

Олимпиада «Физтех» по физике

10 класс, 2020 год, вариант 2

1. Мальчик бросает стальной шарик с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете шарик все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2V_0$.

1. Найти вертикальную компоненту скорости шарика при падении на Землю.
2. Найти время полета шарика.
3. С какой высоты был брошен шарик?

Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

$$v_{y1} \approx \frac{6v_0}{\sqrt{13}} = H \quad (v_{y1} \approx (1 - \sin \alpha) \frac{6v_0}{\sqrt{13}} = \frac{6}{\sqrt{13}} \frac{v_0}{1 - \sin \alpha} = \frac{6}{\sqrt{13}} \frac{v_0}{1 - 0.5} = \frac{6}{\sqrt{13}} \cdot 2v_0 = \frac{12v_0}{\sqrt{13}} = \frac{12 \cdot 10}{\sqrt{13}} = \frac{120}{\sqrt{13}} = \frac{120\sqrt{13}}{13} = \frac{120 \cdot 3.605}{13} = \frac{432.6}{13} = 33.27 \text{ м/с})$$

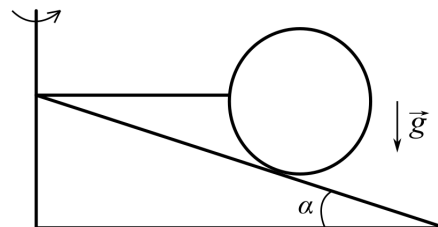
2. На противоположных концах тележки массы M , находящейся на гладкой горизонтальной поверхности, стоят два ученика одинаковой массы m каждый. Длина тележки L . Вначале система неподвижна. Один ученик бросает мяч, а другой ловит. Масса мяча m_1 . В процессе полета горизонтальная составляющая скорости мяча относительно поверхности, на которой находится тележка, равна V_0 .

1. Найдите скорость V_1 тележки после броска.
2. Найдите продолжительность T полета мяча.
3. Найдите скорость V_2 тележки после того, как второй ученик поймает мяч.

Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

$$0 = v_1 \left(\frac{(1m + m_1 + M)v_1}{(m_1 + M)L} = L \left(\frac{m_1 v_1 + M v_1}{v_1 L} = v_1 \right)$$

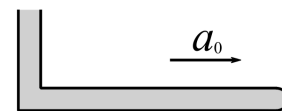
3. Однородный шар массой m находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается горизонтально натянутой нитью длиной L , привязанной к вершине клина.



1. Найти силу натяжения нити, если система покоится.
2. Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина.

$$\left(\frac{v_{\text{шар}} - 1}{T \cos \alpha} + v \sin \alpha \right) m = T \left(\frac{v_{\text{шар}} - 1}{T \sin \alpha} = R \right) \quad (T \cos \alpha = mg \sin \alpha)$$

4. Тонкая Г-образная трубка с горизонтальным коленом, закрытым с одного конца, и вертикальным коленом высотой $H = 40$ мм, открытым в атмосферу, заполнена полностью ртутью (см. рис.). Если трубку двигать (в плоскости рисунка) с ускорением, не большим некоторого a_0 , то ртуть из трубки не выливается.



1. Найти давление P_1 внутри трубки в точке A , находящейся от вертикального колена на расстоянии $1/3$ длины горизонтального колена, если трубка движется с ускорением a_0 .
2. Найти давление P_2 в точке A , если трубка движется с ускорением $0,6a_0$.
3. Найти давление P_3 вблизи закрытого конца трубки, если она движется с ускорением $0,8a_0$.

Атмосферное давление $P_0 = 740$ мм рт. ст. Давлением насыщенных паров ртути в условиях опыта пренебречь. Ответы дать в «мм рт. ст.».

$$P_1 = P_0 + \rho g \left(H + \frac{2}{3} L \right) + \rho a_0 \frac{2}{3} L = 740 + 13600 \cdot 9,8 \left(40 + \frac{2}{3} \cdot 100 \right) + 13600 \cdot a_0 \cdot \frac{2}{3} \cdot 100 = 13600 \cdot 9,8 \left(H + \frac{2}{3} L \right) + \rho a_0 \frac{2}{3} L = P_0 \left(1 + \frac{\rho g}{P_0} \left(H + \frac{2}{3} L \right) + \frac{\rho a_0}{P_0} \frac{2}{3} L \right)$$

5. Поршень делит объем горизонтального герметичного цилиндра на две равные части, в каждой из которых находится вода и водяной пар при температуре $T = 373$ К. Масса воды в каждой части в 5 раз меньше массы пара. Поршень находится на расстоянии $L = 0,6$ м от торцов, площадь поперечного сечения поршня $S = 20$ см². Масса M поршня такова, что $\frac{Mg}{S} = 0,01P_0$, здесь P_0 — нормальное атмосферное давление.

1. Найдите массу m воды в каждой части в начальном состоянии.
2. Цилиндр ставят на дно. Найдите вертикальное перемещение h поршня к моменту установления равновесного состояния.

Температура в цилиндре поддерживается постоянной. Трение считайте пренебрежимо малым. Молярная масса водяного пара $\mu = 18$ г/моль, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль · К). Объем воды намного меньше объема пара.

$$m = \frac{P_0 S L}{g} \approx \frac{101325 \cdot 20 \cdot 10^{-4} \cdot 0,6}{9,8} = 12 \text{ см}^3$$