2015 год

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап
11 класс

Максимальное количество баллов – 50

Решение к задаче 1.

До удара система двух шаров имела кинетическую энергию

$$K_1 = \frac{mv^2}{2} + \frac{2mv^2}{2}. \qquad (1)$$

После удара первый шар остановился, а второй стал двигаться со скоростью V и его кинетическая энергия равна

$$K_2 = \frac{2mV^2}{2}. \qquad (2)$$

Разница между кинетическими энергиями равна выделившейся при взаимодействии теплоте

$$Q = K_1 - K_2.$$

Отношение количества теплоты к кинетической энергии первого шара дает нам часть энергии, выделившаяся при ударе (условие задачи − по отношению к первому телу)

$$\alpha = Q / K = (K_1 - K_2) / K.$$

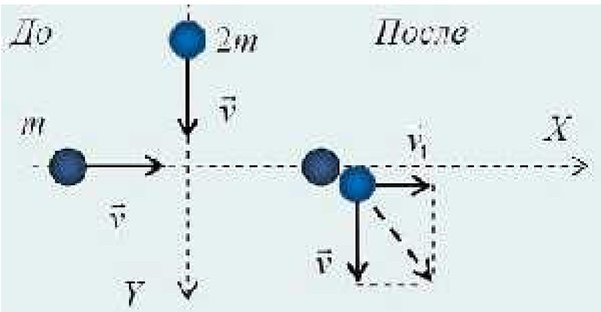
С учетом (1) и (2)

$$\alpha = \left(\frac{mv^2}{2} + \frac{2mv^2}{2} - \frac{2mV^2}{2}\right) / \left(\frac{mv^2}{2}\right).$$

После упрощений

$$\alpha = \left(\frac{v^2}{2} + v^2 - V^2\right) / \left(\frac{v^2}{2}\right). \qquad (3)$$

Воспользуемся законом сохранения импульса и определим скорость второго тела после взаимодействия по теореме Пифагора (см. рис.).



$$V = \sqrt{\left(v_1^2 + v^2\right)}. \qquad (4)$$

Рассмотрим закон сохранения импульса в горизонтальном направлении $mv = 2mv_1$, откуда $v_1 = \frac{v}{2}$.

Вертикальный импульс вдоль оси *y* сохраняется, и скорость второго шарика останется прежней **v**.

Тогда из (4)

$$V = \sqrt{\left(\frac{v}{2}\right)^2 + v^2} = v\sqrt{\frac{5}{4}}.$$

Теперь сделаем подстановку в уравнение (3)

$$\alpha = \left(\frac{v^2}{2} + v^2 - \frac{5}{4}v^2\right) / \left(\frac{v^2}{2}\right).$$

После сокращений получаем α = 0,5 или 50 %.

Ответ**:** α = 50%**.**

Решение к задаче 2.

Из уравнения движения системы тел труба – поршень по наклонной плоскости определяем их ускорение $a = g\left(\sin\alpha - k\cos\alpha\right)$ (1)

Запишем уравнение движения поршня вдоль наклонной плоскости (см. рис.):

$$ma = mg\sin\alpha - \left(p_1 - p_2\right)S \quad (2)$$

На основании закона Бойля – Мариотта

$$p_1V_1 = pV \quad (3)$$

$$p_2V_2 = pV \quad (4)$$

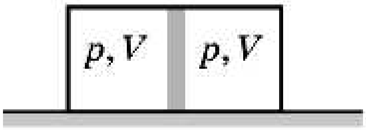


Рис. 1

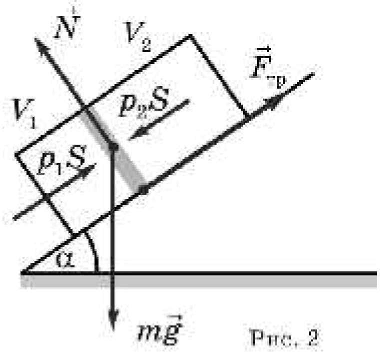


Рис. 2

Из системы уравнений (1) − (4) с учетом того, что $V_1 + V_2 = 2V$ находим искомое отношение объемов V_2 / V_1:

$$V_2 / V_1 = \frac{kmg\cos\alpha}{pS} + \sqrt{\left(\frac{kmg\cos\alpha}{pS}\right)^2 + 1} \approx 1,2$$

Ответ: $V_2 / V_1 \approx 1,2$.

Решение к задаче 3.

1. При подключении положительного вывода батареи к точке *A* потенциал точки *A* оказывается выше, чем потенциал точки *B*, $\varphi_A > \varphi_B$, поэтому ток через диод, включенный параллельно резистору R_2, не течет. Эквивалентная схема цепи в этом случае имеет вид, изображенный на рисунке 1. Суммарное сопротивление последовательно соединенных резисторов $R_0=R_1+R_2$, а потребляемая мощность равна $P_1 = \frac{\varepsilon^2}{R_1 + R_2}$. (1)

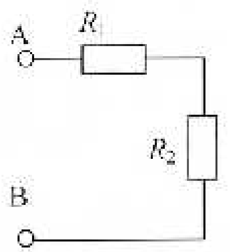


Рис. 1

2. При изменении полярности подключения батареи $\varphi_A < \varphi_B$, открытый диод подключен к резистору R_2 параллельно. Эквивалентная схема цепи в этом случае изображена на рисунке 2. При этом потребляемая мощность увеличивается (знаменатель дроби стал меньше). $P_2 = \frac{\varepsilon^2}{R_1}$.(2)

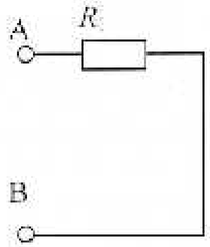


Рис. 2

3.Решая уравнения (1) и (2), подставляя значения из условия задачи, получим: R_1=10 Ом, R_2=20 Ом.

Решение к задаче 4.

а) Скорость рамки v_2 при касании пола находится из закона сохранения энергии

$\frac{mv_1^2}{2} + mg\frac{h}{2} = \frac{mv_2^2}{2}$, где v_1 – скорость рамки при вхождении в магнитное поле. Эта скорость находится из условия того, что $v_1 = \text{const}$.

б) Для рамки второй закон Ньютона $m\vec{g} + \vec{F}_{\text{A}} = 0$ (1)

в) $\begin{cases} F_A = IBl \\ I = \frac{\varepsilon_i}{R} \\ \varepsilon_i = \left| -\frac{\Phi_1}{\Delta t} \right| = lv_1B \end{cases}$, где $l = a$

Решая 1 и 2

$$F_{\text{A}} = \frac{l^2B^2v_1}{R}, \quad mg = \frac{l^2B^2v_1}{R} \Rightarrow v_1 = \frac{mgR}{l^2B^2}$$

$$\frac{m\left[\frac{mgR}{l^2B^2}\right]^2}{2} + mg\frac{h}{2} = \frac{mv_2^2}{2} \quad \Rightarrow v_2 = \sqrt{2lg + \frac{m^2g^2R^2}{l^4B^4}}$$

Решение к задаче 5.

Подвесим оба маятника рядом, чтобы наблюдения за ними можно было вести совместно. Отклонив маятники, одновременно выпустим их из рук. В начальный момент фазы колебаний будут одинаковы, но постепенно маятник с меньшим периодом «обгонит» другой. Однако через некоторое время колебания снова совпадут по фазе. Очевидно, что если к этому моменту времени первый маятник совершит N колебаний, то второй на единицу меньше. Поэтому можно записать $NT_1 = (N-1)T_2$, где T_1 и T_2 – периоды колебаний первого и второго маятников. Из полученного выражения видно, что, зная период одного маятника (дан по условию), а также N (определятся счётом на опыте), можно определить период второго маятника: $T_2 = \frac{N}{N-1}T_1$