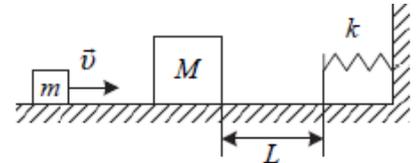


11 Класс.

Задача № 1.

Небольшой брусок массой $m = 100$ г, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, абсолютно не упруго сталкивается с неподвижным телом массой $M = 2m$. При дальнейшем поступательном движении тела налетают на недеформированную пружину, одним концом прикреплённую к стене (см. рисунок). Через какое время t после абсолютно неупругого удара бруски вернутся в точку столкновения? Скорость движения бруска до столкновения $v = 2$ м/с, жёсткость пружины $k = 30$ Н/м, а расстояние от точки столкновения до пружины $L = 10$ см.



Возможное решение

1. В процессе абсолютно неупругого столкновения сохраняется суммарный импульс системы тел:
 $mv = (m + M)v_1$, где v_1 – скорость тел после столкновения.
2. Так как поверхность гладкая, то трения нет, и движение тел от момента удара до момента касания свободного конца пружины будет равномерным: $L = v_1 t_1$, где t_1 – время движения на этом участке.
3. После касания пружины и до отрыва от неё тела будут двигаться, совершая гармоническое колебание. До отрыва пройдёт время $t_2 = \frac{1}{2}T$, где T – период колебаний груза на пружине:
 $T = 2\pi \sqrt{\frac{m + M}{k}}$.
4. Отрыв тел от пружины произойдёт в точке касания пружины. По закону сохранения механической энергии при гармонических колебаниях, скорость тел в точке отрыва равна v_1 . Дальнейшее движение тел будет равномерным. Поэтому полное время движения тел до точки столкновения

$$t = 2t_1 + t_2 = \frac{2L}{v_1} + \frac{T}{2} = \frac{2L(m + M)}{mv} + \pi \sqrt{\frac{m + M}{k}}.$$

5. Учитывая, что $M = 2m$, получим

$$t = \frac{6L}{v} + \pi \sqrt{\frac{3m}{k}} = \frac{6 \cdot 0,1}{2} + 3,14 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 0,1}{30}} = 0,614 \text{ с.}$$

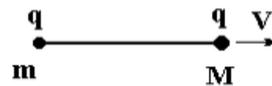
Критерии оценивания

- За 1-й пункт – 2 балла
- За 2-й пункт – 2 балла
- За 3-й пункт – 2 балла
- За 4-й пункт – 2 балла
- За 5-й пункт – 2 балла

Если задача не решена, но есть мысли, направленные на решение, то можно поставить «утешительные» до 2 баллов.

Задача № 2. Связанные заряды

Шарики массы $m = 1$ г и $M = 5$ г связанные нерастяжимой нитью имеют заряды q по 2 мкКл каждый. Шарики летят вдоль направления нити с равными скоростями $V = 8$ км/с. Нить пережигают. Какова была длина нити, если после разрыва нити шарик массой m остановился?



Возможное решение

1. Пусть конечная скорость заряда массой M равна U . Т.к. движение системы происходит вдоль одного направления, то из закона сохранения импульса следует: $V(M + m) = MU$ (1)
2. Начальная энергия системы это кинетическая энергия двух шариков и потенциальная энергия их кулоновского взаимодействия, конечная энергия, после разлёта шариков равна кинетической энергии шарика массой M , а потенциальная энергия кулоновского взаимодействия равна нулю.

Т.е. закон сохранения энергии будет:
$$\frac{MV^2}{2} + \frac{mV^2}{2} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L} = \frac{MU^2}{2} \quad (2)$$

3. Далее несложно получить, что $L = \frac{q^2 M}{4\pi\epsilon_0 m(m+M)V^2} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 9 \cdot 10^9}{6 \cdot 10^{-6} \cdot 64 \cdot 10^6} \approx 0,47$ м

Критерии оценивания

За 1-й пункт – 3 балла

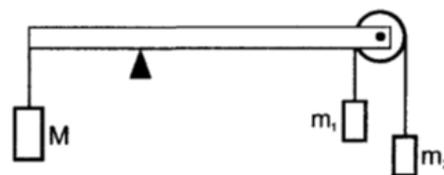
За 2-й пункт – 4 балла

За 3-й пункт – 3 балла

Если задача не решена, но есть мысли, направленные на решение, то можно поставить «утешительные» до 2 баллов.

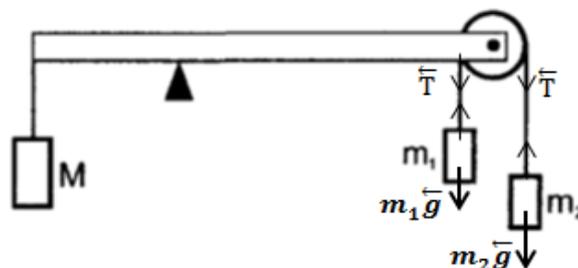
Задача № 3 Блок на коромысле

Система тел состоит из невесомого стержня длины $l = 70$ см, положенного на неподвижную призму, расположенную посередине стержня, и находящегося в равновесии, невесомого блока с двумя грузами массой m_1 и m_2 , а так же груза массой $M = 3$ кг, прикреплённых к концам стержня (см. рис). При движении грузов m_1 и m_2 равновесие стержня сохраняется, если точка опоры стержня сдвинута на расстояние $\Delta l = 10$ см левее относительно середины стержня. Определить массы грузов m_1 и m_2 . Трением везде пренебречь.



Возможное решение

1. Т.к. сначала система находилась в равновесии, то $m_1 + m_2 = M$.
2. При движении грузов условие равновесия системы: $Mg \cdot \left(\frac{l}{2} - \Delta l\right) = \left(\frac{l}{2} + \Delta l\right) \cdot 2T$, где T сила натяжения нитей (см. рис.)
3. Пусть груз m_2 движется ускоренно вниз, тогда по 2-му закону Ньютона $m_2 a = m_2 g - T$ и соответственно $m_1 a = T - m_1 g$
4. Из последних двух уравнений легко находим, что $T = \frac{2 \cdot m_1 \cdot m_2}{M}$; подставив это выражение T в (2), а так же заменив $m_2 = M - m_1$ получим квадратное уравнение



$$4m_1^2 - 4Mm_1 + \frac{l - 2\Delta l}{l + 2\Delta l} \cdot M^2 = 0$$

Корни этого уравнения: $m_{1,2} = \frac{M}{2} \cdot \left(1 \pm \sqrt{\frac{4 \cdot \Delta l}{l + \Delta l}} \right)$. откуда $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг

Критерии оценивания

За 1-й пункт – 2 балла

За 2-й пункт – 3 балла

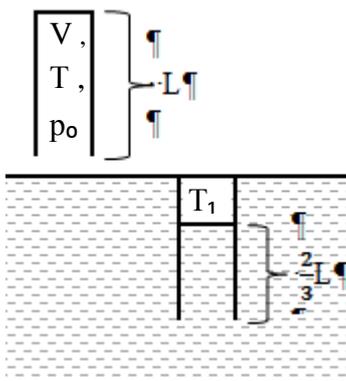
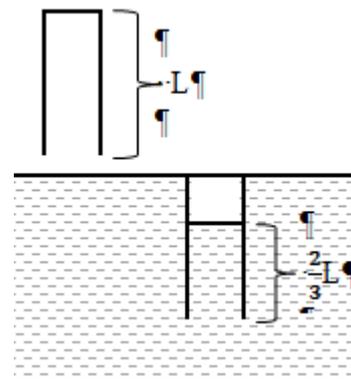
За 3-й пункт – 2 балла

За 4-й пункт – 3 балла

Если задача не решена, но есть мысли, направленные на решение, то можно поставить «утешительные» до 2 баллов.

Задача № 4

Запаянная с одного конца цилиндрическая трубка длиной L погружалась в воду до тех пор, пока запаянный конец её оказался на одном уровне с поверхностью воды. Когда температуры воздуха и воды уравнились, оказалась, что вода в трубке поднялась на высоту $\frac{2}{3}L$. Определите начальную температуру воздуха в трубке, если температура воды T_1 , атмосферное давление p_0 .



Возможное решение

1. Изменение состояния воздуха в трубке подчиняется закону Клапейрона при неизменном количестве молей

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_1V_1}{T_1}$$

2. До погружения трубки: давление $p = p_0$, Объем воздуха V . Температура T .

3. В погруженной трубке: давление воздуха $p_1 = p_0 + \frac{1}{3}L\rho g$. Объем воздуха $V_1 = \frac{1}{3}LS$, и температура T_1

4. Тогда закон Клапейрона

$$\frac{p_0 LS}{T} = \frac{\left(p_0 + \frac{1}{3} \rho g L \right) \frac{1}{3} LS}{T_1}$$

5. Откуда следует:

$$T = T_1 \frac{3p_0}{p_0 + \frac{1}{3} \rho g L}$$

Критерии оценивания

За 1-й пункт – 2 балла

За 2-й пункт – 2 балла

За 3-й пункт – 3 балла

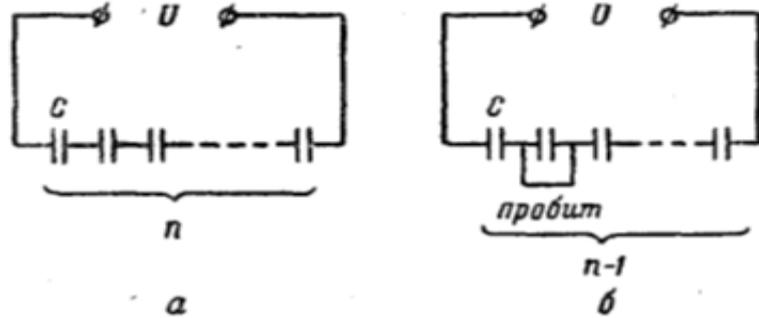
За 4-й пункт – 2 балла

За 5-й пункт – 1 балл

Если задача не решена, но есть мысли, направленные на решение, то можно поставить «утешительные» до 2 баллов.

Задача № 5

Батарея из n последовательно соединённых конденсаторов, ёмкостью C каждый, подключены к постоянному напряжению U (см. рис.). Один из конденсаторов пробивается. Определить: 1) изменение энергии батареи; 2) работу источника тока.



Возможное решение

1. До пробоя ёмкость батареи (рис. а) $C_n = C/n$,
2. Энергия батареи при этом $W_1 = \frac{1}{2} C_n U^2 = \frac{CU^2}{2n}$.
3. После пробоя (рис. б) ёмкость батареи: $C_{n-1} = \frac{C}{n-1}$
4. Энергия батареи при этом $W_2 = \frac{C_{n-1} U^2}{2} = \frac{CU^2}{2(n-1)}$.
5. Изменение энергии $\Delta W = W_2 - W_1 = \frac{CU^2}{2n(n-1)} > 0$
6. Энергия системы увеличилась за счет работы источника тока. Т.к. $U = \text{const}$, то $A_{\text{ист}} = U \cdot \Delta q$
7. Δq – изменение заряда на обкладках конденсаторов в результате пробоя одного из них

$$\Delta q = q_2 - q_1 = C_{n-1}U - C_n U = \frac{CU}{n(n-1)}$$
8. Тогда работа источника: $A_{\text{ист}} = \frac{CU^2}{n(n-1)}$.

Критерии оценивания

- За 1-й пункт – 1 балл
- За 2-й пункт – 1 балл
- За 3-й пункт – 1 балл
- За 4-й пункт – 2 балла
- За 5-й пункт – 2 балла
- За 6-й пункт – 2 балла
- За 7-й пункт – 1 балл
- За 8-й пункт – 1 балл

Если задача не решена, но есть мысли, направленные на решение, то можно поставить «утешительные» до 2 баллов.