ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
11 КЛАСС

Максимальное количество баллов – 50.

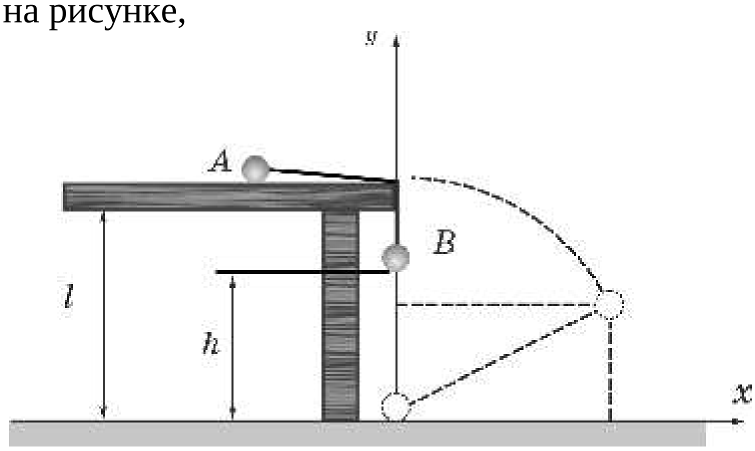
Решения к задачам

Решение к задаче 1.

Скорость грузика *A* непосредственно перед тем моментом, когда он начнет соскальзывать со стола, находим с помощью закона сохранения энергии: $2m\frac{v_0^2}{2} = mgh = \frac{2}{3}mgl$, откуда $v_0 = \sqrt{\frac{2}{3}gl}$. (1)

Теперь убедимся в том, что эта скорость мала для того, чтобы в дальнейшем нить была натянута. Действительно, в этом случае грузик *A* стал бы двигаться по окружности радиуса *l*; центростремительное ускорение в верхней точке, равное $a_ц = \frac{v_0^2}{l}$, должно было бы обеспечиваться суммой силы тяжести *mg* и силы натяжения нити *T*: $m\frac{v_0^2}{l} = mg + T$. (2)

Подставив в (2) значение v_0 из (1), получим: $T = -mg/3$, что не имеет смысла (такое движение было бы возможно, если бы вместо нити был жесткий стержень). Следовательно, соскользнув со стола, грузик *A* в дальнейшем будет двигаться по параболе. Используя систему координат, изображенную на рисунке,



запишем координаты грузика в момент времени *t*: $x = v_0 t, \quad y = l - \frac{gt^2}{2}$. (3)

Нить вновь будет натянута, когда будет выполняться соотношение
$x^2 + y^2 = l^2$. (4)

Подставив в (4) выражения для координат из (3), получим уравнение для определения того момента времени, когда нить вновь будет натянута:

$v_0^2 t^2 + \left(l - \frac{gt^2}{2}\right)^2 = l^2$, или, с учетом (1), $gt^2\left(\frac{gt^2}{4} - \frac{l}{3}\right) = 0$

откуда $t^2 = \frac{4l}{3g}$ (корень $t = 0$ соответствует моменту соскальзывания грузика *A* со стола). Подставляя это значение t^2 в выражение для координаты *y* (3), находим искомую высоту: $y = \frac{l}{3}$.

Решение к задаче 2.

Из закона сохранения механической энергии $mgh = \frac{mv_0^2}{2}$,

определим максимальную высоту подъема снаряда $h = \frac{v_0^2}{2g}$.

Перед разрывом скорость снаряда в верхней точке равна нулю. Воспользуемся законом сохранения импульса для верхней точки: $0 = mv_1 - mv_2$. Массы осколков одинаковы (условие задачи), следовательно, и скорости осколков после разрыва равны по значению $v_1 = v_2 = v$.

По условию задачи первый осколок упал рядом с местом выстрела, следовательно, скорости осколков направлены по вертикали. Скорость первого осколка направлена по вертикали вниз, у второго − вверх. Скорости осколков при падении на землю также равны и связаны с их начальной скоростью законом сохранения механической энергии $mgh + \frac{mv^2}{2} = \frac{mu^2}{2}$

Из последнего уравнения $v = \sqrt{u^2 - 2gh} = \sqrt{u^2 - v_0^2}$ так как $v_0^2 = 2gh$.

Время падения найдем из кинематических соотношений

$u = v + gt_1$ и $u = -v + gt_2$.

Откуда $t_1 = \frac{u - \sqrt{u^2 - v_0^2}}{g}$, $t_2 = \frac{u + \sqrt{u^2 - v_0^2}}{g}$

Разница времени падения осколков $\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{2}{g}\sqrt{u^2 - v_0^2}$

Подставим численные значения $\Delta t = 30$ с.

Решение к задаче № 3.

Пусть в 1 м^3 смеси содержится ν_1 молей гелия и ν_2 молей кислорода.

Тогда полное число молей в объеме $V = 1$ м^3 равно

$\nu = \nu_1 + \nu_2 = \frac{pV}{RT} = \frac{0,9 \cdot 10^5 \cdot 1}{8,31 \cdot 271} \approx 40$ моль.

Масса смеси в этом объеме $m = m_1 + m_2 = m_1\nu_1 + m_2\nu_2 = \rho V = 0,44$ кг.

Решая систему уравнений $\nu_1 + \nu_2 = 40,4 \cdot 10^{-3}\nu_1 + 32 \cdot 10^{-3}\nu_2 = 0,44$, находим: $\nu_1 = 30$ моль, $\nu_2 = 10$ моль.

Если удалить из сосуда половину молекул кислорода, то полное число молей станет равным $\nu_3 = 35$ моль. Давление p_3 в сосуде найдем из соотношения

$$\frac{p}{p_3} = \frac{\nu}{\nu_3} = \frac{40}{35} \Rightarrow p_3 = \frac{p\nu_3}{\nu} = 0,79 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Решение к задаче 4.

Заряды притягиваются, а внешнее поле E препятствует их сближению. Поскольку силы, действующие на тела, противоположны, движение симметрично. Заряды должны пройти точку равновесия, где

$$qE = \frac{kq^2}{x^2},$$

откуда критическое расстояние $x = \sqrt{\frac{kq}{E}}$

Если $x < R$ т. е. $qE > kq^2 / R^2$

пишем закон сохранения энергии: $\frac{2mv^2}{2} - \frac{kq^2}{R} = qE\left(R - x\right) - \frac{kq^2}{x}$.

Получаем $v = \sqrt{\frac{qE}{mR}}\left(R - \sqrt{\frac{kq}{E}}\right)$.

Если же $\sqrt{\frac{kq}{E}} > R$, то можно не придавать никакой скорости, так как притяжение достаточно уже в начальном положении. Или можно придавать скорости «наружу», которые даются предыдущим выражением с обратным знаком, но тогда это будут максимальные величины.

Решение к задаче 5.

С помощью динамометра определим вес груза P.

Определим вес тела в воде и в неизвестной жидкости P_1 и P_2.

Вес тела в воде равен: $P_1 = mg - F_{A1} = P - \rho_1 gV$, где ρ_1 — плотность воды.

Вес тела в неизвестной жидкости равен: $P_2 = mg - F_{A2} = P - \rho_2 gV$, где ρ_2 — плотность неизвестной жидкости.

Отсюда: $\begin{cases} P - P_1 = \rho_1 gV \\ P - P_2 = \rho_2 gV \end{cases} \Rightarrow \frac{P - P_1}{P - P_2} = \frac{\rho_1 gV}{\rho_2 gV} \Rightarrow \rho_2 = \frac{\left(P - P_2\right)\rho_1}{P - P_1}$.