600 Вт за 35 мин нагрели 2,0 л воды от 293 до 373 К, причем 200 г воды обратилось в пар. Определить КПД электроплитки.

382. Некоторое количество гелия расширяется: сначала адиабатно, а затем – изобарно. Конечная температура газа равна начальной. При адиабатном расширении газ совершил работу, равную 4,5 кДж. Чему равна работа газа за весь процесс?

383. В сосуде находится смесь азота и водорода. При начальной температуре  $T$  азот полностью диссоциирован на атомы, а диссоциацией водорода можно пренебречь. При нагревании до температуры  $2T$  оба газа полностью диссоциируют, и давление утраивается по сравнению с начальным. Каково отношение масс азота и водорода в смеси?

384. Герметически закрытый бак высотой  $h = 5,0$  м заполнен водой доверху. На дне его находится пузырек воздуха. Давление у дна бака  $p_0 = 0,15$  МПа. Каким станет давление  $p$  у дна, если пузырек всплывет? Стенки бака считайте абсолютно жесткими, воду – несжимаемой.

385. Сжимаемость воды (относительное уменьшение ее объема при увеличении давления на 1 Па)  $\beta = 5,0 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$ . Герметически закрытый бак высотой  $h = 5,0$  м заполнен водой доверху. На дне его находится пузырек воздуха. Давление у дна бака  $p_0 = 0,15$  МПа. Стенки бака считайте абсолютно жесткими. Какой должна быть площадь  $S$  основания цилиндрического бака, чтобы воду действительно можно было считать несжимаемой? Начальный объем пузырька  $V_0 = 15 \text{ мм}^3$ .

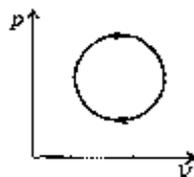


Рис. 81

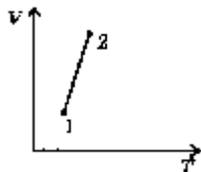


Рис. 82

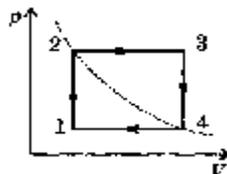


Рис. 83

386. Герметически закрытый бак высотой  $h = 5,0$  м заполнен водой доверху. На дне его находятся два одинаковых пузырька воздуха. Давление на дно бака  $p_0 = 0,15$  МПа. Каким станет это давление, если всплывет один пузырек? Оба пузырька? Стенки бака считайте абсолютно жесткими, воду – несжимаемой.

387. Какой радиус  $r$  должен иметь наполненный гелием воздушный шар, чтобы он мог подняться в воздух, если масса  $1$  м<sup>2</sup> оболочки шара  $m_0 = 50$  г? Температура воздуха  $t = 27$  °С, давление  $p_a = 100$  кПа.

388. Баллон с газом разделен на две части теплоизолирующей перегородкой с очень малым отверстием (это означает, что молекулы проходят в отверстие только “поодиночке”, т. е. макроскопическое движение газа вблизи отверстия не может возникнуть). По разные стороны перегородки все время поддерживаются температуры  $T_1$  и  $T_2$ . Каково отношение давлений  $p_1$  и  $p_2$  в различных частях баллона?

389. Поршень массы  $m$  находится в равновесии посередине герметично закрытого цилиндра (рис. 84). В каждой половине цилиндра находится  $\nu$  молей газа при абсолютной температуре  $T$ . Найдите период  $t$  малых колебаний поршня, считая, что температура газа при колебаниях остается неизменной. Трением можно пренебречь.

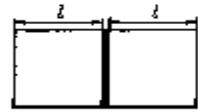


Рис. 84

390. Вертикальный цилиндр закрыт сверху поршнем массой  $m_1 = 100$  кг и площадью  $S = 100$  см<sup>2</sup>. В цилиндре под поршнем находится  $m_2 = 2,0$  г гелия при температуре  $t = 20$ °С. Определите количество теплоты, необходимое для того, чтобы поршень поднялся на высоту  $\Delta h = 16,6$  см. Какая при этом установится температура в цилиндре? Внешнее давление во время процесса не изменялось и равнялось нормальному. Молярная масса гелия  $M = 4,0$  г/моль. Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).

391. Определите относительную влажность воздуха, находящегося в баллоне емкостью  $V = 83$  л при температуре  $t = 100$ °С, если до полного насыщения пара понадобилось бы испарить в этот объем дополнительно  $\Delta m = 18$  г воды. Молярная масса воды  $M = 18$  г/моль. Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/моль·К.

392. Многие металлы обладают так называемой гранецентрированной решеткой: ионы расположены в вершинах кубической ячейки и в центрах её граней. Какова плотность  $\rho$  металла, если его молярная масса равна  $M$ , а длина ребра его кубической ячейки равна  $a$ ?

## ЭЛЕКТРИЧЕСТВО. ПОСТОЯННЫЙ ТОК. МАГНЕТИЗМ

393. Линия напряженности выходит из положительного точечного заряда  $+q_1$  под углом  $\alpha$  к прямой, соединяющей его с отрицательным точечным  $-q_2$  (рис. 85). Под каким углом  $\beta$  линия напряженности войдет в заряд  $-q_2$ ?

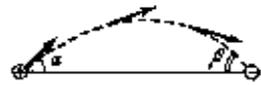


Рис. 85

394. Два плоских конденсатора расположены перпендикулярно общей оси. Расстояние между конденсаторами  $d$  много больше размеров их пластин и

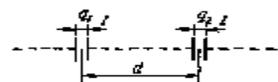


Рис. 86

расстояния  $l$  между ними. Оба конденсатора заряжены. Заряд первого конденсатора  $q_1$ , а второго  $q_2$  (рис. 86). Найдите силу взаимодействия  $F$  конденсаторов.

395. Найдите силу взаимодействия  $F$  двух соприкасающихся по всей поверхности полусфер радиуса  $R$ , если одна из них равномерно заряжена с поверхностной плотностью  $\sigma_1$ , а другая  $\sigma_2$ .

396. Известно, что минимальная напряженность однородного электрического поля, которое разрывает на две части проводящую незаряженную тонкостенную сферу, равна  $E_0$ . Определите минимальную напряженность  $E_1$  поля, которое разорвет сферу вдвое большего радиуса, если толщина ее стенок остается постоянной.

397. Три небольших одинаковых незаряженных металлических шарика находятся в вершинах равностороннего треугольника. Шарика поочередно по одному разу соединяют с удаленным большим заряженным проводящим шаром, центр которого находится на перпендикуляре, восстановленном к плоскости треугольника и проходящем через центр последнего. В результате на первом шарике оказался заряд  $q_1$ , а на втором – заряд  $q_2$ . Определите заряд  $q_3$  третьего шарика.

398. Металлический шар радиусом  $r_1$ , заряженный до потенциала  $\varphi_1$ , окружают проводящей тонкостенной сферической оболочкой радиусом  $r_2$  (рис. 87). Определите потенциал  $\varphi_2$  шара после того, как шар будет на некоторое время соединен проводником с оболочкой.

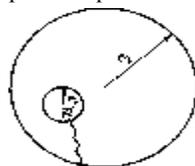


Рис. 87

399. Очень маленькая заземленная проводящая сфера находится на расстоянии  $a$  от точечного заряда  $q_1$  и на расстоянии  $b$  от точечного заряда  $q_2$  ( $a < b$ ). В некоторый момент сфера начинает расширяться так, что ее радиус растет по закону  $R = \nu t$ . Определите зависимость силы тока от времени  $I(t)$  в проводнике, осуществляющем заземление. Считать, что точечные заряды и центр сферы неподвижны и в соответствующие моменты времени исходные точечные заряды попадают внутрь расширяющейся сферы, не касаясь ее (через небольшие отверстия).

400. Три незаряженных конденсатора, емкости которых равны  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$ , соединены, как показано на рис. 88, и подключены к точкам  $A$ ,  $B$  и  $D$ . Потенциалы этих точек равны  $\varphi_A$ ,  $\varphi_B$  и  $\varphi_C$ . Распределите потенциал  $\varphi_0$  общей точки  $O$ .

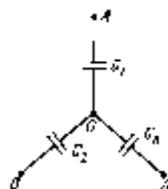


Рис. 88

401. Толщина плоского листка металлической фольги равна  $d$ , площадь листка  $S$ . Расстояние от некоторого заряда  $q$  до центра листка равно  $l$ , причем  $d \ll l$ . Определите силу  $F$ , с которой листок притягивается к заряду  $q$ . Считать, что прямая, соединяющая заряд с центром листка, перпендикулярна поверхности листка.

402. Три конденсатора с емкостью  $C_1 = 0,2$  мкФ,  $C_2 = C_3 = 0,4$  мкФ соединены по схеме, изображенной на рис. 89, и подключены к источнику постоянного напряжения  $U_{AB} = 250$  В. Найти общий электрический заряд, заряд и разность электрических потенциалов на отдельных конден-

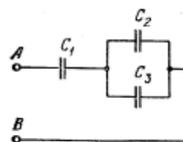


Рис. 89

саторах. Определить электрическую энергию, запасенную всей батареей конденсаторов.

403. К какой паре точек схемы, изображенной на рис. 90, надо подключить источник тока, чтобы зарядить все шесть конденсаторов, емкости которых равны?

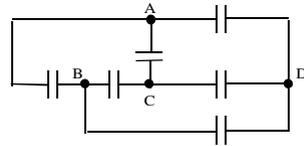


Рис. 90

404. Плоский конденсатор заполнен диэлектриком, проницаемость которого зависит от напряжения на конденсаторе по закону  $\epsilon = \alpha U$ , где  $\alpha = 1 \text{ В}^{-1}$ . Параллельно этому «нелинейному» конденсатору, который не заряжен, подключают такой же конденсатор, но без диэлектрика, который заряжен до напряжения  $U_0 = 156 \text{ В}$ . Определите напряжение  $U$ , которое установится на конденсаторах.

405. Два одинаковых проводящих шарика массой по  $1,50 \text{ г}$  подвешены на шелковых нитях в одной точке. После того как один из шариков зарядили отрицательным электричеством и привели в соприкосновение с другим, шарики разошлись на  $10,0 \text{ см}$ , а нити образовали угол  $36^\circ$ . Определить электрический заряд шарика до его соприкосновения с другим и число избыточных электронов на каждом шарике после их соприкосновения.

406. Два небольших шарика массой  $m$ , несущие одинаковый заряд  $q$  каждый, соединены непроводящей нитью длины  $2l$ . В некоторый момент времени середина нити начинает двигаться с постоянной скоростью  $v$ , перпендикулярной направлению нити в начальный момент времени. Определите, на какое минимальное расстояние  $d$  сблизятся шарики.

407. Два шарика с зарядами  $q_1$  и  $q_2$  имели вначале одинаковые по модулю и направлению скорости. После того как на некоторое время было включено однородное электрическое поле, направление скорости 1 шарика изменилось на  $60^\circ$ , а модуль скорости уменьшился вдвое. Направление скорости 2 шарика повернулось на  $90^\circ$ . Во сколько раз изменилась скорость 2 шарика? Определите модуль отношения заряда к массе для 2 шарика, если для первого он равен  $k_1$ . Электростатическим взаимодействием шариков пренебречь.

408. В вершинах правильного многоугольника со стороной  $a$  были закреплены небольшие одинаковые шарики с равными зарядами. В некоторый момент времени один из шариков был освобожден, а через достаточно большой промежуток времени был освобожден шарик, соседний с первым освобожденным. Оказалось, что на достаточно большом расстоянии от многоугольника кинетические энергии отпущенных шариков различаются на величину  $K$ . Найдите заряд  $q$  каждого шарика.

409. Почему ударную ионизацию (ионизация в результате соударения) атомов производят электроны, а не ионы, хотя те и другие приобретают в ускоряющем поле одинаковую кинетическую энергию  $mv^2/2 = e\Delta\phi$  ( $e$  – заряд частиц,  $\Delta\phi$  – разность потенциалов ускоряющего поля)? Считать, что после соударения ионизируемый атом и налетевшая на него частица имеют приблизительно одинаковые скорости.

410. Начальная скорость точечного электрического заряда, помещенного в электростатическое поле, равна нулю. Совпадает ли траектория движения заряда с силовой линией поля? Объясните ответ.

411. Можно ли создать электростатическое поле, линии напряженности которого имеют вид, показанный на рис. 91? Поясните ответ.

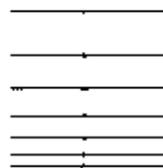


Рис. 91

412. На рис. 92 *a*, *б*, *в* показаны картины силовых линий трех электрических полей. Как будет вести себя незаряженный шарик, помещенный в каждое из этих полей?

413. Три одинаковых положительных заряда  $q$  расположены в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a$ . Определите величину напряженности поля  $E$  в точке  $A$ , лежащей на расстоянии  $a$  от каждого из зарядов.

414. В однородное электрическое поле вносят металлический незаряженный шар. Где и какие индуцированные заряды появятся на шаре? Нарисуйте линии напряженности поля и эквипотенциальные поверхности.

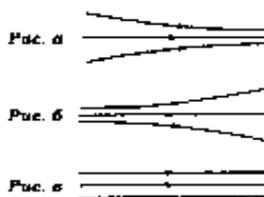


Рис. 92

415. Электрическое поле создается положительным точечным зарядом. Как изменятся напряженность  $E$  и потенциал  $\phi$  поля в точке  $A$  (рис. 93), если справа от нее поместить незаряженный шар?

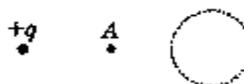


Рис. 93

416. Пылинка массы  $m = 3,0 \cdot 10^{-11}$  г покоится между горизонтальными пластинами плоского конденсатора. Под действием ультрафиолетового излучения пылинка потеряла часть заряда и начала опускаться. Чтобы восстановить равновесие, потребовалось увеличить напряжение на  $\Delta U = 25$  В. Какой заряд  $\Delta q$  потеряла пылинка? Сколько элементарных электрических зарядов он составляет? Расстояние между пластинами конденсатора  $d = 5,2$  мм, начальное напряжение  $U_0 = 480$  В.

417. Два одинаковых одноименно заряженных шарика, подвешенных в одной точке на нитях равной длины, опускают в керосин. При этом угол расхождения нитей не изменяется. Какова плотность  $\rho$  материала шариков?

418. На нитях равной длины, закрепленных в одной точке, висят два одинаковых маленьких металлических шарика. Шарикам сообщили равные заряды, в результате чего они разошлись на расстояние  $a = 9,5$  см, которое намного меньше длины нитей. Затем один из шариков разрядили. Что произойдет с шариками после этого? При каком расстоянии  $b$  между шариками снова установится равновесие?

419. Три маленьких одинаково заряженных шарика массой  $m = 4,0$  г каждый подвешены на шелковых нитях длиной  $l = 1,0$  м. Верхние концы нитей закреплены в одной точке. Расстояние между любыми двумя шариками  $a = 5,0$  см. Каков заряд  $q$  каждого шарика?

420. Два электрона, находящиеся в начальный момент далеко друг от друга, движутся навстречу вдоль одной прямой с одинаковыми по модулю скоростями  $v_0 = 1000$  км/с. На какое наименьшее расстояние они сблизятся?

421. Два электрона находятся на большом расстоянии друг от друга. Вначале один электрон неподвижен, а другой приближается к нему с начальной скоростью  $v_0 = 1000$  км/с, направленной вдоль соединяющей электроны прямой. На какое наименьшее расстояние они сблизятся? С какими скоростями разлетятся?

422. Два одноименных точечных заряда  $q_1$  и  $q_2$  массами  $m_1$  и  $m_2$  движутся навстречу друг другу. Когда расстояние между ними равно  $r$ , их скорости равны  $v_1$  и  $v_2$ . До какого минимального расстояния  $r_{\min}$  сблизятся заряды?

423. Четыре шарика, имеющие одинаковые заряды  $q$ , расположены вдоль одной прямой так, что расстояние между соседними шариками равно  $a$ . Какую работу  $A$  нужно совершить, чтобы разместить эти шарики: а) в вершинах квадрата со стороной  $a$ ; б) в вершинах тетраэдра с ребром  $a$ ?

424. Маленький заряженный шарик массой 50 г, имеющий заряд 1 мкКл, движется с высоты 0,5 м по наклонной плоскости с углом наклона  $30^\circ$ . В вершине прямого угла, образованного высотой и горизонталью, находится неподвижный заряд 7,4 мкКл. Чему равна скорость шарика у основания наклонной плоскости, если его начальная скорость равна нулю? Трением пренебречь.

425. Альфа-частица ( $\alpha$ -частица – двукратно ионизованный атом гелия) движется со скоростью  $1,6 \cdot 10^7$  м/с в направлении к неподвижному ядру урана. На какое наименьшее расстояние может она приблизиться к ядру урана? Заряды считать точечными. Различие в массах протона и нейтрона не учитывать.

426. Узкий пучок протонов, имеющих скорость  $v_0 = 9,5 \cdot 10^4$  м/с, влетает в плоский конденсатор, так что ось пучка равноудалена от пластин конденсатора. Скорость протонов направлена параллельно пластинам. При напряжении на пластинах конденсатора 14 В протоны смещаются от первоначального направления и попадают в точку экрана С. Определить смещение протонов ОС (рис. 94), если расстояние между пластинами конденсатора равно  $d = 2,4$  см, длина пластин равна  $b = 6,2$  см и расстояние от конденсатора до экрана составляет  $l = 45$  см. Движение протонов происходит в вакууме. Действием силы тяжести пренебречь.

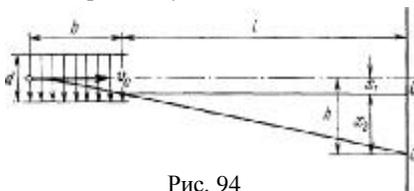


Рис. 94

427. Два одинаковых металлических шарика радиуса  $R = 1$  мм соединены длинным тонким проводом. Один из них размещен в разреженном воздухе, а другой – посередине большой вакуумной камеры. На расположенный в вакууме шарик падает с большого расстояния поток электронов с начальной скоростью  $v_0 = 3000$  км/с. Какой заряд  $Q$  можно накопить таким способом на шариках? Каким будет ответ, если увеличить начальную скорость электронов до  $v_0' = 10\,000$  км/с? Электрический пробой разреженного воздуха происходит при напряженности электрического поля  $E_0 = 3 \cdot 10^4$  В/м.

428. По тонкому металлическому кольцу радиуса  $R$ , равномерно распределен заряд  $q$ . Определите напряженность поля  $E$  и потенциал  $\phi$  в точке  $A$ , расположенной на оси кольца на расстоянии  $H$  от его центра.

429. Электрон находится на оси тонкого кольца радиуса  $R$  на расстоянии  $h$  от его центра. Кольцо получает положительный заряд  $q$  и начинает притягивать

электрон. Обязательно ли электрон пролетит через центр кольца? С какой скоростью  $v$  он может пролететь вблизи этой точки?

430. Тонкое проволочное кольцо радиусом  $R$  несет на себе электрический заряд  $q$ . В центре кольца расположен одноименный с  $q$  заряд  $Q$ , причем  $|Q| > |q|$ . Определите силу  $T$ , с которой растянуто кольцо.

431. Тонкое проволочное кольцо радиусом  $R$  имеет электрический заряд  $+Q$ . Маленький шарик массой  $m$ , имеющий заряд  $-q$ , может двигаться без трения по тонкой диэлектрической спице, проходящей вдоль оси кольца. Как будет двигаться шарик, если его отвести от центра кольца на расстояние  $x_0 \ll R$  и отпустить без начальной скорости? Найдите зависимость  $x(t)$ . Как изменится движение, если убрать спицу?

432. Тонкое неподвижное проволочное кольцо радиуса  $R$  имеет заряд  $+Q$ . В центре кольца находится маленький шарик массой  $m$  с зарядом  $-q$ . Шарику придан начальную скорость  $v_0$ , направленную вдоль оси кольца. Как зависит характер движения шарика от величины  $v_0$ ?

433. Два параллельных тонких кольца, радиусы которых одинаковы и равны 5,0 см, имеют общую ось  $O_1O_2$  (рис. 95). Расстояние между их центрами равно 12 см. На первом кольце равномерно распределен заряд  $8,2 \cdot 10^{-7}$  Кл, а на втором – заряд  $6,0 \cdot 10^{-7}$  Кл. Какая работа совершается при перемещении заряда  $3,0 \cdot 10^{-9}$  Кл из центра одного кольца в центр другого? Система колец находится в вакууме.

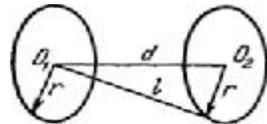


Рис. 95

434. Точечный заряд  $+q$  находится на расстоянии  $h$  от большой плоской проводящей пластины. С какой силой  $F$  действует пластина на заряд?

435. Заряд  $Q$  равномерно распределен по объему непроводящего шара радиуса  $R$ . Чему равна напряженность поля  $E$  на расстоянии  $r$  от центра шара? Постройте график зависимости  $E(r)$ .

436. Вернитесь к условию задачи 435 и определите потенциал поля  $\phi$  на расстоянии  $r$  от центра шара. Постройте график зависимости  $\phi(r)$ .

437. Металлический шар радиусом  $R$  имеет заряд  $Q$ . Чему равны напряженность поля  $E$  и потенциал  $\phi$  на расстоянии  $r$  от центра шара? Постройте графики зависимостей  $E(r)$  и  $\phi(r)$ .

438. Три источника ЭДС и три конденсатора соединены так, как показано на рис. 96. Найдите напряжение  $U$  на каждом из конденсаторов, если  $\epsilon_1 = 300$  В,  $\epsilon_2 = 150$  В,  $\epsilon_3 = 100$  В,  $C_1 = 15$  мкФ,  $C_2 = 10$  мкФ,  $C_3 = 5$  мкФ.

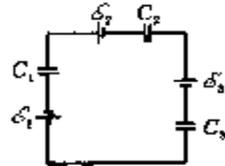


Рис. 96

439. В цепи (рис. 97) емкость каждого конденсатора равна  $C$ . Вначале ключ разомкнут, конденсатор 1 заряжен до напряжения  $U_0$ , остальные конденсаторы не заряжены. Найдите напряжение на каждом из конденсаторов после замыкания ключа.

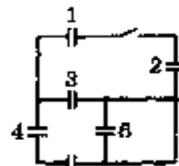


Рис. 97

440. Две одинаковые металлические квадратные пластины размером  $a \times a$  находятся на расстоянии  $d \ll a$  друг от друга. Одна из пластин имеет заряд  $3Q$ , а другая – заряд

Q. Найдите напряжение  $U$  между пластинами. Как распределятся заряды по каждой из пластин?

441. Найдите разность потенциалов  $U$  между точками  $A$  и  $B$  (рис. 98), если  $U_0 = 80$  В. Емкости конденсаторов  $C_1 = 1$  мкФ,  $C_2 = 2$  мкФ.

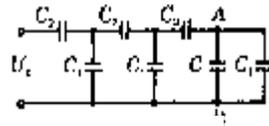


Рис. 98

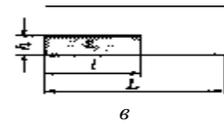
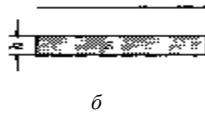
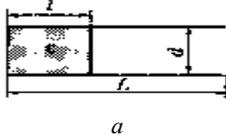


Рис. 99

443. Моток голой проволоки, состоящей из семи с половиной витков, растянут между двумя вбитыми в доску гвоздями, к которым прикреплены концы проволоки. Подключив к гвоздям приборы, измерили сопротивление цепи между гвоздями. Определите, во сколько раз изменится это сопротивление, если моток размотать, оставив концы присоединенными к гвоздям.

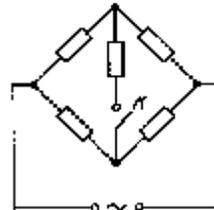


Рис. 100

444. Пять одинаковых сопротивлений (спиралей для электрических плиток) включены по схеме, указанной на рис. 100. Как изменится накал правой верхней спирали, если замкнуть ключ  $K$ ?

445. Как изменится сопротивление цепи, состоящей из пяти одинаковых проводников, если добавить еще два таких же проводника, как показано штриховой линией на рис. 101?

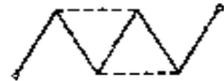


Рис. 101

446. Проволочный каркас в виде тетраэдра  $ABCB$  подключен к источнику постоянного тока (рис. 102). Сопротивления всех ребер тетраэдра одинаковы. Определите, исключение какого из ребер каркаса приведет к наибольшему изменению тока  $I$  в цепи. Чему равно это максимальное изменение тока  $\Delta I_{max}$ ? Сопротивлением подводящих проводов пренебречь.

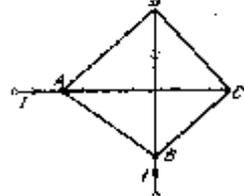


Рис. 102

447. В схеме, изображенной на рис. 103, сопротивления всех резисторов одинаковы и равны  $R$ . Напряжение на клеммах равно  $U$ . Определите силу тока  $I$  в подводящих проводах, если их сопротивлением можно пренебречь.

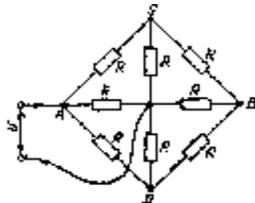


Рис. 103

448. Определите сопротивление цепи  $R_{AB}$  между точками  $A$  и  $B$  каркаса, составленного из девяти одинаковых проволочек сопротивлением  $R$  каждая (рис. 104).

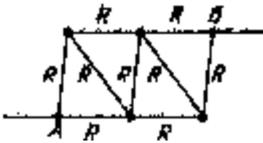


Рис. 104

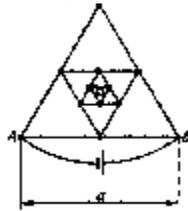


Рис. 105

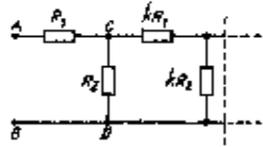


Рис. 106

449. Найдите сопротивление  $R_{AB}$  между точками  $A$  и  $B$  каркаса, изготовленного из тонкой однородной проволоки (рис. 105). Число последовательно вложенных равносторонних треугольников (стороны каждого последующего уменьшаются в два раза) считать стремящимся к бесконечности. Сторону  $AB$  принять равной  $a$ , сопротивление единицы длины проволоки  $\rho$ .

450. Схема из резисторов состоит из очень большого (бесконечного) числа звеньев (рис. 106). Сопротивления резисторов каждого последующего звена в  $k$  раз отличаются от сопротивления резисторов в предыдущем звене. Найдите сопротивление  $R_{AB}$  между точками  $A$  и  $B$ , если сопротивления в первом звене равны  $R_1$  и  $R_2$ .

451. В схеме, изображенной на рис. 107, переключатель  $K$  может находиться в положениях 1 и 2. В цепь включены два источника постоянного тока, два резистора и амперметр. ЭДС одного источника тока равна  $\mathcal{E}_1$ , ЭДС другого неизвестна. Внутреннее сопротивление источников тока равно нулю. Сопротивление резисторов также неизвестно. Сопротивление одного резистора является переменным, и его подбирают так, чтобы ток через амперметр при двух положениях переключателя был одинаковым; этот ток измеряют, и он оказывается равным  $I$ . Определите сопротивление, обозначенное на схеме через  $R_x$ .

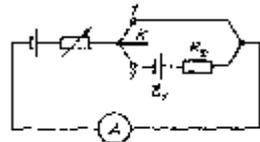


Рис. 107

452. Может ли сила тока, протекающего через резистор, увеличиться, если замкнуть накоротко один из источников тока, например с ЭДС  $\mathcal{E}_2$ , как показано на рис. 108? Параметры элементов схемы считать заданными.



Рис. 108

453. В схеме, изображенной на рис. 109, определите силу протекающего через батарею тока: в первый момент времени после замыкания ключа  $K$ ; спустя большой промежуток времени. Параметры элементов схемы считать заданными.

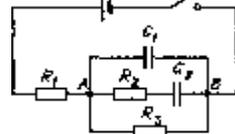
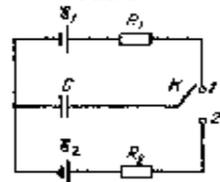


Рис. 109



454. Ключ  $K$  (рис. 110) замыкают поочередно с каждым из контактов на малые одинаковые промежутки времени, так что изменение заряда конденсатора за время каждого замыкания мало. Какой заряд  $q_{уст}$  установится на конденсаторе?

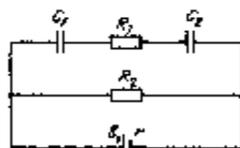


Рис. 111

455. В электрическую цепь включены источник тока с ЭДС  $\epsilon$  и внутренним сопротивлением  $r$ , конденсаторы емкостью  $C_1$  и  $C_2$  и резисторы сопротивлением  $R_1$  и  $R_2$  (рис. 111). Найдите напряжения  $U_1$  и  $U_2$  на каждом конденсаторе.

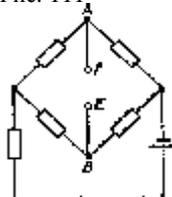


Рис. 112

456. Между точками  $E$  и  $F$  схемы, изображенной на рис. 112, включают сначала идеальный вольтметр, а затем идеальный амперметр; их показания соответственно равны  $U_0$  и  $I_0$ . Определите силу тока  $I$ , который будет течь через резистор сопротивлением  $R$ , включенный между точками  $E$  и  $F$ .

457. Пластина  $A$  плоского конденсатора неподвижна, пластина  $B$  прикреплена к стенке пружиной и может двигаться, оставаясь параллельной пластине  $A$  (рис. 113). После замыкания ключа  $K$  пластина  $B$  начала двигаться и остановилась в новом положении равновесия. При этом начальное равновесное расстояние  $d$  между пластинами конденсатора (когда пружина не растянута) уменьшилось на 10%. На сколько изменилось бы равновесное расстояние между пластинами, если бы ключ  $K$  замкнули на короткое время? Считать, что за это время пластина  $B$  не успевает заметно сдвинуться.

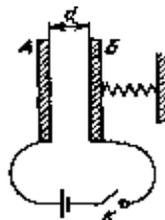


Рис. 113

458. Из однородной проволоки постоянного сечения составлена показанная на рисунке 114 цепь. Найдите отношение количества теплоты  $Q_{12}/Q_{34}$  выделяющееся в единицу времени на участках 1–2 и 3–4.

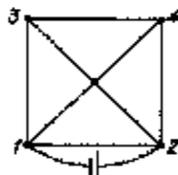


Рис. 114

459. Напряжение между анодом и катодом вакуумного диода равно  $U$ , анодный ток равен  $I$ . Найти среднее давление  $p_{cp}$  электронов на анод площадью  $S$ .

460. На клеммы  $AB$  (рис. 115) подается такое меняющееся во времени напряжение, что напряжение на обкладках конденсатора меняется по закону, представленному на рис. 116. Нарисуйте график зависимости напряжения от времени на клеммах  $CD$ .

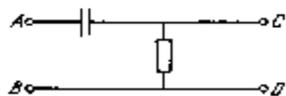


Рис. 115



Рис. 116

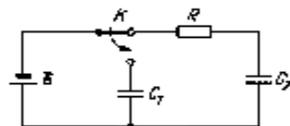


Рис. 117

461. Две батареи с ЭДС  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ , конденсатор емкостью  $C$  и резистор сопротивлением  $R$  соединены, как показано на рис. 117. Определите количество теплоты  $Q$ , выделяющееся на резисторе после переключения ключа  $K$ .

462. Электрическая цепь составлена из источника тока с ЭДС  $\epsilon$  и внутренним сопротивлением  $r$  и двух подключенных параллельно к источнику тока резисторов (рис. 118). Сопротивление одного из резисторов  $R_1$  неизменно, а сопротивление другого  $R_2$  можно подобрать так, чтобы выделяемая в этом резисторе мощность была максимальной. Найдите значение  $R_2$ , соответствующее этой максимальной мощности.

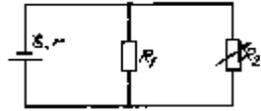


Рис. 118

463. Конденсатор емкостью  $C_1$  разряжается через резистор сопротивлением  $R$ . Когда сила тока разряда достигает значения  $I_0$ , ключ  $K$  размыкают (рис. 119). Найдите количество теплоты  $Q$ , которое выделится на резисторе, начиная с этого момента времени.

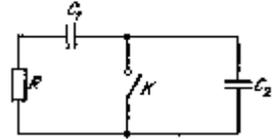


Рис. 119

464. Батарея с ЭДС равной  $\epsilon$ , конденсаторы емкостями  $C_1$  и  $C_2$  и резистор сопротивлением  $R$  соединены, как показано на рис. 120. Найдите количество теплоты  $Q$ , выделяющееся на резисторе после переключения ключа  $K$ .

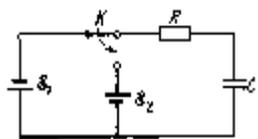


Рис. 120

465. В схеме, показанной на рис.121, перед замыканием ключа  $K$  конденсатор емкостью  $C$  не был заряжен. Ключ замыкают на некоторое время, в течение которого конденсатор зарядился до напряжения  $U$ . Определите, какое количество теплоты  $Q_2$  выделится за это время на резисторе сопротивлением  $R_2$ . ЭДС источника тока равна  $e$ , его внутренним сопротивлением пренебречь.

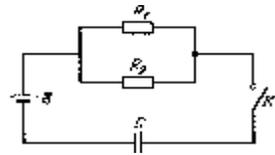


Рис. 121

466. Найти сопротивление цепи, изображенной на рис. 122. Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.

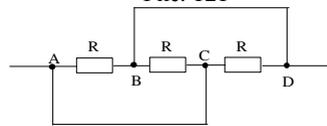


Рис. 122

467. По горизонтальным параллельным рельсам, расстояние между которыми равно  $d$ , может скользить без трения перемычка, масса которой равна  $m$ . Рельсы соединены резистором сопротивлением  $R$  и помещены в вертикальное однородное магнитное поле, индукция которого равна  $B$ . Перемычке сообщают скорость  $v_0$  (рис. 123). Найдите путь  $s$ , пройденный перемычкой до остановки. Как зависит ответ от направления индукции  $B$ ?

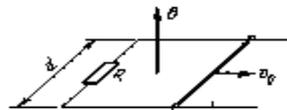


Рис. 123

468. Как будут зависеть от времени показания гальванометра, включенного в цепь расположенного горизонтально кругового контура, если вдоль оси этого контура будет падать заряженный шарик?

469. В однородном постоянном во времени магнитном поле, индукция которого  $B$  направлена вверх, движется подвешенный на нерастяжимой нити длины  $l$  маленький заряженный шарик. Масса шарика равна  $m$ , заряд  $q$ , период обращения

Т. Найдите радиус  $r$  окружности, по которой движется шарик, если нить все время натянута.

470. В однородном магнитном поле с индукцией  $B$  с постоянной скоростью  $v$  движется металлический шарик радиусом  $r$ . Укажите точки шарика, разность потенциалов  $Dj_{max}$  между которыми будет максимальна, и определите эту разность потенциалов. Считать, что направление скорости составляет с направлением магнитной индукции угол  $\alpha$ .

471. По обмотке длинного цилиндрического соленоида радиуса  $R$  протекает постоянный ток, создающий внутри соленоида однородное магнитное поле с индукцией  $B$ . Между витками соленоида в него влетает по радиусу (перпендикулярно оси соленоида) электрон со скоростью  $v$  (рис. 124). Отклоняясь в магнитном поле, электрон спустя некоторое время покинул соленоид. Определите время  $t$  движения электрона внутри соленоида.

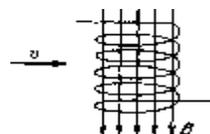


Рис. 124

472. По двум параллельным металлическим направляющим, наклоненным под углом  $\alpha$  к горизонту и расположенным на расстоянии  $b$  друг от друга, может скользить без трения металлическая перемычка массой  $m$ . Направляющие замкнуты снизу на незаряженный конденсатор емкостью  $C$ , и вся конструкция находится в магнитном поле, индукция которого  $B$  направлена вертикально.



Рис. 125

В начальный момент перемычку удерживают на расстоянии  $l$  от основания «горки» (рис. 125). Определите время  $t$ , за которое перемычка достигнет основания «горки» после того, как ее отпустят. Какую скорость  $v_k$  она будет иметь у основания? Сопротивлением направляющих и перемычки пренебречь.

473. Квадратная недеформируемая сверхпроводящая рамка массой  $m$  со стороной  $a$  расположена горизонтально и находится в неоднородном магнитном поле, индукция которого меняется в пространстве по закону  $B_x = -\alpha x$ ,  $B_y = 0$ ,  $B_z = \alpha z + B_0$  (рис. 126). Индуктивность рамки равна  $L$ . В начальный момент времени центр рамки совпадает с началом координат  $O$ , а стороны параллельны осям  $x$  и  $y$ . Ток в рамке в этот момент равен нулю. Рамку отпускают. Как она будет двигаться и где окажется спустя время  $t$  после начала движения?

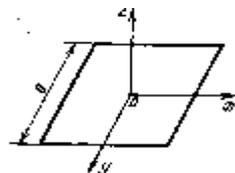


Рис. 126

474. Длинная цилиндрическая катушка, намотанная на каркас диаметром  $D_1$ , имела индуктивность  $L_1$ . При подключении катушки к источнику тока внутри нее создавалось магнитное поле с индукцией  $B_1$ . Потом катушку решили переделать. Ее размотали и тот же провод намотали на каркас диаметром  $D_2$ . Индуктивность катушки стала  $L_2$ . Определите индукцию  $B_2$  магнитного поля внутри новой катушки при подключении ее к тому же источнику тока. Считать, что длина провода намного больше длины катушек.

475. Две длинные цилиндрические катушки с равномерной намоткой одинаковой длины и почти одинакового радиу-

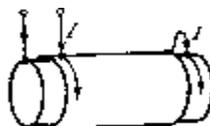


Рис. 127

са имеют индуктивности  $L_1$  и  $L_2$ . Их вставили друг в друга (соосно) и присоединили к цепи так, как показано на рис. 127. Направление тока в цепи и в витках катушек показано стрелками. Найдите индуктивность  $L$  такой составной катушки.

476. Лебедка приводится в движение электродвигателем с независимым возбуждением, питающимся от батареи с ЭДС  $\varepsilon = 300$  В. Без груза конец троса с крюком поднимается со скоростью  $v_1 = 4$  м/с, с грузом массой  $m = 10$  кг со скоростью  $v_2 = 1$  м/с. Определите, с какой скоростью  $v'$  будет двигаться груз и какова должна быть его масса  $m'$ , чтобы лебедка развивала максимальную мощность. Массой троса с крюком пренебречь.

477. Конденсатор неизвестной емкости, катушка индуктивностью  $L$  и резистор сопротивлением  $R$  подключены к источнику переменного напряжения  $\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \omega t$  (рис. 128). Сила тока в цепи равна  $I = (\varepsilon_0/R) \cos \omega t$ . Определите амплитуду напряжения  $U_0$  между обкладками конденсатора.

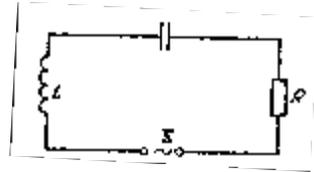


Рис. 128

478. Под действием постоянного напряжения  $U$  конденсатор емкостью  $C = 10^{-11}$  Ф, входящий в схему, указанную на рис. 129, заряжается до заряда  $q = 10^{-9}$  Кл. Индуктивность катушки равна  $L = 10^{-5}$  Гн, сопротивление резистора  $R = 100$  Ом. Определите амплитуду установившихся колебаний заряда  $q_0$  конденсатора при резонансе, если амплитуда внешнего синусоидального напряжения равна  $U_0 = U$ .

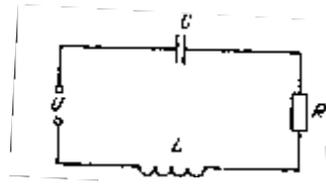


Рис. 129

479. Батарея из двух последовательно соединенных конденсаторов емкостью  $C$  каждый заряжена до напряжения  $U$  и в начальный момент времени подключена к катушке индуктивностью  $L$  так, что образовался колебательный контур (рис. 130). Спустя интервал времени  $t$  один из конденсаторов пробивается и сопротивление между его обкладками становится равным нулю. Найдите амплитуду колебаний заряда  $q_0$  на непробитом конденсаторе.

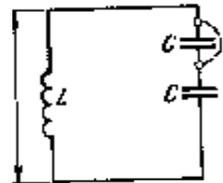


Рис. 130

480. Как можно избежать аварии, связанной с перегоранием обмотки сверхпроводящего соленоида?

481. Свинцовое кольцо радиуса  $r$  расположено горизонтально между полюсами электромагнита, создающего вертикальное однородное магнитное поле с магнитной индукцией  $B$ . Охлаждая кольцо, его переводят в сверхпроводящее состояние. Какой магнитный поток  $\Phi$  будет пронизывать плоскость кольца после выключения электромагнита?

482. Сверхпроводящее кольцо радиусом  $r$  поворачивают относительно горизонтальной оси, не выключая электромагнита. Какой магнитный поток  $\Phi$  будет пронизывать плоскость кольца после поворота на  $90^\circ$ ? На  $180^\circ$ ? В каком из этих случаев в кольце возникает больший ток?

483. Сверхпроводящая катушка радиусом  $r$  состоит из  $N$  витков и имеет индуктивность  $L$ . Найдите силу тока  $I$ , возникающего в катушке с замкнутыми концами при включении внешнего однородного магнитного поля с индукцией  $B$ , направленной вдоль оси катушки.

484. По сверхпроводящему проводу, имеющему форму кольца радиусом  $r$ , идёт ток. Индукция магнитного поля в центре кольца равна  $B_0$ . Проводу придают форму, показанную на рис. 131. Какова теперь индукция  $B$  магнитного поля в центре уменьшенного кольца?



Рис. 131

485. Сверхпроводящее кольцо с током перекручивают, превращая его в «восьмерку» из двух одинаковых колец (рис.132). Затем «восьмерку» складывают так, что получается одно «двойное» кольцо. Как изменится индукция магнитного поля в центре кольца по сравнению с первоначальной?

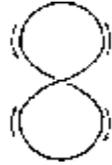


Рис. 132

486. Сверхпроводящее кольцо с током, не перекручивая, превращают в «восьмерку» из двух одинаковых колец (рис. 133). Затем «восьмерку» складывают так, что получается одно «двойное» кольцо. Как изменится индукция магнитного поля в центре кольца по сравнению с первоначальной?

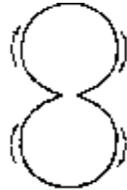


Рис. 133

487. Катушку радиусом  $r = 3,0$  см с числом витков  $n = 1000$  помещают в однородное магнитное поле (ось катушки параллельна линиям поля). Индукция поля изменяется с постоянной скоростью  $10$  мТл/с. Какой заряд  $q$  будет на конденсаторе, подключенном к концам катушки? Емкость конденсатора  $C = 20$  мкф.

488. Катушка радиусом  $r = 3,0$  см с числом витков  $n = 1000$  замыкается накоротко. Найдите выделяющуюся в ней тепловую мощность  $P$ , если сопротивление катушки  $R = 16$  Ом.

489. В замкнутую накоротко катушку вводят магнит: один раз быстро, а другой – медленно. Одинаковый ли заряд проходит по цепи в обоих случаях? Одинаковое ли количество теплоты выделяется?

490. Катушка радиусом  $r$  с числом витков  $n$  и сопротивлением  $R$  находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ . Ось катушки направлена вдоль линий поля. Концы катушки замкнуты. Какой заряд  $q$  пройдет через катушку, если повернуть ее ось на угол  $\alpha$ ?

491. Замкнутый изолированный провод длиной  $l = 4,0$  м расположен по периметру круглой горизонтальной площадки. Какой заряд  $q$  пройдет через провод, если его сложить вдвое? Сопротивление провода  $R = 2,0$  Ом, вертикальная составляющая магнитного поля Земли  $B = 50$  мкТл.

492. Металлическое кольцо радиусом  $l$  находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ , перпендикулярной плоскости кольца. Две металлические стрелки сопротивлением  $K$  каждая имеют контакт между собой и с кольцом (рис. 134). Одна стрелка неподвижна, а другая равномерно вращается с угловой скоростью  $\omega$ . Найдите силу тока  $I$ , текущего через стрелки. Сопротивлением кольца можно пренебречь.



Рис. 134



Рис. 135

493. Металлический стержень может скользить без трения по параллельным горизонтальным рельсам, находящимся на расстоянии  $l$  друг от друга. Рельсы соединены перемычкой, имеющей сопротивление  $R$  (рис. 135). Система находится в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией  $B$ . Как будет двигаться стержень, если к нему приложить постоянную силу  $F$ ? Электрическим сопротивлением стержня и рельсов можно пренебречь. Явление самоиндукции не учитывайте.

494. Металлический стержень может скользить без трения по параллельным горизонтальным рельсам, находящимся на расстоянии  $l$  друг от друга. Рельсы соединены перемычкой, имеющей сопротивление  $R$ . В цепь включен источник тока и идеальный диод, как показано на рис. 136. Система находится в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией  $B$ . Как будет двигаться стержень, если к нему приложить постоянную силу  $F$ ?

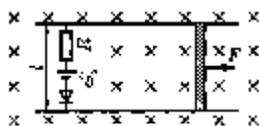


Рис. 136

495. На цилиндрический железный сердечник радиусом  $r$  надето изолированное металлическое кольцо того же радиуса, имеющее электрическое сопротивление  $R$ . В сердечнике создается однородное магнитное поле, индукция которого изменяется по закону  $B = aB_0 t$ . Как изменяется со временем сила тока  $i$  в кольце и разность потенциалов  $V$  между диаметрально противоположными точками кольца?

496. Виток изолированного провода изогнут в виде восьмерки (рис. 137), так что  $r_1 = 20$  мм и  $r_2 = 60$  мм. В течение промежутка времени  $\Delta t = 0,50$  мс однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости витка, равномерно возрастает от нуля до  $B = 5$  Тл. На какое напряжение  $U$  должна быть рассчитана изоляция между проводами, чтобы не произошел ее пробой?



Рис. 137

497. Катушка имеет индуктивность  $L$  и электрическое сопротивление  $R$ . В момент  $t = 0$  катушку подключают к аккумулятору. Как выглядит график зависимости силы тока  $I$  в катушке от времени? Оцените характерное время  $\tau$  возрастания тока в катушке. ЭДС аккумулятора равна  $\epsilon$ , его внутренним сопротивлением можно пренебречь.

498. Через катушку индуктивностью  $L$  и электрическое сопротивление  $R$  течет постоянный ток. В момент  $t_0$  источник тока отключают и катушку замыкают накоротко (рис. 138). Как выглядит график зависимости силы тока от времени? Каково характерное время  $\tau$  убывания тока в цепи?

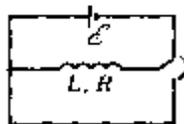


Рис. 138

499. На замкнутый ферромагнитный сердечник намотана катушка. Как зависит ее индуктивность  $L$  от числа витков  $N$ ? Магнитную проницаемость сердечника можно считать неизменной.

500. Два одинаковых сверхпроводящих кольца могут свободно перемещаться вдоль одной прямой, причем плоскости колец остаются перпендикулярными этой прямой (рис. 139).

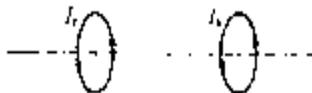


Рис. 139

В начальный момент расстояние между кольцами намного превышает их размеры; по кольцам текут в одном направлении одинаковые токи  $I_0$ . Какие токи  $I$  установятся в кольцах после того, как они сблизятся вплотную? Как при этом изменится энергия магнитного поля?

501. Два одинаковых сверхпроводящих кольца могут свободно перемещаться вдоль одной прямой, причем плоскости колец остаются перпендикулярными этой прямой (рис. 139). В начальный момент расстояние между кольцами намного превышает их размеры. Опишите движение сверхпроводящих колец, если в начальный момент токи в кольцах одинаково направлены, но заметно различаются по величине.

502. В цилиндрическом сердечнике радиусом  $R$  создано однородное магнитное поле, направленное вдоль оси цилиндра. Индукция магнитного поля изменяется со временем по закону  $B = kt$ . Найдите напряженность  $E$  вихревого электрического поля на расстоянии  $r$  от оси цилиндра.

503. Индукция однородного магнитного поля в цилиндрическом сердечнике радиусом  $r$  (рис. 140) возрастает со временем по закону  $B = kt$ . Проволочное кольцо радиуса  $2r$  имеет общую с сердечником ось. Какова разность потенциалов между точками  $A$  и  $B$ ? Какое напряжение покажет вольтметр, подключенный к точкам  $A$  и  $B$ ? Сопротивление вольтметра велико по сравнению с сопротивлением кольца.

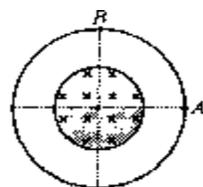


Рис. 140

504. Половина проволочного кольца изготовлена из меди, а другая половина – из латуни. Сечение проволоки всюду одинаково, радиус кольца  $r = 30$  мм. Кольцо надето на цилиндрический сердечник того же радиуса. В сердечнике создано однородное магнитное поле, индукция которого возрастает с постоянной скоростью  $50$  Тл/с. Найти напряженность электрического поля в медной и латунной частях кольца.

## КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

505. Стоя на горе, барон Мюнхгаузен сравнил показания электронных и маятниковых часов. За час маятниковые часы отстали от электронных на  $5$  с. Он сразу вычислил высоту горы, что требуется сделать и вам.

506. Стоя на горе, барон Мюнхгаузен сравнил показания электронных и маятниковых часов. За час маятниковые часы отстали от электронных на  $5$  с. Барон решил восстановить точность своих маятниковых часов. На какую часть длины он должен укоротить маятник?

507. Период колебаний маятника на поверхности Земли  $T_0 = 2$  с. На сколько изменится период колебаний маятника, если его поднять на высоту  $h = 10$  км над поверхностью Земли (радиус Земли  $R = 635$  км)?

508. Часы с маятником на поверхности Земли спешат на  $\Delta t = 1,5$  мин в сутки. На какой высоте над поверхностью Земли они будут идти верно? Радиус Земли  $R = 6350$  км.

509. Чему равен период  $T$  колебаний математического маятника длиной  $l$ : а) в лифте, ускорение которого направлено вверх и равно  $a$ ; б) в лифте, ускорение которого направлено вниз ( $a < g$ ); в) в поезде, движущемся горизонтально с ускорением  $a$ ; г) на тяжелой тележке, съезжающей без трения с наклонной плоскости

под углом  $\alpha$  к горизонту? Чему равен во всех этих случаях период колебаний пружинного маятника?

510. В кабине лифта, находящегося на верхнем этаже небоскреба, совершает малые колебания подвешенный на нити шарик. Нить привязана к гвоздю, вбитому в стену кабины. Трос лифта обрывается, и лифт начинает падать. Опишите движение шарика относительно лифта на протяжении всего падения. Учтите при этом, что на лифт действует сила сопротивления воздуха, зависящая от скорости падения.

511. Подвешенный груз растягивает легкую пружину на  $\Delta l = 16$  см. Чему равен период колебаний груза на этой пружине?

512. Найдите периоды  $T$  колебаний систем, изображенных на рис. 141 *а, б, в*. Коэффициенты жесткости пружин равны  $k_1$  и  $k_2$ , масса груза  $m$ . Трение отсутствует.

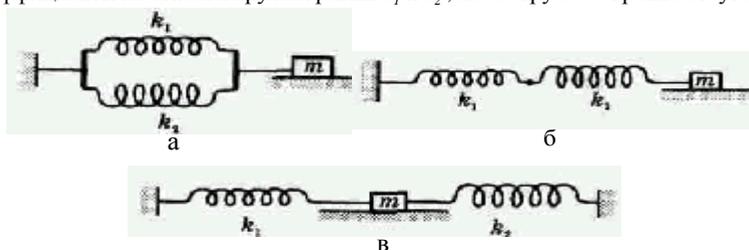


Рис.141

513. На два быстро вращающихся одинаковых валика положили горизонтально доску массой  $m$  (рис. 142). Расстояние между осями валиков  $L$ , коэффициент трения между доской и валиками  $\mu$ . Как будет двигаться доска? Как изменится ответ, если оба валика изменят направление вращения?

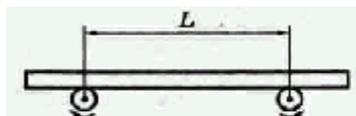


Рис. 142

514. Два грузика с массами  $m_1$  и  $m_2$ , находящиеся на гладкой горизонтальной поверхности, соединены легкой пружиной. Жесткость пружины  $k$ . Каков период  $T$  свободных колебаний системы, если при колебаниях грузики движутся вдоль одной прямой?

515. На гладком столе лежат два грузика массами  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 300$  г, соединенные легкой пружиной жесткостью  $k = 50$  Н/м. Один из грузиков касается стенки (рис. 143). Грузики связаны нитью длиной  $l = 6$  см, при этом пружина сжата на  $\Delta l = 2$  см. Опишите движение грузиков после того, как нить пережигают.

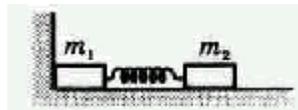


Рис. 143

516. Покоряя Северный полюс, барон Мюнхгаузен очутился один посреди отколовшейся плоской льдины. От огорчения он подпрыгнул, и льдина вместе с ним начала колебаться, совершая одно колебание в секунду. Измерив площадь льдины ( $S = 5$  м<sup>2</sup>), я сразу успокоился: мне стало ясно, что льдина достаточно толстая. Какова ее толщина, если масса барона  $m = 80$  кг?

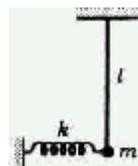


Рис. 144

517. На рис. 144 показано положение равновесия колебательной системы – математического маятника с пружинной связью. Найдите период  $T$  малых колебаний системы. Каким станет период  $T'$ , если пружину заменить тонкой полоской резины той же длины и жесткости?

518. Во сколько раз изменится частота малых колебаний небольшого груза на легком стержне (рис. 145), если к середине стержня прикрепить горизонтальную пружину с жесткостью  $k$ ? В равновесии стержень занимает вертикальное положение.

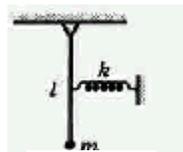


Рис. 145

519. Тело массой  $m = 10$  г совершает гармонические колебания по закону  $x = 0.1 \cos(4\pi t + \pi/4)$ , м. Определите максимальные значения: а) возвращающей силы; б) кинетической энергии.

520. Ареометр, имеющий форму цилиндра, погрузили в молоко и затем предоставили самому себе, в результате чего он стал совершать гармонические колебания. Найдите период этих колебаний (удельный вес молока  $d_M = 103$  Н/л). Масса ареометра  $m = 50$  г, радиус цилиндра  $r = 0,5$  см. (рис. 146).



Рис. 146

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

521. Емкость конденсатора колебательного контура радиоприемника можно изменять от  $C_1$  до  $C_2 > C_1$ . Какой комплект сменных катушек следует взять, чтобы диапазон длин волн, на которые можно настраивать приемник, был как можно более широким и не содержал «просветов»? Какова верхняя граница  $\lambda_{max}$  этого диапазона, если его нижняя граница  $\lambda_{min}$ , а комплект состоит из  $N$  катушек?

522. Емкость конденсатора колебательного контура радиоприемника можно изменять от  $C_1 = 56$  пФ до  $C_2 = 670$  пФ. Сколько сменных катушек надо иметь, чтобы радиоприемник можно было настраивать на любые радиостанции, работающие в диапазоне длин волн от  $\lambda_1 = 40$  м до  $\lambda_2 = 2600$  м?

523. Колебательный контур состоит из конденсатора постоянной емкости и катушки, в которую можно вдвигать сердечник. Как изменится частота собственных колебаний контура, если вдвинуть в катушку ферритовый сердечник (феррит – магнитное соединение железа, являющееся изолятором)? Медный?

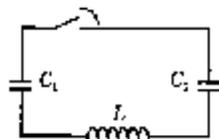


Рис. 147

524. Конденсатор емкостью  $C_1$  заряжен до напряжения  $U_1$ , а конденсатор емкостью  $C_2$  не заряжен (рис. 147). Каким будет максимальное значение  $I_M$  силы тока в катушке индуктивностью  $L$  после замыкания ключа? Конденсаторы и катушку считайте идеальными.

525. Один из двух одинаковых конденсаторов (рис. 148) заряжен до напряжения  $U_0$ , а другой – не заряжен. Какое напряжение  $U$  установится на конденсаторах после замыкания ключа? Как согласуется этот результат с

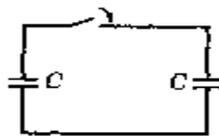


Рис. 148

законом сохранения энергии? Рассмотрите, в частности, случай, когда соединительные провода являются сверхпроводящими.

526. В цепи (рис. 149)  $C_1 = C_2 = C$ . До замыкания ключа напряжение на первом конденсаторе равно  $U_0$ , а второй конденсатор не заряжен. Найдите максимальное значение  $I_M$  силы тока через катушку с индуктивностью  $L$  после замыкания ключа. Сопротивлением катушки можно пренебречь.

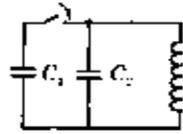


Рис. 149

### МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

527. По шнуру слева направо бежит со скоростью  $v$  незатухающая гармоническая волна. При этом поперечное смещение точки  $O$ . Шнура изменяется по закону  $y = A \cos \omega t$ . Как зависит от времени смещение точки шнура, находящейся правее точки  $O$  на расстоянии  $x$  от нее?

528. Найдите собственные частоты колебаний воздушного столба в закрытой с обоих концов трубе длиной  $l = 3,4$  м.

529. Над цилиндрическим сосудом высотой  $H = 1$  м звучит камертон с частотой колебаний  $\nu = 340$  Гц. В сосуд медленно наливают воду. При каких положениях уровня воды в сосуде звучание камертона значительно усиливается?

530. Камертон колеблется с частотой  $\nu = 440$  Гц. Какую минимальную длину может иметь резонаторный ящик – подставка камертона – для усиления звука? Не противоречит ли закону сохранения энергии тот факт, что из двух одинаковых камертонов, возбужденных одинаковыми по силе ударами, намного громче звучит тот, который установлен на резонаторе?

531. Почему изменяется голос человека в барокамере, заполненной дыхательной смесью из кислорода и гелия? Как изменится в этой атмосфере тон духовых инструментов? Камертона? Камертона на резонаторном ящике?

532. Пуля летит со скоростью  $u$ , превышающей скорость звука  $v$ . Какую форму имеет фронт ударной волны, возникающей в воздухе при полете пули?

533. Реактивный самолет пролетел со скоростью, в два раза превышающей скорость звука, на высоте  $h = 5$  км над наблюдателем. На каком расстоянии от наблюдателя был самолет, когда человек услышал звук?

534. Гоночный автомобиль, включив сирену, мчится со скоростью  $u = 306$  км/ч. Частота колебаний сирены  $\nu_0 = 400$  Гц. Впереди на обочине лежит другой автомобиль с точно такой же включенной сиреной (водитель, к счастью, остался жив). Каждый из водителей различает звук сирены другого автомобиля, потому что он выше, чем звук его собственной сирены. Кто из них слышит более высокий звук? Какова частота  $\nu$  этого звука?

535. Два одинаковых динамика  $A$  и  $B$  подключены к выходу одного генератора электрических колебаний частотой  $\nu = 680$  Гц. Расстояние между динамиками 4 м. Ам-

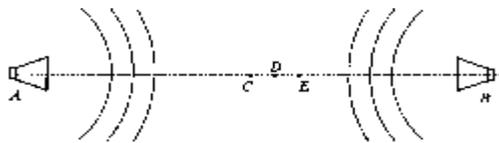


Рис. 150

плитуда звуковых колебаний в точке  $C$ , находящейся посередине отрезка  $AB$  (рис. 150), максимальна и равна  $a$ . Какова амплитуда звуковых колебаний в точках  $D$  и  $E$ , если  $CD = 6,25$  см,  $CE = 12,5$  см? Каким будет ответ, если изменить полярность подключения одного из динамиков?

536. Морские волны движутся со скоростью  $u$  и набегают на берег с частотой  $\nu_0$ , причем волновой фронт параллелен береговой линии. С какой частотой  $\nu$  волны ударяются о катер, идущий от берега со скоростью  $v$ , направленной под углом  $\alpha$  к береговой линии? Каким станет ответ, если катер изменит направление движения на противоположное?

537. Антенна телевизора (точка  $C$  на рис. 151) принимает, наряду с волной от телецентра (точка  $A$ ), волну, отраженную от железной крыши (точка  $B$ ). В результате изображение на экране дублируется. На сколько сдвинуты получаемые изображения друг относительно друга? Ширина экрана телевизора  $l = 50$  см; кадры на экране сменяются с частотой  $n = 25$  с<sup>-1</sup>, изображение состоит из  $N = 625$  строк.

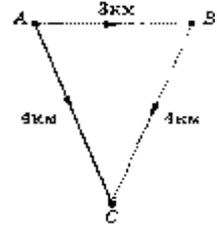


Рис. 151

538. Почему увеличение дальности радиосвязи с космическими кораблями в три раза требует увеличения мощности передатчика в 9 раз? Во сколько раз следует увеличить мощность передатчика для увеличения дальности радиолокации в три раза? Поглощение энергии при распространении радиоволн не учитывайте.

539. Антенна корабельного радиолокатора находится на высоте  $H = 25$  м над уровнем моря. На каком максимальном расстоянии  $l_{max}$  радиолокатор может обнаружить спасательный плот? С какой частотой  $n$  могут при этом испускаться импульсы?

540. Радиолокатор работает на волне  $\lambda = 5,0$  см и испускает импульсы длительностью  $\tau = 1,5$  мкс. Сколько колебаний содержится в каждом импульсе? Какова минимальная дальность  $l_{min}$  обнаружения цели?

## ОПТИКА

541. На поверхности стеклянного шара находятся паук и муха. Где на поверхности шара должна находиться муха, чтобы паук смог ее увидеть? Считать, что радиус шара много больше размеров паука и мухи. Показатель преломления для стекла (постоянная в законе преломления) равен  $n_{ст} = 1,43$ .

542. В днище судна сделан стеклянный иллюминатор для наблюдения за морскими животными. Диаметр иллюминатора  $D = 40$  см много больше толщины стекла. Определите площадь  $S$  обзора дна из такого иллюминатора. Показатель преломления воды равен  $n = 1,4$  расстояние до дна  $h = 5$  м.

543. Человек идет по прямой, образующей угол  $\alpha$  с плоскостью зеркала, со скоростью  $v$ . Определите, с какой скоростью  $v_{отн}$  он приближается к своему изображению. Считать предмет и его изображение симметричными относительно плоскости зеркала.

544. Могут ли солнечные лучи испытать полное отражение (то есть отсутствие преломления при переходе из воды в воздух) внутри шарообразной дождевой капли? Объясните свой ответ.

545. На боковую грань равнобедренной призмы падает луч, идущий параллельно основанию призмы. При каком условии луч, пройдя призму, не изменит своего направления?

546. Найдите угол  $\delta$  отклонения луча призмой от первоначального направления, если угол падения  $\alpha$  и преломляющий угол призмы  $\varphi$  малы. Показатель преломления материала призмы равен  $n$  (постоянная величина в законе преломления при переходе из воздуха в призму).

547. Если смотреть сверху на неглубокий водоем с чистой водой, глубина водоема кажется меньшей, чем она есть на самом деле. Во сколько раз? Считать постоянную величину при переходе из воздуха в воду  $n = 1,33$ . Поясните свой ответ.

548. Рыба, находящаяся на глубине  $h_1 = 1,0$  м, смотрит вертикально вверх в глаза рыболову. Голова рыболова находится на высоте  $h_2 = 1,5$  м над водой. Каким покажется рыбе расстояние  $l$  до головы рыболова? Показатель преломления воды  $n = 1,33$ .

549. Над водой на высоте  $h_1 = 1,0$  м поместили горизонтально плоское зеркало. На какой высоте  $h$  над водой увидит свое отражение рыба, находящаяся на глубине  $h_2 = 0,50$  м? Показатель преломления воды  $n = 1,33$ .

550. На достаточно удаленные предметы смотрят через собирающую линзу с фокусным расстоянием  $F = 9$  см, располагая глаз на расстоянии  $a = 36$  см от линзы. Оцените минимальный размер экрана, который нужно расположить за линзой так, чтобы он перекрыл все поле изображения. Где следует расположить экран? Считать, что зрачок глаза равен  $r \approx 1,5$  мм.

551. Цилиндрический прозрачный сосуд высотой  $l$  ( $l \ll R_c$ ,  $R_c$  – радиус сосуда) заполнен идеальным газом с молярной массой  $\mu$ , температурой  $T$  под давлением  $p_0$ . Зависимость показателя преломления  $n$  газа от его плотности  $\rho$  удовлетворяет соотношению  $n = 1 + \alpha\rho$ . Сосуд привели во вращение с угловой скоростью  $\omega$  вокруг оси. Вдоль оси на сосуд падает узкий параллельный световой пучок радиусом  $r_n$ . Определите радиус  $R$  пятна на экране, расположенного перпендикулярно оси сосуда за ним на расстоянии  $L$ . Считать, что изменение давления газа в каждой точке сосуда вследствие вращения мало по сравнению с  $p_0$ . Влиянием торцов сосуда на ход световых лучей пренебречь.

552. Подзорная труба, имеющая угловое увеличение  $k = 20$ , состоит из двух собирающих тонких линз – объектива с фокусным расстоянием  $F = 0,5$  м и окуляра, который можно подстраивать по глазу в пределах от  $D = -7$  до  $D_+ = +10$  дптр (при подстройке окуляр перемещается относительно объектива). Начиная с какого минимального расстояния  $a$  от объектива можно рассматривать удаленные предметы ненапряженным нормальным глазом при помощи этой трубы?

553. Если смотреть на освещенную поверхность через широкое отверстие корпуса шариковой ручки, то вокруг узкого отверстия в корпусе видно несколько концентрических темных и светлых колец. Объясните, почему наблюдаются эти кольца.

554. Точечный источник света  $S$  находится на расстоянии  $l = 1$  м от экрана. В экране напротив источника сделано отверстие диаметром  $d = 1$  см, в которое проходит свет. Между источником и экраном помещен прозрачный цилиндр (рис.

152), показатель преломления которого равен  $n = 1,5$ , длина  $l = 1$  м, а диаметр тот же, что и у отверстия. Как изменится световой поток через отверстие? Поглощением света в веществе пренебречь.

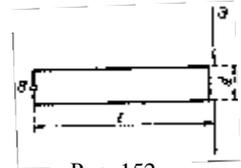


Рис. 152

555. Объектив и окуляр оптической трубы представляют собой двояковыпуклые симметричные линзы, изготовленные из стекла с показателем преломления  $n_{cp} = 1,5$ . Труба настроена на бесконечность, при этом расстояние между объективом и окуляром равно  $L_0 = 16$  см. Определите расстояние  $L$ , на котором должны находиться объектив и окуляр трубы, настроенной на бесконечность, если между окуляром и объективом будет налита вода ( $n_0 = 1,3$ ).

556. На одном берегу залива, который образует клин с углом  $\alpha$ , живет рыбак; его дом находится в точке  $A$  (рис. 153). Расстояние от точки  $A$  до ближайшей к ней точки залива  $C$  равно  $h$ , а расстояние до конца залива, т. е. до точки  $D$ , равно  $l$ . На другом берегу залива в точке  $B$  находится дом приятеля рыбака. Точка  $B$  расположена симметрично (относительно залива) точке  $A$ . В распоряжении рыбака имеется лодка. Определите минимальное время  $t$ , необходимое рыбаку, чтобы он из своего дома смог добраться до дома приятеля при условии, что рыбак может двигаться по суше со скоростью  $v$  и плыть по заливу в лодке со скоростью, в два раза меньшей ( $n = 2$ ).

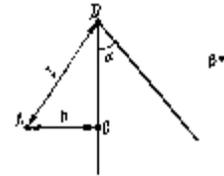


Рис. 153

557. На сферическое зеркало радиусом  $R = 5$  см падают параллельно его оптической оси два луча – один проходит от оси на расстоянии  $h_1 = 0,5$  см, другой на расстоянии  $h_2 = 3$  см. Определите расстояние  $\Delta x$  между точками, в которых эти лучи пересекают оптическую ось после отражения от зеркала.

558. Осветитель представляет собой цилиндрическую трубку радиусом  $R = 10$  мм, в которую вставлена собирающая линза; на оси трубки на расстоянии  $d = 20$  см от линзы находится точечный источник света (рис. 154). На экране, расположенном перпендикулярно оси трубки на расстоянии  $a = 30$  см от линзы, осветитель дает круглое светлое пятно радиусом  $r = 5,0$  мм. Каково фокусное расстояние  $F$  линзы? Отражением света от стенок трубки можно пренебречь.

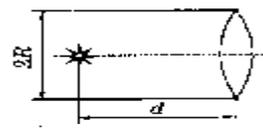


Рис. 154

559. Какое фокусное расстояние  $F$  должен иметь объектив: а) для получения уменьшенной фотокопии текста в масштабе  $1 : 10$  (фотографирование производится с расстояния  $d = 1$  м); б) для получения снимков местности в масштабе  $1 : 5000$  при топографической съемке с самолета, летящего на высоте  $h = 1$  км?

560. Со спутника, летящего на высоте  $H = 150$  км, фотографируют ночной город. Разрешающая способность пленки (наименьшее расстояние между изображениями двух точек, при котором эти изображения не сливаются)  $\Delta l = 0,01$  мм. Фокусное расстояние объектива  $F = 10$  см. При каком расстоянии  $L$  между уличными фонарями их изображения на снимке получатся раздельными? Оцените время

экспозиции  $\tau$ , при котором движение спутника не приводит к заметному размыванию изображения.

561. При съемке с расстояния  $d_1 = 4,25$  м изображение предмета имеет высоту  $H_1 = 2,7$  мм; при съемке с расстояния  $d_2 = 1,0$  м – высоту  $H_2 = 12$  мм. Найдите фокусное расстояние  $F$  объектива.

562. Предмет фотографируют с расстояния  $d_0 = 2,0$  м. При этом на пленке получается четкое изображение. В каких пределах можно изменять расстояние  $d$  до предмета, чтобы размытость изображения (размер «изображения» каждой точки предмета) не превышала  $a = 0,10$  мм? Фокусное расстояние объектива  $F = 50$  мм, диаметр  $D = 30$  мм.

563. Краба, ползущего по дну на глубине  $H_1 = 2,0$  м, фотографируют с высоты  $H_2 = 1,0$  м над поверхностью воды. Какое расстояние  $d$  надо установить на шкале дальности объектива? Каков будет размер  $L$  изображения, если длина краба  $l = 10$  см? Фокусное расстояние объектива  $F = 50$  мм.

564. На расстоянии  $l = 90$  см от стены находится лампа. На каком расстоянии  $f$  от стены следует разместить собирающую линзу с фокусным расстоянием  $F = 20$  см, чтобы получить на стене четкое изображение нити накала лампы? Главная оптическая ось линзы перпендикулярна стене.

565. С помощью собирающей линзы на экране получают четкое изображение предмета. Высота предмета  $h$ , высота изображения  $h_1 > h$ . Линзу передвигают ближе к экрану, и после этого на экране опять возникает четкое изображение. Какова теперь его высота  $h_2$ ?

566. С помощью собирающей линзы на экране получают уменьшенное изображение предмета, находящегося на расстоянии  $l = 45$  см от экрана. Перемещая линзу, получают на экране другое изображение, в  $k = 4$  раза больше первого. Каково фокусное расстояние  $F$  линзы?

567. С помощью собирающей линзы на экране получают четкое изображение свечи при двух положениях линзы, расстояние между которыми  $a = 50$  см. Найдите оптическую силу  $D$  линзы, если свеча находится на расстоянии  $l = 2,5$  м от экрана.

568. Расстояние между двумя точечными источниками света  $l = 32$  см. Где между ними надо поместить собирающую линзу с фокусным расстоянием  $F = 12$  см, чтобы изображения обоих источников оказались в одной точке?

569. Постройте изображение наклонной стрелки АВ, проходящей через фокус собирающей линзы (рис. 155).

570. Середина стержня, имеющего длину  $l = 10$  мм, находится на расстоянии  $d = 18$  см от собирающей линзы на ее главной оптической оси. Найдите длину  $L$  изображения стержня в двух случаях: а) стержень расположен параллельно плоскости линзы; б) стержень расположен вдоль главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы  $F = 12$  см.

571. Система линз называется телескопической, если падающие на нее параллельные лучи выходят из системы, оставаясь параллельными. Как расположить две линзы, чтобы они образовали телескопическую систему?

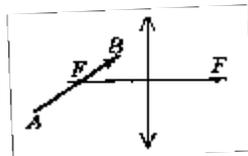


Рис. 155

572. Две тонкие линзы с оптическими силами  $D_1$  и  $D_2$  имеют общую главную оптическую ось и расположены вплотную друг к другу. Докажите, что их можно заменить одной линзой с оптической силой  $D = D_1 + D_2$ .

573. За собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F = 30$  см расположено на расстоянии  $a = 15$  см плоское зеркало, перпендикулярное главной оптической оси линзы. Где находится изображение предмета, расположенного перед линзой на расстоянии  $d = 15$  см? Какое это изображение – действительное или мнимое?



Рис. 156

574. Плоскую поверхность плосковыпуклой линзы с фокусным расстоянием  $F$  посеребрили. На линзу падает пучок лучей, параллельных главной оптической оси (рис. 156). В какой точке пересекутся эти лучи?

575. Постройте ход лучей и найдите положение изображения предмета  $AB$  в оптической системе, состоящей из собирающей линзы и плоского зеркала (рис. 157).

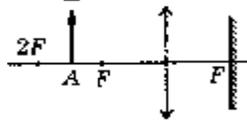


Рис. 157

576. Точечный источник света расположен на главной оптической оси собирающей линзы на расстоянии  $3F/2$  от линзы. На каком расстоянии нужно разместить за линзой перпендикулярное ее главной оптической оси плоское зеркало, чтобы отразившиеся от него и вторично прошедшие через линзу лучи образовали параллельный пучок?

577. Система состоит из собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F_1 = 30$  см и рассеивающей линзы с фокусным расстоянием  $F_2 = -15$  см. Линзы расположены на расстоянии  $a = 20$  см друг от друга, их главные оптические оси совпадают. Где следует разместить точечный источник света, чтобы эта система давала пучок параллельных лучей?

578. Две собирающие линзы ( $F_1 = 12$  см,  $F_2 = 15$  см) имеют общую главную оптическую ось и расположены на расстоянии  $a = 36$  см друг от друга. Предмет находится перед первой линзой на расстоянии  $d = 48$  см от нее. На каком расстоянии  $f$  от второй линзы находится изображение предмета?

579. В трубку вставлены две собирающие линзы с фокусными расстояниями  $F_1 = 80$  мм и  $F_2 = 50$  мм. Расстояние между линзами  $l = 16$  см. Предмет высотой  $h = 20$  мм помещен на расстоянии  $d = 40$  см перед первой линзой. Где находится изображение? Какова его высота  $H$ ?

580. Объектив состоит из двух тонких линз, расстояние между которыми  $l = 15$  см. Фокусные расстояния линз  $F_1 = 20$  см,  $F_2 = -10$  см. С помощью этого объектива, обращенного собирающей линзой к Солнцу, получают на экране изображение Солнца. С помощью какой одной линзы можно получить изображение Солнца такого же размера?

581. Система состоит из двух линз (собирающей и рассеивающей) с одинаковыми по модулю фокусными расстояниями. Главные оптические оси линз совпадают. С помощью этой системы на экране получено изображение Солнца. Когда линзы поменяли местами, экран пришлось передвинуть на  $s = 30$  см, чтобы на нем снова появилось изображение Солнца. Каково фокусное расстояние  $F$  собирающей линзы?

582. Объектив фотоаппарата состоит из двух линз. Рассеивающая линза с фокусным расстоянием  $F_1 = -50$  мм расположена на расстоянии  $l = 45$  см от пленки.

Где должна находиться собирающая линза с фокусным расстоянием  $F_2 = 80$  мм, чтобы на пленке получались резкие изображения удаленных предметов?

583. Почему, открывая глаза под водой, мы видим размытые очертания предметов? Почему маска для подводного плавания позволяет отчетливо видеть под водой?

584. Близорукий человек читает без очков, держа книгу на расстоянии  $d = 10$  см от глаз. Какова оптическая сила  $D$  необходимых ему очков для чтения?

585. Как изменяется оптическая сила хрусталика глаза при переводе взгляда со страницы книги на облака за окном?

### Использованная литература

1. Гельфгат И.М., Генденштейн Л.Э., Кирик Л.А. 1001 задача по физике с ответами, указаниями, решениями. Москва-Харьков: «Илекса», «Гимназия», 1997, – 352 с.

2. Буздин А.И., Ильин В.А., Кривченков И.В., Кротов С.С., Свешников Н.А. Задачи Московских физических олимпиад. М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит, 1988., – 192 с.

3. Бендриков Г.А., Буховцев Б.Б., Керженцев В.Д., Мякешев Г.Я. Физика. Сборник задач. – 9-е изд., стереотипное. М.: Рольф, 2000. – 416 с., с илл.

4. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. – 5-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. Шк., 1988. – 527 с.: ил.

5. Трофимова Т.И., Павлова З.Г. Сборник задач по курсу физики с решениями. – М.: Высш. Шк., 1999. – 591 с: ил.

6. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Наука, 1969. – 464 с.

7. Баканина Л.П., Козел С.Н., Белонучкин В.Е., Колачевский Н.Н., Косоуров Г.И., Мазанько И.П. Сборник задач по физике. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1970., – 416 с.

8. Парфентьева Н., Фомина М. Решение задач по физике. – Ч.1.- М.: Мир, 1993.- 218 с.

9. Мясников С.П., Осанова Т.Н. Пособие по физике. – М.: Высшая школа, 1981 – 391с.

10. Павленко Ю.Г. Пособие по физике для поступающих в вузы. – Издательство московского университета. – 1978. – 480с.

11. Буховцев Б.Б., Кривченков В.Д. и т.д. Сборник задач по элементарной физике. – М. Наука, 1987. – 416с.

12. Савченко Н.Е. Решение задач по физике. Справочное пособие. – Мн.: Высш. шк., 1988. – 367с.

13. Болсун А., Геляевич Б. Физика в экзаменационных вопросах и ответах. – М.: Айрис-пресс, 2002. – 416 с.

14. Слободецкий И.Ш., Орлов В.А. Всесоюзные олимпиады по физике. – М.: Просвещение, 1985.

**ФИЗИКА**  
**Сборник олимпиадных задач**

**Составители:**

В.В.Батин  
В.И.Ивлев  
О.И.Подмарева

**Редактор:**

Карпов С.И.

Лицензия ЛР № 040313  
Подписано в печать    Печать офсетная  
Формат    Печ. л.    Усл. печ. л.  
Тираж    экз.    Заказ  
Цена договорная.

Мордовский республиканский институт образования  
430027, г. Саранск, ул. Транспортная, 19

Отпечатано в Мордовском управлении статистики  
430000, г. Саранск, ул. пр. Ленина, 14