

Предмет «Физика»
Олимпиадные задания 2 тура
10 класс

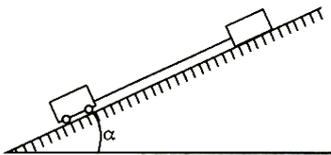
1. С балкона, расположенного на высоте 30 м, неопытная домохозяйка выронила тяжелый цветочный горшок. В этот момент точно под балконом проезжает велосипедист. Определите, при какой скорости движения велосипедиста расстояние между ним и цветочным горшком будет все время увеличиваться.

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 α ($tg\alpha = 3/7$). 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.

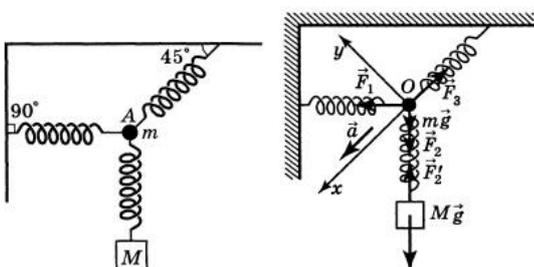
Уравнения движения тележки: $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}_2' + \vec{N}$. (2)

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 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° 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: $p = nkT \sim \frac{3kT}{d^2 R} \approx 40$