

Олимпиада «Физтех» по физике

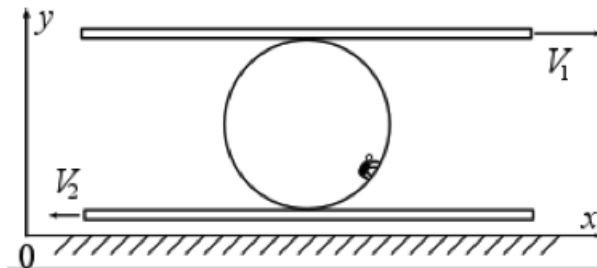
10 класс, 2019 год, вариант 2

1. Теннисист тренируется на горизонтальной площадке, посылая мяч к вертикальной стенке. В первом случае мяч летит практически с уровня земли с начальной скоростью $V_0 = 22$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту и ударяется в стенку. Во втором случае мяч стартует из той же точки со скоростью $\frac{V_0}{2}$ под углом 2α к горизонту и ударяется в ту же точку стенки. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Мяч движется в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке. Силой сопротивления воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1. На какой максимальной высоте H находился мяч в полете в первом случае?
2. На какой высоте h мяч ударяется в стенку?
3. Через какое время τ после удара о стенку мяч упадет на площадку во втором случае?

$$h \approx \frac{g}{2} \left(\frac{V_0}{g} \right)^2 \sin^2 \alpha = \frac{10}{2} \left(\frac{22}{10} \right)^2 \sin^2 30^\circ = 12,1 \text{ м} \quad \tau = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2 \cdot 22 \cdot 0,5}{10} = 4,4 \text{ с}$$

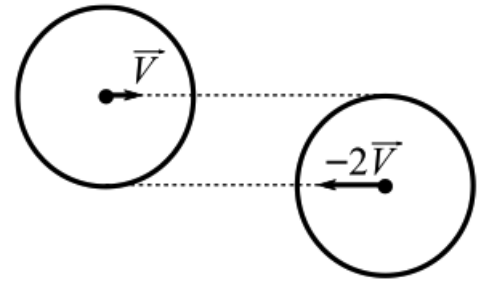
2. Тонкостенный полый шар радиуса $R = 0,1$ м зажат между двумя горизонтальными параллельными пластинами, одна из которых движется вправо со скоростью $V_1 = 0,6$ м/с, а вторая — влево со скоростью $V_2 = 0,4$ м/с. Проскальзывания между пластинами и шаром нет. На внутренней поверхности полого шара сидит жук массы $m = 1$ г. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите скорость V центра шара.
2. Найдите максимальную силу P_{\max} , с которой жук действует на шар.

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{0,6 + 0,4}{2} = 0,5 \text{ м/с} \quad P_{\max} = m \left(\frac{V_1^2 + V_2^2}{2} + g \right) = 1 \cdot 10^{-3} \left(\frac{0,6^2 + 0,4^2}{2} + 10 \right) = 1,12 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$$

3. Две одинаковые гладкие упругие шайбы движутся по гладкой горизонтальной поверхности. Скорость первой шайбы \vec{V} , скорость второй $(-2\vec{V})$. Для каждой шайбы прямая, сонаправленная с вектором скорости и проходящая через центр шайбы, касается другой шайбы. Происходит абсолютно упругое соударение.



1. Найдите скорость V_1 (по модулю) первой шайбы после соударения.
2. На какой угол α повернется вектор скорости первой шайбы в результате соударения?

$$V_1 \approx 1.33V \quad \alpha \approx 2.33 \text{ rad} \quad (1)$$

4. В цилиндре с вертикальными гладкими стенками под покоящимся поршнем находятся вода и влажный воздух при температуре $t_1 = 100^\circ\text{C}$. Площадь поршня $S = 100 \text{ см}^2$, масса M поршня такова, что $Mg = 0,5P_0S$, здесь $P_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$ — давление в окружающей атмосфере. Высота поршня над поверхностью воды $H = 20 \text{ см}$. Температуру в цилиндре медленно уменьшили до $t_2 = 7^\circ\text{C}$. Давление водяного пара при $t_2 = 7^\circ\text{C}$ считайте пренебрежимо малым. Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$. Молярная масса воды $\mu_1 = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$.

1. Найдите парциальное давление P_{CB} сухого воздуха в цилиндре под поршнем при $t_1 = 100^\circ\text{C}$.
2. На каком расстоянии h от поверхности воды остановится поршень при $t_2 = 7^\circ\text{C}$?

$$P_{CB} = 1,5P_0; \quad h \approx 5 \text{ см} \quad (1)$$

5. Теплоизолированный сосуд объемом V разделен на две части перегородкой. В одной части находится гелий в количестве ν при температуре T_1 , а в другой — азот в количестве 3ν при температуре $\frac{6}{5}T_1$ и другом давлении. Перегородка прорывается. Известно, что молярная теплоемкость азота при постоянном объеме равна $2,5R$.

1. Какая температура T_2 , установится в смеси?
2. Найти давление P в смеси.

$$T_2 = \frac{9}{7}T_1; \quad P = \frac{3}{14} \frac{\nu}{V} RT_1 \quad (2)$$