

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ФИЗИКЕ. 2014–2015 ГОД  
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС**

1

Два одинаковых пластилиновых шарика при помощи пружинного пистолета подбрасывают из одной точки вертикально вверх вдоль одной прямой с промежутком в  $\tau = 2$  с. Начальные скорости первого и второго шариков равны  $V_1 = 30$  м/с и  $V_2 = 50$  м/с соответственно. Через какое время  $t$  после момента бросания первого шарика они столкнутся? На какой высоте это произойдёт? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**Решение.** В момент времени  $t$  первый шарик находится на высоте  $V_1 t - \frac{gt^2}{2}$ , второй шарик — на высоте  $V_2(t - \tau) - \frac{g(t - \tau)^2}{2}$ . Столкновение произойдёт, если эти высоты одинаковы:  $V_1 t - \frac{gt^2}{2} = V_2(t - \tau) - \frac{g(t - \tau)^2}{2}$ .

Отсюда  $V_2 \tau + \frac{g\tau^2}{2} = (V_2 - V_1 + g\tau)t$  и  $t = (V_2 \tau + \frac{g\tau^2}{2}) : (V_2 - V_1 + g\tau) = 3$  с.

Столкновение произойдёт на высоте  $V_1 t - \frac{gt^2}{2} = 45$  м.

**Ответ.** Шарики столкнутся через 3 с после броска первого шарика на высоте 45 м.

**Критерии оценок.** Первый вопрос (о моменте времени столкновения) оценивается в 8 баллов, второй вопрос (о высоте) – в 2 балла.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа на первый вопрос, он получает 8 баллов. В противном случае можно поставить школьнику до 2 утешительных баллов (если набирается больше оснований для утешительных баллов, школьник всё равно получает 2 балла):

хотя бы раз правильно использована формула для зависимости координаты от времени при равноускоренном движении – 1 балл;

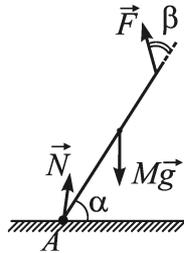
построен хотя бы один график зависимости скорости от времени, отмечено, что перемещение численно равно площади под данным графиком, – 1 балл;

отмечено, что высоты шариков в момент столкновения одинаковые, – 1 балл.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа на второй вопрос, он получает 2 балла. Утешительные баллы при неправильном ответе на данный вопрос не предусмотрены.

2

Однородная прямая металлическая балка массой  $M = 100$  кг и длиной  $L = 3$  м установлена под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Нижний конец балки упирается в землю. Какую минимальную силу  $F$  нужно прикладывать к балке, чтобы удерживать её в таком положении? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



**Решение.** На балку, опирающуюся на землю в точке  $A$ , действуют: приложенная к центру масс сила тяжести  $Mg$  (плечо этой силы относительно оси, проходящей через точку  $A$ , равно  $(\frac{L}{2})\cos \alpha$ ); сила  $F$ , которую можно приложить на расстоянии  $x$  от точки  $A$  ( $x$  не может быть больше  $L$ ) под углом  $\beta$  к направлению стержня, а также сила  $N$ , приложенная в точке  $A$  (она является равнодействующей сил нормальной реакции опоры и трения). Запишем правило моментов сил относительно точки  $A$ . Момент силы  $N$  равен нулю; момент силы  $Mg$  равен  $Mg(\frac{L}{2})\cos \alpha$ , момент силы  $F$  равен по модулю  $Fx \sin \beta$  и противоположен по знаку моменту силы тяжести. Следовательно,  $Mg(\frac{L}{2})\cos \alpha = Fx \sin \beta$  и  $F = Mg(\frac{L}{2})\cos \alpha : (x \sin \beta)$ . Сила  $F$  будет тем меньше, чем больше будут  $x$  (наибольшее возможное значение  $L$ ) и  $\sin \beta$  (наибольшее значение равно 1). Полагая  $x = L$  и  $\sin \beta = 1$ , находим  $F = \frac{Mg \cos \alpha}{2} = 250$  Н.

**Ответ.** Минимальная сила, которую нужно приложить к балке для удерживания в данном положении, составляет 250 Н.

**Критерии оценок.** Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов. Если участник не обосновал, что силу  $F$  надо прикладывать к концу балки под прямым углом к ней, можно снять до 2 баллов (поставить 8 или 9 баллов вместо 10). Если школьник не довёл решение до правильного ответа, можно поставить ему до 5 утешительных баллов (если набирается больше оснований для утешительных баллов, школьник всё равно получает 5 баллов):

в любой форме присутствует идея использования правила рычага (или правила моментов) – 1 балл;

на рисунке правильно показана сила тяжести и её точка приложения – 1 балл;

на рисунке показана сила  $F$  – 1 балл;

отмечено, что силу  $F$  оптимально прикладывать как можно дальше от точки  $A$ , – 1 балл;

отмечено, что силу  $F$  оптимально прикладывать под прямым углом к балке, – 1 балл;

правильно использована формула для силы тяжести – 1 балл;

хотя бы один раз использовано, что момент силы равен произведению силы на плечо, – 1 балл;

хотя бы один раз правильно подсчитано плечо силы – 1 балл.

3

Ледяной кубик с длиной ребра 10 см плавает в цилиндрическом аквариуме с водой так, что верхняя грань кубика горизонтальна.

1. Найдите высоту верхней грани кубика над уровнем воды.

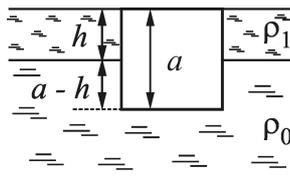
2. Поверх воды доливают слой керосина так, что поверхность керосина оказывается на одном уровне с верхней гранью кубика. Какова высота слоя керосина?

Плотности воды, льда и керосина равны соответственно  $1000 \text{ кг/м}^3$ ,  $900 \text{ кг/м}^3$  и  $800 \text{ кг/м}^3$ .

**Решение.** Пусть  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$  — плотность воды,  $\rho_1 = 800 \text{ кг/м}^3$  — плотность керосина,  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$  — плотность льда,  $a = 10 \text{ см}$  — длина ребра ледяного кубика.

1. Пусть  $x$  — высота верхней грани кубика над уровнем воды. На кубик действуют направленная вниз сила тяжести  $\rho a^3 g$  и направленная вверх сила Архимеда  $\rho_0 g a^2 (a - x)$ . Поскольку кубик находится в равновесии, эти силы равны по модулю:  $\rho a^3 g = \rho_0 g a^2 (a - x)$ . Следовательно,  $x = a \left[ 1 - \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right) \right] = 1 \text{ см}$ .

2. Пусть  $h$  — высота слоя керосина. Избыточное по сравнению с атмосферным давление на нижнюю грань кубика составляет  $\rho_1 g h + \rho_0 g (a - h)$ . Следовательно, равнодействующая сил давления, действующих на кубик, составляет  $[\rho_1 g h + \rho_0 g (a - h)] a^2$ . Она уравнивается силой тяжести, действующей на кубик, которая равна  $\rho a^3 g$ . Учитывая, что кубик находится в равновесии, находим:  $[\rho_1 g h + \rho_0 g (a - h)] a^2 = \rho a^3 g$  и  $h = \frac{(\rho_0 - \rho) a}{\rho_0 - \rho_1} = 5 \text{ см}$ .



**Ответ.** Высота верхней грани кубика над уровнем воды составляет 1 см; высота слоя керосина 5 см.

**Критерии оценок.** Первый вопрос оценивается — в 4 балла, второй вопрос — в 6 баллов.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа на первый вопрос, он получает 4 балла. В противном случае можно поставить школьнику до 2 утешительных баллов (если набирается больше оснований для утешительных баллов, школьник всё равно получает 2 балла):

хотя бы один раз правильно использовано, что масса равна произведению плотности на объём, – 1 балл;

хотя бы один раз правильно использована формула для силы тяжести – 1 балл;

хотя бы один раз правильно использована формула для силы Архимеда – 1 балл;

хотя бы один раз правильно использована формула для объёма прямоугольного параллелепипеда – 1 балл;

указано, что при равновесии силы тяжести и Архимеда должны быть равны по модулю и противоположны по направлению, – 1 балл;

хотя бы один раз правильно использована формула для давления столба жидкости – 1 балл;

хотя бы один раз правильно использована формула, связывающая давление, силу и площадь, – 1 балл.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа на второй вопрос, он получает 6 баллов. В противном случае можно поставить школьнику до 4 утешительных баллов (если набирается больше оснований для утешительных баллов, школьник всё равно получает 4 балла):

хотя бы один раз правильно использовано, что масса равна произведению плотности на объём, – 1 балл;

хотя бы один раз правильно использована формула для силы тяжести – 1 балл;

хотя бы один раз правильно использована формула для объёма прямоугольного параллелепипеда – 1 балл;

указано, что при равновесии силы тяжести и давления должны быть равны по модулю и противоположны по направлению, – 1 балл;

хотя бы один раз правильно использована формула для давления столба жидкости – 1 балл;

хотя бы один раз правильно использована формула, связывающая давление, силу и площадь, – 1 балл.

4

В электрическом чайнике 1 литр воды нагревается на 10 градусов за 1 минуту. За какое время нагреются до кипения 500 г воды, взятые из ведра со смесью воды и льда? Потерями теплоты можно пренебречь. Плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

**Решение.** По условию за время  $\tau_1 = 1$  мин вода плотностью  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ , удельной теплоёмкостью  $c$  и объёмом  $V = 1$  л нагревается на  $\Delta t_1 = 10$  °С. Получаемое количество теплоты при этом равно  $c\rho V\Delta t_1$ , а мощность чайника оказывается равной  $c\rho V\Delta t_1/\tau_1$ .

Во втором опыте масса воды  $m = 500$  г нагревается от 0 °С до 100 °С, то есть на  $\Delta t_2 = 100$  °С. Получаемое при этом количество теплоты равно  $cm\Delta t_2$ . Время нагревания равно отношению данного количества теплоты к мощности чайника:

$$\tau_2 = cm\Delta t_2 : \left( \frac{c\rho V\Delta t_1}{\tau_1} \right) = \left( \frac{\tau_1 m\Delta t_2}{\rho V\Delta t_1} \right) = 5 \text{ мин.}$$

**Ответ.** Время нагревания составит 5 мин.

**Критерии оценок.** Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов. В противном случае можно поставить школьнику до 6 утешительных баллов:

правильно использована формула для массы как произведения плотности на объём — 1 балл;

хотя бы один раз правильно записана формула для количества теплоты как произведения удельной теплоёмкости на массу и на изменение температуры — 1 балл;

хотя бы один раз правильно использовано определение мощности — 1 балл;

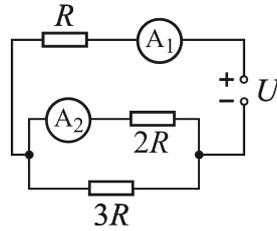
отмечено, что мощность чайника в двух опытах одинаковая, — 1 балл;

отмечено, что начальная температура воды во втором опыте составляет 0 °С, — 1 балл;

отмечено, что конечная температура воды во втором опыте составляет 100 °С, — 1 балл.

5

Найдите показания идеальных амперметров  $A_1$  и  $A_2$  в электрической цепи, схема которой приведена на рисунке. Напряжение идеального источника  $U = 11$  В, сопротивление  $R = 1$  кОм.



**Решение (первый способ).** Найдем, как связаны токи  $I_1$  и  $I_2$  через амперметры  $A_1$  и  $A_2$ . Учтём, что через сопротивление  $2R$  течет ток  $I_2$ , а через сопротивление  $3R$  — ток  $I_1 - I_2$ , а напряжения на этих сопротивлениях, равные  $I_2 \cdot 2R$  и  $(I_1 - I_2) \cdot 3R$ , должны быть одинаковыми:  $I_2 \cdot 2R = (I_1 - I_2) \cdot 3R$ . Отсюда  $I_2 = 0,6I_1$ .

Напряжение на источнике  $U$  равно сумме напряжения  $I_1 \cdot R$  на резисторе  $R$  и напряжения  $I_2 \cdot 2R = 1,2I_1 \cdot R$  на резисторе  $2R$ , то есть  $U = I_1 \cdot R + 1,2I_1 \cdot R$ . Отсюда  $U = 2,2I_1 \cdot R$  и  $I_1 = \frac{U}{2,2R} = \frac{5U}{11R} = 5$  мА,  $I_2 = \frac{3U}{11R} = 3$  мА.

**Решение (второй способ).** По законам последовательного и параллельного соединения сопротивление цепи составляет  $R + \frac{2R \cdot 3R}{2R + 3R} = 2,2R$ . Следовательно, ток через источник, совпадающий

с током через амперметр  $A_1$ , составляет  $I_1 = \frac{U}{2,2R} = \frac{5U}{11R} = 5$  мА.

Поскольку напряжение на источнике равно  $U$ , а на сопротивлении  $R$  напряжение составляет  $I_1 \cdot R = \frac{5U}{11}$ , напряжение на сопротивлениях  $2R$  и  $3R$

равно  $U - \left(\frac{5U}{11}\right) = \frac{6U}{11}$ . Следовательно, сила тока через сопротивление  $2R$

(и амперметр  $A_2$ ) равна  $I_2 = \frac{6U}{11} : 2R = \frac{3U}{11R} = 3$  мА.

**Ответ.** Амперметр  $A_1$  показывает 5 мА, амперметр  $A_2$  показывает 3 мА.

**Критерии оценок.** Первый вопрос (о показании амперметра  $A_1$ ) оценивается 4 баллов, второй вопрос (о показании амперметра  $A_2$ ) — 6 баллов.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа на первый вопрос, он получает 4 балла. В противном случае можно поставить школьнику до 2 утешительных баллов (если набирается больше оснований для утешительных баллов — школьник всё равно получает 2 балла):

хотя бы один раз правильно использована формула для последовательного или параллельного соединения сопротивлений — 1 балл;

хотя бы один раз правильно использован закон Ома, — 1 балл;

указано, что напряжения на сопротивлениях  $2R$  и  $3R$  одинаковые, — 1 балл;

указано, что напряжение источника равно сумме напряжений на сопротивлении  $R$  и на сопротивлении  $2R$  или  $3R$  — 1 балл;

правильно найдено отношение токов через амперметры — 1 балл.

Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа на второй вопрос, он получает 6 баллов. В противном случае можно поставить школьнику до 3 утешительных баллов (если набирается больше оснований для утешительных баллов — школьник всё равно получает 3 балла):

хотя бы один раз правильно использована формула для последовательного или параллельного соединения сопротивлений — 1 балл;

хотя бы один раз правильно использован закон Ома — 1 балл;

указано, что напряжения на сопротивлениях  $2R$  и  $3R$  одинаковые, — 1 балл;

указано, что напряжение источника равно сумме напряжений на сопротивлении  $R$  и на сопротивлении  $2R$  или  $3R$ , — 1 балл;

правильно найдено отношение токов через амперметры — 1 балл.