

Предмет «Физика»  
Олимпиадные задания 2 тура  
10 класс

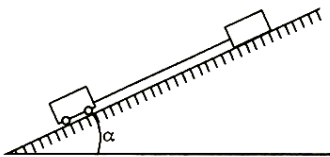
1. С балкона, расположенного на высоте 30 м, неопытная домохозяйка выронила тяжелый цветочный горшок. В этот момент точно под балконом проезжает велосипедист. Определите, при какой скорости движения велосипедиста расстояние между ним и цветочным горшком будет все время увеличиваться.

Решение:

Обозначим скорость велосипедиста  $v$ . Квадрат расстояния между падающим горшком и велосипедистом как функция времени имеет вид:

$L^2 = (vt)^2 + \left(h - \frac{gt^2}{2}\right)^2$ . Введем обозначения  $x = t^2$ ,  $y = L^2$ . Функция  $L^2(t)$  возрастает в течение всего времени падения, если квадратный трехчлен  $y = v^2x + \left(h - \frac{gx}{2}\right)^2$  возрастает при  $x \in \left[0, \frac{2h}{g}\right]$ . А для этого необходимо и достаточно, чтобы абсцисса вершины параболы была отрицательна, отсюда получаем оценку для скорости велосипедиста:  $v > \sqrt{gh} = 17 \left(\frac{м}{с}\right)$ .

2. Брусок и тележка с равными массами связаны легкой нитью (см. рисунок) и удерживаются неподвижно за брусок на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$  ( $tg\alpha = 3/7$ ). Брусок отпускают. Система приходит в движение, и сила натяжения нити уменьшается в 3 раза. Определите коэффициент трения скольжения бруска о наклонную плоскость. Нить параллельна наклонной плоскости.



Решение:

Пусть система находится в покое. Запишем условие равновесия тележки  $m\vec{g} + \vec{T}_1 + \vec{N} = 0$ . Отсюда первоначальная сила натяжения нити равна  $T_1 = mg \cdot \sin\alpha$ .

Рассмотрим случай, когда система пришла в движение.

Уравнения движения бруска:  $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{тр} + \vec{T}_2 + \vec{N}$ , (1)

где  $T_2$  – сила натяжения нити после начала движения системы.

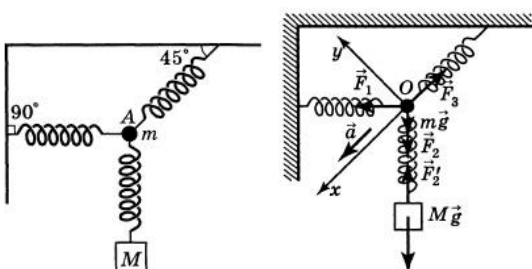
Уравнения движения тележки:  $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}_2' + \vec{N}$ . (2)

Учтем, что  $\vec{T}_2' = -\vec{T}_2$ . Закон силы трения скольжения  $F_{тр} = \mu N$ .

Проецируя уравнения (1) и (2) на оси системы координат и решая полученную систему уравнений, найдем:  $\mu mg \cos\alpha = 2T_2$ . По условию задачи  $T_2 = \frac{1}{3}T_1 = \frac{1}{3}mg \sin\alpha$ . Таким образом, получаем

$$\mu = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{2}{3} \cdot tg\alpha = \frac{2}{7}.$$

3. Груз массы  $M$  и шарик массы  $m$  висят на трех невесомых пружинах одинаковой жесткости (см. рисунок). Верхняя пружина отрывается от шарика в точке А. Определите ускорение  $\vec{a}$  (модуль и направление) шарика в начальный момент после отрыва.



Решение:

Выберем прямоугольную систему координат, как это показано на рисунке.

Уравнения равновесия шарика  $m$  до момента отрыва пружины в проекциях на оси системы координат:

$$Ox: F_1 \cos 45^\circ + (F_2 + mg) \sin 45^\circ - F_3 = 0 \quad (1)$$

$$Oy: F_1 \sin 45^\circ - (F_2 + mg) \cos 45^\circ = 0 \quad (2)$$

Условие равновесия груза массы  $M$

$$F_2' = F_2 = Mg, \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1), (2) и (3) получаем:  $F_3 = \sqrt{2}(m + M)g$ .

В начальный момент после отрыва пружины на шарик  $m$  будут продолжать действовать силы  $m\vec{g}$ ,  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ . Следовательно его ускорение в начальный момент времени будет направлено вдоль оси X и равно  $a = \sqrt{2} \frac{m+M}{m} g$ .

4. В камере объемом  $1 \text{ м}^3$  находятся влажный воздух при давлении  $3p_0$ , где  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$  и вода, объем которой значительно меньше объема камеры. После изотермического увеличения объема в два раза относительная влажность воздуха стала равной 80%. Давление в камере установилось равным  $1,8p_0$ . Определите температуру воздуха в камере и полную массу воды.

Решение:

В начальном состоянии давление в камере  $P_1 = P_n + P_{B1}$ , в конечном состоянии давление

$P_2 = 0,8P_n + P_{B2}$ . Уравнение процесса  $P_{B1}V_1 = P_{B2}2V_1$ . Отсюда получаем  $P_n = P_0$ . Тогда температура воздуха в камере равна  $T_B = 373 \text{ К}$ .

Плотность пара в конечном состоянии  $0,8 \cdot \rho_n = \frac{m_B}{2V_1}$ , где  $m_B$  – масса воды в камере. Отсюда получаем  $m_B = 0,96 \text{ (г)}$ .

5. Колба-шар емкостью  $V = 1 \text{ л}$  была откачена и закрыта. На стенках колбы остался мономолекулярный слой газа. Оцените давление, которое будет в колбе, нагретой до  $300^\circ \text{ С}$ , если известно, что при такой температуре стенки колбы полностью обезгаживаются. Принять эффективный диаметр равным  $d = 10^{-10} \text{ м}$ .

Решение:

Число молекул на стенках колбы оценим отношением:

$N \sim \frac{S}{d^2} = \frac{4\pi R^2}{d^2}$ , где  $R = \sqrt[3]{\frac{3}{4} \cdot \frac{V}{\pi}}$  – радиус колбы,  $d$  – эффективный диаметр молекулы. После обезгаживания стенок колбы

концентрация молекул будет равна:  $n = \frac{N}{V} \sim \frac{3}{d^2 R}$ .

Тогда искомое давление в колбе:  $p = nkT \sim \frac{3kT}{d^2 R} \approx 40$