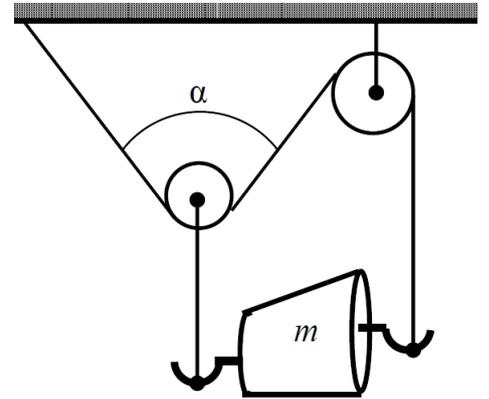


Олимпиада «Шаг в будущее» по физике

10 класс, 2022 год

1. Деревянную заготовку подвесили на легких нитях через систему блоков к горизонтальному потолку (см. рисунок). Нити привязаны к крючкам, которые вбиты в противоположные концы заготовки. Правая часть длинной нити вертикальна, а между двумя наклонными отрезками этой нити угол $\alpha = 120^\circ$. Масса заготовки с крючками $m = 2$ кг. Считая блоки невесомыми, и пренебрегая трением нитей о блоки, найдите силы натяжения нитей.



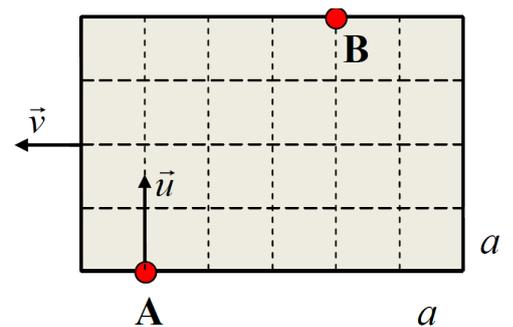
$$T = \frac{mg}{2} = \frac{2 \cdot 9.8}{2} = 9.8 \text{ Н}$$

2. Сферическая оболочка воздушного шара изготовлена из материала, масса которого на единицу площади составляет $\rho = 1$ кг/м². Шар заполняют гелием. При каком минимальном радиусе шар поднимется в воздух? Давление снаружи и внутри шара $p = 10^5$ Па, температура гелия внутри шара и температура окружающего воздуха одинаковы и равны $t = 27^\circ\text{C}$. Молярная масса воздуха $\mu_{\text{в}} = 29$ г/моль, молярная масса гелия $\mu_{\text{He}} = 4$ г/моль. Площадь S поверхности и объём V шара радиусом r вычисляются по формулам $S = 4\pi r^2$, $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

$$r = \sqrt{\frac{3(\mu_{\text{в}} - \mu_{\text{He}})d}{\rho}} = 0.1 \text{ м}$$

3. По горизонтальной поверхности стола движется с постоянной скоростью \vec{v} доска с квадратными клетками; сторона одной клетки $a = 5$ см (см. рисунок). Из точки A доски запустили кусочек цветного мелка, который остановился в точке B доски.

В начальный момент скорость мелка \vec{u} относительно стола направлена перпендикулярно вектору скорости \vec{v} . Определите модуль скорости доски v , если коэффициент трения между доской и мелком $\mu = 0,2$. Векторы \vec{v} и \vec{u} на рисунке изображены без соблюдения масштаба между ними.



$$v = \frac{a}{\mu} = \frac{0.05}{0.2} = 0.25 \text{ м/с}$$

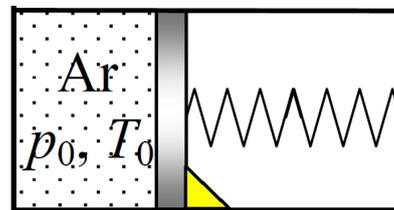
4. Где-то во Вселенной четыре точечных тела одинаковой массы m движутся с постоянными по модулю скоростями v . В процессе движения тела остаются все время в вершинах квадрата, лежащего в одной и той же плоскости. Чему равна длина стороны этого квадрата? Считайте, что в этой области Вселенной на данные точечные тела не действуют никакие другие силы, кроме сил собственного гравитационного притяжения.

$$a = \sqrt{\frac{4Gm}{v^2}}$$

5. Однородный металлический тонкий обруч катится без проскальзывания по наклонной плоскости с ускорением $a_1 = 3 \text{ м/с}^2$. С каким ускорением a_2 будет скользить по этой же наклонной плоскости металлический брусок, если коэффициент трения между плоскостью и бруском равен $\mu = 0,25$?

$$a_2 = \frac{a_1}{\mu} = \frac{3}{0,25} = 12 \text{ м/с}^2$$

6. Горизонтально расположенный теплоизолированный цилиндр разделен поршнем на две части: слева от поршня находится один моль аргона при давлении p_0 и абсолютной температуре T_0 , а справа — вакуум (см. рисунок). Поршень закреплен с помощью упора и соединен с правой стенкой легкой пружиной, которая находится в недеформированном состоянии. После того как поршень освободили от упора, то в новом положении равновесия объем, занимаемый аргоном, увеличился в 1,5 раза. Найдите температуру и давление аргона в конечном состоянии. Теплоемкостью цилиндра, поршня и пружины пренебречь. Трение между поршнем и боковой поверхностью цилиндра отсутствует.



$$p_0 V_0 = \nu R T_0, \quad p_1 V_1 = \nu R T_1$$

7. **Ситуационная задача.** Подводный самолет — аппарат с положительной плавучестью, способный погружаться при движении за счет небольших крыльев, создающих направленную вниз силу.

Аппарат имеет сухую массу 1000 кг, вытесняет объем воды $1,55 \text{ м}^3$, в том числе, $0,65 \text{ м}^3$ в виде воздушного пузыря, свободно сообщающегося с окружающей средой.

Определите глубину, на которой плавучесть аппарата станет нулевой (предельную глубину, с которой возможно всплытие при отказе двигателя). Температуру газа в воздушном пузыре считать постоянной и равной 20°C . Молярная масса воздуха $\mu = 29 \text{ г/моль}$, площадь крыльев составляет $0,1 \text{ м}^2$, а коэффициент подъемной силы $0,8$.

Подъемная сила определяется соотношением

$$F_{\text{пд}} = C_y S_{\text{крыла}} \frac{\rho U^2}{2},$$

где C_y — коэффициент подъемной силы, $S_{\text{крыла}}$ — площадь крыльев, ρ — плотность воды, U — скорость движения аппарата относительно воды.

$$F_{\text{пд}} = C_y S_{\text{крыла}} \frac{\rho U^2}{2} = 0,8 \cdot 0,1 \cdot \frac{1000 \cdot U^2}{2} = 40 U^2$$