

**Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников
по физике
2018-2019 учебный год
11 класс**

Задача 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/с².

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 баллов.

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.

Задача 2.

В комнате объёмом $V = 30 \text{ м}^3$ сначала была температура $t_1 = 10 \text{ °С}$. После включения отопления она стала равна $t_2 = 20 \text{ °С}$. Увеличилась или уменьшилась масса воздуха в комнате? На сколько килограммов? Атмосферное давление равно $p = 100 \text{ кПа}$, молярная масса воздуха $\mu = 29 \text{ г/моль}$. Универсальная газовая постоянная $R = 8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. Абсолютный нуль температуры составляет $t_0 = -273 \text{ °С}$.

Решение. По условию начальная температура в комнате составляет $T_1 = 283 \text{ К}$, конечная $T_2 = 293 \text{ К}$. Пусть m_1 — масса воздуха в комнате до включения отопления, m_2 — после включения отопления. Запишем уравнение состояния идеального газа: $pV = \frac{m_1 RT_1}{\mu}$, $pV = \frac{m_2 RT_2}{\mu}$.

Следовательно, $m_2 = \frac{pV\mu}{RT_2}$, $m_1 = \frac{pV\mu}{RT_1}$.

Уменьшение массы воздуха в комнате составит $\Delta m = m_1 - m_2 = \frac{pV\mu(T_2 - T_1)}{RT_1 T_2} \approx 1,26 \text{ кг}$.

Ответ. Масса воздуха в комнате уменьшилась примерно на 1,26 кг.

Критерии оценок: Если школьник довёл решение задачи до правильного ответа (в промежутке от 1 кг до 1,5 кг), он получает 10 баллов. Если школьник не довёл решение до правильного ответа, можно поставить ему до 5 утешительных баллов:

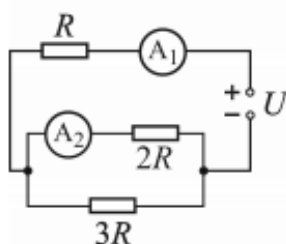
хотя бы один раз правильно использовано уравнение идеального газа – 1 балл;

хотя бы один раз градусы Цельсия правильно переведены в градусы Кельвина – 1 балл;

отмечено, что масса воздуха в комнате уменьшилась, – 3 балла.

Задача 3.

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 $U - (\frac{5U}{11}) = \frac{6U}{11}$. 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;

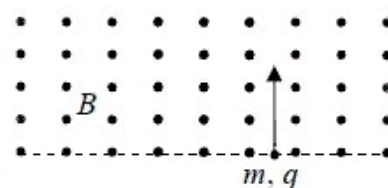
указано, что напряжения на сопротивлениях $2R$ и $3R$ одинаковые, — 1 балл;

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.

Задача 4.

Частица массой m , несущая заряд q , влетает со скоростью V в область однородного магнитного поля с индукцией B перпендикулярно линиям индукции и плоской границе области (см. рис.). Определите максимальное расстояние, на которое удалится от границы области частица в процессе своего движения.



Частица движется по дуге окружности, радиус которой R и есть искомое расстояние. Сила Лоренца, действующая на частицу, создаёт центростремительное ускорение

$$a = \frac{qVB}{m} = \frac{V^2}{R}. \text{ Отсюда } R = \frac{mV}{qB}.$$

Критерии оценивания:

Указано, что траектория — окружность - 2 балла

Правильно записана формула для силы Лоренца - 3 балла

Правильно записана формула для центростремительного ускорения - 2 балла

Записан второй закон Ньютона - 1 балл

Получен ответ - 2 балла

Задача 5.

В точку А поместили первый точечный заряд, и он создал в точке В потенциал 2 В. Затем первый заряд убрали, и в точку В поместили второй точечный заряд. Он создал в точке А потенциал 9 В. Далее первый заряд вернули обратно в точку А. С какой силой взаимодействуют эти заряды?

Возможное решение

Пусть модули зарядов, которые помещали в точки А и В, равны q_1 и q_2 соответственно, а расстояние между ними равно R . Записывая формулы для потенциалов, создаваемых точечными зарядами в точках В и А, получим:

$$\varphi_B = k \frac{q_1}{R}, \quad \varphi_A = k \frac{q_2}{R}$$

Согласно закону Кулона, искомая сила взаимодействия зарядов равна:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{R^2}$$

С учётом записанных выражений для потенциалов получим:

$$F = \frac{\varphi_A \varphi_B}{k} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Н} = 2 \text{ нН}$$

Ответ: $F = 2 \text{ нН}$

Критерии оценивания

| | |
|--|---------|
| Записаны формулы для потенциалов точечных зарядов (по 2 балла) | 4 балла |
| Записан закон Кулона | 2 балла |
| Получено выражение для силы взаимодействия зарядов | 2 балла |
| Найдено численное значение силы | 2 балла |