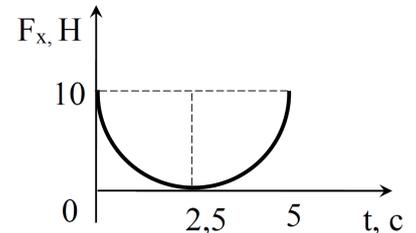


## Олимпиада «Шаг в будущее» по физике

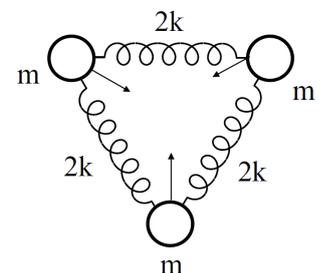
## 11 класс, 2021 год, вариант 1

1. На тело массы  $m = 5$  кг действует сила  $F_x$ , график которой представляет собой полуокружность. Найдите работу этой силы за время от нуля до 5 с, если начальная скорость тела  $v_{0x} = 2,85$  м/с.



$$A = \int_0^5 F_x dt = \int_0^5 10 \cos\left(\frac{\pi t}{5}\right) dt = 10 \left[ \frac{\sin\left(\frac{\pi t}{5}\right)}{\pi/5} \right]_0^5 = 10 \cdot 5 \cdot \left[ \sin\left(\frac{\pi t}{5}\right) \right]_0^5 = 50 \cdot \left[ \sin\left(\frac{\pi t}{5}\right) \right]_0^5 = 50 \cdot \left[ \sin\left(\frac{\pi \cdot 5}{5}\right) - \sin\left(\frac{\pi \cdot 0}{5}\right) \right] = 50 \cdot \left[ \sin(\pi) - \sin(0) \right] = 50 \cdot [0 - 0] = 0$$

2. Три одинаковых шарика массы  $m$  каждый, соединенные одинаковыми пружинами жесткости  $2k$ , образуют равносторонний треугольник. Одновременно все три шарика толкнули, сообщив им одинаковые по модулю скорости, направленные к центру треугольника. Через какое минимальное время после этого пружины будут сильнее всего растянуты? Массу пружин и гравитационное взаимодействие не учитывать.

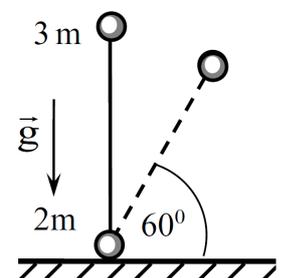


$$t = \sqrt{\frac{m}{2k}} \cdot \frac{\pi}{2}$$

3. На плоскую поверхность тонкой плоско-выпуклой отрицательной линзы нанесено абсолютно отражающее покрытие. На вогнутую поверхность линзы падает узкий пучок импульсного лазерного излучения с энергией  $W = 5$  Дж и длительностью  $\tau = 10^{-8}$  с. Падающий луч распространяется параллельно главной оптической оси линзы на расстоянии  $F/2$  от оси ( $F$  — фокусное расстояние линзы). Найдите величину средней силы, действующей на линзу со стороны света, если половина лазерного излучения поглощается в линзе. Отражением от поверхности линзы (без покрытия) пренебречь.

$$F = \frac{W}{\tau} \cdot \frac{1}{2} = \frac{5}{10^{-8}} \cdot \frac{1}{2} = 2.5 \cdot 10^8 \text{ Н}$$

4. На шероховатую горизонтальную поверхность вертикально поставили гантель длины  $\ell$ , состоящую из двух маленьких шариков массами  $m_1 = 3m$  и  $m_2 = 2m$ , соединённых невесомым жёстким стержнем. Гантель отпускают без начальной скорости, и она начинает падать. Определите величину коэффициента трения между гантелью и плоскостью, если нижний шарик начинает скользить по плоскости, когда угол наклона стержня с плоскостью достигнет  $\alpha = 60^\circ$ .

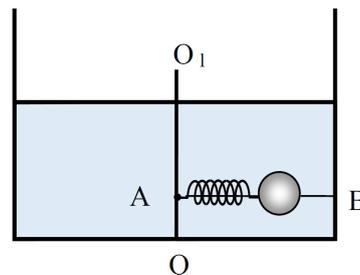


$$\mu = \frac{v_{01} + \frac{(v_{01} - v_{02}) \ell}{2m}}{v_{02}} = \frac{v_{01} + \frac{(v_{01} - v_{02}) \ell}{2m}}{v_{02}}$$

5. Металлический шарик радиуса  $R$  с отрицательным зарядом  $-2q$  находится внутри тонкостенной металлической сферы радиуса  $2R$ . Центры шарика и металлической сферы совпадают. Сфере сообщили положительный заряд  $+q$ . Шарик и сферу соединили тонким проводником ничтожной ёмкости и затем разъединили. Найдите разность потенциальных энергий  $\Delta W$  конечного и начального состояний системы.

$$\Delta W = \frac{q \cdot 0.5 \cdot \pi \cdot R^2}{\epsilon_0} = \Delta W$$

6. Внутри неподвижного цилиндрического сосуда с жидкостью плотности  $\rho$  закреплена ось  $OO_1$ , к которой в точке  $A$  прикреплен тонкий горизонтальный стержень  $AB$ . По стержню без трения может скользить муфта в виде шара радиуса  $r$ . Шар связан с концом стержня в точке  $A$  пружиной жесткости  $k$ , длина которой в нерастянутом состоянии равна  $L_0$ . Сосуд приводят во вращение с постоянной угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси  $OO_1$ . Определите расстояние центра шара от оси вращения, если плотность материала шара в четыре раза больше плотности жидкости. В процессе вращения жидкость не выливается из сосуда и шарик не касается боковой стенки.



$$\frac{d}{dt} \left( \frac{m \omega^2 r^2}{(1+4\rho)k} \right) = x$$

7. **Ситуационная задача.** Электромобиль — автомобиль, приводимый в движение одним или несколькими электродвигателями с питанием от аккумулятора.

Определите максимальное расстояние, проходимое электромобилем без подзарядки при движении с постоянной скоростью равной 108 км/ч, если масса аккумуляторов 2425 кг, а суммарный КПД системы аккумулятор-двигатель-колеса составляет 0,75. Вся энергия аккумулятора затрачивается на работу двигателя. Энергоемкость аккумуляторов составляет 50 (Вт · ч)/кг.

Коэффициент аэродинамического сопротивления электромобиля равен 0,3, площадь его поперечного сечения 2,5 м<sup>2</sup>, масса без аккумулятора 800 кг. Удельная сила трения при качении колёс электромобиля 0,1 Н/кг.

Сила сопротивления воздуха определяется соотношением

$$F_{\text{сопр}} = C_x \rho_{\text{в}} \frac{v^2}{2} S,$$

где  $C_x$  — коэффициент аэродинамического сопротивления,  $\rho_{\text{в}}$  — плотность воздуха (1,2 кг/м<sup>3</sup>),  $v$  — скорость движения автомобиля,  $S$  — площадь поперечного сечения автомобиля.

$$\text{Максимальное расстояние равно } 450 \text{ км}$$