

Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2015-2016уч.г.

г.Саров, Нижегородская область

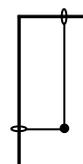
Физика
Финальный тур
9 класс

1. Две машины выехали одновременно навстречу друг другу из городов А и В. Машины встретились на расстоянии l от А, затем доехали до городов В и А, развернулись и поехали назад. Вторая встреча машин произошла на расстоянии $3l/4$ от города В. Найти расстояние АВ. Скорости машин постоянны. (20 баллов)

2. Тело бросили под некоторым углом к горизонту. Известно, что в процессе движения величина скорости тела менялась в n раз, а максимальная высота подъема тела равна h . Найти дальность полета. (20 баллов)

3. Тело массой m , брошенное под углом к горизонту, имеет в верхней точке траектории ускорение $a = 4g/3$ (g - ускорение свободного падения). Определить силу сопротивления воздуха в этой точке. Указание. Сила сопротивления воздуха, действующая на тело, направлена противоположно его скорости. (30 баллов)

4. Два стержня соединены в форме буквы «Г». Один из стержней расположен горизонтально, другой вертикально. На стержни надеты маленькие невесомые колечки, которые могут без трения перемещаться по стержням. К колечкам прикреплена невесомая нить. На нить надета массивная бусинка, которая может без трения перемещаться по нити. В начальный момент бусинку удерживают так, что нить натянута, длина ее горизонтального участка l , вертикального $2l$. Бусинку отпускают. Найти ее ускорение. Через какое время бусинка достигнет вертикального стержня? (30 баллов)



**Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2015-2016уч.г.**

г.Саров, Нижегородская область

**Физика
Финальный тур (Ответы и решения)**

1. Пусть расстояние АВ равно x . Тогда, очевидно, что сумма расстояний, пройденных машинами до первой встречи, равно x , а до второй встречи - $3x$. Действительно, до второй встречи каждая машина доедет до второго города (в сумме $2x$), и проедет расстояние от него до места встречи другой машиной. Поэтому, с одной стороны, машина, выехавшая из города А, пройдет до второй встречи расстояние $3l$, с другой это расстояние равно расстоянию между городами плюс расстоянию от города В до точки второй встречи. Отсюда

$$3l = x + \frac{3l}{4}$$

или

$$x = \frac{9l}{4}$$

2. Скорость тела максимальна в начальный момент, минимальна в верхней точке траектории. Поскольку при начальной скорости v_0 скорость тела в верхней точке равна $v_0 \cos \alpha$, то

$$n = \frac{1}{\cos \alpha}$$

Используя теперь известные формулы для максимальной высоты и дальности полета тела, брошенного под углом к горизонту

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}, \quad l = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g},$$

получим

$$l = 4h \operatorname{ctg} \alpha = \frac{4h}{\sqrt{n^2 - 1}}$$

3. На тело действуют сила тяжести и сила сопротивления воздуха, которая в верхней точке траектории направлено горизонтально. Поэтому

$$a = \frac{1}{m} \sqrt{m^2 g^2 + F_c^2}$$

Отсюда находим

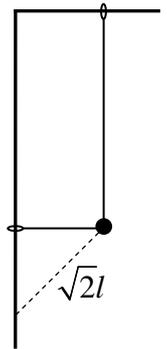
$$F_c = m\sqrt{a^2 - g^2} = \frac{\sqrt{7}}{3}mg$$

4. Так как нить и кольца невесомы и нет трения, то нить в процессе движения бусинки будет перпендикулярна стержням (достаточно бесконечно малой силы, чтобы перемещать нить и кольца). Пусть длина вертикального участка нити y , горизонтального - x . Тогда $x + y = 3l$. А это значит, что в системе координат, оси которой совпадают со спицами, траектория бусинки описывается функцией

$$y = -x + 3l$$

т.е. направлена под углом 45° к горизонту и пересекает вертикальную спицу на расстоянии $3l$ от точки их соединения (см. рисунок; траектория бусинки показана пунктиром, ее длина $\sqrt{2}l$).

Найдем ускорение бусинки. На бусинку действуют две силы натяжения и сила тяжести. Но поскольку сумма сил натяжения перпендикулярна траектории, то ускорение бусинки равно проекции ускорения свободного падения на направление траектории, т.е.



$$a = \frac{\sqrt{2}g}{2}.$$

Поэтому

$$\sqrt{2}l = \frac{\sqrt{2}gt^2}{4} \Rightarrow t = 2\sqrt{\frac{l}{g}}$$

**Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2015-2016уч.г.**

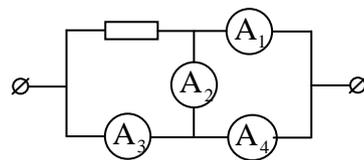
г.Саров, Нижегородская область

**Физика
Финальный тур
10 класс**

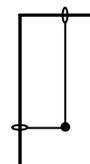
1. Две машины выехали одновременно навстречу друг другу из городов А и В. Машины встретились на расстоянии l от А, затем доехали до городов В и А, развернулись и поехали назад. Вторая встреча машин произошла на расстоянии $3l/4$ от города В. Найти расстояние АВ. Скорости машин постоянны. (20 баллов)

2. В горизонтальном цилиндрическом сосуде длиной l находятся 2 подвижных теплонепроницаемых поршня, делящих сосуд на 3 отсека.  Первоначально температура газа во всех отсеках была равна T_0 , объемы всех отсеков одинаковы. Затем газ в среднем и левом отсеке нагревают до температуры T_1 , температуру газа в правом отсеке поддерживают равной T_0 . Насколько сместится при этом левый поршень? (20 баллов)

3. Четыре одинаковых амперметра и резистор соединены в электрическую цепь, схема которой показана на рисунке. Известно, что амперметр A_1 показывает ток I_1 , амперметр A_3 - ток I_3 . Найти отношение сопротивления резистора к сопротивлению амперметра. (30 баллов)



4. Два стержня соединены в форме буквы «Г». Один из стержней расположен горизонтально, другой вертикально. На стержни надеты маленькие невесомые колечки, которые могут без трения перемещаться по стержням. К колечкам прикреплена невесомая нить. На нить надета массивная бусинка, которая может без трения перемещаться по нити. В начальный момент бусинку удерживают так, что нить натянута, длина ее горизонтального участка l , вертикального $2l$. Бусинку отпускают. Найти ее ускорение. Через какое время бусинка достигнет вертикального стержня? (30 баллов)



**Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2015-2016уч.г.**

г.Саров, Нижегородская область

**Физика
Финальный тур**

Решения

1. Пусть расстояние АВ равно x . Тогда, очевидно, что сумма расстояний, пройденных машинами до первой встречи, равно x , а до второй встречи - $3x$. Действительно, до второй встречи каждая машина доедет до второго города (в сумме $2x$), и проедет расстояние от него до места встречи другой машиной. Поэтому, с одной стороны, машина, выехавшая из города А, пройдет до второй встречи расстояние $3l$, с другой это расстояние равно расстоянию между городами плюс расстоянию от города В до точки второй встречи. Отсюда

$$3l = x + \frac{3l}{4}$$

или

$$x = \frac{9l}{4}$$

2. Из закона Клапейрона-Менделеева заключаем, что количества вещества газа в каждом отсеке сосуда одинаковы. При нагревании газа в левом и среднем отсеке увеличивается его давление, поэтому оба поршня переместятся вправо. Но из условия равновесия левого поршня следует, что давления газов в среднем и левом отсеках одинаковы. А поскольку у этих газов одинаковые температуры и количество вещества, то изменения объемов среднего и левого отсека должны быть одинаковы. Поэтому, если левый поршень сместился вправо на Δx , то правый сместится вправо на $2\Delta x$.

Используем теперь условие равновесия правого поршня. Из закона Клапейрона-Менделеева для газов в среднем и правом отсеке имеем

$$\frac{\nu RT_1}{(l/3 + \Delta x)S} = \frac{\nu RT_0}{(l/3 - 2\Delta x)S}$$

где ν - количество вещества газа в каждом отсеке, S - площадь сечения сосуда. Отсюда получаем

$$\Delta x = \frac{l(T_1 - T_0)}{3(2T_1 + T_0)}$$

3. Пусть ток в цепи течет слева направо, сопротивление резистора - r , сопротивление каждого амперметра - R . Пусть, кроме того, через амперметр A_1 течет ток I_1 , через амперметр A_2 - ток I_2 снизу вверх, через амперметр A_3 - ток I_3 . (см. рисунок). Тогда токи в остальных участках цепи будут такими, как это показано на рисунке. Обходя правый замкнутый контур цепи по часовой стрелке и приравнявая сумму напряжений на всех участках контура нулю, получим с учетом равенства сопротивлений амперметров

$$I_2 + I_1 - (I_3 - I_2) = 0 \quad \Rightarrow \quad I_2 = \frac{I_3 - I_1}{2}$$

Аналогичный обход правого контура дает

$$r(I_1 - I_2) - I_2 R - I_3 R = 0$$

Отсюда

$$\frac{r}{R} = \frac{3I_3 - I_1}{3I_1 - I_3}, \quad \frac{I_3}{3} < I_1 < 3I_3$$

4. Так как нить и кольца невесомы и нет трения, то нить в процессе движения бусинки будет перпендикулярна стержням (достаточно бесконечно малой силы, чтобы перемещать нить и кольца). Пусть длина вертикального участка нити y , горизонтального - x . Тогда $x + y = 3l$. А это значит, что в системе координат, оси которой совпадают со спицей, траектория бусинки описывается функцией

$$y = -x + 3l$$

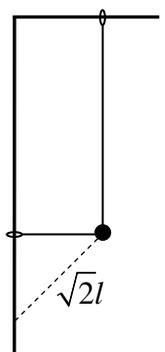
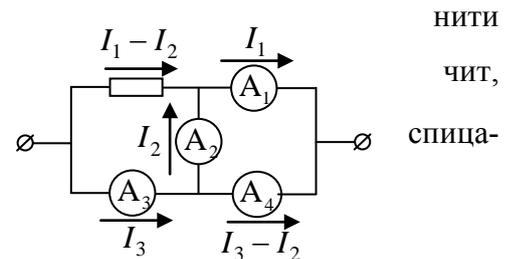
т.е. направлена под углом 45° к горизонту и пересекает вертикальную спицу на расстоянии $3l$ от точки их соединения (см. рисунок; траектория бусинки показана пунктиром, ее длина $\sqrt{2}l$).

Найдем ускорение бусинки. На бусинку действуют две силы натяжения и сила тяжести. Но поскольку сумма сил натяжения перпендикулярна траектории, то ускорение бусинки равно проекции ускорения свободного падения на направление траектории, т.е.

$$a = \frac{\sqrt{2}g}{2}.$$

Поэтому

$$\sqrt{2}l = \frac{\sqrt{2}gt^2}{4} \quad \Rightarrow \quad t = 2\sqrt{\frac{l}{g}}$$

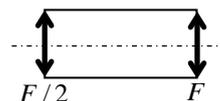


Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2015-2016уч.г.

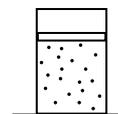
г.Саров, Нижегородская область

Физика
Финальный тур
11 класс

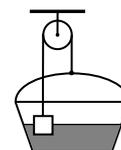
1. Две собирающие линзы одинакового диаметра вставлены в трубу с зачерненными внутренними боковыми стенками (все лучи, падающие на стенки, поглощаются). Известно, что фокусное расстояние одной линзы вдвое больше фокусного расстояния другой, и что параллельные лучи, падающие вдоль оси трубы с любой стороны, после прохождения трубы остаются параллельными. На трубу падает пучок параллельных лучей одинаковой интенсивности сначала слева, а потом справа. Найти отношение освещенностей экрана, расположенного соответственно справа и слева от трубы. **Указание.** Освещенностью некоторой площадки называется отношение энергии света, падающего на площадку к величине ее площади. (20 баллов)



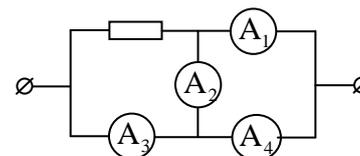
2. В запаянном вертикальном цилиндрическом сосуде под массивным поршнем находится одноатомный идеальный газ при температуре T . Над поршнем вакуум. Из-за неплотных контактов поршня со стенками газ медленно просачивается в верхнюю часть сосуда. Пренебрегая теплоемкостью поршня и сосуда, а также теплотопотряями, найти температуру газа, когда поршень опустится на дно сосуда. (20 баллов)



3. К сосуду с жидкостью суммарной массой m прикреплена невесомая и нерастяжимая нить, переброшенная через блок. Ко второму концу нити прикреплено тело с массой $1,2m$, в положении равновесия частично погруженное в жидкость. На какую часть своего объема тело погружено в жидкость? Плотность тела втрое больше плотности жидкости. (30 баллов)



4. Четыре одинаковых амперметра и резистор соединены в электрическую цепь, схема которой показана на рисунке. Известно, что амперметр A_1 показывает ток I_1 , амперметр A_3 - ток I_3 . Найти отношение сопротивления резистора к сопротивлению амперметра.



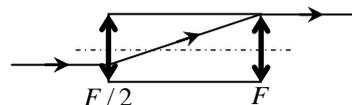
(30 баллов)

**Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2015-2016уч.г.**

г.Саров, Нижегородская область

**Физика
Финальный тур (Ответы и решения)
11 класс**

1. Чтобы пучок оставался параллельным, у линз должны совпадать фокусы. При падении лучей на левую линзу на правую линзу попадут лучи, идущие на расстоянии, не большем половины радиуса левой линзы. Поэтому на площадь, равную площади падающего пучка, придется одна четверть его энергии (остальная попадет на боковые стенки трубы). При падении лучей справа, луч, идущий через край правой линзы, окажется на расстоянии, равном половине радиуса левой. Поэтому вся энергия пучка придется на вчетверо меньшую площадь. Поэтому



$$\frac{W_{\text{правый экран}}}{W_{\text{левый экран}}} = \frac{1}{16}$$

2. Поскольку работа силы тяжести над поршнем равна mgh , где m - масса поршня, h - высота расположения поршня над дном сосуда, получим из первого закона термодинамики

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = mgh \quad (1)$$

где ν - количество вещества газа, ΔT - изменение его температуры. Чтобы найти h используем условие равновесия поршня в начальном состоянии

$$\frac{mg}{S} = \frac{\nu RT}{V} = \frac{\nu RT}{Sh} \Rightarrow mgh = \nu RT \quad (2)$$

где V - объем газа в начальном состоянии. Подставляя формулу (2) в формулу (1), найдем конечную температуру газа T_1 :

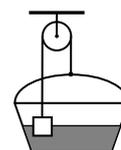
$$T_1 = \frac{5}{3} T$$

3. Условия равновесия для тела и сосуда дают

$$T + F_A = 1,2mg$$

$$T = mg + F_A$$

где T и F_A - силы натяжения нити и Архимеда соответственно. Вычитая второе уравнение из первого, найдем силу Архимеда



$$F_A = 0,1mg = 0,1 \frac{\rho_m V g}{1,2} = \frac{\rho_m V g}{12}$$

где ρ_m и V - плотность и объем тела. С другой стороны, по закону Архимеда имеем

$$F_A = \rho_{жс} g V_{н.ч.}$$

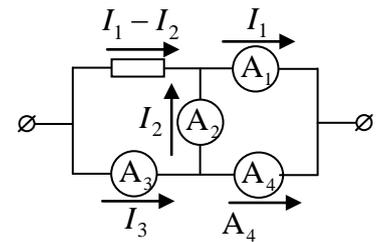
где $\rho_{жс}$ и $V_{н.ч.}$ - плотность и объем погруженной в жидкость части тела. Отсюда находим долю объема тела, погруженную в жидкость.

$$\frac{V_{н.ч.}}{V} = \frac{\rho_m}{12\rho_{жс}} = 0,25$$

4. Пусть ток в цепи течет слева направо, сопротивление резистора - r , сопротивление каждого амперметра - R . Пусть, кроме того, через амперметр A_1 течет ток I_1 , через амперметр A_2 - ток I_2 снизу вверх, че-

рез амперметр A_3 - ток I_3 . (см. рисунок). Тогда токи в остальных участках цепи будут такими, как это показано на

рисунке. Обходя правый замкнутый контур цепи по часовой стрелке и приравнивая сумму напряжений на всех участках контура нулю, получим с учетом равенства сопротивлений амперметров



контура нулю, получим с учетом равенства сопротивлений амперметров

$$I_2 + I_1 - (I_3 - I_2) = 0 \quad \Rightarrow \quad I_2 = \frac{I_3 - I_1}{2}$$

Аналогичный обход правого контура дает

$$r(I_1 - I_2) - I_2 R - I_3 R = 0$$

Отсюда

$$\frac{r}{R} = \frac{3I_3 - I_1}{3I_1 - I_3}, \quad \frac{I_3}{3} < I_1 < 3I_3$$