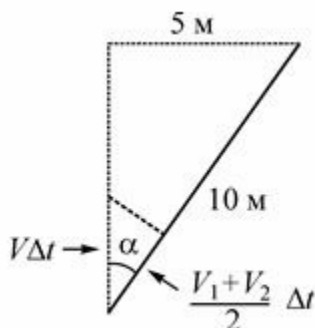


Решение акмуллинской олимпиады по физике 2017-2018 уч. год

2 тур.

Задача 1.



В исходном положении длина участка веревки, расположенного между неподвижным и подвижным блоком, равна

$\sqrt{12^2 + 5^2} = 13$ м. За 12 секунд Вася выберет $0,3 \times 12 = 3,6$ м веревки, а Петя выберет $0,2 \times 12 = 2,4$ м веревки. Следовательно, суммарная длина участка веревки между неподвижными блоками сократится на 6 м и станет равной 20 м, а расстояние между неподвижным и подвижным блоком станет равным 10 м. Обозначим скорости, с которыми Вася и Петя выбирают веревку, через V_1 и V_2 . За малый промежуток времени Δt ведро, двигаясь со скоростью V , сместится вертикально вверх на расстояние

$V \Delta t$. При этом длина участка веревки между неподвижным и подвижным блоком уменьшится на

$$\frac{V_1 + V_2}{2} \Delta t.$$

Из рисунка видно, что

$V \Delta t \cos \alpha = \frac{V_1 + V_2}{2} \Delta t$ Отсюда, учитывая, что $\alpha = 30^\circ$ и , получаем:

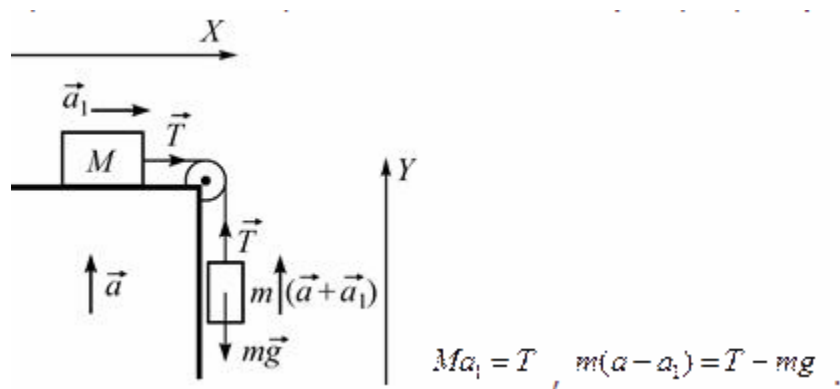
$$V = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos 30^\circ} = \frac{V_1 + V_2}{\sqrt{3}} \approx 0,29$$

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos 30^\circ} = \frac{0,5}{\sqrt{3}} \approx 0,29 \text{ м/с}$$

Ответ: 0,29 м/с.

Задача 2.

Обозначим ускорение груза m относительно лифта через a_1 . Так как ускорение этого груза относительно лифта a_1 направлено вниз и равно по модулю его ускорению A относительно земли, то ускорение A направлено вверх. Запишем второй закон Ньютона для грузов M и m в проекциях на координатные оси X и Y (см. рисунок) в системе отсчета, связанной с землей:



Здесь T – сила натяжения нити,

$A = a - a_1$ – ускорение груза m относительно земли. Решая полученную систему уравнений, находим:

$$a_1 = \frac{m(g + a)}{m + M}$$

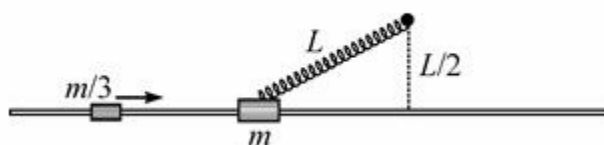
Согласно условию задачи,

$$A = a_1 = a - a_1 \quad \text{Отсюда}$$

$$a_1 = \frac{a}{2} = \frac{m(g+a)}{m+M} = \frac{g+a}{1+(M/m)} \quad \text{и} \quad \frac{M}{m} = 2\frac{g}{a} + 1 = 21$$

Ответ: 21.

Задача 3.



Так как соударение между муфтами абсолютно упругое, можно применить для него законы сохранения импульса (в проекции на направление спицы) и механической энергии:

$$\frac{m}{3}V = \frac{m}{3}V' + mV_0, \quad \frac{m}{3}\frac{V^2}{2} = \frac{m}{3}\frac{V'^2}{2} + \frac{mV_0^2}{2}$$

Здесь V и V_0 – скорости налетающей муфты до соударения и после соударения, соответственно, V' – скорость муфты m после соударения. Решим эту систему уравнений:

$$\begin{cases} V = V' + 3V_0 \\ V^2 = V'^2 + 3V_0^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V - V' = 3V_0 \\ (V - V')(V + V') = 3V_0^2 \end{cases} \Rightarrow V + V' = V_0 \quad \text{Отсюда}$$

$$V' = -V_0, \quad \text{и} \quad V_0 = V/2$$

Для того чтобы после соударения муфта m совершала колебания со средним положением, соответствующим минимально возможному расстоянию от неё до шарнира, необходимо, чтобы начальная

кинетическая энергия муфты оказалось достаточной для того, чтобы пружина сжалась от начальной длины L до минимальной длины $L/2$. Если начальная кинетическая энергия муфты m окажется большей, то муфта пройдет положение равновесия под шарниром, и возникнут колебания с нужным средним положением. Поэтому из закона сохранения механической энергии следует неравенство:

$$\frac{mV_0^2}{2} > \frac{k(L/2)^2}{2}$$

Отсюда, подставляя выражением для V_0 , имеем:

$$V > L\sqrt{k/m}.$$

Ответ: Скорость второй муфты должна удовлетворять условию

$$V > L\sqrt{k/m}.$$

Задача 4.

Площадь поверхности вынутой из холодильника пластины равна $S_0 = 240 \text{ см}^2$. Общая площадь поверхности полученных кубиков льда равна $S_1 = 600 \text{ см}^2$. Следовательно, при раскалывании льда энергия молекул увеличивается на

$DE = \sigma(S_1 - S_0) \approx 2,7 \text{ мДж}$. Это и есть минимальная работа, которую необходимо совершить для раскалывания ледяной пластины. Следовательно, КПД Васи при раскалывании пластины равен примерно $(2,7 \text{ мДж})/(27 \text{ Дж}) \gg 10^{-4} = 0,01\%$.

Ответ: $A_{\min} \gg 2,7 \text{ мДж}$; КПД примерно равен $0,01\%$.

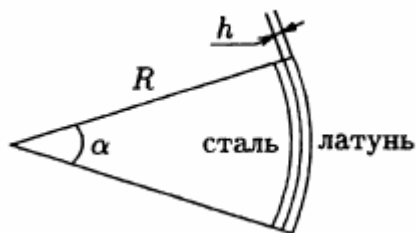
Задача 5.

Номинальная сила тока лампочки равна $(0,5 \text{ Вт})/(2 \text{ В}) = 0,25 \text{ А}$, номинальная сила тока паяльника $(40 \text{ Вт}/40 \text{ В}) = 1 \text{ А}$. Для того,

чтобы паяльник работал в номинальном режиме, необходимо чтобы на нем падало напряжение 40 В, а остальные $220 \text{ В} - 40 \text{ В} = 180 \text{ В}$ падали на лампочках. Так как номинальная сила тока лампочки в 4 раза меньше номинальной силы тока паяльника, то последовательно с паяльником нужно подключить 4 одинаковых параллельно соединенных цепочки лампочек. В каждой из этих цепочек должно быть $(180 \text{ В}) / (2 \text{ В}) = 90$ последовательно соединенных лампочек.

Ответ: Надо последовательно с паяльником включить параллельно 4 гирлянды по 90 последовательно соединенных лампочек в каждой.

Задача 6.



При нагревании пластинка изогнется и образует дугу радиуса R (см. рис.). Длины пластинок при температуре t задаются формулами

$$l_{\text{лат}} = l_0(1 + \alpha_{\text{лат}} t),$$

$$l_{\text{сталь}} = l_0(1 + \alpha_{\text{сталь}} t),$$

где $\alpha_{\text{лат}}$ и $\alpha_{\text{сталь}}$ — коэффициенты линейного расширения латуни и стали. Пусть α — угловая величина дуги, образованной изогнутой пластинкой. Тогда для длины внутренней и внешней пластинки мы можем написать:

$$l_{\text{сталь}} = \alpha R, l_{\text{лат}} = \alpha(R + h).$$

Составляя пропорцию, получим:

$$\frac{R+h}{R} = \frac{1+\alpha_{\text{лат}}t}{1+\alpha_{\text{сталь}}t}, \text{ выразим величину } R:$$

$$R = h \frac{1+\alpha_{\text{сталь}}t}{(\alpha_{\text{лат}}-\alpha_{\text{сталь}})t}.$$

Поскольку величина добавки $\alpha_{\text{сталь}}t$ мала по сравнению с единицей вследствие малости коэффициента линейного расширения, окончательный ответ можно упростить и сделать симметричным относительно $\alpha_{\text{лат}}$ и $\alpha_{\text{сталь}}$.

$$R = \frac{h}{(\alpha_{\text{лат}}-\alpha_{\text{сталь}})t} = 0,33\text{м.}$$

Ответ: 0,33 м.

