

Олимпиада «Физтех» по физике

10 класс, 2019 год, вариант 1

1. Пушка установлена на плоском склоне горы, образующем угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. При выстреле «вверх» по склону снаряд падает на склон на расстоянии $S_1 = 700$ м от места выстрела. В момент падения скорость снаряда перпендикулярна поверхности склона. Пушку разворачивают на 180° и производят второй выстрел «вниз» по склону. Затем пушку перемещают на горизонтальную поверхность и производят третий выстрел. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой. Угол наклона ствола к поверхности, с которой стреляют, при всех выстрелах одинаков.

1. На каком расстоянии S_2 от места второго выстрела снаряд упадет на склон?
2. Найдите дальность L стрельбы при третьем выстреле.

$$S_2 \approx 1400 \text{ м} \quad (1)$$

2. На шероховатой горизонтальной поверхности стола покоится чаша. Внутренняя поверхность чаши — гладкая полусфера радиуса R . На дне чаши лежит небольшая шайба массы m . Масса чаши $3m$. Ударом шайбе сообщают горизонтальную скорость $V_0 = \sqrt{2gR}$, здесь g — ускорение свободного падения. Скольжение чаши начинается в тот момент времени, когда вектор скорости шайбы повернется на угол $\alpha = \frac{\pi}{6}$.

1. С какой силой P шайба действует на чашу в этот момент?
2. Вычислите коэффициент μ трения скольжения чаши по столу.

$$P \approx 3mg \cos \alpha \approx 2.6mg; \quad \mu \approx \frac{1 + \cos \alpha}{2} \approx 0.25 \quad (1)$$

3. Гладкая упругая шайба радиуса R , движущаяся со скоростью V_0 , упруго сталкивается с такой же шайбой, покоящейся на гладкой горизонтальной поверхности. В результате столкновения скорость налетающей шайбы уменьшается вдвое.

1. Найдите расстояние d от центра покоившейся шайбы до прямой, по которой двигался центр налетающей шайбы.
2. Через какое время T после соударения расстояние между центрами шайб будет равно S ?

$$d = R \sqrt{2} \quad (1)$$

4. Горизонтальный цилиндр длины $L = 0,5$ м вначале открыт в атмосферу и заполнен воздухом при температуре $T_0 = 300$ К. Цилиндр плотно закрывают тонким поршнем и охлаждают. Поршень смещается и останавливается на расстоянии $h = 0,4$ м от дна. Далее цилиндр нагревают до температуры T_0 , при которой поршень останавливается на расстоянии $H = 0,46$ м от дна. Атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа, площадь поперечного сечения цилиндра $S = 0,1$ м². Внутренняя энергия воздуха $U = \frac{5}{2}PV$, где P — давление, V — объем. Считать силу трения, действующую на поршень, постоянной в процессе движения поршня.

1. До какой температуры T_1 был охлажден воздух в цилиндре?
2. Найдите силу трения $F_{\text{тр}}$, действующую на поршень в процессе движения поршня.
3. Какое количество Q теплоты подвели к воздуху в цилиндре в процессе нагревания к тому моменту, когда поршень начал смещаться?

$$\frac{1}{T_1} \approx \left(1 - \frac{H}{L}\right) \frac{1}{T_0} \approx \left(\frac{H}{L}\right) \frac{1}{T_0} \approx \left(\frac{H}{L} - \frac{T_0}{T_1}\right) \frac{1}{T_0} \approx \frac{1}{T_0} \left(1 - \frac{H}{L}\right)$$

5. Теплоизолированный цилиндр объемом V разделен на две части перегородкой. В одной части находится водород в количестве ν при температуре T_1 , а в другой — азот в количестве $1,5\nu$ при температуре $\frac{5}{4}T_1$ и другом давлении. Перегородка прорывается.

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

$$\frac{1}{T_2} = \frac{1}{T_1} \frac{1 + 1,5 \frac{5}{4}}{1 + 1,5} = \frac{1}{T_1} \frac{1 + 1,875}{2,5} = \frac{2,875}{2,5} \frac{1}{T_1} = 1,15 \frac{1}{T_1}$$