Олимпиада «Физтех» по физике

10 класс, 2023 год, вариант 1

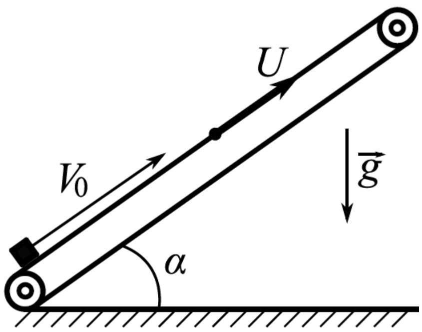
1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

1. Найдите начальную скорость V_0 мяча.
2. Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте h мяч ударится в стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

1) $V_0 = gT = 20$ м/с; 2) $h = 0{,}5\left(gT^2 - \frac{S^2}{gT^2}\right) = 15$ м

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin\alpha = 0{,}8$ (см. рис.).



В первом опыте небольшую коробку ставят на *покоящуюся* ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.

1. За какое время T после старта коробка пройдет *в первом опыте* путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, *движущуюся* со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

2. На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?
3. На какой высоте H, отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю?

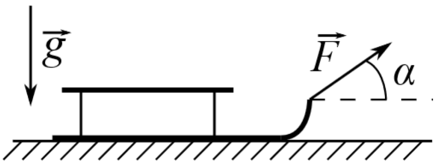
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

1) $T \approx 0{,}66$ с; 2) $L = \frac{V_0^2 - U^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = 0{,}6$ м; 3) $H = \left(L + \frac{U^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}\right)\cdot\sin\alpha = \frac{56}{75} \approx 0{,}75$ м

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.



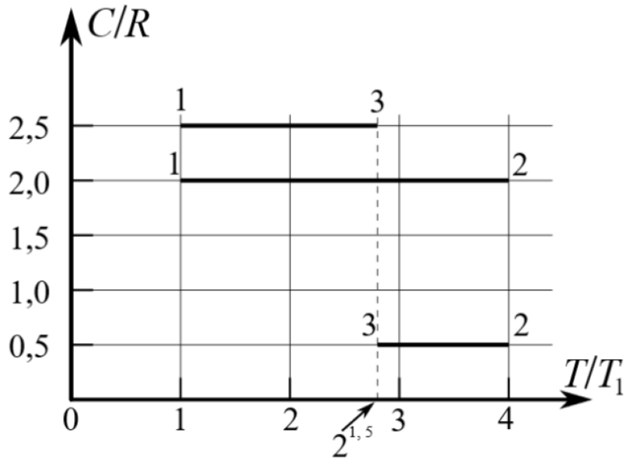
1. Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2. Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся?

Ускорение свободного падения g. Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

$\boxed{1)\ \mu = \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2};\ 2)\ T = \frac{V_0}{\mu g}}$

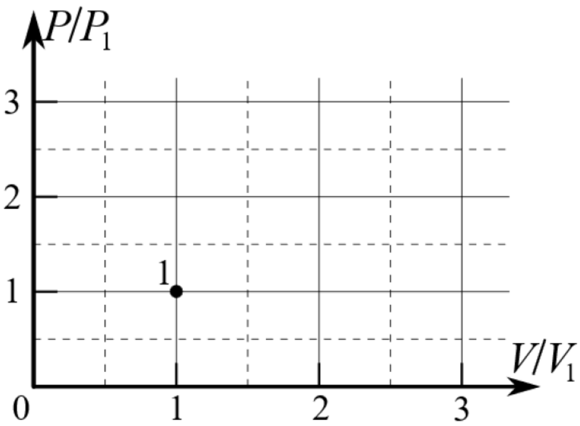
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество — один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ Дж/(моль $\cdot$ К).



1. Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

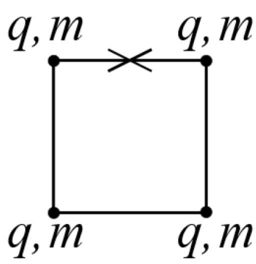
2. Найдите КПД η цикла.

3. Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



$\boxed{1)\ A_{12} = \left(2R - \frac{3}{2}R\right)3T_1 = 4986 \approx 5\cdot 10^3\ \text{Дж};\ 2)\ \eta = 1 - \frac{0{,}5RT_1(4-2\sqrt{2})+2{,}5RT_1(2\sqrt{2}-1)}{2RT_1(4-1)} = \frac{6{,}5-4\sqrt{2}}{6} \approx 0{,}14}$

5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m, заряд q.



1. Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2. Найдите скорость V любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3. На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k. Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

1) $T = \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right) \cdot k\frac{q^2}{b^2} \approx 1{,}35 \cdot k \cdot \frac{q^2}{b^2}$; 2) $V = |q|\sqrt{\frac{3\cdot\sqrt{2}-1}{6} \cdot \frac{k}{m\cdot b}} \approx 0{,}74|q|\sqrt{\frac{k}{m\cdot b}}$; 3) $d = \frac{\sqrt{5}}{2}b \approx 1{,}1 \cdot b$