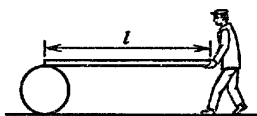


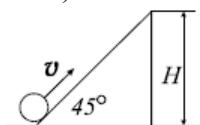
**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Физика»
2013-2014 учебный год
9 класс**

1. Доска длиной $l = 3$ м расположена горизонтально, один ее конец находится в руках у рабочего, на противоположном конце, лежащем на цилиндре, сидит мышь. Рабочий начинает двигаться с постоянной скоростью $v = 1$ м/с относительно земли, вследствие чего цилиндр катится без скольжения по земле, отсутствует также скольжение доски по цилиндру; в тот же момент времени мышь начинает бежать по доске. Добежав до края доски, который держит рабочий, мышь мгновенно разворачивается и бежит по доске обратно. Величина скорости мыши относительно доски постоянна и равна $u = 2,5$ м/с. Через какое время после начала движения мышь снова окажется над осью цилиндра? (20 баллов)



2. В медный калориметр массой m_1 и температурой t_1 наливают воду массой m_2 и температурой t_2 и кладут лед массой m_3 и температурой $t_0 = 0$ °С. Удельные теплоемкости меди, воды и льда равны соответственно c_1 , c_2 и c_3 , удельная теплота плавления льда равна λ . Найти температуру системы после установления теплового равновесия для произвольных значений m_1 , m_2 , m_3 , t_1 , t_2 , если известно, что $t_1 < 0$ °С. Потерями энергии пренебречь. (20 баллов)

3. Шариком выстреливают со скоростью $v = 10$ м/с под углом 45° к горизонту. Поначалу шарик скользит без трения по наклонной поверхности неподвижного клина до высоты H , а затем летит по воздуху. При какой высоте клина H расстояние от места выстрела до места падения шарика на землю будет максимальным? Найти это расстояние. Кривизной поверхности Земли и сопротивлением воздуха пренебречь, ускорение силы тяжести постоянно и равно $g = 10$ м/с². (20 баллов)



4. Через блок, укрепленный на потолке, перекинута нерастяжимая нить. Прикрепленная к одному ее концу лестница массы $M = 10$ кг с висющим на ней человеком массы $m = 50$ кг уравнивает прикрепленный к другому концу нити груз. Человек начинает равноускоренно перемещаться по лестнице, причем реакция блока на потолок равна нулю во все последующие моменты времени. Какой может быть скорость человека относительно лестницы через время $t = 0,1$ с после начала движения? Указать все возможные значения. Ускорение силы тяжести принять равным $g = 10$ м/с², массы блока и нити пренебрежимо малы, трение в блоке отсутствует. (20 баллов)

5. В вашем распоряжении имеются: батарейка с известной ЭДС ε и неизвестным внутренним сопротивлением r , неидеальный амперметр с неизвестным внутренним сопротивлением r_A (причем известно, что $r_A < r$), резистор с неизвестным сопротивлением R и провода с пренебрежимо малым сопротивлением. Какие измерения нужно провести, чтобы найти внутреннее сопротивление батарейки? Получите формулу, по которой можно вычислить r по результатам этих измерений. (20 баллов)

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Физика»**

2013-2014 учебный год

9 класс

РЕШЕНИЯ

Задача 1

Покажем, что ось цилиндра движется относительно земли со скоростью $v/2$. В самом деле, цилиндр не скользит по земле, а доска не скользит по цилиндру. Следовательно, к тому моменту, когда конец доски, который держит рабочий, окажется над осью цилиндра, цилиндр сместится на расстояние l по земле, а рабочий, соответственно, пройдет по земле расстояние $2l$, а значит, его скорость относительно земли в два раза больше, чем скорость оси цилиндра.

Тогда скорость оси цилиндра относительно доски также равна $v/2$. Общий путь в системе отсчета доски, который пройдут мышь и ось цилиндра до момента «встречи», равен, очевидно, $2l$, так что на искомое время t запишем уравнение:

$$ut + \frac{v}{2}t = 2l, \quad (1)$$

откуда получим $t = \frac{2l}{u + v/2} = 2$ с.

Задача 2

Вычислим следующие четыре количества тепла:

$Q_1 = c_1 m_1 (t_0 - t_1)$ – поглощается при нагревании медного калориметра до $t_0 = 0^\circ\text{C}$;

$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_0)$ – выделяется при остывании воды до $t_0 = 0^\circ\text{C}$;

$Q_3 = \lambda m_3$ – поглощается при таянии льда;

$Q_4 = \lambda m_2$ – выделяется при замерзании воды.

В зависимости от соотношений между этими величинами, рассмотрим разные случаи.

Если $Q_1 = Q_2$, то тепловое равновесие установится, очевидно, при 0°C .

Если $Q_1 > Q_2$, то тепла, выделившегося при остывании воды до 0°C , недостаточно, чтобы нагреть до этой температуры калориметр. Если $Q_1 < Q_2 + Q_4$, то к моменту достижения калориметром этой температуры замерзнет только часть воды, и температура теплового равновесия составит 0°C . Если $Q_1 \geq Q_2 + Q_4$ (для краткости включим сюда случай равенства), то замерзнет вся вода, и далее лед массой $m_2 + m_3$ начнет остывать до достижения теплового равновесия, температуру t которого найдем из уравнения теплового баланса

$$c_1 m_1 (t - t_1) = Q_2 + Q_4 + c_3 (m_2 + m_3) (t_0 - t), \quad (1)$$

$$t = \frac{Q_2 + Q_4 + c_3 (m_2 + m_3) t_0 + c_1 m_1 t_1}{c_1 m_1 + c_3 (m_2 + m_3)}. \quad (2)$$

Если $Q_2 > Q_1$, то тепло, поглотившееся при нагревании калориметра до 0°C , меньше, чем тепло, которое могло бы выделиться при остывании воды до этой температуры. Если $Q_2 < Q_1 + Q_3$, то к моменту достижения водой этой температуры растает только часть льда, и температура теплового равновесия составит 0°C . Если $Q_2 \geq Q_1 + Q_3$ (вновь для краткости

включим сюда случай равенства), то растает весь лед, и далее калориметр и образовавшаяся вода массы m_3 температурой 0°C начнут нагреваться до достижения теплового равновесия, температуру t которого найдем из уравнения теплового баланса

$$c_2 m_2 (t_2 - t) = Q_1 + Q_3 + c_1 m_1 (t - t_0) + c_2 m_3 (t - t_0), \quad (3)$$

$$t = \frac{c_2 m_2 t_2 - Q_1 - Q_3 + c_1 m_1 t_0 + c_2 m_3 t_0}{c_1 m_1 + c_2 (m_2 + m_3)}. \quad (4)$$

Задача 3

Скорость шарика на вершине клина на высоте H равна

$$u = \sqrt{v^2 - 2gH} \quad (1)$$

(это легко установить, например, из закона сохранения механической энергии).

На вершине клина шарик имеет горизонтальную и вертикальную составляющие скорости, равные $u/\sqrt{2}$. Расположим начало координат в точке отрыва шарика от клина, вертикальную ось y направим вверх. Отсчитывая время от момента отрыва шарика от клина, для координаты y шарика можно записать закон равноускоренного движения:

$$y = \frac{u}{\sqrt{2}} t - \frac{gt^2}{2}. \quad (2)$$

Обозначим τ – время падения шарика на землю. В этот момент координата y равна $-H$. Подставив в (2), получим:

$$-H = \frac{u}{\sqrt{2}} \tau - \frac{g\tau^2}{2}. \quad (3)$$

Решая квадратное уравнение (3) и выбирая положительное решение, получим

$$\tau = \frac{1}{g} \left(\frac{u}{\sqrt{2}} + \sqrt{u^2/2 + 2gH} \right). \quad (4)$$

Расстояние от подножия клина до места падения шарика на землю равно $u\tau/\sqrt{2}$ (в горизонтальном направлении шарик движется равномерно). Используя (4) и (1), получим искомое расстояние от места выстрела до места падения шарика на землю:

$$L = H + u\tau/\sqrt{2} = \frac{v^2}{2g} + \frac{1}{2g} \sqrt{v^4 - 4g^2 H^2}. \quad (5)$$

Как видно из (5), наибольшее расстояние L получается при нулевой высоте клина (то есть фактически при его отсутствии), при этом $L = v^2/g = 10$ м.

Задача 4

Отсутствие реакции блока на потолок означает, что натяжение нити равно нулю. Следовательно, груз движется только под действием силы тяжести и падает вниз с ускорением g . Поскольку нить нерастяжима, ее натяжение может быть равно нулю, только если второй ее конец, прикрепленный к лестнице, движется вверх с ускорением a , по величине не меньшим g . Запишем для лестницы второй закон Ньютона в проекции на ось, направленную вертикально вверх:

$$F - Mg = Ma, \quad (1)$$

где F – модуль силы, с которой человек действует на лестницу. Поскольку, как мы установили, $a \geq g$, то выполняется неравенство

$$F \geq 2Mg. \quad (2)$$

С учетом третьего закона Ньютона запишем для человека второй закон Ньютона в проекции на ось, направленную вертикально вниз:

$$mg + F = ma', \quad (3)$$

где a' – ускорение человека. Выражая отсюда a' , найдем модуль ускорения человека относительно лестницы

$$a + a' = F \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M} \right). \quad (4)$$

Учитывая неравенство (2), получим

$$a + a' \geq 2g \left(1 + \frac{M}{m} \right). \quad (5)$$

Следовательно, через время t после начала движения скорость человека относительно лестницы будет направлена вертикально вниз, а ее величина будет удовлетворять неравенству

$$v \geq 2g \left(1 + \frac{M}{m} \right) t = 2,4 \text{ м/с}. \quad (6)$$

Задача 5

Проведем измерения силы тока для следующих электрических цепей:

- (а) батарейка и амперметр подключены последовательно;
- (б) батарейка, амперметр и резистор подключены последовательно;
- (в) батарейка, амперметр и резистор подключены параллельно.

Показания амперметра в этих трех цепях обозначим соответственно I_1 , I_2 и I_3 . Запишем закон Ома для цепи (а):

$$\varepsilon = I_1 (r + r_A). \quad (1)$$

Запишем закон Ома для цепи (б):

$$\varepsilon = I_2 (r + r_A + R). \quad (2)$$

Рассмотрим теперь цепь (в). Обозначим I_ε – сила тока, протекающего через батарейку, I_R – сила тока, протекающего через резистор, причем выберем знаки токов так, что выполняется

$$I_\varepsilon = I_3 + I_R. \quad (3)$$

Запишем закон Ома для цепи (в):

$$\varepsilon - I_\varepsilon r = I_3 r_A = I_R R. \quad (4)$$

Исключая из системы уравнений (3) и (4) токи I_ε и I_R , получим

$$\varepsilon = I_3 \left(r + r_A + \frac{r r_A}{R} \right). \quad (5)$$

Исключая из системы уравнений (1), (2) и (5) сопротивления r_A и R , получим квадратное уравнение на искомое сопротивление r :

$$r^2 - \frac{\varepsilon}{I_1} r + \left(\frac{\varepsilon}{I_3} - \frac{\varepsilon}{I_1} \right) \left(\frac{\varepsilon}{I_2} - \frac{\varepsilon}{I_1} \right) = 0. \quad (6)$$

Из двух решений уравнения (6), в силу условия $r_A < r$, выбираем большее:

$$r = \frac{\varepsilon}{2} \left(\frac{1}{I_1} + \sqrt{\frac{1}{I_1^2} - 4 \left(\frac{1}{I_3} - \frac{1}{I_1} \right) \left(\frac{1}{I_2} - \frac{1}{I_1} \right)} \right). \quad (7)$$

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Физика»
2013-2014 учебный год
10 класс**

Задача 1. (20 баллов)

Внутри гладкой горизонтальной трубы находятся два поршня, соединенных между собой упругой пружиной. Между поршнями находится один моль гелия при температуре 300 К. Газ нагрели до температуры 400 К. Какое количество теплоты было сообщено газу при нагревании, если длина пружины увеличилась в $\eta = 1,5$ раза?

Задача 2. (20 баллов)

Предохранитель в цепи электрического тока составлен из двух параллельно соединенных плавких предохранителей. Один из них имеет сопротивление R_1 и рассчитан на максимальное значение тока I_1 , а второй – сопротивление R_2 и рассчитан на ток I_2 . Какое максимальное значение силы тока может выдержать составной предохранитель?

Задача 3. (20 баллов)

Два одинаковых груза массой M каждый, соединенные пружиной, лежат на горизонтальной плоскости в поле тяжести земли. Какую минимальную горизонтальную силу необходимо приложить к правому грузу, чтобы пришел в движение левый груз? Коэффициент трения грузов о плоскость μ . В начальном состоянии пружина не деформирована.

Задача 4. (20 баллов)

Источник света расположен на тройном фокусном расстоянии от собирающей линзы на ее оси. За линзой перпендикулярно оптической оси помещено плоское зеркало. На каком расстоянии от линзы нужно его поместить, чтобы лучи, отраженные от зеркала и, пройдя через линзу, стали параллельными.

Задача 5. (20 баллов)

Почему сопротивление лампочки накаливания зависит от частоты переменного тока.

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Физика»
2013-2014 учебный год
10 класс
Решения**

Задача 1. (20 баллов)

Внутри гладкой горизонтальной трубы находятся два поршня, соединенных между собой упругой пружиной. Между поршнями находится один моль гелия при температуре 300 К. Газ нагрели до температуры 400 К. Какое количество теплоты было сообщено газу при нагревании, если длина пружины увеличилась в $\eta = 1,5$ раза?

Решение:

Из первого начала термодинамики: $Q = \Delta U + A$, для изменения внутренней энергии гелия можно записать $\Delta U = \frac{3}{2} R \Delta T$. Работу можно найти по формуле $A = P \cdot \Delta V$, так как давление в процессе меняется линейно вместо давления нужно взять среднее значение $P = \frac{P_1 + P_2}{2}$.

Тогда для работы получаем выражение: $A = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1)$.

Учитывая, что $V_2 = V_1 \eta$, а $PV = RT$ получаем: $Q = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + \frac{R}{2} (\eta - 1) (T_1 + T_2 / \eta)$.

Задача 2. (20 баллов)

Предохранитель в цепи электрического тока составлен из двух параллельно соединенных плавких предохранителей. Один из них имеет сопротивление R_1 и рассчитан на максимальное значение тока I_1 , а второй – сопротивление R_2 и рассчитан на ток I_2 . Какое максимальное значение силы тока может выдержать составной предохранитель?

Решение:

При параллельном соединении предохранителей ток, который течет через них, определяется выражением:

$$i_{1/2} = I \frac{R_{2/1}}{R_1 + R_2}$$

Дальше необходимо анализировать эти выражения, когда ток достигнет критического значения.

Возможны следующие варианты:

$I_2 < \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_1$ тогда $I = I_1$,

если $\frac{R_1}{R_1 + R_2} I_1 < I_2 < I_1$ R_1 / R_2 тогда $I = I_2 / \frac{R_1}{R_1 + R_2}$,

при $I_1 R_1 / R_2 < I_2 < I_1 / \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ $I = I_1 / \frac{R_2}{R_1 + R_2}$,

в остальных случаях I_2 .

Задача 3. (20 баллов)

Два одинаковых груза массой M каждый, соединенные пружиной, лежат на горизонтальной плоскости в поле тяжести земли. Какую минимальную горизонтальную силу необходимо приложить к правому грузу, чтобы пришел в движение левый груз? Коэффициент трения грузов о плоскость μ . В начальном состоянии пружина не деформирована.

Решение:

Работа постоянной силы расходуется на увеличение потенциальной энергии пружины, на преодоления силы трения и кинетическую энергию. Начала движения правого груза

произойдет при максимальном удлинении левого, когда его кинетическая энергия равна нулю. Запишем работу силы

$$Fx = \frac{kx^2}{2} + \mu Mg x$$

Правое тело начнет двигаться если сила упругости станет равна силе трения покоя: $\mu Mg = kx$, из этих двух уравнений получаем $F = 3\mu Mg/2$

Задача 4. (20 баллов)

Источник света расположен на тройном фокусном расстоянии от собирающей линзы на ее оси. За линзой перпендикулярно оптической оси помещено плоское зеркало. На каком расстоянии от линзы нужно его поместить, чтобы лучи, отраженные от зеркала и, пройдя через линзу, стали параллельными.

Решение:

Лучи станут параллельными если они после отражения от зеркала пройдут через фокус линзы. Это будет если зеркало будет отстоять от фокуса на половине расстояния от фокуса до изображения источника. Из формулы тонкой линзы находим, что расстояние до изображения равняется $1,5F$. Тогда расстояние от линзы до зеркала равно $1,25F$.

Задача 5. (20 баллов)

Почему сопротивление лампочки накаливания зависит от частоты переменного тока.

Решение:

Сопротивления лампочки зависит от средней температуры нити накаливания лампочки. При низких частотах нить успевает остыть, и средняя температура будет меньше. При больших частотах так же начинает влиять индуктивное сопротивление лампочки.

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Физика»
2013-2014 учебный год**

**11 класс
Вариант 1**

Задача 1. (20 баллов)

На горизонтальной поверхности покоятся два бруска – один на другом (рис. 1). Какую силу, направленную горизонтально, необходимо приложить к нижнему бруску, чтобы выдернуть его из-под верхнего? Коэффициент трения между любыми поверхностями равен μ , масса нижнего бруска – m_1 , верхнего – m_2 .

Задача 2. (20 баллов)

Физик-экспериментатор Пётр Иванов собрал электрическую цепь (рис. 2), состоящую из нелинейного элемента X, резистора, идеального амперметра и источника, напряжение которого можно изменять. В результате своих измерений он обнаружил, что при напряжении $U_1 = 1$ В амперметр показывал силу тока $I_1 = 0,5$ А, а при напряжении $U_2 = 5$ В его показания увеличивались до $I_2 = 4$ А. Исходя из приведённых данных, найдите сопротивление резистора. Известно, что сила тока, проходящего через элемент X, пропорциональна приложенному к нему напряжению в степени $3/2$ ($I \propto U^{3/2}$).

Задача 3. (20 баллов)

Определите число действительных изображений источника S в оптической системе, состоящей из собирающей линзы и плоского зеркала АВ (см. рис. 3). Найдите расстояние от каждого из них до оптического центра линзы. Фокусное расстояние линзы равно f , расстояние между источником и линзой – $7f/4$, между линзой и зеркалом – $2f$.

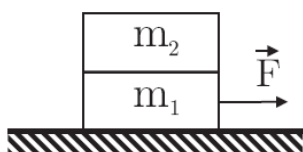


Рис. 1

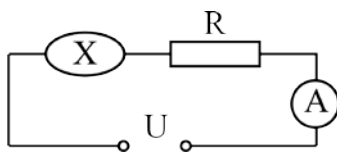


Рис. 2

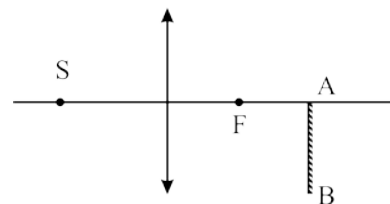


Рис. 3

Задача 4. (20 баллов)

Внутри П-образной рамки закреплена система, состоящая из двух одинаковых пружин и маленького груза массой m между ними. Сначала данную конструкцию поставили вертикально. При этом грузик сместился вниз на величину x_1 (рис. 4а). Затем её расположили горизонтально. В этом случае смещение грузика стало $x_2 = 5x_1$ (рис. 4б). Найти коэффициент жёсткости пружин. В свободном состоянии длина каждой пружины равна L , расстояние между точками крепления пружин к рамке – $2L$.

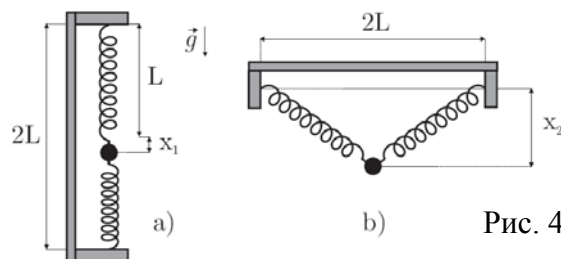


Рис. 4

Задача 5. (20 баллов)

В рукописи одного из известных учёных был найден листок с циклом, изображённым в координатах p - T (см. рис. 5). Определить температуру T_0 , если из текста рукописи известно, что данный цикл совершал $\nu = 1$ моль идеального газа и работа газа за цикл равна $A = 2500$ Дж. Универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(К·моль).

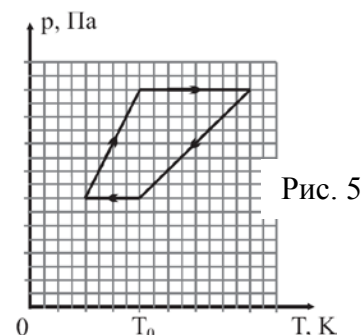


Рис. 5

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Физика»**

**2013-2014 учебный год
11 класс
Вариант 2**

Задача 1. (20 баллов)

На гладкой горизонтальной поверхности стола покоятся два бруска – один на другом (рис. 1). Какую минимальную силу, направленную горизонтально, необходимо приложить к нижнему бруску, чтобы выдернуть его из-под верхнего? Коэффициент трения между брусками равен μ_1 , между бруском и поверхностью стола – μ_2 , масса каждого бруска – m .



Рис. 1

Задача 2. (20 баллов)

На концах рычага массой M и длиной $3L$, лежащего на двух опорах как показано на рис. 2, уравновешены два груза. Чему равна масса правого груза, если масса левого совпадает с массой рычага? Рычаг по всей длине можно считать однородным. Размерами грузов по сравнению с длиной рычага пренебречь.



Рис. 2

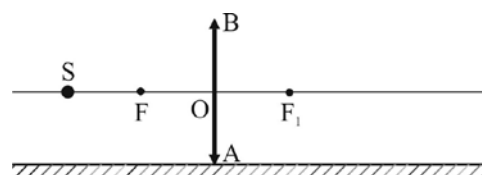


Рис. 3

Задача 3. (20 баллов)

Оптическая система состоит из точечного источника S , идеальной собирающей линзы AB с фокусами F и F_1 ($OF = OF_1$) и плоского зеркала (рис. 3). Источник находится на двойном фокусном расстоянии от оптического центра линзы O и лежит на её главной оптической оси. Зеркало расположено параллельно этой оси и касается линзы. Найдите все изображения источника в системе.

Задача 4 (20 баллов)

Цилиндрический сосуд, в котором находится идеальный одноатомный газ, закрыт подвижным поршнем массы m . Когда на поршень поставили гирьку массой M , температура газа увеличилась вдвое. а) Найти отношение m/M . б) Какой станет температура газа, если гирьку снова убрать? Поршень и стенки сосуда теплоизолированы. Давление вне сосуда равно нулю, начальная температура газа – T_0 . Поршень может скользить в цилиндре без трения.

Задача 5. (20 баллов)

Сопротивление нити накала электрической лампочки возрастает при увеличении температуры нити. На рис. 4б показана зависимость силы тока через лампочку от приложенного напряжения (эту зависимость называют вольт-амперной характеристикой). Физик-экспериментатор Пётр Иванов собрал электрическую цепь (рис. 4а), состоящую из двух таких лампочек и резистора, идеального амперметра и источника, напряжение которого $U = 12$ В. Какова сила тока I , протекающего через амперметр, если $R = 5$ Ом?

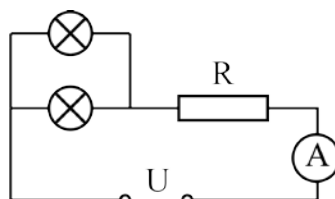


Рис. 4а

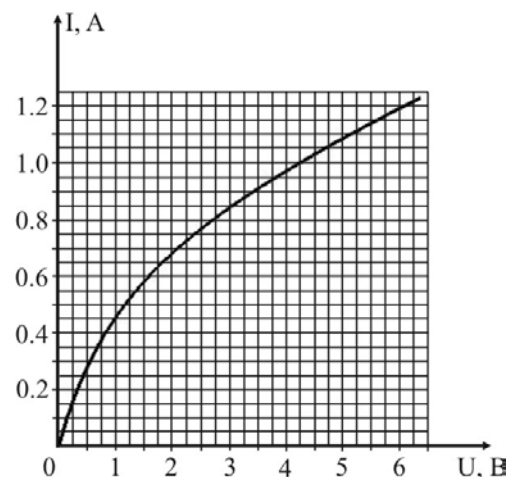


Рис. 4б

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Физика»**

2013-2014 учебный год

11 класс

Возможные решения

Вариант 1

Задача 1. Запишем 2-й закон Ньютона в проекции на горизонтальное направление для каждого из брусков:

$$m_2 a_2 = F_{\text{тр}2}, \quad m_1 a_1 = F - F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}2}.$$

Здесь $F_{\text{тр}1}$ — сила трения, возникающая между горизонтальной поверхностью и нижним бруском, $F_{\text{тр}2}$ — сила трения, возникающая между брусками, a_1 и a_2 — ускорения нижнего и верхнего бруска соответственно. Найдём величины сил трения:

$$F_{\text{тр}2} = \mu m_2 g, \quad F_{\text{тр}1} = \mu(m_1 + m_2)g.$$

Отсюда получаем, что $a_2 = \mu g$, $a_1 = (F - \mu(m_1 + 2m_2)g)/m_1$. Так как, по условию, нижний груз нужно выдернуть из-под верхнего, $a_1 > a_2$. Подставляя в это неравенство выражения для ускорений, находим, что $F > 2\mu(m_1 + m_2)g$.

Ответ: $F > 2\mu(m_1 + m_2)g$.

Задача 2. Пусть U_X — напряжение на элементе X, а R — сопротивление резистора, тогда

$$U_{X1} = U_1 - I_1 R, \quad U_{X2} = U_2 - I_2 R.$$

Так как $I \sim U^{3/2}$, получаем

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{U_{X2}}{U_{X1}} \right)^{3/2} = \left(\frac{U_2 - I_2 R}{U_1 - I_1 R} \right)^{3/2}.$$

Отсюда находим сопротивление резистора:

$$R = \frac{U_2 - U_1(I_2/I_1)^{2/3}}{I_2 - I_1(I_2/I_1)^{2/3}} = 0,5 \text{ Ом}.$$

Ответ: 0,5 Ом.

Задача 3. Пусть O — оптический центр линзы. Первое изображение S_1 формируется лучами, прошедшими сквозь линзу, но не попавшими на зеркало АВ. По формуле для тонкой линзы

$$\frac{1}{OS} + \frac{1}{OS_1} = \frac{1}{f}.$$

Так как, по условию, $OS = 7f/4$, то $OS_1 = 7f/3$.

Найдём теперь положение изображения S_2 , получающегося при отражении лучей, прошедших через линзу от зеркала. Так как $OA = 2f$, то $AS_1 = 7f/3 - 2f = f/3$. Изображения S_1 и S_2 расположены симметрично относительно зеркала, поэтому $AS_2 = AS_1 = f/3$. Отсюда получаем, что $OS_2 = OA - AS_2 = 5f/3$.

Отражённые от зеркала лучи, проходя обратно через линзу, формируют третье изображение S_3 , расположенное слева от линзы. Его положение можно найти, снова используя формулу для тонкой линзы:

$$\frac{1}{OS_2} + \frac{1}{OS_3} = \frac{1}{f} \Rightarrow OS_3 = 5f/2.$$

Ответ: Три изображения. Первое находится за зеркалом на расстоянии $7f/3$; второе — перед зеркалом на расстоянии $5f/3$, третье — левее источника S на расстоянии $5f/2$ от линзы.

Задача 4. Рассмотрим систему в положении, изображённом на рис. а. Из условия равновесия получаем, что

$$mg = 2kx_1.$$

Для системы, изображённой на рис. б, условие равновесия будет иметь вид:

$$mg = 2k\Delta L \cos \alpha,$$

где $\Delta L = \sqrt{x_2^2 + L^2} - L$ — удлинение пружины, α — угол между пружиной и вертикалью. Так как $\cos \alpha = x_2 / \sqrt{x_2^2 + L^2}$, мы получим, что

$$mg = 2kx_2 \left(1 - \frac{L}{\sqrt{x_2^2 + L^2}} \right) = 10kx_1 \left(1 - \frac{L}{\sqrt{25x_1^2 + L^2}} \right).$$

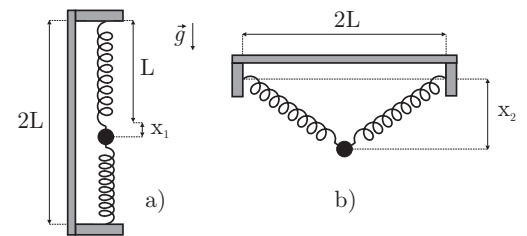
Из полученных формул следует, что

$$2kx_1 = 10kx_1 \left(1 - \frac{L}{\sqrt{25x_1^2 + L^2}} \right) \Rightarrow x_1 = \frac{3L}{20}.$$

Отсюда находим величину k :

$$mg = 2k \cdot \frac{3L}{20} \Rightarrow k = \frac{10mg}{3k}.$$

Ответ: $k = \frac{10mg}{3L}$.



Задача 5. Очевидно, что процессы 41 и 23 (см. рис.) являются изобарными. Участки 12 и 34 являются изохорами. Чтобы убедиться в этом, достаточно подсчитать количество клеток и проверить справедливость равенств

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1}, \quad \frac{p_3}{T_3} = \frac{p_4}{T_4}.$$

Работа газа за цикл равна

$$A = A_{23} + A_{41} = p_2(V_3 - V_2) + p_1(V_1 - V_4).$$

Используя уравнение Менделеева-Клапейрона, преобразуем это выражение к виду

$$A = \nu R(T_3 - T_2) + \nu R(T_1 - T_4).$$

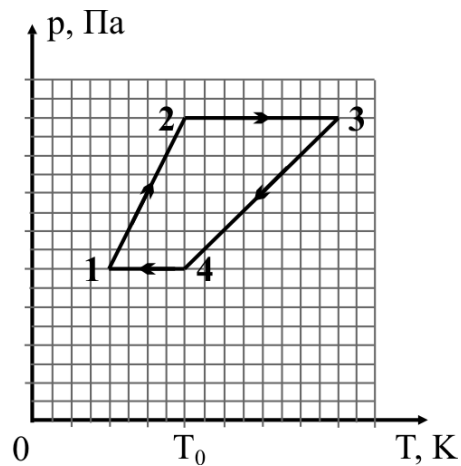
Так как, по рисунку, $T_2 = T_4 = T_0$, $T_1 = T_0/2$, $T_3 = 2T_0$, получаем, что

$$A = \nu R(2T_0 - T_0) + \nu R(0,5T_0 - T_0) = 0,5\nu R T_0.$$

Отсюда находим величину T_0 :

$$T_0 = \frac{2A}{\nu R} = \frac{2 \cdot 2500 \text{ Дж}}{1 \text{ моль} \cdot 8,31 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль})} \approx 600 \text{ К}.$$

Ответ: $T_0 = 600 \text{ К}$.



Вариант 2

Задача 1. Запишем 2-й закон Ньютона в проекции на горизонтальное направление для каждого из брусков:

$$ma_1 = F_{\text{тр1}}, \quad ma_2 = F - F_{\text{тр1}} - F_{\text{тр2}}.$$

Здесь $F_{\text{тр1}}$ — сила трения, возникающая между брусками, $F_{\text{тр2}}$ — сила трения, возникающая между горизонтальной поверхностью и нижним бруском, a_1 и a_2 — ускорения верхнего и нижнего бруска соответственно. Найдём величины сил трения:

$$F_{\text{тр1}} = \mu_1 mg, \quad F_{\text{тр2}} = \mu_2 2mg.$$

Отсюда получаем, что $a_1 = \mu_1 g$, $a_2 = (F - (\mu_1 + 2\mu_2)mg)/m$. Так как, по условию, нижний груз нужно выдернуть из-под верхнего, $a_2 > a_1$. Подставляя в это неравенство выражения для ускорений, находим, что $F > 2(\mu_1 + \mu_2)mg$.

Ответ: $F > 2(\mu_1 + \mu_2)mg$.

Задача 2. Пусть m — масса правого груза. Рассмотрим предельные случаи, в которых рычаг не давит на какую-либо из опор. Пусть в первом случае масса правого груза настолько мала, что рычаг не давит на правую опору. Запишем правило моментов относительно левой точки опоры:

$$MgL = mg \cdot 2L + Mg \frac{L}{2}.$$

Отсюда получаем, что $m = M/4$. Во втором случае масса правого груза настолько велика, что рычаг не давит на левую опору. Опять запишем правило моментов, на этот раз, относительно правой точки опоры:

$$Mg \cdot 2L + Mg \frac{L}{2} = mg L.$$

Отсюда получаем, что $m = 5M/2$. Так как речь выше шла о предельных случаях, находим, что рычаг будет находиться в равновесии, если $M/4 \leq m \leq 5M/2$.

Ответ: От $M/4$ до $5M/2$.

Задача 3. Изображений будет четыре, из них два мнимых (S_1 и S_4) и два действительных (S_2 и S_3), все изображения находятся на расстоянии $2F$ от плоскости линзы. Изображение S_1 является отражением источника S в зеркале, S_2 — изображением источника в линзе. Лучи, отражающиеся от зеркала и проходящие затем через линзу, формируют изображение S_3 . S_4 является отражением изображения S_2 в зеркале. Для S_3 аналогичная ситуация не имеет места, так как лучи, идущие от него на зеркало не попадают.

Ответ: см. рисунок.

Задача 5. Пусть I_1 — ток через лампочку, а U_1 — напряжение на ней, тогда

$$U_1 = U - 2I_1R \Rightarrow I_1 = \frac{U}{2R} - \frac{1}{2R}U_1 = 1,2 \text{ A} - 0,1 \text{ Ом}^{-1} U_1.$$

Чтобы найти I_1 , поперх вольт-амперной характеристики проведём прямую $I_1 = 1,2 - 0,1U_1$ и найдём координаты точки пересечения (см. рис.). В результате получаем, что $I_1 \approx 0,87 \text{ A}$. Отсюда сила тока через амперметр равна $I = 2I_1 \approx 1,75 \text{ A}$.

Ответ: 1,75 А.

