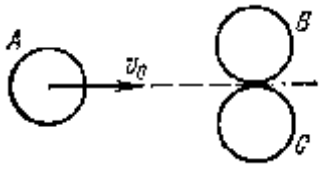
Физика
10 класс
Решения. Критерии проверки

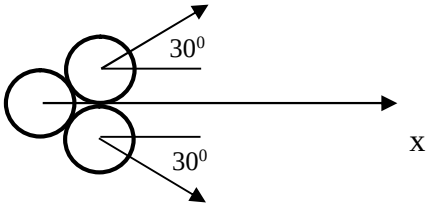
Общее время выполнения работы – 3 часа 30 минут.

Задание 1

Идеально гладкий шар А, движущийся со скоростью V_0 одновременно сталкивается с двумя такими же соприкасающимися между собой шарами В и С (рис.). Удар является абсолютно упругим. Определить скорости шаров после столкновения.



При соприкосновении шаров, линии, соединяющие центры, образуют равнобедренный треугольник с углом при вершине 60^0. Запишем закон сохранения импульса (для проекции на ось х) и закон сохранения энергии:



так как $|\vec{u}_1| = |\vec{u}_2| = u$, то получим

$$mv_0 + mv_1 = 2mu\cos 30^0 \qquad (1)$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} = 2\frac{mu^2}{2} \qquad (2)$$

Из (1) имеем

$$v_0 + v_1 = \sqrt{3}\,u, \qquad (3)$$

а из (2)

$$v_0^2 = v_1^2 + 2u^2 \qquad (4)$$

Выразим из (3) v_1

$$v_1 = \sqrt{3}\,u - v_0$$

Подставим в (4)

$$v_0^2 = \left(\sqrt{3}\,u - v_0\right)^2 + 2u^2$$

Тогда для величины скорости u шаров В и С получим

$$u = \frac{2\sqrt{3}}{5}v_0$$

Скорость первого шара после удара будет равна

$$v_1 = \sqrt{3}\left(\frac{2\sqrt{3}}{5}v_0\right) - v_0 = \frac{1}{5}\,v_0$$

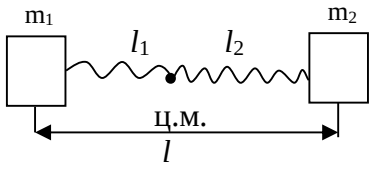
Максимальный балл – 100. Проведен анализ. Получено правильное решение.
80 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.
40 баллов. Верно написаны законы сохранения энергии и импульса.
До 20 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 2

Два грузика массами m_1 и m_2 связаны пружиной. Коэффициент жесткости пружины k. Каков период T свободных колебаний такой системы, если при колебаниях грузики движутся вдоль одной прямой? Размеры грузов малы по сравнению с длиной пружины.

Решение

При колебаниях грузиков неподвижным будет оставаться центр масс, т.к. в замкнутой системе центр масс неподвижен, если система не совершает поступательного движения.



Пусть l – длина пружины. Размерами грузиков пренебрегаем.
Груз 1 будет колебаться на пружине длиной l_1
Груз 2 будет колебаться на пружине длиной l_2
$l_1 = m_2\, l /(m_1 + m_2)$
$l_2 = m_1\, l /(m_1 + m_2)$

Если дана жесткость пружины k длиной l, то можем найти жесткости пружин длиной l_1 и l_2. Удлинение Δx при фиксированном значении силы $F \sim l$. $F = k\,\Delta x$

$$\Delta x = F/k \qquad \Delta x_1 = F/k_1$$

$$\Delta x_1 / \Delta x = l_1/ l = k / k_1 \qquad \Delta x_2 / \Delta x = l_2/ l = k / k_2$$

$$k_1 = k\, l/ l_1 \quad k_2 = k\, l/ l_2 \quad k_1 = k\,(m_1 + m_2) / m_2 \quad k_2 = k\,(m_1 + m_2) / m_1$$

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{k_1}} = 2® \sqrt{\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}} \qquad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{k_2}} = 2® \sqrt{\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}} \qquad T_1 = T_2 = T$$

Что и должно было получиться, т.к. для неподвижного центра масс грузы должны колебаться в противофазе с одинаковой частотой.

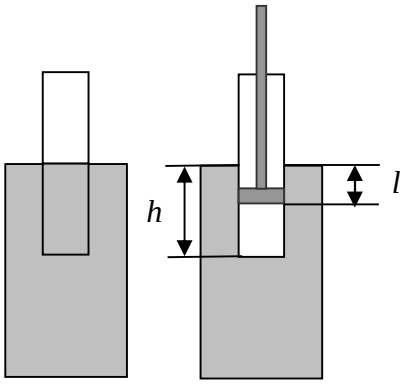
Максимальный балл – 100. Получено решение с правильным ответом.
80 баллов. Идея решения верна. Ответ получен неверно из-за ошибок в выкладках.
40 баллов. Правильно введены понятия нормального и тангенциального ускорений, использован закон сохранения энергии.
30 баллов. Правильно введены понятия нормального и тангенциального ускорений.
До 20 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 3

Открытую с обоих концов трубку длины L = 2 м погружают в вертикальном положении на половину ее длины в сосуд с ртутью. В трубку вдвигают поршень. На каком расстоянии l от поверхности ртути в сосуде должен находиться поршень, чтобы из трубки вышло половина воздуха? Плотность ртути ° = $13{,}6 \cdot 10^3$ кг/м^3. Атмосферное давление p_0 = 0,1 МПа

Решение

Найдем, сначала, на какую глубину l_0 надо опустить поршень, чтобы вытеснить всю ртуть из трубки



$p_0 V_0 = p_1 V_1$ $\quad p_0 S L/2 = p_1(h - l_0)S$

$p_1 = p_0 + \rho g h$ $\quad p_0 L/2 = (p_0 + \rho g h)(h - l_0)$

$h - l_0 = p_0 L/ [2(p_0 + \rho g h)]$

$l_0 = h - p_0 L/ [2(p_0 + \rho g h)] = 0{,}57$ м

Далее при движении поршня давление меняться не будет. Из трубки будет выходить воздух. Воспользуемся уравнением Клайперона – Менделеева.

$p_1 V_1 = m_1 RT / \mu$ $\quad p_1 V_2 = m_2 RT / \mu$

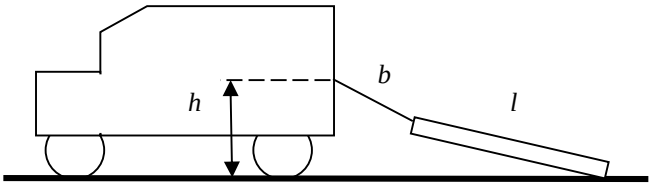
$m_2 = m_1 /2$ $\quad V_2 = V_1 /2$

$(h - l) S = (h - l_0) S /2$ $\quad l = (h + l_0) /2 = 0{,}785$ м

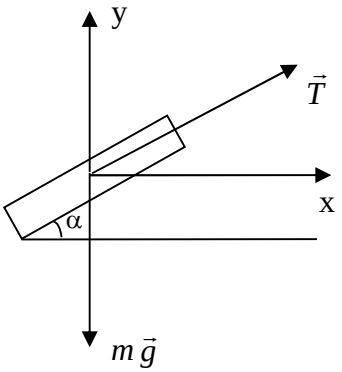
Максимальный балл – 80. Проведен анализ, получено решение с правильным ответом.
60 баллов. Идея решения верна. Ответ получен неверно из-за ошибок в выкладках.
40 баллов. Правильно записано исходное уравнение для сил, также прозвучала идея изобарности процесса.
30 баллов. Правильно записано исходное уравнение для сил.
До 20 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 4

С каким ускорением *a* должен ехать грузовик, чтобы бревно длины *l* и канат длины *b*, которым оно привязано к грузовику, составляли прямую линию (см. рис.)? Канат привязан к грузовику на высоте *h* от поверхности земли. Коэффициент трения равен k.



Решение



Чтобы бревно и канат располагались вдоль одной линии, бревно не должно касаться земли. В противном случае $F_{тр}$ будет создавать момент, который будет поворачивать бревно по часовой стрелке и прямой линии не будет.

Рассмотрим силы, действующие на бревно.

Ox: $T \cos \alpha = ma_0$

Oy: $T \sin \alpha = mg$ $\quad \operatorname{tg} \alpha = g/a_0$

$$a_0 = g/\operatorname{tg} \alpha = g \cos \alpha / \sin \alpha = \frac{g\sqrt{1 - \left(\frac{h}{l+b}\right)^2}}{\frac{h}{l+b}} =$$

$$= \frac{g\sqrt{(l+b)^2 - h^2}}{h}$$

При a > a_0 бревно не будет касаться земли a > $\frac{g\sqrt{(l+b)^2-h^2}}{h}$

Максимальный балл – 60. Проведен анализ, получено решение с правильным ответом.
50 баллов. Идея решения верна. Ответ получен неверно из-за ошибок в выкладках.
До 30 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 5

Можно ли две лампочки накаливания мощностями P_1 = 40 Вт и P_2 = 60 Вт, каждая рассчитана на напряжение U_0 = 110 В, подключить к сети с напряжением U = 220 В, соединив их последовательно? Ответ обоснуйте.

Решение

Мощность первой лампочки

$$P_1 = U_0 I_1$$

сила тока в ней

$$I_1 = \frac{P_1}{U_0} = 0{,}364 \text{ А}$$

Для второй лампочки

$$I_2 = \frac{P_2}{U_0} = 0{,}545 \text{ А}$$

Если лампочки соединить последовательно, то их общее сопротивление

$$R = R_1 + R_2$$

где R_1, R_2 - сопротивления лампочек мощностью P_1 и P_2 соответственно.

Сопротивления лампочек можно найти, из выражения для мощности:

$$R_1 = \frac{U_0^2}{P_1} \qquad R_2 = \frac{U_0^2}{P_2}$$

Находим общее сопротивление

$$R = \frac{U_0^2}{P_1} + \frac{U_0^2}{P_2}$$

При подключении лампочек к сети с напряжением U = 220 В сила тока

$$I = \frac{U}{R} = \frac{P_1 P_2 U}{U_0^2 (P_1 + P_2)} = 0{,}44 \text{ А}$$

Так как $I > I_1$, то лампочка мощностью P_1 ***перегорит.***

Ответ: ***нельзя***

Максимальный балл – 60. Проведен анализ, получено решение с правильным ответом.
50 баллов. Идея решения верна. Ответ получен неверно из-за ошибок в выкладках.
20 баллов. Правильно записаны исходные выражения для токов и сопротивлений.
До 15 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы