Возможные решения задач

10 класс

Задача 1. Движение шайбы по наклонной плоскости

Модули угловых коэффициентов графиков зависимости скорости движения тела от времени для двух характерных участков разные. Это говорит о том, что при движении вверх по наклонной плоскости и при движении вниз ускорения отличаются. Значит, нужно учитывать трение между шайбой и наклонной плоскостью ($« \neq 0$).

Основной закон динамики для шайбы в векторном виде:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{TP}. \qquad (1)$$

Проекция (1) на ось OX при движении вверх (ось OX направлена вдоль наклонной плоскости вниз), с учетом того, что сила трения $F_{TP} = «N = «mg\cos\sim$ (2):

$$ma_1 = mg\sin\sim + «mg\cos\sim . \qquad (3)$$

Проекция (1) на ось OX при движении вниз:

$$ma_2 = mg\sin\sim - «mg\cos\sim . \qquad (4)$$

Суммируем (3) и (4) и выражаем $\sin\sim$:

$$\sin\sim = \frac{a_1 + a_2}{2g}. \qquad (5)$$

Из графика определяем ускорения: $a_1 = 2$ м/с^2, $a_2 = 8/9$ м/с^2. Так как $g \approx 9.8$ м/с^2, то:

$\sin\sim = \frac{2 + 8/9}{2 \cdot 9.8} =\approx 0.15$, а угол наклона плоскости $\sim \approx 9°$ (0.16 рад).

Критерии оценивания решения:

Представлены рисунки с указанием сил, действующих на шайбу, и вектора ускорения – 2 балла.

Записан основной закон динамики (1) для шайбы в векторном виде – 1 балл.

Записано выражение (3) для движения шайбы вверх– 2 балла.

Записано выражение (4) для движения шайбы вниз– 2 балла.

Получено выражение для угла (5) – 1 балл.

Определены из графика ускорения – 1 балл.

Получен ответ в градусах или радианах – 1 балл.

Задача 2. Соударение шаров

Легко понять, что шар налетает по линии AO.

В силу симметрии траекторий разлета, проекции импульса на направление, перпендикулярное к OA, должны быть одинаковы:

$$m\upsilon_{1y} = m\upsilon_{2y}. \qquad (1)$$

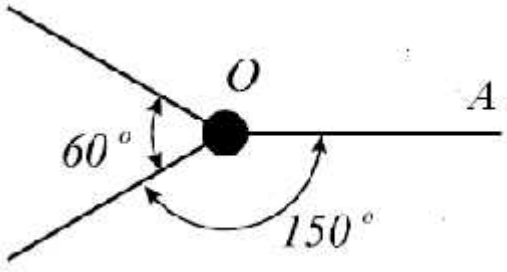
Это возможно лишь если одинаковы скорости шаров после соударения:

$$\upsilon_1 = \upsilon_2 = \upsilon. \qquad (2)$$

Величину этой скорости находим из сохранения компоненты импульса вдоль оси OA:

$$m\upsilon_0 = m\upsilon_{1x} + m\upsilon_{2x} = 2m\upsilon\cos\alpha,$$

$$\upsilon = \frac{\upsilon_0}{2\cos\alpha}. \qquad (3)$$



Выделившееся тепло Q находим из баланса энергии:

$$\frac{m\upsilon_0^2}{2} = 2\cdot\frac{m\upsilon^2}{2} + Q. \qquad (4)$$

Для $\alpha = 30°$ получаем $Q = \frac{m\upsilon_0^2}{6}$ (5).

Критерии оценивания решения:

Указано, что шар налетает по линии AO – 1 балл.

Из симметрии задачи и из закона сохранения импульса получено соотношение (1) – 2 балла.

Указано, что скорости шаров после соударения одинаковы (2) – 2 балла.

Получено соотношение (3) – 2 балла.

Записан закон сохранения энергии (4) – 2 балла.

Получен правильный ответ (5) – 1 балл.

Задача 3. Тепловое равновесие

Пусть температуры 1, 2 и 3 тел были соответственно t_1, t_2 и t_3. Пусть $t_1 > t_2 > t_3$, тогда уравнения теплового баланса будут иметь вид

$-\Delta Q_1 = \Delta Q_2$ (теплообмен между 1 и 2),

$-\Delta Q_1 = \Delta Q_3$ (теплообмен между 1 и 3),

$-\Delta Q_2 = \Delta Q_3$ (теплообмен между 2 и 3).

Так как $\Delta Q = mc(t_K^\circ - t_H^\circ)$, то

$$m_1c_1(t_1 - T_1) = m_2c_2(T_1 - t_2),$$
$$m_1c_1(t_1 - T_2) = m_3c_3(T_2 - t_3), \qquad (1)$$
$$m_2c_2(t_2 - T_3) = m_3c_3(T_3 - t_3).$$

Складываем эти уравнения:

$$m_1c_1(t_1 - T_1) + m_1c_1(t_1 - T_2) + m_2c_2(t_2 - T_3) = m_2c_2(T_1 - t_2) + m_3c_3(T_2 - t_3) + m_3c_3(T_3 - t_3).$$

После преобразований и с учетом того, что $m_1c_1 = m_2c_2 = m_3c_3$ (2):

$$t_1 + t_2 + t_3 = T_1 + T_2 + T_3. \quad (3)$$

Для контакта трех тел можно записать:

$$m_1c_1(t_1 - T) + m_2c_2(t_2 - T) = m_3c_3(T - t_3). \qquad (4)$$

Эта запись верна и для случая, когда $T > t_2$. Из (4) с учетом (3) получим:

$$T = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}.$$

Критерии оценивания решения:

Записаны уравнения теплового баланса (1) – 3 балла.

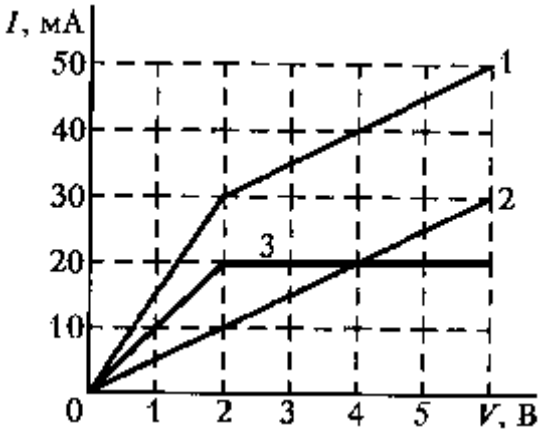
С учетом (2) получено соотношение (3) – 3 балла.

Записано уравнение теплового баланса для трех тел (4) – 2 балла.

Определена искомая температура из (4) с учетом (3) – 2 балла.

Задача 4. Вольтамперная характеристика

На рисунке проведем вольтамперную характеристику резистора с сопротивлением *R* (прямая *2*), используя закон Ома $I = \frac{U}{R}$. (1)



Поскольку неизвестный элемент *Z* и резистор *R* соединены параллельно, то падения напряжения на них всегда равны: $U = U_R = U_Z$. (2)

Общий ток, текущий через параллельный участок, равен алгебраической сумме токов через каждый элемент: $I = I_R + I_Z$. (3)

Для построения вольтамперной характеристики неизвестного элемента *Z* нужно при фиксированных значениях напряжения *U* из заданной вольтамперной характеристики (зависимость *1* на рисунке) вычесть вольтамперную характеристику резистора *R* (прямая *2*).

Полученная таким способом ломаная линия *3* является вольтамперной характеристикой неизвестного элемента *Z*.

Критерии оценивания решения:

Построение вольтамперной характеристики резистора *R* – 3 балла.

Соотношение (2) для напряжений – 2 балла.

Соотношение (3) для токов – 2 балла.

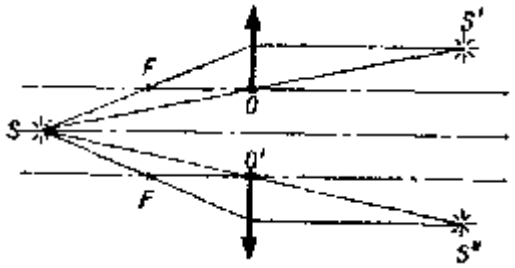
Получение ВАХ неизвестного элемента (разность зависимостей *1* и *2*) – 3 балла.

Задача 5. Линза

Каждая из половинок линзы «работает» как целая линза с тем же фокусным расстоянием и той же главной оптической осью (1).

Поэтому, после того как линзу разрезали и полученные половинки раздвинули, изображений светящейся точки будет два.

Их положение легко найти, построив ход лучей, идущих через фокусы половинок линзы и через их оптические центры О и O^I.



Каждое из этих изображений будет в 2 раза менее ярким, чем изображение источника, получаемое с помощью целой линзы.

Критерии оценивания решения:

Утверждение (1) – 3 балла.

Указано, что будет 2 изображения светящейся точки – 2 балла.

Представлен рисунок с ходом лучей и изображениями светящейся точки – 5 баллов.