



Кировское областное государственное автономное образовательное
учреждение дополнительного образования
«ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ»

ФИЗИКА, 2015

**ЗАДАНИЯ И РЕШЕНИЯ
ВСТУПИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
ПО ФИЗИКЕ**

в Кировскую Летнюю многопредметную школу
и на заочное отделение ЦДООШ

в 2015 году

**Киров
2015**

Печатается по решению учебно-методического совета
КОГАОУ ДО «Центр дополнительного образования одаренных школьников»

Задания и решения вступительной работы по физике в Кировскую Летнюю многопредметную школу и на заочное отделение ЦДООШ в 2015 году. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2015. – 12 с.

Задачи предложены:

Василевская Л. И.: 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 20

Коханов К. А.: 14, 15, 16, 18, 19, 21

Сорокин А. П.: 3, 4, 5, 6

Позолотина М. П.: 1, 2

Подписано в печать 23.05.2015

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага типографская. Усл. печ. л. 0,9

Тираж 200 экз.

ЗАДАНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ в заочную школу и в ЛМШ-2015

1 (6)¹. «Пламя-невидимка». При хорошем освещении от дыма на стене получается достаточно различимая тень. А пламя горящей свечи или спички тени не отбрасывает. Объясните, почему. Если внимательно присмотреться к изображению на стене, то можно увидеть «признаки», которые подтвердят, что пламя есть. Каковы эти признаки?



Рис. 1

2 (6). «Дождевые цепи». В Японии распространено такое «украшение» водоотводов (водостоков): к концу горизонтального желобка расположенного на крыше и предназначенного для стока воды, прикрепляют цепь (рис. 1). Каково назначение такого устройства? Какие преимущества он имеет перед обычным водостоком, когда вода с некоторой высоты падает в емкость?

3 (6-7). Экспериментальная задача «Дырявый сосуд». Изучите, как зависит скорость вытекания жидкости из пластиковой бутылки, когда в ее дне проделано отверстие, от положения этого отверстия относительно центра дна. Представьте экспериментальные данные и объясните полученный результат.

4 (6-7). «Бочка с водой». Почему вода в открытых водоемах замерзает только у поверхности, а в металлической бочке с водой равномерно со всех сторон? Почему лед, образующийся у стенок и дна бочки, не всплывает на поверхность, ведь его плотность меньше плотности воды?

5 (6-7). «Давление жидкости». По некоторым данным <http://scitation.aip.org/content/aip/magazine/physicstoday/article/67/8/10.1063/PT.3.2481>, Леонардо да Винчи считал, что вода не оказывает давление на дно сосуда, в котором находится. В качестве доказательства этого Леонардо обращает внимание, что грязь не спрессована на дне водоема, как это было бы, если бы вода давила на нее. Так же себя ведут водоросли и другие подводные растения, как будто они не обременены весом воды. Как бы вы возразили итальянскому ученому?

6 (7-8). «Баня». Если зайти с улицы в натопленную баню и плотно закрыть за собой дверь, то, несмотря на плотный контакт между дверью и проемом, дверь иногда приоткрывается обратно. Почему?

7 (7-8). «Взвешивание». Взвешивание металлического бруска было произведено при помощи нескольких динамометров с пределом измерений в 50 Н у каждого. Масса бруска оказалась равной 17,5 кг. Каким образом было произведено взвешивание?

8 (8). «Протекание бутылей». Витя принес с улицы бутылку с водой. Маша заметила, что на полу кухни вокруг бутылки образовалась небольшая лужица воды и решила, что бутылка протекает. Назавтра ребята увидели, что пол вокруг бутылки стал сухим, и количество воды в бутылке не уменьшилось. Как это объяснить?

¹ В скобках указаны классы, для которых предназначено задание

9 (8-9). «Керосин и лед». На дно цилиндрического сосуда высотой $H = 9$ см поставили кусок льда также цилиндрической формы. Оказалось, что при этом в сосуд можно налить столько же керосина сколько и при полностью растаявшем льде. Найти высоту ледяного цилиндра. Плотности всех веществ считать известными и при расчетах взять из справочников.

10 (8-9). «Движение вне расписания». По расписанию поезд должен проехать участок железной дороги со скоростью $v_1 = 60$ км/ч. Поезд опаздывает на $\tau = 5$ мин. Рассчитайте, сколько километров нужно проехать машинисту со скоростью $v_2 = 70$ км/ч, чтобы ликвидировать опоздание.

11 (8-9). «Тепловой контакт». Два тела имеют температуру 20°C . Если первое тело нагреть до 100°C и затем привести в контакт со вторым, то установится температура 80°C . Какая температура установится, если до 100°C нагреть не первое, а второе тело и затем привести в контакт с первым?

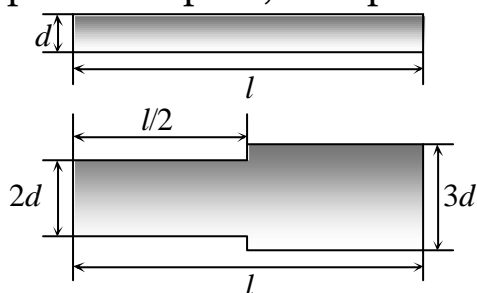


Рис. 2

12 (8-9). «Электросопротивление». Сопротивление тонкой прямоугольной металлической полоски шириной $d = 1$ см и длиной $l = 20$ см равно $R = 1$ Ом (рис. 2, сверху). Чему равно сопротивление фигуры, вырезанной из этого же материала, параметры которой указаны на рис. 2 внизу?

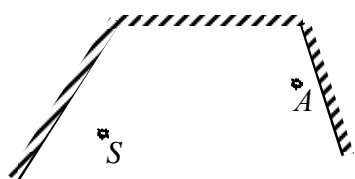


Рис. 3

13 (8-10). «Зеркальная система». Три плоских зеркала расположены так, как показано на рис. 3. Начертите как можно точнее ход лучей от источника света S , отраженных от одного, двух и трех зеркал и проходящих через т. A . Решение для всех трех случаев представить отдельно.

14 (9-10). «Электрические измерения». В цепи, показанной на рис. 4 два резистора имеют сопротивления по 30 Ом и два по 60 Ом. После подключения к точкам 1 и 2 источника постоянного напряжения токи через амперметры оказались различными, причем один из них показывал ток $I = 1$ А. Определите:

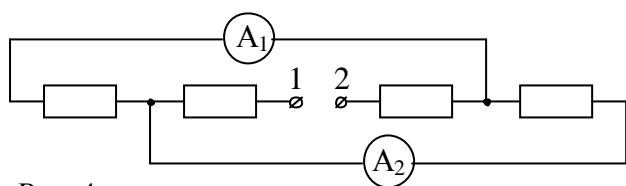


Рис. 4

1) напряжение источника тока; 2) что показал бы вольтметр, подключенный вместо амперметра с известным током. Источник тока, амперметры и вольтметр считать идеальными.

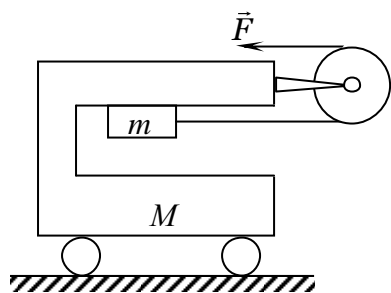


Рис. 5

15 (9-10). «Движение с магнитом». Внутри диэлектрической тележки массой M сделано отверстие, к верхней части которого приклеена металлическая полоса. На полоске под действием магнитной силы F_1 удерживается магнитный брусок массой m (рис. 5). К бруску прикреплена нить и переброшена через блок. Изобразите на рисунке все силы, действующие на тележку и брусок, а также определите ускорение тележки и бруска, если к нити будет приложена горизонтальная сила F .

Сила, с которой магнит действует на полоску, $F_1 > mg$, коэффициент трения между металлической полоской и бруском μ . Брусок в процессе движения системы остается на полоске и скользит по ней, участки нити, расположенные вне блока, горизонтальны. Массу колес тележки не учитывайте.

16. (9-10) «Оборона». Для защиты крепости от врагов осажденным жителям необходимо наполнить ров, окружающий высокие стены крепости, водой. Единственная возможность наполнения рва – переброска воды через стены. Оцените, какова должна быть высота труб, запускающих воду через стены, чтобы насосы, качающие воду и подающие ее в трубы, имели минимальную мощность. Высота стен равна H , необходимая скорость поступления воды по каждой трубе v .

17 (10). «Колебания». Металлический шарик, подвешенный на пружине жесткостью k , погружен в воду. Вначале шарик удерживают в таком положении, что пружина не деформирована, а затем отпускают. Какое количество теплоты выделится к тому моменту, когда колебания шарика прекратятся? Плотность воды ρ_v , плотность металла ρ_m , объем шарика V .

18 (10). «Упругий жгут». Резиновый жгут, закрепленный в т. A , пропущен через гладкое отверстие O , а к свободному его концу прикреплен шарик с массой m (рис. 6). Жгут вытянули вертикально вверх до т. B и, сообщив шарика вдоль оси Ox скорость \vec{v}_0 , отпустили. Определите 1) уравнение траектории движения шарика; 2) скорость шарика, когда его координата по оси Oy уменьшится в два раза.

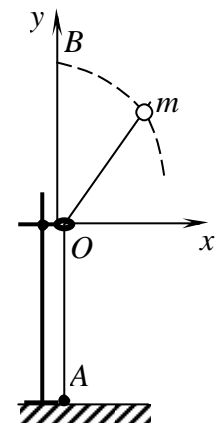


Рис. 6

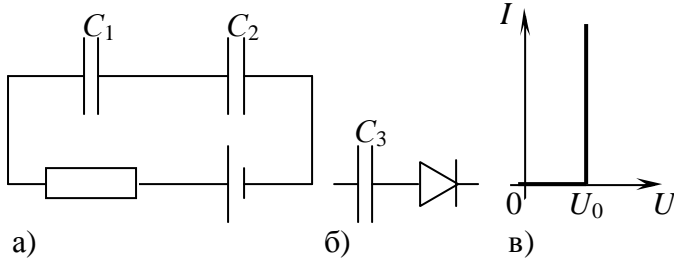
Длина жгута в нерастянутом состоянии равна $AO = l$, а $AB = 2l$. Считать, что сила упругости, возникающая в жгуте, равна $k\Delta l$, где k – жесткость жгута.

Действиями силы тяжести, силы трения между жгутом и отверстием O пренебречь.

19 (10). «Поле». Длинная прямая нить равномерно заряжена с линейной плотностью ρ . На расстоянии r от нити помещают заряд q , а затем удаляют от нити до расстояния $3r$. Определите 1) силу, с которой нить действовала на заряд, помещенный от нее на расстояние r ; 2) минимальную работу, которую необходимо совершить для удаления заряда от расстояния r до $3r$; 3) напряжение между точками, в которых находился заряд q до и после перемещения.

20 (10). «Падение поршня». В вертикальном теплоизолированном цилиндре с площадью сечения $S = 1 \text{ см}^2$ под поршнем массой $M = 1 \text{ кг}$ находится идеальный одноатомный газ при температуре $T_1 = 300 \text{ К}$. Поршень удерживается на расстоянии $h_1 = 10 \text{ см}$ от дна сосуда веревкой, натяжение которой равно $F = 18 \text{ Н}$. Веревка обрывается, вследствие чего поршень движется вниз. На каком расстоянии от дна поршень будет иметь наибольшую скорость? Какова температура газа в этот момент? Атмосферное давление равно $p_0 = 10^5 \text{ Па}$. Теплоемкостью цилиндра и поршня пренебречь.

21 (10). «Добавочная емкость». К источнику постоянного тока подклю-



а)
Рис. 7

б)

в)

чили последовательно два незаряженных конденсатора емкостью C_1 и C_2 , как показано на рис. 7, а. Спустя длительное время на конденсаторе C_1 установилось напряжение U_1 . Каким станет установившееся напряжение на этом конденсаторе, если параллельно ему будет подключены

последовательно соединенные диод и конденсатор с емкостью C_3 (рис. 7, б)? Вольт-амперная характеристика диода показана на рис. 7, в.

О турнире

Приглашаем к участию учащихся 7-9-х классов в

Школьном учебно-научном турнире по физике «ШУНТ»

Ориентировочная дата проведения: с 11 по 17 марта 2016 г.

Место проведения: г. Киров

Подготовка



Подробная информация о турнире в сети Интернет:

<http://physcdoosh.ru/>
<http://cdoosh.ru/shunt/shunt.html>

E-mail: shunt.ph@mail.ru

Тел.: (8332) 35-15-04
+7 (912) 706-60-78

Контакты



На физфак

РЕШЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1 (6). *«Пламя-невидимка».* Пламя свечи или спички являются источниками света, поэтому они не отбрасывают тени. Но если внимательно приглядеться к изображению на стене, то можно заметить тени от восходящих потоков воздуха.

2 (6). *«Дождевые цепи».* Такое устройство удобно в применении практически во всех климатических условиях. Оно имеет ряд преимуществ перед обычным водостоком:

- во время сильного ветра поток воды не отклоняется от заданного направления, и вода попадает в необходимую емкость. Для этого нижний конец цепи закрепляется;

- звук от падающей воды становится не таким сильным – при таком устройстве водостока шум воды напоминает журчание;

- зимой вода в водостоках замерзает, что вызывает определенные затруднения, а с дождевой цепью водосток функционирует даже со льдом, а избавиться от него на поверхности цепи намного легче, чем в трубе. (Поэтому дождевые цепи широко распространены в Норвегии.)

3 (6-7). *Экспериментальная задача «Дырявый сосуд».* Из-за наличия трения между стенками сосуда и жидкостью, а так же образования воронки, скорость вытекания жидкости будет увеличиваться от периферии к центру, это при условии, что пластиковая бутылка будет иметь плоское дно. Если дно пластиковой бутылки будет не ровное, то дополнительно будет влиять еще и разность высот столбов жидкости.

4 (6-7). *«Бочка с водой».* Земля обладает плохой теплопроводностью, поэтому теплообмен воды в водоеме с окружающей средой происходит только у поверхности. В бочке с водой теплообмен идет со всех сторон, так как металл хороший проводник тепла. В результате вода замерзает не только у поверхности, но и у дна и стенок.

В бочке с водой лед не всплывает на поверхность из-за межмолекулярного взаимодействия со стенками и дном сосуда. Эта сила оказывается больше действующей на лед выталкивающей силы.

5 (6-7). *«Давление жидкости».* Вода проникает в промежутки между частицами грязи на дне водоема, следовательно, жидкость давит на нее не только сверху, но и снизу, и сбоку.

Водоросли не сплющиваются под действием воды, потому что имеют примерно равную с водой плотность, в результате чего давление снаружи и внутри оказывается одинаковым.

6 (7-8). *«Баня».* Во время открывания двери с улицы в баню попадает холодный воздух и выходит теплый. После закрывания двери холодный воздух в бане нагревается, увеличивается давление. Из-за разницы давлений снаружи и внутри дверь приоткрывается.

7 (7-8). *«Взвешивание».* Брусок можно подвесить четырьмя одинаковыми нитями, закрепленными на равном расстоянии вдоль длины бруска, к четырем динамометрам. При этом $mg = 4F$, где F – показания каждого динамометра.

8 (8). «Протекание бутылей». Бутыль с водой, принесенная с улицы, была по-видимому холодной. Воздух вблизи бутылки охладился, а так как плотность насыщенного пара при низкой температуре меньше, то пар стал насыщенным и часть пара сконденсировалась на поверхности бутылки, и под бутылку образовалась лужица. За ночь вода испарилась.

9 (8-9). «Керосин и лед». Поскольку плотность воды $\rho_в$ больше плотности льда $\rho_л$, то после таяния льда объем воды уменьшится. Следовательно, нужно взять ледяной цилиндр такой высоты h , чтобы он возвышался над поверхностью керосина. Если сосуд заполнен керосином полностью, то $\rho_л S_л h = \rho_в S_л H$ ($S_л$ – площадь основания ледяного цилиндра). Отсюда высота ледяного цилиндра $h = \frac{\rho_в}{\rho_л} H$, то есть не превышает величины $h = \frac{1000}{900} 0,09 = 0,1$ (м).

10 (8-9). «Движение вне расписания». Если машинист будет вести поезд со скоростью v_1 , то он проедет расстояние до пункта назначения за время $t = \frac{S}{v_1}$ (1). При увеличении скорости до v_2 он нагонит на этом расстоянии

опоздание в τ , поэтому $t - \tau = \frac{S}{v_2}$ (2). Из соотношений (1) и (2) получаем

$$S = \frac{v_1 v_2 \tau}{v_2 - v_1} = \frac{60 \cdot 70 \cdot 5 / 60}{70 - 60} = 35 \text{ (км)}.$$

11 (8-9). «Тепловой контакт». Пусть теплоемкости тел равны C_1 и C_2 (где $C = ct$). В первом случае уравнение теплового баланса можно записать так: $C_1(100^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}) = C_2(80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$, откуда $C_1 = 3C_2$. Во втором случае: $C_2(100^\circ\text{C} - x) = C_1(x - 20^\circ\text{C})$, откуда установившаяся температура $x = 40^\circ\text{C}$.

12 (8-9). «Электросопротивление». Сопротивление первой полоски $R_1 = \rho \frac{l}{db}$, где b – толщина фигуры, ρ – ее удельное сопротивление. Во втором

случае сопротивление равно $R_2 = \rho \frac{l}{2 \cdot 2db} + \rho \frac{l}{2 \cdot 3db} = \frac{5}{12} \rho \frac{l}{db}$, то есть

$$R_2 = 5R_1 / 12 = 0,42 \text{ (Ом)}.$$

13 (8-10). «Зеркальная система». А) Ход лучей после отражения в одном зеркале (зеркале I) показан на рис. 8, а. Здесь S' – изображение источника в I зеркале. Проводим прямую $S'A$. Вдоль нее пройдет луч после отражения от зеркала.

Б) Ход лучей после двукратного отражения (от зеркал I и II) показан на рис. 8, б. Последовательность построений такова: находим изображение мнимого источника S'' во II зеркале. Проводим прямую $S''A$, а затем $S'C$. Луч, отраженный от II зеркала, пройдет через т. А.

В) Ход лучей после отражения от всех зеркал показан на рис. 8, в. Здесь A' – изображение т. А в III зеркале. Прямая $S'A'$ пересечет зеркало II в т. D. Проводим прямую $S'D$. Луч NO , получившийся отражением от трех зеркал, проходит через заданную т. А.

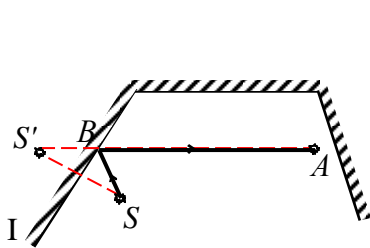


Рис. 8, а

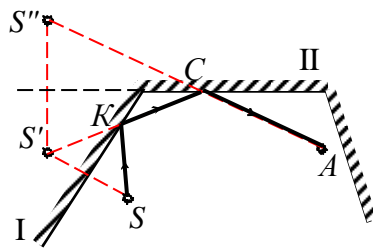


Рис. 8, б

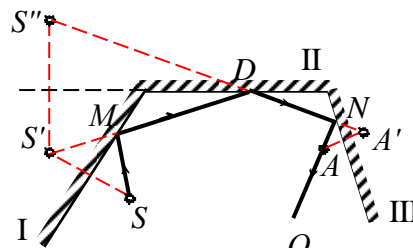


Рис. 8, в

14 (9-10). «Электрические измерения». Пронумеруем резисторы (рис. 9) и построим эквивалентную схему (рис. 10). Так как амперметры показывают разные токи, то сопротивления первого и четвертого резисторов не одинаковы (соответственно, не одинаковы сопротивления второго и третьего). В качестве амперметра с известными показаниями примем первый.

1) Если $R_1 = 30 \text{ Ом}$, то $R_4 = 60 \text{ Ом}$, ток через второй амперметр равен $I_2 = 0,5 \text{ А}$, общий ток $I = I_1 + I_2 = 1,5 \text{ А}$. Сопротивление всей цепи

$$R = \frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4} + R_2 + R_3 = 110 \text{ Ом. Тогда напряжение источника тока } U_0 = IR = 165 \text{ В.}$$

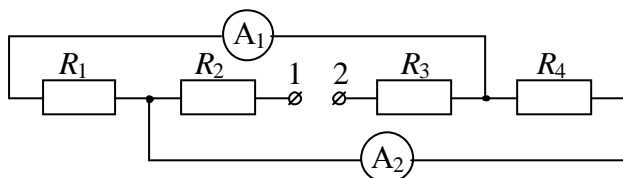


Рис. 9

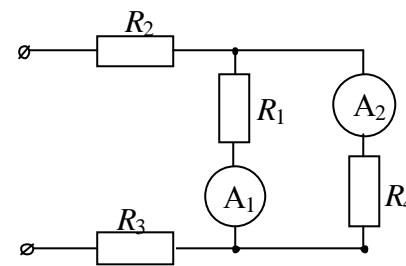


Рис. 10

При $R_1 = 60 \text{ Ом}$, $R_2 = 30 \text{ Ом}$, $I_2' = 2 \text{ А}$, $I' = 3 \text{ А}$, $U_0' = 330 \text{ В}$.

2) Если первый амперметр будет заменен вольтметром, то он будет показывать напряжение на 4 резисторе. При напряжении источника $U_0 = 165 \text{ В}$

$$(R_1 = 30 \text{ Ом, а } R_4 = 60 \text{ Ом}) U_4 = \frac{U_0 R_4}{R_2 + R_3 + R_4} = \frac{165 \cdot 60}{150} = 66 \text{ (В). При напряже-}$$

нии источника $U_0' = 330 \text{ В}$ ($R_1 = 60 \text{ Ом}$, а $R_4 = 30 \text{ Ом}$)

$$U_4 = \frac{U_0' R_4}{R_2 + R_3 + R_4} = \frac{330 \cdot 30}{120} = 82,5 \text{ (В).}$$

15 (9-10). «Движение с магнитом». Силы, действующие на тележку и брусок, показаны на рис. 11.

По второму закону Ньютона для бруска: $m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{F}_1 + \vec{N}_1 + \vec{F}' + \vec{F}_{mp}$, для тележки:

$$M\vec{a}_2 = M\vec{g} + \vec{F}_1' + \vec{N}_1' + \vec{N}_2 + \vec{F}_{mp}' + 2\vec{F} \quad \text{или}$$

$$M\vec{a}_2 = M\vec{g} - m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{mp}' + 2\vec{F}. \text{ Тогда для бруска}$$

$$ma_1 = F - \mu N_1, \quad N_1 = F_1 - mg, \quad a_1 = \frac{F - \mu(F_1 - mg)}{m}. \text{ Для}$$

$$\text{тележки: } Ma_2 = -2F + \mu N_1, \quad a_2 = \frac{\mu(F_1 - mg) - 2F}{M}.$$

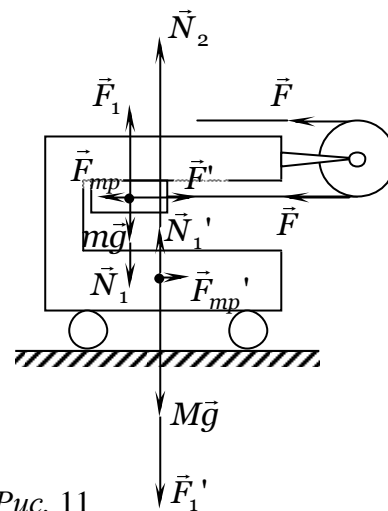


Рис. 11

Отметим, что случай движения системы без проскальзывания бруска по условию задачи рассматривать не нужно.

16 (10). «Оборона». Если скорость поступления по трубам постоянна и равна v , то высоту труб h можно найти из закона сохранения энергии: $\frac{mv^2}{2} = mg(H-h)$, откуда $h = H - \frac{v^2}{2g}$. Естественно, что при $H \leq \frac{v^2}{2g}$ необходимая высота $h = 0$.

17 (9-10). «Колебания». В состоянии равновесия пружина будет растянута на величину x , шарик при этом опустится, а вода, вытесненная им, поднимется на такое же расстояние.

Растяжение пружины x найдем из второго закона Ньютона, записанного для равновесия тела: $mg = F_{\text{упр}} + F_{\text{Арх}}$, откуда $x = \frac{mg - \rho_v Vg}{k} = \frac{(\rho_m - \rho_v)Vg}{k}$ (1), где ρ_m и ρ_v – плотности воды и шарика.

Выделившаяся теплота равна уменьшению механической энергии. В начальном состоянии энергия $E_1 = mgx = \rho_m Vgx$, в конечном – $E_2 = m_v gx + \frac{kx^2}{2}$, где m_v – масса воды в объеме шарика. В итоге $Q = \rho_m Vgx - \rho_v Vgx - \frac{kx^2}{2}$, а с учетом значения (1), получаем: $Q = \frac{(\rho_m - \rho_v)^2 V^2 g^2}{2k}$.

18 (10). «Упругий жгут». 1) По второму закону Ньютона для шарика $m\vec{a} = \vec{F}$. В проекции на ось Ox : $ma_x = -kx$, $a_x + \frac{k}{m}x = 0$. Решением полученного уравнения является выражение $x = x_0 \sin(\omega t + \varphi) = x_0 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t + \varphi\right)$. С учетом начальных условий (при $t = 0$ $x_0 = 0$, $v_{0x} = v_0$) $\varphi_{0x} = 0$, $v_0 = x_0 \omega = x_0 \sqrt{\frac{k}{m}}$, откуда $x_0 = v_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$ и $x = v_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$.

В проекции на ось Oy : $ma_y = -ky$, $a_y + \frac{k}{m}y = 0$. С учетом начальных условий (при $t = 0$ $y_0 = l$, $v_{0y} = 0$) $\varphi_{0y} = \pi/2$ и $y = l_0 \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$. Тогда уравнение движения шарика: $\sin^2\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) + \cos^2\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) = \frac{x^2 k}{v_0^2 m} + \frac{y^2}{l^2}$ или $\frac{x^2 k}{v_0^2 m} + \frac{y^2}{l^2} = 1$.

2) Определим скорость шарика. Из уравнения движения при $y = l/2$ координата $x = v_0 \sqrt{\frac{3m}{4k}}$. По закону сохранения энергии

$$\frac{mv_0^2}{2} + \frac{kl^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{k}{2} \left(\frac{l^2}{4} + \frac{3mv_0^2}{4k} \right), \text{ откуда } v = \frac{\sqrt{v_0^2 + 3kl^2/m}}{2}.$$

19 (10). «Поле». Согласно теореме Остроградского-Гаусса $\int EdS = \frac{l\rho}{\epsilon_0}$ или

$E \cdot 2\pi r \cdot l = \frac{l\rho}{\epsilon_0}$, где E – напряженность электрического поля на расстоянии r от

нити, откуда $E = \frac{\rho}{2\pi\epsilon_0 r}$. 1) Сила, с которой нить действует на заряд q , находящийся на расстоянии r , равна $F = qE = \frac{q\rho}{2\pi\epsilon_0 r}$.

2) Минимальная работа по перемещению заряда может быть рассчитана так: $A = \int_r^{3r} Fdr = \int_r^{3r} \frac{q\rho}{2\pi\epsilon_0 r} dr$,

$A = \frac{q\rho}{2\pi\epsilon_0} (\ln(3r) - \ln(r)) = \frac{q\rho}{2\pi\epsilon_0} \ln 3$. 3) Так как $A = qU$, то искомая разность потенциалов равна $U = \frac{A}{q} = \frac{\rho \ln 3}{2\pi\epsilon_0}$.

20 (10). «Падение поршня». Вначале $F + F_1 = F_0 + Mg$ или $F + p_1 S = p_0 S + Mg$ (рис. 12), откуда давление газа $p_1 = p_0 + \frac{Mg}{S} - \frac{F}{S}$.

После обрыва веревки поршень движется вниз и набирает скорость до тех пор, пока сила давления газа не сравняется с суммой сил $(p_0 S + Mg)$, откуда $p_2 = \frac{p_0 S + Mg}{S} = p_0 + \frac{Mg}{S}$.

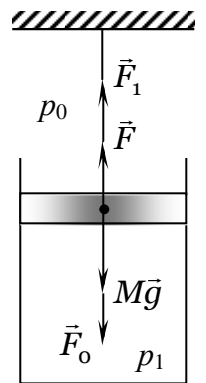


Рис. 12

Так как цилиндр теплоизолирован, то процесс сжатия газа считаем адиабатным. При этом давления и объемы связаны

уравнением Пуассона: $p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$, где $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{2}$, а для одноатомного га-

за при $i = 3$ $\gamma = \frac{5}{3}$.

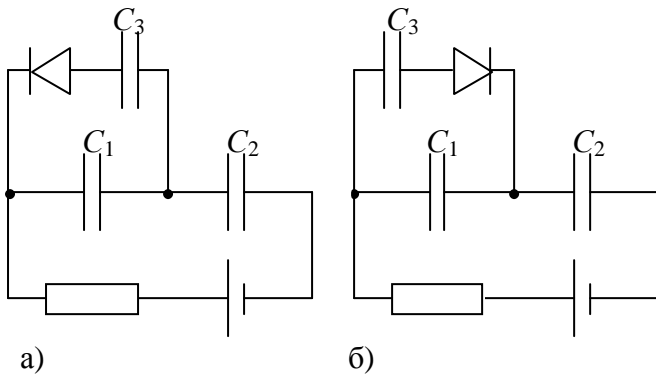
Найдем расстояние h_2 до дна сосуда в тот момент, когда скорость поршня максимальна. $\left(p_0 + \frac{Mg}{S} - \frac{F}{S}\right)(Sh_1)^\gamma = \left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right)(Sh_2)^\gamma$. Расчет показывает, что

$\frac{p_2}{p_1} = 10$, откуда $\frac{h_2}{h_1} = \left(\frac{1}{10}\right)^{\frac{3}{5}}$, $h_2 = 0,25h_1 = 2,5$ см.

Температуру T_2 проще всего найти из соотношения: $\frac{p_1(Sh_1)}{T_1} = \frac{p_2(Sh_2)}{T_2}$, от-

куда $T_2 = \frac{p_2 h_2}{p_1 h_1} T_1 = \frac{10}{4} \cdot 300 = 750$ (К).

21 (10). «Добавочная емкость». Если при подключении к цепи добавочного соединения (конденсатора C_3 и диода)



а)
Рис. 13

б)

диод окажется включен в обратном направлении (рис. 13, а), то ток по цепи не пойдет, напряжение на конденсаторе C_1 не изменится и останется равным U_1 .

Пусть диод включен в прямом направлении (рис. 13, б). Найдем новое напряжение U_1' . Из начальных условий напряжение на источнике тока равно $U = U_1 + U_2$ (здесь U_2 –

напряжение на втором конденсаторе до подключения дополнительного конденсатора), а при $q_1 = q_2$ $C_1 U_1 = C_2 U_2$, $U_2 = U_1 \frac{C_1}{C_2}$, откуда

$U = U_1 + U_1 \frac{C_1}{C_2} = U_1 \frac{C_1 + C_2}{C_2}$ (1). Так как после подключения C_3 заряды и напряжения на конденсаторах связаны соотношениями $q_1' + q_3' = q_2'$, $U = U_1' + U_2'$, а $q_3' = C_3 U_3' = C_3 (U_1' - U_0)$ (где U_0 – напряжение на открытом диоде), то с учетом

(1) получим искомое напряжение $U_1' = \frac{C_2 U + C_3 U_0}{C_1 + C_2 + C_3} = U_1 \frac{U_1 (C_1 + C_2) + C_3 U_0}{C_1 + C_2 + C_3}$ (2).

Однако, диод открыт не при любом напряжении. Если $U_1 < U_0$, то диод оставался закрытым и $U_1' = U_1$.