

Возможные решения олимпиады по физике “Юные таланты”

10 класс

16 ноября 2019 г.

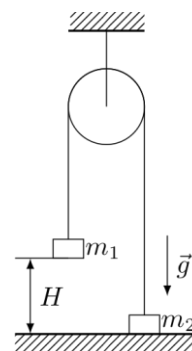
1. Наблюдатель на железнодорожной станции заметил, что время прохождения пассажирского поезда мимо станции $t_1 = 30$ с совпадает с временем прохождения товарного поезда мимо станции. Товарный поезд проходит мимо наблюдателя в движущемся пассажирском поезде за время $t_2 = 20$ с. Во сколько раз товарный поезд длинее пассажирского?

Решение: Пусть длина пассажирского поезда – l_1 , скорость пассажирского поезда – v_1 , длина товарного поезда – l_2 , скорость товарного поезда – v_2 . Тогда время, за которое поезда проходят мимо станции, составит $t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{l_2}{v_2}$. Товарный поезд проходит мимо наблюдателя

в движущемся пассажирском поезде за время $t_2 = \frac{l_2}{v_1 + v_2}$. Откуда находим отношение длин

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{t_2}{t_1 - t_2} = 2.$$

2. Маленькие грузы массами m_1 и m_2 соединены легкой нерастяжимой нитью, которая перекинута через невесомый блок, как показано на рисунке. Первоначально тяжелый груз m_1 находится на высоте H над горизонтальной поверхностью, а легкий груз m_2 покоится на этой поверхности. Грузы отпускают без начальной скорости. В момент падения груза m_1 происходит абсолютно неупругий удар. Определите на какую максимальную высоту h через некоторое время поднимется груз m_1 под действием силы натяжения нити.



Решение: Перед ударом скорость обоих грузов равна v , из закона сохранения энергии

$$m_1 g H = m_2 g H + \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2}, \quad v^2 = 2gH \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}.$$

Затем груз m_2 поднимается выше, останавливается, опускается на высоту H со скоростью v и натягивает нить, происходит абсолютно неупругий удар, в результате грузы движутся со скоростью u

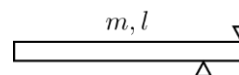
$$m_2 v = (m_1 + m_2) u, \quad u = \frac{m_2 v}{m_1 + m_2}.$$

Из закона сохранения энергии находим высоту подъема груза m_1

$$m_2 g H + \frac{m_1 u^2}{2} + \frac{m_2 u^2}{2} = m_1 g h + m_2 g (H - h), \quad h = \frac{u^2}{2g} \frac{m_1 + m_2}{m_1 - m_2}.$$

Окончательно находим $h = H \frac{m_2^2}{(m_1 + m_2)^2}$.

3. Однородный массивный стержень массой m и длиной l находится в горизонтальном положении благодаря действию двух точечных опор, расположенных на расстоянии $l/6$, как показано на рисунке. Определите силы, действующие на стержень со стороны опор, считая, что одна опора располагается на краю стержня.

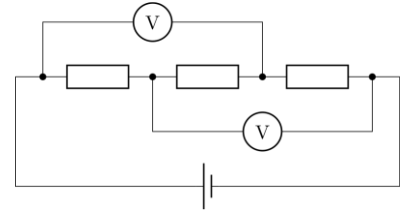


Решение: Пусть силы реакции опор равны N_1 и N_2 , их плечи относительно центра масс стержня $l_1 = l/3$ и $l_2 = l/2$, тогда условия равновесия имеют вид

$$mg + N_2 = N_1, \quad N_1 l_1 = N_2 l_2 .$$

Находим силы реакции $N_1 = \frac{l_2}{l_2 - l_1} mg = 3mg$, $N_2 = \frac{l_1}{l_2 - l_1} mg = 2mg$.

4. Три одинаковых резистора соединены последовательно и подключены к идеальному источнику тока с напряжением $U = 5$ В. Каждый из двух одинаковых неидеальных вольтметров, показывают напряжение $U_1 = 2,5$ В. Что будет показывать один вольтметр, если другой отключить от цепи?



Решение: Поскольку $U = 2U_1$, то напряжение на среднем резисторе равно 0, ток через него не течет. В таком случае цепь симметрична и сопротивления вольтметров равны совпадают с сопротивлениями резисторов и равны R . После удаления одного из вольтметров сопротивление оставшегося вольтметра и двух параллельных резисторов равно $R_1 = 2R/3$, а общее сопротивление цепи $R_2 = 5R/3$. Показание вольтметра совпадает с падением напряжения на нем и равно $U_2 = R_1 U / R_2 = 2$ В.

11 класс

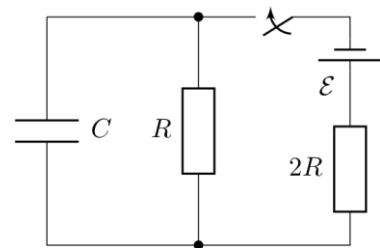
Задачи 1 и 2 у 10 и 11 классов одинаковые.

3. Гелий постоянной массы при объеме $V_0 = 1$ л и давлении $p_0 = 1$ атм с начальной температурой $T_0 = 200$ К расширяется в равновесном процессе так, что отданное газом количество теплоты Q в три раза меньше совершённой газом работы A . Определите максимально возможное значение работы A газа в таком процессе.

Решение: Согласно первому началу термодинамики $Q = A + \Delta U$, где $Q = -A/3$, $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T - T_0)$. Тогда работа составит $A = \frac{9}{8} \nu R (T_0 - T)$ и достигает максимального

значения при $T \rightarrow 0$, которое согласно уравнению состояния равно $A = \frac{9}{8} p_0 V_0 = 113$ Дж.

4. В электрической цепи с идеальным источником тока до замыкания ключа ток отсутствовал, а конденсатор был не заряжен. Ключ на некоторое время замыкают, а потом размыкают. За то время, пока ключ был замкнут, через резистор R протёк заряд $q_0/2$, после размыкания ключа через тот же резистор протёк заряд q_0 . Определите количество теплоты, которое выделилось в цепи при замкнутом ключе.



Решение: После замыкания ключа через источник протечет заряд q , который накапливается на конденсаторе и протекает через резистор R . Из условия задачи следует, что заряд конденсатора до размыкания ключа равен $q_0/2$, тогда $q = q_0/2 + q_0 = 3q_0/2$. Работа источника тока $A = 3q_0 E / 2$ преобразуется в тепло Q и запасается в конденсаторе, энергия которого $W = CE^2 / 2$, тогда $Q = 3q_0 E / 2 - CE^2 / 2$.