

Решения заданий Открытой олимпиады школьников по физике

КузГТУ, 3 декабря 2017 г.

Задание 1. На горизонтальной доске лежит груз. Коэффициент трения между грузом и доской равен 0,5. С каким минимальным ускорением нужно потянуть доску, чтобы груз соскользнул с нее?

Решение. Груз не соскользнет с доски до тех пор, пока его ускорение будет равно ускорению доски. Единственной силой, ускоряющей груз, является сила трения, максимальное значение которой равно $F_{тр} = \mu mg$ (μ — коэффициент трения, m — масса груза, g — ускорение свободного падения). Поэтому максимальное значение ускорения, которое может развить груз, $a_{\max} = F_{тр} / m = \mu g = 5 \text{ м/с}^2$. Если ускорение a доски превысит это значение, груз соскользнет с доски.

Ответ: Минимальное ускорение доски $a = 5 \text{ м/с}^2$.

Задание 2. На сортировочной железнодорожной станции вагон массой $m_1 = 80 \text{ т}$ скатывается без начальной скорости с горки высотой $H = 1 \text{ м}$ и сталкивается с другим вагоном массой $m_2 = 120 \text{ т}$, стоящим на горизонтальном участке пути. Пренебрегая трением, определите скорость u вагонов после их сцепления. Насколько при столкновении изменилась полная механическая энергия вагонов?

Решение. Скорость первого вагона после спуска с горки, но перед столкновением $v = \sqrt{2gH}$. Скорость u вагонов после столкновения можно определить из закона сохранения импульса:

$$m_1 v = (m_1 + m_2) u; \quad u = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \sqrt{2gH}.$$

Подставляя данные задачи, получаем $u = 1,8 \text{ м/с}$.

Изменение механической энергии вагонов после столкновения равно разности кинетических энергий вагонов до и после столкновения:

$$\Delta W = \frac{m_1 v^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) u^2}{2} = \frac{m_1 m_2 g h}{m_1 + m_2}.$$

Подставляя численные данные, получаем: $\Delta W = 480 \text{ кДж}$.

Ответ: $u = 1,8 \text{ м/с}$; $\Delta W = 480 \text{ кДж}$.

Задание 3. В трех углах квадрата находятся одинаковые заряды $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$. При этом в центре квадрата потенциал электрического поля $\varphi_0 = 180$ В, а модуль вектора напряженности равен 200 В/м. Какими станут потенциал и модуль вектора напряженности электрического поля в центре квадрата, если в четвертый угол квадрата поместить заряд $Q_4 = -Q$?

Решение. Согласно принципу суперпозиции электростатических полей, напряженность поля, созданного системой зарядов, равна векторной сумме напряженностей полей, созданных каждым из зарядов в отдельности.

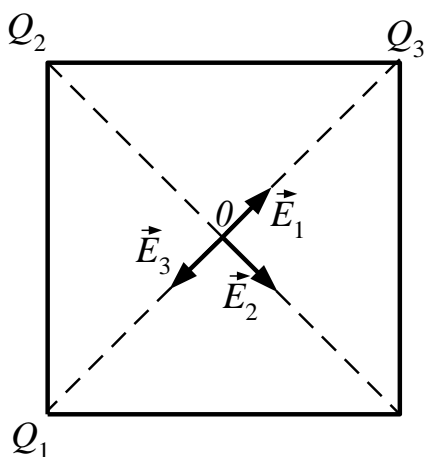


Рис.1.

Предположим для определенности, что заряды Q_1, Q_2, Q_3 положительны. Векторы напряженностей полей, созданных этими зарядами, равны по модулю и направлены так, как показано на рис.1. Векторная сумма напряженностей \vec{E}_1 и \vec{E}_3 равна нулю, поэтому результирующая напряженность определяется вектором \vec{E}_2 .

Если в четвертом углу квадрата поместить заряд $Q_4 = -Q$, то создаваемая им напряженность электрического поля \vec{E}_4 будет равна по величине и направлению напряженности \vec{E}_2 (рис.2).

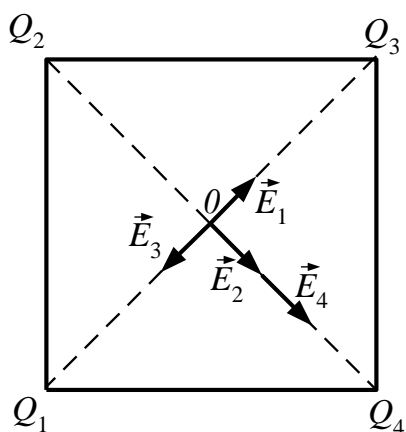


Рис. 2

Результирующая напряженность становится равной $\vec{E} = \vec{E}_2 + \vec{E}_4 = 2\vec{E}_2$. Модуль напряженности $E = 400$ В/м.

Потенциал поля, созданного тремя зарядами, равен алгебраической сумме потенциалов, созданных каждым из зарядов в отдельности. Так как три заряда равны и расположены на равных расстояниях от центра квадрата, потенциал $\varphi_0 = 3\varphi_1$, где $\varphi_1 = 60$ В — потенциал, созданный каждым из зарядов Q .

Заряд $-Q$, помещенный в четвертый угол квадрата, создаст в его центре потенциал $\varphi_4 = -\varphi_1 = -60$ В, и потенциал в центре квадрата станет равным $\varphi = 3\varphi_1 + \varphi_4 = 2\varphi_1 = 120$ В.

Ответ: $E = 400$ В/м, $\varphi = 120$ В.

Задание 4. В схеме, показанной на рис.3, напряжение идеального источника $U = 6$ В, а амперметр показывает силу тока $I = 9$ мА. Определите сопротивление резистора R .

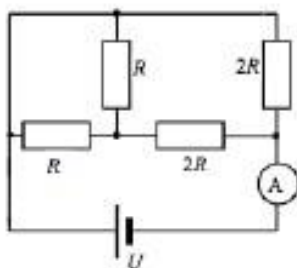


Рис.3

Решение. Сопротивление цепи $R_{\text{общ}} = \frac{U}{I}$ (1).

Представим схему в эквивалентной форме (рис.4) и выразим ее сопротивление через величину R .

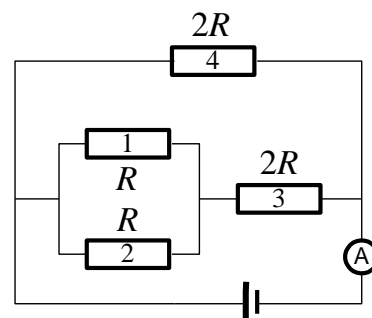


Рис.4

Сопротивления 1 и 2 соединены параллельно, их общее сопротивление $R_{12} = R/2$. Сопротивление 3 подключено к ним последовательно, общее сопротивление нижней ветви цепи $R_{123} = R/2 + 2R = 2,5R$. Наконец, сопротивление 4 подключено параллельно нижней ветви. Сопротивление всей цепи

$$R_{\text{общ}} = \frac{2R \cdot 2,5R}{2R + 2,5R} = \frac{10}{9}R \quad (2). \quad \text{Из формул (1) и (2) получаем: } R = \frac{9U}{10I} = 600 \text{ Ом.}$$

Ответ: $R = 600$ Ом.

Задание 5. На открытом воздухе за время $t = 5$ суток полностью испарилась масса $m = 200$ г этилового спирта (химическая формула C_2H_5OH). Какова молярная масса M спирта? Сколько молекул N спирта вылетало с поверхности спирта за время $\tau = 1$ с?

Решение. $M = 2 \cdot 12 + 5 \cdot 1 + 1 \cdot 16 + 1 \cdot 1 = 46$ (г/моль).

В m граммах спирта содержится

$$N_0 = \frac{m}{M} N_A = 26,17 \cdot 10^{23} \text{ молекул.}$$

Время испарения всей массы спирта $t = 5 \cdot 24 \cdot 3600 = 4,32 \cdot 10^5$ с.

За время $\tau = 1$ с испаряется $N = \frac{N_0}{t} = 6,05 \cdot 10^{18}$ молекул/с.