Ответы и решения

к задачам муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников
по физике в 2016/2017 учебном году

11 класс

1. Ответ: Минимальная скорость жучка равна $\frac{\omega R}{\sqrt{2}}$.

Решение: Скорость жучка относительно земли равна векторной сумме его скорости относительно диска и скорости той точки диска, в которой в данный момент находится жучок. Поскольку складываемые скорости взаимно перпендикулярны, величина скорости жучка относительно земли U находится по теореме Пифагора:

$$U = \omega\sqrt{2r^2 - 2Rr + R^2}\,.$$

Минимальное значение скорости U достигается в вершине параболы $r^* = R/2$ и равно $\frac{\omega R}{\sqrt{2}}$.

2. Ответ: Ускорение бруска равно g и направлено вертикально вверх. Ускорение клина равно g и направлено горизонтально (вдоль действующей на клин силы $2mg$).

Решение: Поскольку масса клина пренебрежимо мала, горизонтальная проекция силы, действующей на клин со стороны бруска, равна $2mg$, а сама сила равна $2\sqrt{2}mg$. Такая же сила действует и на брусок со стороны клина. Из второго закона Ньютона для бруска находим, что его ускорение равно g и направлено вертикально вверх. Так как брусок не отрывается от клина, горизонтальное ускорение клина равно вертикальному ускорению бруска.

3. Ответ: Искомый угол определяется формулой $\sin\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$ и примерно равен 35°. Максимальный импульс равен $m\sqrt{gL}\,\frac{2}{\sqrt{3\sqrt{3}}} \approx 0{,}9m\sqrt{gL}$.

Решение: Поскольку на систему не действуют внешние силы вдоль спицы, горизонтальный импульс системы остается равным нулю. Вертикальный импульс системы равен вертикальному импульсу шарика (кольцо может двигаться только по горизонтали). Максимальное значение вертикального импульса шарика достигается в момент, когда ускорение шарика направлено горизонтально. Из второго закона Ньютона для шарика в проекции на вертикаль следует, что в этот момент сила натяжения нити T равна $mg/\sin\alpha$. Для нахождения угла α запишем второй закон Ньютона для шарика в проекции на нить и закон сохранения энергии, считая кольцо неподвижным:

$$\frac{mV^2}{L} = T - mgL\sin\alpha = \frac{mg}{\sin\alpha} - mgL\sin\alpha, \qquad \frac{mV^2}{2} = mgL\sin\alpha\,.$$

Данное приближение оправдано, поскольку скорость и ускорение кольца пренебрежимо малы по сравнению со скоростью и ускорением шарика. Из приведенных уравнений находим $\sin\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$ и скорость шарика $V = \sqrt{\frac{2gL}{\sqrt{3}}}$. Вертикальный импульс шарика (системы) равен $mV\cos\alpha$.

Подчеркнем, что, несмотря на малую скорость кольца, его горизонтальный импульс в любой момент равен по величине горизонтальному импульсу шарика. При закрепленном кольце максимальный импульс системы достигался бы в нижней точке траектории шарика.

4. Ответ: Работа электрических сил равна 0 в первой цепи, 0 во второй и $E^2R/(R + r)^2$ в третьей.

Решение: Работа электрических сил на участке 1-2 за единицу времени равна $I(\varphi_1 - \varphi_2)$, где I – сила тока, а $\varphi_1 - \varphi_2$ – разность потенциалов между точками 1 и 2. В первой цепи $I = 0$, во второй $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$, в третьей $I = E/(R + r)$ и $\varphi_1 - \varphi_2 = ER/(R + r)$.

5. Ответ: Отношение нового периода к старому составит $\frac{\sqrt{2}+1}{2\sqrt{2}}$.

Решение: Старый период равен $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, а новый $T' = \pi\sqrt{\frac{L}{g}} + \pi\sqrt{\frac{L}{2g}}$.

Общая рекомендация: При проверке, даже если задача не решена, можно давать 1-2 балла за правильно написанные физические законы, относящиеся к задаче.