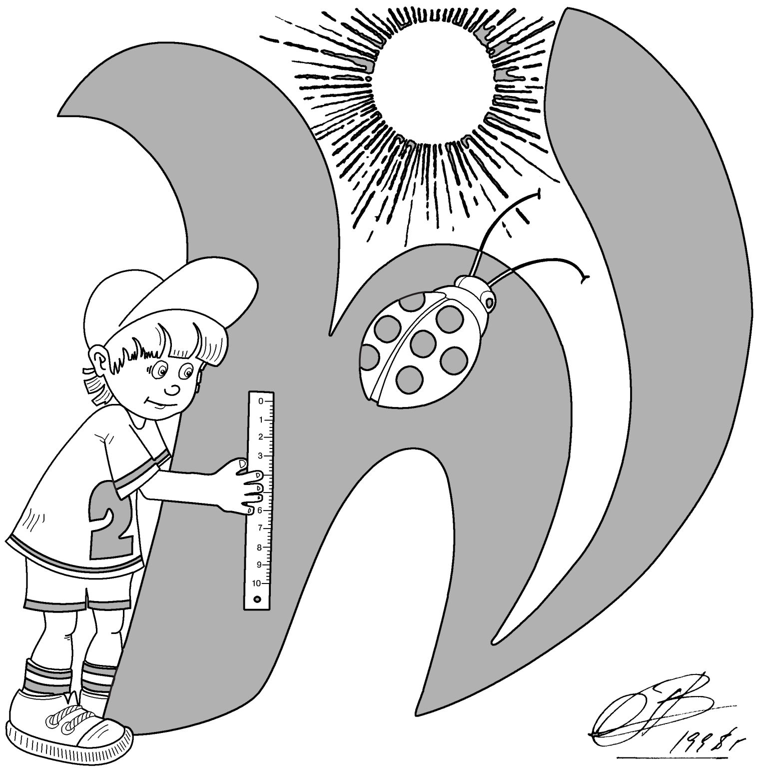
Федеральное агентство по образованию
Центральный оргкомитет Всероссийских олимпиад

XXXVIII Всероссийская олимпиада школьников по физике

Районно-городской этап

Теоретический тур

Методическое пособие



МФТИ, 2003/2004 уч.г.

Комплект задач подготовлен методической комиссией по физике
Центрального оргкомитета Всероссийских олимпиад школьников
Министерства образования и науки Российской Федерации
Телефоны: (095) 408-80-77, 408-86-95.
E-mail: **fizolimp@mail.ru** (с припиской **antispam** к теме письма)

Авторы задач

8 класс
1. Перышкин А.
2. Фольклор
3. Петров В.
4. Фольклор
5. Подлесный Д.

9 класс
1. Слободянин В.
2. Фольклор
3. Слободянин В.
4. Неизвестный Х.
5. Подлесный Д.

10 класс
1. Фольклор
2. Фольклор
3. Фольклор
4. Фольклор
5. Слободянин В.
6. Варламов С.

11 класс
1. Варламов С.
2. Фольклор
3. Фольклор
4. См. 4 задачу 10 класса
5. Рощин И.
6. Чивилев В.

Общая редакция — Слободянин В., Чудновский А., Самокотин А.

Оформление и верстка — Чудновский А., Ильин А., Самокотин А., Михайлов В.

При подготовке оригинал-макета
использовалась издательская система $\LaTeX\,2_\varepsilon$.

Подписано в печать 14 марта 2005 г. в 22:42.

141700, Московская область, г.Долгопрудный
Московский физико-технический институт

8 класс

Задача 1. Рельс на дне

Кусок стального рельса лежит на каменистом дне реки. Его поставили вертикально. Изменилась ли при этом выталкивающая сила, действующая на него, если весь рельс остался под водой? Изменится ли она (по сравнению с предыдущим случаем), если при подъеме часть рельса окажется над водой? Ответ обоснуйте и укажите для каждого случая, уменьшится или увеличится выталкивающая сила.

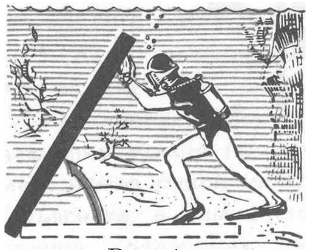


Рис. 1

Задача 2. Чебурашка поднимает Гену

Резиновый крокодил Гена массой $m = 10$ кг и длиной $L = 2$ м лежит на горизонтальной поверхности земли. Чебурашка поднимает его за голову так, что ноги Гены упираются в землю (рис. 2). Какую минимальную работу A необходимо совершить Чебурашке, чтобы установить Гену под углом $\alpha = 60°$ к горизонту? Какую минимальную силу F он должен прилагать, чтобы удерживать Гену в этом положении? Считайте, что масса крокодила равномерно распределена по его длине. Ускорение свободного падения $g = 9{,}8$ м/с^2.

Рис. 2

Задача 3. Встречные поезда

Поезд-экспресс Москва-Дубна прошел за время $t_1 = 9$ с мимо встречной электрички, двигавшейся с такой же скоростью и имевшей в два раза большую длину. За какое время t_2 экспресс пройдет мимо встречного пассажирского поезда, который в два раза длиннее электрички и едет вдвое быстрее?

Примечание. Время движения одного поезда мимо другого — это промежуток времени от момента, когда поравнялись их «головы», до момента, когда поравнялись их «хвосты».

Задача 4. Лед в кастрюле

Ледяной кубик с воздушными пузырьками аккуратно опустили в кастрюлю, доверху заполненную водой. Часть воды вылилась через край, и верхняя грань кубика, параллельная поверхности воды, стала выступать над ней на высоту $h = 2$ см.

1. Какой объем V_1 воды вылился из кастрюли сразу после опускания кубика?
2. Какой объем V_2 воды дополнительно вытечет из кастрюли к тому времени, когда кубик полностью расплавится? Плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м^3, средняя плотность кубика $\rho_1 = 800$ кг/м^3.

Задача 5. Бассейн с подогревом

Вода в бассейне поддерживается при температуре $t_0 = 18°$C за счет теплообмена с котлом, температура $t_1 = 50°$C которого поддерживается за счет нагревателя мощностью $P_1 = 10$ кВт. Поток теплоты от котла к бассейну прямо пропорционален разности их температур. Чтобы повысить температуру воды в бассейне на $\Delta t = 2°$C, пришлось увеличить мощность нагревателя до $P_2 = 25$ кВт. Какой при этом стала температура t_2 котла? Потоком тепла, рассеивающимся от котла в окружающую среду, можно пренебречь.

9 класс

Задача 1. Гонки

Две радиоуправляемые машинки ездят по прямолинейному полигону. Их скорости зависят от времени периодически (рис. 3). В момент времени $t = 0$ машины находились рядом. На какое максимальное расстояние S они удалятся друг от друга в процессе движения?

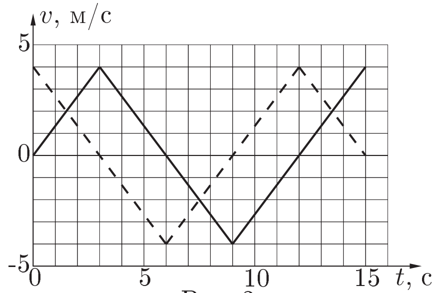


Рис. 3

Задача 2. Куб с блоком (1)

На кубе массой M закреплен легкий блок, через который перекинута невесомая нерастяжимая нить.

Один конец нити прикреплен к стене, а другой — к грузу массой m (рис. 4). Участок нити между стеной и блоком горизонтален, а между грузом и блоком — вертикален, причем груз касается куба. Сначала куб удерживают. С каким ускорением a он начнет двигаться по горизонтальной плоскости, если его отпустить? Считайте, что куб и груз движутся поступательно. Трением в системе можно пренебречь.

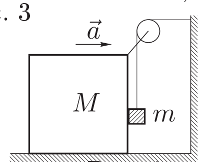


Рис. 4

Задача 3. Трубоукладчик

Чтобы опустить в траншею длинную пластиковую трубу массой m, подвешенную к тросу крана, рабочий направляет ее с помощью веревки. С какой силой F ему необходимо тянуть за веревку, чтобы удерживать трубу в положении, в котором углы между тросом и вертикалью и между веревкой и горизонталью одинаковы и составляют $\alpha = 30°$ (рис. 5).

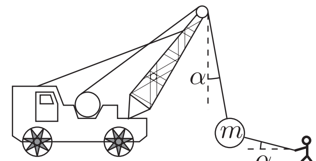


Рис. 5

Задача 4. Увеличение линзы

В учебнике А.В.Перышкина и Н.А.Родиной «Физика-8» за 1993 год на странице 155 художник попытался нарисовать, как выглядел бы текст при его разглядывании через тонкую линзу (рис. 6). Найдите грубую физическую ошибку, допущенную художником.

Рис. 6

Задача 5. Измерения в электрической цепи (1)

Пять одинаковых резисторов сопротивлением R соединены с источником постоянного напряжения U. К резисторам подключили два вольтметра и амперметр (рис. 7). Определите их показания: U_1, U_2 и I. Приборы считайте идеальными.

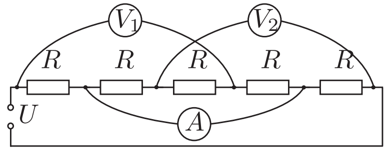


Рис. 7

10 класс

Задача 1. Полет камня

Наклонная плоскость образует с осью Ox угол α (рис. 8). С ее вершины бросили вдоль оси Ox камень. Найдите угол β между вектором максимальной скорости камня и осью Ox.

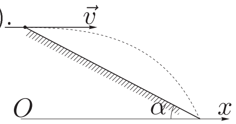


Рис. 8

Задача 2. Куб с блоком (2)

На кубе массой M закреплен легкий блок, через который перекинута невесомая нерастяжимая нить. Один конец нити прикреплен к стене, а другой — к грузу массой m (рис. 9). Участок нити между стеной и блоком горизонтален, а между грузом и блоком — вертикален, причем груз касается куба. Сначала куб удерживают. С каким ускорением a он начнет двигаться по горизонтальной плоскости, если его отпустить? Считайте, что куб и груз движутся поступательно. Учитывайте трение только между кубом и грузом. Коэффициент трения μ известен.

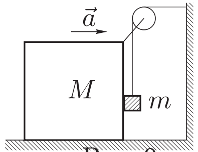


Рис. 9

Задача 3. Очень длинная молекула

Молекулы воды могут образовывать столь длинные цепи, что если бы некоторые из них удалось распрямить, то ими можно было бы опоясать Землю по экватору. Оцените, сколько литров воды потребуется для образования такой молекулярной цепочки? Постоянная Авогадро $N_A = 6{,}0 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$, молярная масса воды $\mu = 18$ г/моль, радиус Земли $R = 6400$ км.

Задача 4. Расширение газа

В цилиндре под поршнем находится ν моль идеального газа. Над газом совершают процесс, при котором его объем линейно зависит от температуры (рис. 10). При очень маленькой температуре газ занимал бы объем V_0, а при температуре T_0 — объем $2V_0$. К какому максимальному давлению $p_{\max}$ можно приблизиться в ходе этого процесса?

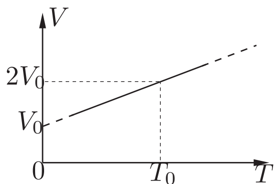


Рис. 10

Задача 5. Измерения в электрической цепи (2)

Пять одинаковых резисторов сопротивлением R соединены с источником постоянного напряжения U. К резисторам подключили два амперметра и вольтметр (рис. 11). Определите их показания: I_1, I_2 и V. Приборы считайте идеальными.

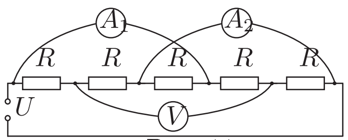


Рис. 11

Задача 6. Две пружины

Два параллельных стержня выступают из стены. На них надеты две пружины жесткостями k_1 и k_2. Первоначально пружины не деформированы и одна из них на L длиннее другой. Одним концом пружины прикреплены к стене (рис. 12). Какую минимальную работу А нужно совершить, чтобы расположить свободные концы пружин на одинаковом расстоянии от стены?

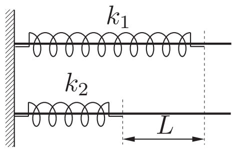


Рис. 12

11 класс

Задача 1. Шахта на малой планете

Вдоль диаметра однородной планеты плотностью ρ пробурили сквозную шахту, в которую поместили гладкий стержень той же плотности. Длина стержня равна диаметру планеты (рис. 13). Определите период T малых колебаний стержня вдоль оси шахты.

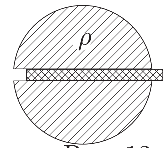


Рис. 13

Задача 2. Куб с блоком (3)

На кубе массой M закреплен легкий блок, через который перекинута невесомая нерастяжимая нить. Один конец нити прикреплен к стене, а другой — к грузу массой m (рис. 14). Участок нити между стеной и блоком горизонтален, а между грузом и блоком — вертикален, причем груз касается куба. Сначала куб удерживают. С каким ускорением a он начнет двигаться по горизонтальной плоскости, если его отпустить? Считайте, что куб и груз движутся поступательно. Учитывайте трение только между кубом и плоскостью. Коэффициент трения μ известен.

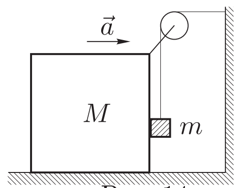


Рис. 14

Задача 3. Испарение воды

За сутки из цилиндрического стакана диаметром $D = 7$ см испаряется $\nu = 1$ моль воды. Считайте, что молекулы располагаются мономолекулярными слоями. Оцените время испарения одного слоя молекул?

Задача 4. Расширение газа

В цилиндре под поршнем находится ν моль идеального газа. Над газом совершают процесс, при котором его объем линейно зависит от температуры (рис. 15). При очень маленькой температуре газ занимал бы объем V_0, а при температуре T_0 — объем $2V_0$. К какому максимальному давлению $p_{\max}$ можно приблизиться в ходе этого процесса?

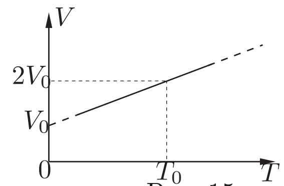


Рис. 15

Задача 5. Перезарядка конденсатора

Электрическая цепь состоит из батарейки с ЭДС $\mathscr{E}$ и некоторым внутренним сопротивлением, конденсатора, заряженного до напряжения $U_0 > \mathscr{E}$, и ключа (рис. 16). Ключ замыкают. Найдите напряжение U на конденсаторе в тот момент, когда отношение силы тока в цепи к ее максимальному значению равно α.

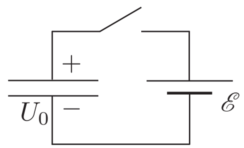


Рис. 16

Задача 6. Колебательный контур

Колебательный контур состоит из конденсатора, заряженного до напряжения U_0, катушки и ключа (рис. 17). Ключ замыкают. Найдите напряжение U на конденсаторе в тот момент, когда отношение силы тока в цепи к ее максимальному значению равно α.

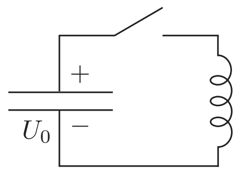


Рис. 17

Возможные решения

8 класс

Задача 1. Рельс на дне

В первом случае выталкивающая сила не изменится, так как не изменится объем погруженной в воду части рельса. Во втором случае выталкивающая сила уменьшится, поскольку уменьшится объем погруженной части.

Заметим, что если бы дно реки было глинистым, ответ мог быть другим. Это связано с тем, что если вода не может подтекать под тело, то сила гидростатического давления прижимает его ко дну.

Задача 2. Чебурашка поднимает Гену

Минимальная работа по подъему крокодила равна увеличению его потенциальной энергии:

$$A = mg\Delta h = mg\frac{L\sin\alpha}{2} \approx 84{,}9\ \text{Дж}.$$

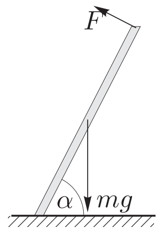


Рис. 18

Сила, прилагаемая Чебурашкой, минимальна, если она перпендикулярна прямой «голова–ноги». Из условия равенства моментов сил, действующих на Гену (рис. 18),

$$FL = mg\frac{L\cos\alpha}{2}$$

находим

$$F = \frac{1}{2}mg\cos\alpha \approx 24{,}5\ \text{Н}.$$

Задача 3. Встречные поезда

Пусть v — модуль скоростей экспресса и электрички, L — длина экспресса. Скорость сближения экспресса и электрички $v_1 = v + v = 2v$. За время t_1 они преодолели суммарное расстояние $L_1 = L + 2L = 3L$. Следовательно,

$$t_1 = \frac{L_1}{v_1} = \frac{3L}{2v}, \qquad \text{откуда} \qquad \frac{L}{v} = \frac{2}{3}t_1.$$

Скорость сближения экспресса и пассажирского поезда $v_2 = v + 2v = 3v$. За время t_2 они преодолели суммарное расстояние $L_2 = L + 4L = 5L$. Отсюда

$$t_2 = \frac{L_2}{v_2} = \frac{5L}{3v} = \frac{10}{9}t_1 = 10\ \text{с}.$$

Задача 4. Лед в кастрюле

Объем V_1 воды равен объему погруженной в нее части кубика. На кубик действуют сила тяжести и сила Архимеда:

$$P = \rho_1 a^3 g, \qquad F = \rho_0 g a^2 (a - h),$$

где a — длина ребра кубика. В равновесии $P = F$, откуда

$$a = h\frac{\rho_0}{\rho_0 - \rho_1}.$$

Искомый объем

$$V_1 = a^2(a - h) = h^3\frac{\rho_1/\rho_0}{(1 - \rho_1/\rho_0)^3} = 800\ \text{см}^3.$$

Из закона Архимеда следует, что количество воды, которая образуется при плавлении кубика, в точности равно количеству вытесняемой им воды. Поэтому больше вода из кастрюли вытекать не будет, то есть $V_2 = 0$.

Задача 5. Бассейн с подогревом

Пусть k — коэффициент пропорциональности между потоком тепла от котла к бассейну и разностью их температур, тогда

$$P_1 = k(t_1 - t_0), \qquad P_2 = k(t_2 - t_0 - \Delta t).$$

Исключив k из этих уравнений, получим:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{t_2 - t_0 - \Delta t}{t_1 - t_0},$$

откуда

$$t_2 = t_0 + (t_1 - t_0)\frac{P_2}{P_1} + \Delta t = 100°\text{C}.$$

9 класс

Задача 1. Гонки

Из графика зависимости скоростей машинок от времени следует, что период их движения составляет 12 с. Построим график зависимости относительной скорости V машин от времени (рис. 19).

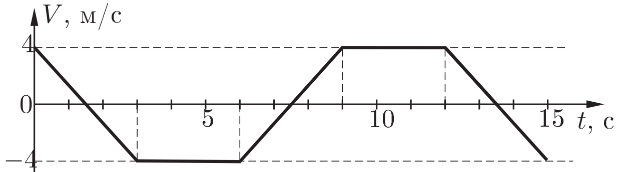


Рис. 19

Разности координат машинок в момент t соответствует площадь, ограниченная этим графиком и осью времени (при этом площади, лежащие ниже оси, считаются отрицательными). Площадь под графиком $V(t)$ за период равна нулю, поэтому расстояние между машинками — периодическая функция времени. Первый раз ее максимум достигается при $t = 7{,}5$ с, когда максимален модуль разности площадей над и под осью времени, ограниченных графиком $V(t)$, откуда $S = 15$ м.

Задача 2. Куб с блоком (1)

Если куб сместится по горизонтали на некоторое расстояние, то груз опустится на то же расстояние вниз. Следовательно, горизонтальное ускорение куба равно вертикальному ускорению груза. Запишем уравнения движения куба и груза в проекциях на координатные оси (рис. 20):

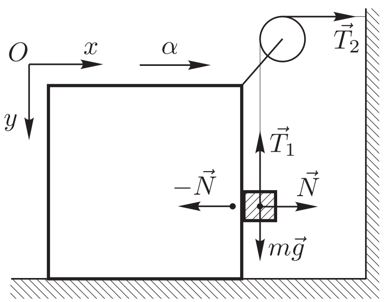


Рис. 20

$$\begin{array}{lll} Ox: & Ma = T_2 - N, & ma = N, \\ Oy: & & ma = mg - T_1, \end{array}$$

где T_1 и T_2 — натяжения нити, причем $T_1 = T_2$, $\vec{N}$ — сила, с которой куб давит на груз. Из полученных уравнений находим

$$a = \frac{g}{2 + M/m}.$$

Задача 3. Трубоукладчик

Силы натяжения троса крана и веревки должны уравновешивать силу тяжести трубы (рис. 21). Векторы этих сил образуют равнобедренный треугольник, следовательно,

$$F = mg.$$

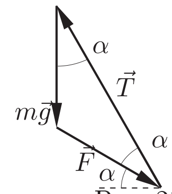


Рис. 21

Задача 4. Увеличение линзы

Поскольку лупа увеличивает изображение предметов, сквозь нее должно быть видно только часть прикрытого ею текста. Буквы и промежутки между строками должны увеличиваться лупой в одинаковое число раз (рис. 22).

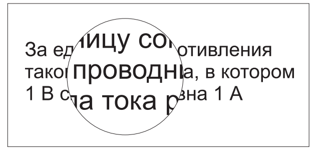


Рис. 22

Задача 5. Измерения в электрической цепи (1)

Поскольку приборы идеальные, то для определения напряжений и токов в цепи можно удалить вольтметры и заменить амперметр на соединительный провод (рис. 23). Резисторы между точками 2 и 5 зашунтированы, поэтому ток через них не течет. При этом сила тока через амперметр и оставшиеся резисторы

$$I = \frac{U}{2R}.$$

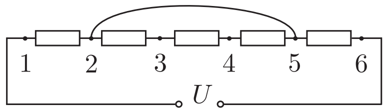


Рис. 23

Поскольку падения напряжения на участке 2—4 не происходит, напряжение между точками 1 и 4 равно напряжению между точками 1 и 2, то есть $U_1 = U/2$. Аналогично, $U_2 = U/2$.

10 класс

Задача 1. Полет камня

Направим ось Oy вниз перпендикулярно оси Ox. Поскольку движение камня вдоль оси Oy — равноускоренное, максимальная проекция скорости камня на эту ось $V_y = 2u_y$, где u_y — среднее значение его скорости v_y за время полета. Тогда

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{V_y}{v_x} = \frac{2u_y}{v_x} = 2\operatorname{tg}\alpha.$$

Задача 2. Куб с блоком (2)

Если куб сместится по горизонтали на некоторое расстояние, то груз опустится на то же расстояние вниз. Следовательно, горизонтальное ускорение куба равно вертикальному ускорению груза. Запишем уравнения движения куба и груза в проекциях на координатные оси (рис. 24):

$$\begin{aligned} Ox:&\quad Ma = T_2 - N, \quad ma = N,\\ Oy:&\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\;\; ma = mg - T_1 - F, \end{aligned}$$

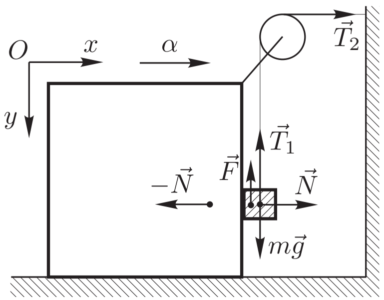


Рис. 24

где T_1 и T_2 — натяжения нити, причем $T_1 = T_2$, N — сила, с которой куб давит на груз, $F = \mu N$ — сила трения груза о куб. Из полученных уравнений находим

$$a = \frac{g}{2 + \mu + M/m}.$$

Задача 3. Очень длинная молекула

Каждая молекула воды занимает объем, который можно представить в виде кубика со стороной a, тогда $\mu = \rho N_A a^3$, откуда

$$a = \sqrt[3]{\frac{\mu}{\rho N_A}}.$$

Чтобы опоясать Землю по экватору, нужно $N = 2\pi R/a$ молекул, суммарный объем которых

$$V = Na^3 = 2\pi R\left(\frac{\mu}{\rho N_A}\right)^{2/3} \approx 4\cdot 10^{-9}\ \text{л}.$$

Задача 4. Расширение газа

Из VT-диаграммы следует, что уравнение процесса имеет вид

$$V = V_0\left(1 + \frac{T}{T_0}\right).$$

Отсюда и из уравнения состояния идеального газа $pV = \nu RT$ получаем:

$$p = \frac{\nu R T_0}{V_0}\cdot\left(\frac{1}{1 + T_0/T}\right).$$

Выражение в скобках не превосходит единицы, однако при увеличении T оно стремится к единице. Следовательно,

$$p_{\max} = \frac{\nu R T_0}{V_0}.$$

Задача 5. Измерения в электрической цепи (2)

Поскольку приборы идеальные, то при определении напряжений и токов в цепи можно не учитывать наличие вольтметра и рассматривать амперметры как соединительные провода. В этом случае исходную схему можно упростить (рис. 25). Найдем силу тока через ветви цепи:

$$i_1 = i_3 = \frac{U}{2R}, \qquad i_2 = \frac{U}{R}, \qquad \text{откуда}$$

$$I_1 = i_1 + i_2 = \frac{3U}{2R}, \qquad I_2 = i_2 + i_3 = \frac{3U}{2R}.$$

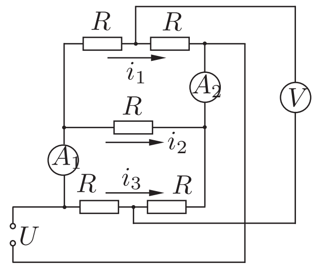


Рис. 25

Из симметрии схемы следует, что напряжение между точками цепи, к которым подключен вольтметр, $V = 0$.

Задача 6. Две пружины

Пусть при смещении концов пружин первая деформировалась на x_1, а вторая — на x_2. Поскольку потерь энергии нет, совершаемая работа A идет на увеличение потенциальной энергии упругой деформации пружин:

$$A = \frac{k_1 x_1^2}{2} + \frac{k_2 x_2^2}{2} = \frac{k_1 + k_2}{2}\left(x_1 - \frac{k_2 L}{k_1 + k_2}\right)^2 + \frac{k_1 k_2 L^2}{2(k_1 + k_2)},$$

где использовано $x_2 = L - x_1$. При $x_1 = k_2 L/(k_1 + k_2)$ величина A принимает наименьшее значение:

$$A_{\min} = \frac{k_1 k_2 L^2}{2(k_1 + k_2)}.$$

11 класс

Задача 1. Шахта на малой планете

Из закона всемирного тяготения находим ускорение свободного падения на поверхности планеты

$$g = \gamma\frac{\frac{4}{3}\pi R^3\rho}{R^2} = \frac{4}{3}\pi\gamma\rho R,$$

где γ — гравитационная постоянная, R — радиус планеты.

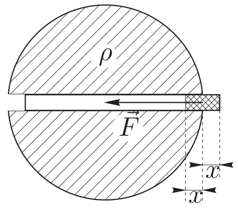


Рис. 26

Пусть ρ_l — линейная плотность стержня, тогда при его смещении на небольшое расстояние x из положения равновесия на него будет действовать возвращающая сила (рис. 26)

$$F = 2\rho_l g \cdot x.$$

Сила тяжести, действующая на незаштрихованный участок стержня, равна нулю в силу симметрии. Поскольку возвращающая сила линейно зависит от смещения, колебания будут гармоническими, а их период будет равен периоду колебаний груза массой $m = 2R\rho_l$ на пружине жесткости $k = 2\rho_l g$:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = \sqrt{\frac{3\pi}{\rho\gamma}}.$$

Задача 2. Куб с блоком (3)

Если куб сместится по горизонтали на некоторое расстояние, то груз сместится на то же расстояние вниз. Следовательно, горизонтальное ускорение куба равно вертикальному ускорению груза. Запишем уравнения движения куба и груза в проекциях на координатные оси (рис. 27):

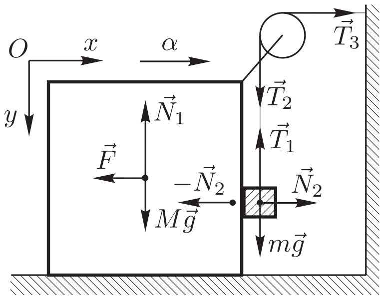


Рис. 27

$$\begin{aligned} Ox:&\quad Ma = T_3 - N_2 - F, \quad ma = N_2,\\ Oy:&\quad 0 = Mg + T_2 - N_1, \quad ma = mg - T_1, \end{aligned}$$

где T_1, T_2 и T_3 — натяжения нити, причем $T_1 = T_2 = T_3$, $\vec{N}_1$ — сила реакции плоскости, $\vec{N}_2$ — сила реакции куба, действующая на груз, $F = \mu N_1$ — сила трения куба о плоскость. Из полученных уравнений находим

$$a = g\frac{1 - \mu(1 + M/m)}{2 - \mu + M/m}.$$

Если $\mu > 1/(1+M/m) = \mu_0$, то ускорение $a < 0$, что противоречит физическому смыслу. Этот результат объясняется тем, что в решении рассматривалась сила трения скольжения. Однако при $\mu > \mu_0$ система будет оставаться в покое.

Задача 3. Испарение воды

Каждая молекула воды занимает объем, который можно представить в виде кубика со стороной a, тогда $\mu = \rho N_A a^3$, откуда

$$a = \sqrt[3]{\frac{\mu}{\rho N_A}},$$

где μ — молярная масса воды, ρ — ее плотность, N_A — число Авогадро.

Число молекул в слое

$$N = \frac{\pi D^2}{4a^2} = \frac{\pi}{4}\left(\frac{\rho D^3 N_A}{\mu}\right)^{2/3}.$$

Время испарения одного слоя

$$t = \frac{N}{\nu N_A}T = \frac{\pi D^2 T}{4\nu}\sqrt[3]{\frac{\rho^2}{\mu^2 N_A}} \approx 6\cdot 10^{-3}\ \text{с},$$

где T — продолжительность суток.

Задача 4. Расширение газа

См. 4 задачу 10 класса

Задача 5. Перезарядка конденсатора

Напряжение U_0 на конденсаторе больше ЭДС батарейки, поэтому после замыкания ключа он начнет разряжаться через нее. Следовательно, в начальный момент сила тока в цепи максимальна:

$$I_0 = \frac{U_0 - \mathscr{E}}{r},$$

где r — внутреннее сопротивление батарейки. Когда сила тока в цепи составляет долю α от максимального значения,

$$\alpha I_0 = \frac{U - \mathscr{E}}{r}, \qquad \text{откуда} \qquad U = \alpha U_0 + (1-\alpha)\mathscr{E}.$$

Задача 6. Колебательный контур

Пусть L — индуктивность катушки, C — емкость конденсатора, тогда по закону сохранения энергии

$$\frac{CU_0^2}{2} = \frac{CU^2}{2} + \frac{L(\alpha I_0)^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}, \qquad \text{откуда} \qquad U = U_0\sqrt{1-\alpha^2}.$$

Для заметок

Физика в школе

Физика в школе — это научно-методический журнал, выходящий в свет с 1934 г. Его периодичность 8 номеров в год. Журнал популярно рассказывает об открытиях в области физики, техники и астрономии, знакомит с новыми методическими разработками, новинками учебной и учебно-методической литературы, способами решения задач и проведения опытов, поможет учителю с организацией факультативных и элективных занятий. Журнал публикует информацию о том, как поступить в заочную физико-техническую школу при МФТИ, о вступительных экзаменах в вузы и о Всероссийских физических олимпиадах всех уровней с подробными решениями задач, рассказывает о Международных физических олимпиадах. Подписные индексы по каталогу «Газеты. Журналы» агентства «Роспечать»:
71019 — для индивидуальных подписчиков,
71241 — для предприятий и организаций.