

Олимпиада «Физтех» по физике

10 класс, 2023 год, вариант 2

1. Снаряд летит по вертикали и разбивается в высшей точке траектории на множество осколков, летящих во всевозможных направлениях с равными по модулю скоростями. Через $t_1 = 0,4$ с после разрыва все осколки находятся в полете, один из осколков движется горизонтально, его импульс $P_1 = 30$ кг · м/с. Масса снаряда $M = 10$ кг.

1. Найдите модуль P_2 суммарного импульса \vec{P}_2 всех остальных осколков в этот момент времени. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².
2. Найдите угол α между векторами \vec{P}_2 и \vec{g} в этот момент времени. В ответе укажите значение тригонометрической функции угла α : $\sin \alpha$ или $\operatorname{tg} \alpha$.

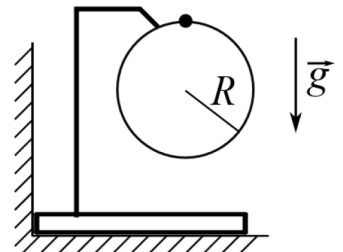
Наибольшее расстояние от точки разрыва до точки падения осколков на горизонтальную поверхность $d = 80$ м.

3. Найдите продолжительность T полета таких осколков.

Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

$$P_2 = \frac{6}{\sqrt{2}} \sqrt{2} = 6 \sqrt{2} \text{ кг} \cdot \text{м/с}; \quad \alpha = 45^\circ; \quad T = \frac{2d}{g} = \frac{2 \cdot 80}{10} = 16 \text{ с}$$

2. Брусок установлен вплотную к вертикальной стенке (см. рис.). На бруске закреплено в вертикальной плоскости кольцо радиуса $R = 1$ м, на которое надет шарик. Массы бруска и шарика одинаковы. Кольцо и держатель легкие. Трения нет. Из верхней точки кольца шарик скользит с пренебрежимо малой начальной скоростью.

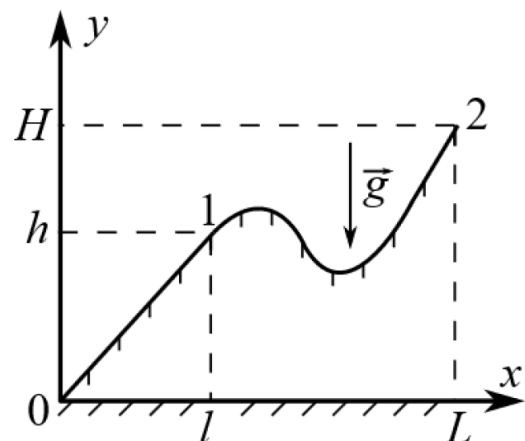


1. Найдите ускорение \vec{a} шарика в тот момент, когда сила, с которой брусок действует на вертикальную стенку, обращается в ноль. В ответе укажите модуль и направление вектора \vec{a} .
2. Найдите вертикальное перемещение h шарика к этому моменту времени.
3. Найдите наибольшую скорость V бруска.

Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². В процессе движения брусок не отрывается от гладкой горизонтальной плоскости.

$$V = \sqrt{2gR} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1} = \sqrt{20} \text{ м/с}; \quad h = R = 1 \text{ м}; \quad a = g = 10 \text{ м/с}^2$$

3. Школьник втаскивает санки на горку. Профиль горки в вертикальной плоскости показан на рисунке к задаче. Для того, чтобы, двигаясь по прямой, медленно втащить санки массой $m = 5$ кг, из точки 0 в точку 1, прикладывая силу вдоль плоской поверхности горки, необходимо совершить работу $A_1 = 300$ Дж. В точке 1 школьник отпускает санки. Вертикальная координата точки старта $h = 4,6$ м, начальная скорость санок нулевая. Коэффициент трения скольжения санок по горке одинаков на всей поверхности горки. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

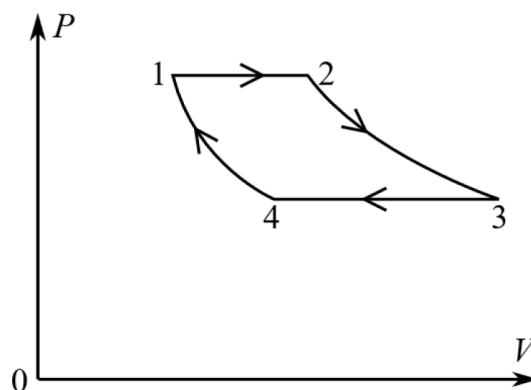


1. Найдите скорость V санок у основания горки в точке 0.
2. Какую работу A_2 следует совершить, чтобы медленно переместить санки по горке из точки 1 в точку 2? В точке 2 вертикальная координата $H = 10$ м, $L = 4l$.

На каждом элементарном перемещении вектор силы, которую школьник прикладывает к санкам, и вектор перемещения санок лежат на одной прямой. Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости.

$$A_2 = (1 - \frac{1}{7}) \cdot (mgh - \frac{1}{2} mV^2) + (H - h)mgh = \frac{1}{2} mV^2 + \frac{mgh}{7} - \frac{mgh}{7} = \frac{1}{2} mV^2 + \frac{mgh}{7} = 300 + \frac{5 \cdot 10 \cdot 4,6}{7} = 300 + 32,14 = 332,14 \text{ Дж}$$

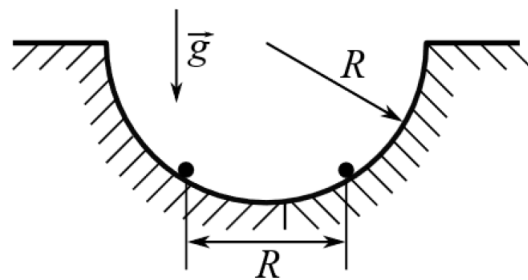
4. В цикле 1-2-3-4-1 тепловой машины две изобары и две изотермы (см. рис). Рабочее вещество — одноатомный идеальный газ. В процессе изобарного расширения до удвоения объема газ совершает работу A . Такую же работу A совершает газ при изотермическом расширении.



1. Найдите количество $Q_{\text{подв}}$ теплоты, подведенной к газу в процессах 1-2-3.
2. Найдите количество Q_{34} теплоты, отведенной от газа в процессе изобарического сжатия ($Q_{34} > 0$).
3. Найдите КПД η цикла.

$$Q_{\text{подв}} = 2,5A + A + 3,5A = 7A; Q_{34} = 2,5A; \eta = \frac{Q_{\text{подв}} - Q_{34}}{Q_{\text{подв}}} = \frac{7A - 2,5A}{7A} = \frac{4,5A}{7A} = \frac{9}{14} \approx 0,64$$

5. В гладкой горизонтальной плоскости сделана полусферическая лунка радиуса R , в которой на одном горизонтальном уровне удерживаются два заряженных шарика. Масса каждого шарика m , расстояние между шариками R . Шарика одновременно отпускают, и они вылетают из лунки. Отсчитанная от края лунки максимальная высота, на которую поднимается в полете каждый шарик, равна R . Шарика отрываются от гладких стенок лунки у краев.



1. С какой скоростью V движется каждый шарик за мгновение до отрыва от края лунки?
2. Найдите заряд Q каждого шарика.
3. Найдите наибольшую скорость U , с которой растет расстояние между шариками после вылета из лунки.

Соударения шариков с горизонтальной плоскостью абсолютно упругие. Ускорение свободного падения g . Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k .

$$\frac{1}{2} m v^2 = m g R \left(2 + \frac{k}{m g R} \right) \Rightarrow v = \sqrt{2 g R \left(2 + \frac{k}{m g R} \right)}$$