

11 класс

Задача 1

Возможное решение

Напряжение на резисторе с сопротивлением R_2 будет равно $U_0 - U$, (1)

мощность на этом резисторе

$$N_2 = (U_0 - U)^2 / R_2 = (16/25) U_0^2 / R_2 \quad (2)$$

Напряжение на резистор с сопротивлением R_1 равно U (3)

Мощность на этом резисторе $N_1 = U^2 / R_1 = (1/25) U_0^2 / R_1$ (4)

Тогда из (2) и (4):

$$N_1 / N_2 = (1/16) R_2 / R_1 = 5/16 \approx 0,31 \quad (5)$$

т.е. N_1 составляет приблизительно 31% от N_2

Критерии оценивания

Получена формула для тока I_1 (3)..... 2 балла

Получена формула для тока I_2 (1)..... 3 балла

Получена формула для тока I_v (4)..... 3 балла

Получен правильный ответ (5)..... 2 балла

Задача 2

Возможное решение

Пусть длина трассы (окружности) равна L . Тогда скорость первого автомобиля равна

$$V_1 = L / T_1 \quad (1)$$

Скорость второго -

$$V_2 = L / T_2 \quad (2)$$

Так как автомобили движутся в одном направлении, то скорость удаления первого автомобиля от второго будет равна

$$V_{\text{удаления}} = V_1 - V_2 = L / T_1 - L / T_2 = L / (T_2 - T_1) / T_1 T_2 \quad (3)$$

Тогда искомое время будет равно

а) для достижения максимального расстояния между автомобилями первый автомобиль должен после старта сделать на четверть оборота больше, чем второй). Это произойдет через время

$$t_1 = (L/4)/V_{\text{удаления}} = (1/4)T_1T_2/(T_2 - T_1) = 4 \text{ мин } 22,5 \text{ с} \quad (4)$$

б) для достижения минимального расстояния между автомобилями первый автомобиль должен после старта догнать второй, для этого ему надо сделать на три четверти оборота больше, чем второй). Это произойдет через время

$$t_2 = (3L/4)/V_{\text{удаления}} = (3/4)T_1T_2/(T_2 - T_1) = 13 \text{ мин } 7,5 \text{ с} \quad (5)$$

Критерии оценивания

Написана связь между скоростями автомобилей и периодами обращения (1), (2)..... 1 балл

Написано выражение для скорости удаления автомобилей (3).....2 балла

Получено уравнение для нахождения искомого времени в случае а) (4).....3 балла

Получено уравнение для нахождения искомого времени (5)(случай б).....3 балла

Получены правильные числовые ответы.....1 балл

Задача 3

Возможное решение

По закону сохранения импульса

$$m_1V + 0 = (m_1 + m_2)V/3 \quad (1)$$

Откуда $m_2 = 2m_1$ (2)

По закону сохранения энергии

$$m_1V^2/2 = (m_1 + m_2)(V/3)^2/2 + Q \quad (3)$$

где Q – количество механической энергии, перешедшей в тепло при ударе.

Откуда, с учетом (2), получим

$$Q = (2/3) m_1V^2/2 \quad (4)$$

т.е. 67% первоначальной кинетической энергии движущегося тела в результате абсолютно неупругого удара перешло в тепло.

Критерии оценивания

Написан закон сохранения импульса (1)..... 3 балла

Найдено соотношение масс тел (2) 1 балл

Написан закон сохранения энергии (3)..... 3 балла

Решена система уравнений и получен правильный ответ (4).....3 балл

Задача 4

Возможное решение

Пусть сторона квадрата равна a , диагональ квадрата – $2^{1/2}a$, первоначальный заряд каждого шарика равен q . Тогда сила кулоновского взаимодействия была равна

$$F_1 = kq^2/(2a^2) \quad (1)$$

k – электрическая постоянная в законе Кулона. Пусть с одного шарика на другой перенесли x – часть исходного заряда. Тогда после перемещения заряда из В в С сила взаимодействия будет равна

$$F_2 = kq^2 (1 - x)(1 + x)/a^2 \quad (2)$$

Приравнивая (1) и (2), получим:

$$x = 2^{1/2}/2 \approx 0,71 \quad (3)$$

т.е. с одного шарика на другой перенесли приблизительно 71% электрического заряда.

Критерии оценивания

Написан закон Кулона для первого случая (1)3 балла

Написан закон Кулона для второго случая (2)..... 5 баллов

Получен ответ (3).....2 балла

Задача 5

Возможное решение

Принимая во внимание большую массу воды при 0°C и малые массы кусочка льда и стального шарика, тепловое равновесие наступит при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Для нагревания льда от t_1 до 0°C потребуется тепла

$$Q_1 = C_{\text{льда}}m(t_0 - t_1) \quad (1)$$

где m – масса кусочка льда (лед нагреется до 0°C, но таять не будет!). Так как температура воды не изменилась, то это тепло первоначальный лед получит вследствие остывания стального шарика до 0°C и кристаллизации некоторого количества Δm воды при 0°C и появления такой же массы Δm льда :

$$Q_2 = C_c m(t_2 - t_0) + \lambda \Delta m \quad (2)$$

где $C_c = 460 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{град})$ - удельная теплоемкость стали, $\lambda = 330 \text{ кДж}/\text{кг}$ – удельная теплота плавления льда (или удельная теплота кристаллизации воды). Уравнение теплового баланса

$$C_{\text{льда}}m(t_0 - t_1) = C_c m(t_2 - t_0) + \lambda \Delta m \quad (3)$$

Откуда $(t_0 - t_1) = [\lambda \Delta m/m + C_c(t_2 - t_0)]/C_{\text{льда}} \approx 14,4^\circ$

т.е. первоначальная температура кусочка льда была минус 14,4°C. (4)

Критерии оценивания

Пояснено, что конечная температура системы – 0°C..... 4 балла

Вычислено Q_1 (1)..... 1 балл

Вычислено Q_2 (2)..... 1 балла

Написано уравнение теплового баланса (3).....1 балл

Найден численный ответ (4).....3 балла

Максимальное количество баллов за решение задач – 50 баллов. (Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов от 0 до 10).