

• Олимпиада Физика 9

1. 2003. Если через сопротивление $R_1 = 20$ Ом пропустить некоторый ток, на нем будет выделяться некоторая мощность $P_1 = 4000$ Вт. Какая мощность будет выделяться, если этот же ток пропустить через сопротивление $R_2 = 10$ Ом?



$$P_1 = I_1^2 \cdot R_1 \rightarrow I_1^2 = \frac{P_1}{R_1}$$

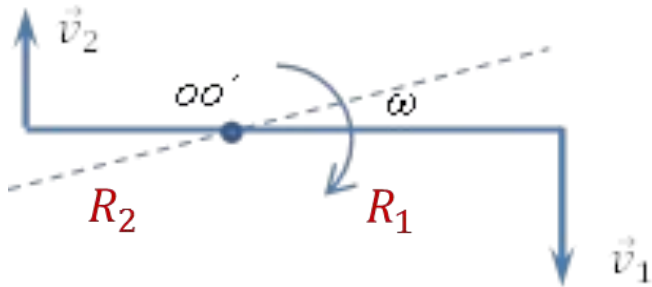
$$P_2 = I_1^2 \cdot R_2 \rightarrow P_2 = \frac{P_1}{R_1} \cdot R_2$$

$$P_2 = \frac{4000}{20} \cdot 10 = 2000 \text{Вт}$$

Ответ: $P_2 = 2000$ Вт

• Олимпиада Физика 9

2. 2003. Стержень вращается вокруг оси, проходящей перпендикулярно стержню через некоторую его точку. Скорости концов стержня при этом равны $v_1 = 1\text{ м/с}$ и $v_2 = 0,5\text{ м/с}$. Угловая скорость стержня равна $\omega = 1\text{ с}^{-1}$. Найти длину стержня.



Вид сверху oo' - ось вращения

$$v_1 = \omega \cdot R_1; \quad v_2 = \omega \cdot R_2$$

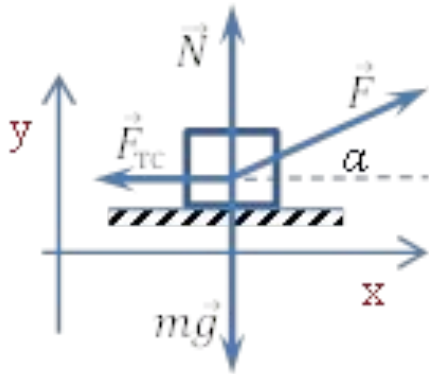
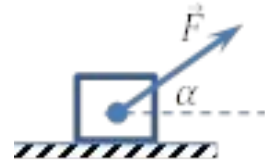
$$R_1 = \frac{v_1}{\omega}; \quad R_2 = \frac{v_2}{\omega}$$

$$l = R_1 + R_2 = \frac{v_1 + v_2}{\omega}$$

$$l = \frac{1 + 0,5}{1} = 1,5\text{ м} \quad \text{Ответ: } l = 1,5\text{ м}$$

• Олимпиада Физика 9

3. 2003. На тело массой $m = 1\text{ кг}$, находящееся на горизонтальной поверхности, действует внешняя сила $F = 5\text{ Н}$, направленная под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Коэффициент трения между телом и поверхностью равен $\mu = 0,7$. Найти ускорение тела и силу трения, действующую на тело. Принять $g = 10\text{ м/с}^2$, $\sin 30^\circ = 0,5$, $\cos 30^\circ = 0,87$.



$$F \sin \alpha = 5 \cdot 0,5 = 2,5\text{ Н} \quad (1) \qquad mg = 10\text{ Н} \quad (2)$$

$\rightarrow mg > F \sin \alpha$ отрыва от плоскости не будет

Предположим, что тело

скользит:

$$0x | ma = F \cos \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$0y | 0 = N + F \sin \alpha - mg \rightarrow N = mg - F \sin \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu(mg - F \sin \alpha) \rightarrow$$

$$ma = F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = 5 \cdot 0,87 - 0,7(10 - 5 \cdot 0,5) = 4,35 - 5,25 = -0,9$$

Предположение о том, что тело скользит неверно, т.к. ускорение получается < 0

Следовательно тело покоится, $a = 0$, сила трения – сила трения

покоя

$$F_{\text{тр}} = F \cos \alpha = 5 \cdot 0,87 = 4,35\text{ Н} \quad \text{Ответ: Сила трения покоя } F_{\text{тр}} = 4,35\text{ Н}$$

• Олимпиада Физика 9

4. 2003. Из точки, находящейся на поверхности земли с одинаковыми начальными скоростями $v_0 = 5\text{ м/с}$ и с равными промежутками времени вертикально вверх бросают маленькие шарики. К тому моменту, когда 6-ой шарик начнет движение первый достигает верхней точки своей траектории. Найти расстояние между 2-ым и 4-ым шариками в этот момент.

Принять $g = 10\text{ м/с}^2$.

Определим время полета первого тела до максимальной высоты

$$0 = v_{1y} = v_0 - g\tau = 0 \text{ в точке максимального подъема} \rightarrow \tau = \frac{v_0}{g}$$

Тела бросают с интервалом $\frac{\tau}{5}$

Закон движения второго тела:

$$\text{При } t = \tau \quad y_2(\tau) = v_0 \left(\frac{4\tau}{5} \right) - \frac{g}{2} \left(\frac{4\tau}{5} \right)^2$$

Закон движения четвертого тела:

$$\text{При } t = \tau \quad y_4(\tau) = v_0 \left(\frac{2\tau}{5} \right) - \frac{g}{2} \left(\frac{2\tau}{5} \right)^2$$

$$y_2(t) = v_0 \left(t - \frac{\tau}{5} \right) - \frac{g}{2} \left(t - \frac{\tau}{5} \right)^2$$

$$y_4(t) = v_0 \left(t - \frac{3\tau}{5} \right) - \frac{g}{2} \left(t - \frac{3\tau}{5} \right)^2$$

$$S = y_2 - y_4 = \frac{2v_0\tau}{5} - \frac{6g\tau^2}{25};$$

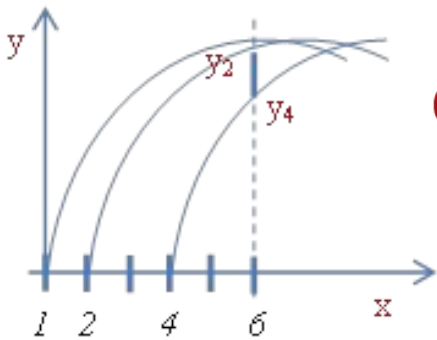
С учетом,

$$\tau = \frac{v_0}{g}$$

получим

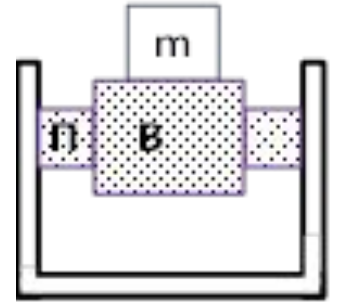
$$S = \frac{2v_0^2}{5g} - \frac{6v_0^2}{25g} = \frac{4v_0^2}{25g}$$

$$\text{Ответ: } S = \frac{4v_0^2}{25g}$$



• Олимпиада Физика 9

5. 2003. В сосуде на поверхности воды находятся в равновесии подвижный поршень П и втулка В, вставленная в отверстие в поршне. Трение между скользящими поверхностями отсутствует, зазоры жидкость не пропускают. На поверхность втулки положили груз, при этом втулка сместилась относительно первоначального положения на величину Δh . Какова масса груза? Плотность жидкости ρ . Площадь сечения сосуда S , площадь сечения втулки S_1 .



Жидкость не сжимаема \rightarrow втулка опускается вниз на Δh , поршень поднимается вверх на Δa при этом объем жидкости сохраняется:

$$S_1 \cdot \Delta h = (S - S_1) \cdot \Delta a \quad (1)$$

1 Давление под втулкой на уровне 1 линии (M_1 и M_2 – массы втулки и поршня)

$$p_1 = p_0 + \frac{M_1 g}{S_1} = p_0 + \frac{M_2 g}{S - S_1} + \rho g b \quad (2)$$

b - разница глубин погружения втулки и поршня, когда груз еще не был установлен

Давление под втулкой на уровне 2 линии после установки

груза

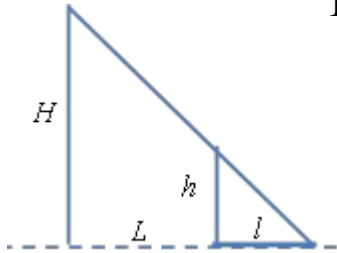
$$p_2 = p_0 + \frac{(M_1 + m)g}{S_1} = p_0 + \frac{M_2 g}{S - S_1} + \rho g(b + \Delta h + \Delta a) \quad \text{с учетом(1) и (2)} \quad p_2 = p_1 + \frac{mg}{S_1} =$$

$$= p_1 + \rho g \Delta h \left(1 + \frac{S_1}{S - S_1}\right) \quad \text{или} \quad \frac{mg}{S_1} = \rho g \Delta h \frac{S - S_1 + S_1}{S - S_1} \rightarrow m = \frac{\rho S S_1 \Delta h}{S - S_1}$$

Ответ: $m = \frac{\rho S S_1 \Delta h}{S - S_1}$

• Олимпиада Физика 9

1.2004. Вертикальный колышек, стоящий на расстоянии L от фонарного столба высотой H , дает на земле тень длиной l . Найти высоту колышка.



Из подобия треугольников $\rightarrow \frac{h}{l} = \frac{H}{L+l} \rightarrow h = \frac{Hl}{L+l}$

Ответ: $h = \frac{Hl}{L+l}$

• Олимпиада Физика 9

2.2004. Оделить температуру воды, установившуюся после смешивания $m_1 = 3\text{кг}$ воды при температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$, $m_2 = 5\text{кг}$ воды при температуре $t_2 = 60^\circ\text{C}$ и $m_3 = 2\text{кг}$ воды при температуре $t_3 = 40^\circ\text{C}$

m_2 охлаждается до 40°C и отдает тепло в количестве $c \cdot 5 \cdot (60 - 40) = 100c$ (1)

m_1 нагревается до 40°C и забирает тепло в количестве $c \cdot 3 \cdot (40 - 20) = 60c$ (2)

Из (1) и (2) следует, что m_3 нагревается \rightarrow уравнение теплового баланса

$$cm_1(\theta - t_1) + cm_2(\theta - t_2) = cm_3(t_3 - \theta) \rightarrow$$

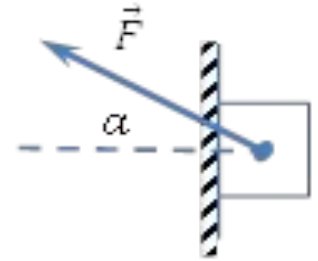
$$cm_1\theta + cm_2\theta + cm_3\theta = cm_1t_1 + cm_2t_2 + cm_3t_3 \rightarrow$$

$$\theta = \frac{m_1t_1 + m_2t_2 + m_3t_3}{m_1 + m_2 + m_3} \quad \theta = \frac{60 + 300 + 80}{10} = \frac{440}{10} = 44^\circ\text{C}$$

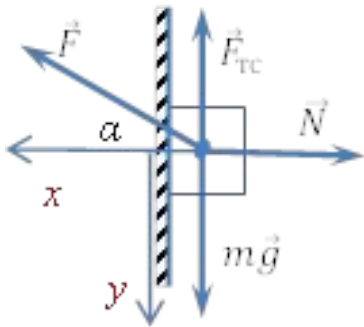
Ответ: 44°C

Олимпиада Физика 9

3.2004. На тело массой $m = 1\text{ кг}$, находящееся около вертикальной стенки, действует сила $F = 10\text{ Н}$, направленная под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Коэффициент трения между телом и стенкой равен $\mu = 0,2$. Найти силу трения, действующую на тело.



Принять $g = 10\text{ м/с}^2$; $\sin 30^\circ = 0,5$; $\cos 30^\circ = 0,87$.



Уравнения динамики на оси координат в предположении, что тело скользит вниз:

$$0x| 0 = F \cos \alpha - N \quad \rightarrow N = F \cos \alpha$$

$$0x| ma = mg - F \sin \alpha - \mu N \quad \rightarrow ma = mg - F \sin \alpha - \mu F \cos \alpha$$

$$a = g - \frac{F}{m} (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \quad a = 10 - \frac{10}{1} (0,5 + 0,2 \cdot 0,87) = 3,26\text{ м/с}^2$$

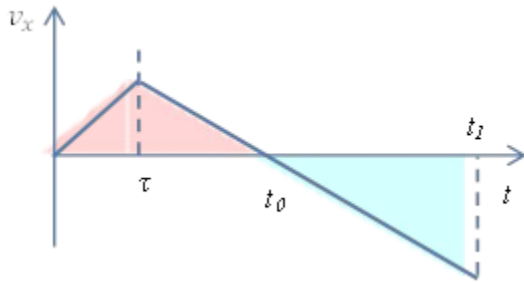
Ускорение > 0 , следовательно предположение верно

$$F_{\text{Тс}} = \mu N = \mu F \cos \alpha \quad F_{\text{Тс}} = 0,2 \cdot 10 \cdot 0,87 = 1,74\text{ Н}$$

Ответ: $1,74\text{ Н}$

• Олимпиада Физика 9

4.2004. Тело начинает двигаться из состояния покоя с постоянным ускорением. Через время τ модуль ускорения тела уменьшается в два раза, а его направление меняется на противоположное. Через какое время после начала движения тело вернется в точку?



Промежуток $0 - \tau$ ускорение a , начальная скорость

0
К моменту τ скорость равна $a\tau$, перемещение тела по Ox $x_1 = \frac{a\tau^2}{2}$

Промежуток $\tau - t_0$ ускорение $-\frac{a}{2}$, начальная скорость $a\tau$

К моменту t_0 скорость равна 0 , следовательно длительность промежутка определяется из уравнения:

$$v_x(t) = v_{0x} + a_x t \text{ или } 0 = a\tau - \frac{a}{2}t \rightarrow t = 2\tau$$

Перемещение тела по Ox за этот промежуток определяется из уравнения:

$$x(t) = v_{0x} \cdot t + a_x \frac{t^2}{2} \text{ или } x_2 = a\tau \cdot 2\tau - \frac{a}{2} \cdot \frac{(2\tau)^2}{2} = 2a\tau^2 - a\tau^2 = a\tau^2$$

Полное перемещение тела по Ox : $x_1 + x_2 = \frac{3a\tau^2}{2}$ (площади красных треугольников)

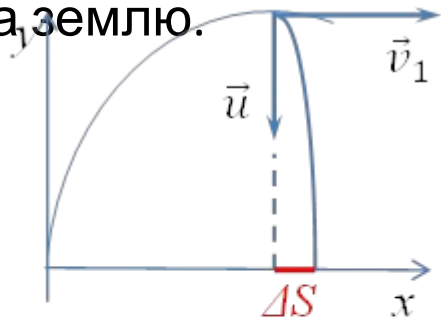
Промежуток $t_0 - t_1$ ускорение $-\frac{a}{2}$, начальная скорость 0 , перемещение $-\frac{3a\tau^2}{2}$, возврат в начало координат (площадь синего треугольника). Длительность промежутка из уравнения

$$x(t) = v_{0x} \cdot t + a_x \frac{t^2}{2} \text{ или } -\frac{3a\tau^2}{2} = -\frac{a}{2} \cdot \frac{t^2}{2} \rightarrow t = \tau\sqrt{6}$$

Полное время процесса $t = \tau + 2\tau + \tau\sqrt{6} = \tau(3 + \sqrt{6})$ Ответ: $t = \tau(3 + \sqrt{6})$

• Олимпиада Физика 9

5.2004. Симметричная граната, брошенная с начальной скоростью v_0 под углом α к горизонту, в верхней точке траектории разорвалась на множество одинаковых осколков. Максимальная скорость осколков сразу после взрыва равна v_1 . Найти расстояние от точки, находящейся на земле под точкой взрыва гранаты и точкой падения того осколка, который первым упал на землю.



Время подъема $\tau = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$, высота $h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$, $v_x = v_0 \cos \alpha$

При взрыве самый быстрый осколок летит вправо, его скорость $v_1 = v_0 \cos \alpha + u$, где u скорость всех осколков относительно точки взрыва.

Быстрее всего до земли летит осколок со скоростью u , но его относит вправо со скоростью $v_0 \cos \alpha$

Время его падения определяется уравнением:

$$0 = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - u\tau - g \frac{\tau^2}{2} \quad \rightarrow$$

$$\tau_{1,2} = \frac{-2ug \pm \sqrt{4u^2 g^2 + 4g^2 v_0^2 \sin^2 \alpha}}{2g^2}$$

Выбираем положительное значение

Расстояние $\Delta S = v_0 \cos \alpha \cdot \tau = \frac{v_0 \cos \alpha}{g} \cdot (-u + \sqrt{u^2 + v_0^2 \sin^2 \alpha})$ С заменой $u = v_1 - v_0 \cos \alpha$

$$\text{Получим } \Delta S = \frac{v_0 \cos \alpha}{g} \cdot (v_0 \cos \alpha - v_1 + \sqrt{v_1^2 - 2v_1 v_0 \cos \alpha + v_0^2})$$