МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ МНОГОПРОФИЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ «МЕНДЕЛЕЕВ»
2015-2016

Предмет «Физика»
Олимпиадные задания 2 тура
9 класс

1. Определите время, за которое пройдет мимо неподвижного наблюдателя поезд, состоящий из десяти вагонов, если третий вагон прошел мимо наблюдателя за $\tau = 4$ с. Движение равноускоренное. Начальная скорость равна нулю.

Решение:

Для двух вагонов: $2l = \frac{at_2^2}{2}$, отсюда $t_2 = \sqrt{\frac{4l}{a}}$.

Для трех вагонов: $2l = \frac{at_3^2}{2}$, отсюда $t_3 = \sqrt{\frac{6l}{a}}$.

Время прохождения третьего вагона: $\tau = \sqrt{\frac{6l}{a}} - \sqrt{\frac{4l}{a}} = \left(\sqrt{6} - 2\right)\sqrt{\frac{a}{l}}$. Следовательно, $\sqrt{\frac{a}{l}} = \frac{\tau}{\sqrt{6}-2}$. Время прохождения десяти вагонов найдем из уравнения: $10l = \frac{at^2}{2}$. Отсюда находим $t = \sqrt{20} \cdot \sqrt{\frac{a}{l}} = \frac{2\sqrt{5}}{\sqrt{6}-2}\tau \approx 45(c)$.

2. Прямоугольная деталь падает вертикально с высоты h*=45 см* на горизонтальную ленту транспортера, которая движется равномерно, со скоростью *u=1 м/с*. Деталь после удара не подскакивает. Определите, при каком коэффициенте трения брусок не будет проскальзывать по ленте транспортера.

Решение:

При ударе на деталь действует сила реакции опоры $\vec{N}$ и сила трения $\overrightarrow{F_{\text{тр}}}$, по сравнению с которыми силой тяжести можно пренебречь. Используя второй закон Ньютона в импульсной форме, запишем условие отсутствия проскальзывания бруска:

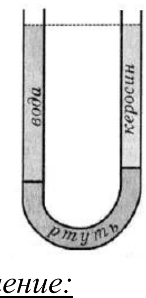
$m\vec{u} - m\vec{v} = \left(\vec{N} + \overrightarrow{F_{\text{тр}}}\right)\Delta t$, где $v = \sqrt{2gh}$ – скорость, которую будет иметь брусок в момент удара о ленту транспортера.

Проецируя на горизонтальное и вертикальное направления получаем:

$mu = F_{\text{тр}}\Delta t,\ mv = N\Delta t$. Максимальная сила трения покоя: $F_{\text{тр}} = \mu N$. Отсюда находим

$\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{N} = \frac{u}{v}$. Таким образом, $\mu \geq \frac{u}{v} = \frac{1}{3}$.

3. В U – образной трубке находятся ртуть, вода и керосин (см. рисунок). Определите высоту столбов воды и керосина, если в правом колене трубки уровень ртути на h =1*см* выше, чем в левом. Плотность ртути $13{,}6\ \text{г/см}^3$, плотность воды $1{,}0\ \text{г/см}^3$, плотность керосина $0{,}8\ \text{г/см}^3$.



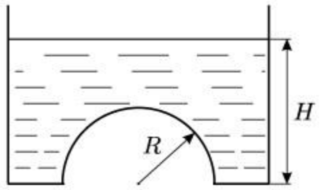
Решение:

Из геометрических соображений: $h_B = h_k + h$.

Условие механического равновесия жидкостей: $\rho_B g h_B = \rho_k g h_k + \rho_{\text{рт}} g h$.

Из полученной системы уравнений следует: $\rho_B(h_k + h) = \rho_k h_k + \rho_{\text{рт}} h$. Отсюда находим высоту столба керосина $h_k = \frac{\rho_{\text{рт}} - \rho_B}{\rho_B - \rho_k} h = 63(\text{см})$. Тогда высота столба воды : $h_B = 64$ (см).

4. Отверстие в горизонтальном дне сосуда закрыто легким полусферическим колпачком радиусом R (см. рисунок). Сосуд наполнен жидкостью плотностью ρ. Дно находится на глубине H. Определите силу, с которой колпачок давит на дно сосуда.



Решение:

Т.к. колпачок легкий, то искомая сила равна весу жидкости, находящейся непосредственно над колпачком.

$F = mg = (\rho V)g = \rho g\left(\pi R^2 H - \frac{1}{2}\cdot V_{\text{шара}}\right) = \rho g\left(\pi R^2 H - \frac{2}{3}\pi R^3\right) = \rho g \pi R^2\left(H - \frac{2}{3}R\right).$

5. Теплоизолированный сосуд до краев наполнен водой при температуре $t_0 = 20^0 C$. В него опустили алюминиевую деталь, нагретую до температуры $t = 100^0 C$. После установления теплового равновесия температура воды в сосуде стала равной $t_1 = 30{,}3^0 C$. Затем этот же эксперимент провели с двумя такими же деталями. В этом случае после установления в сосуде теплового равновесия температура воды стала $t_2 = 42{,}6^0 C$. Используя приведенные данные, определите удельную теплоемкость алюминия. Плотность воды $\rho_0 = 10^3\ кг/м^3$, ее удельная теплоемкость $C_0 = 4{,}2\cdot 10^3\ Дж/(кг\cdot К)$. Плотность алюминия $\rho = 2{,}7\cdot 10^3\ кг/м^3$.

Решение:

Обозначим m – массу воды в сосуде, V – объем сосуда. При помещении детали в сосуд часть воды выливается. Остается:

$m_1 = \rho_0\left(V - \frac{m}{\rho}\right),\ m_2 = \rho_0\left(V - \frac{2m}{\rho}\right).$

Закон сохранения энергии для обоих случаев:

$C_m m(t - t_1) = C_0\rho_0\left(V - \frac{m}{\rho}\right)(t_1 - t_0),\ C_m 2m(t - t_2) = C_0\rho_0\left(V - \frac{2m}{\rho}\right)(t_2 - t_0)$.

Преобразуем эти уравнения.

$\frac{C_m m(t-t_1)}{t_1-t_0} = C_0\rho_0 V - C_0\rho_0\frac{m}{\rho}$ (1)

$\frac{2C_m m(t-t_2)}{t_2-t_0} = C_0\rho_0 V - C_0\rho_0\frac{2m}{\rho}$ (2)

Вычтем из (2) уравнение (1), получим: $C_m\left[\frac{2m(t-t_2)}{t_2-t_0} - \frac{m(t-t_1)}{t_1-t_0}\right] = -C_0\rho_0\frac{m}{\rho}.$

Отсюда выражаем искомую величину:

$$C_m = \frac{C_0\frac{\rho_0}{\rho}}{\frac{t-t_1}{t_1-t_0} - \frac{2(t-t_2)}{t_2-t_0}} \approx 10^3\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}\right).$$