19 октября 2025 года. Отборочный этап 2025/26
Задачи олимпиады: Физика 10 класс

1. Решение

По условию $x_0 = 0$, $V_{0X} = \sqrt{-\dfrac{\beta}{\alpha}}$, тогда соотношение в условии принимает вид $V_X^2 - V_{0X}^2 = \dfrac{1}{\alpha}(x - 0)$. Узнаем кинематику равнопеременного движения $V_X^2 - V_{0X}^2 = 2a_X(x - x_0)$. Вывод: рассматриваемое движение является равнопеременным, проекция ускорения $a_X = \dfrac{1}{2\alpha}$. Закон движения

$$x - x_0 = V_{0X}t + \frac{a_X}{2}t^2 = \sqrt{-\frac{\beta}{\alpha}}t + \frac{1}{4\alpha}t^2.$$

Подстановка $t = T$ в закон движения приводит к ответу на вопрос задачи.

2. Решение

По условию $\dfrac{AC}{CB} = n$. Координаты точки С: $x_C = \dfrac{1}{n+1}x_A$, $y_C = \dfrac{n}{n+1}y_B$. Тогда

$$V_C = \sqrt{\left(\frac{1}{n+1}V_A\right)^2 + \left(\frac{n}{n+1}V_B\right)^2}.$$

3. Решение

По условию колечко – свободно падающее тело. В традиционной задаче: в однородном поле тяжести g после старта на высоте h с горизонтальной скоростью V_0 материальная точка движется по траектории $y = h - \dfrac{g}{2V_0^2}x^2 = y_0 - Ax^2$. Искомая скорость

$$V_0 = \sqrt{\frac{g}{2A}}.$$

4. Решение

По второму закону Ньютона

для шайбы $$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{TP},$$

для клина $$M \cdot \vec{0} = M\vec{g} + \vec{N}_{ГОР} + \vec{F} + \left(-\vec{N}\right) + \left(-\vec{F}_{TP}\right).$$

Сложим эти равенства $$m\vec{a} = (M + m)\vec{g} + \vec{N}_{ГОР} + \vec{F}.$$

Перейдем к проекциям сил и ускорения на горизонтальную ось

$$ma\cos\alpha = F.$$

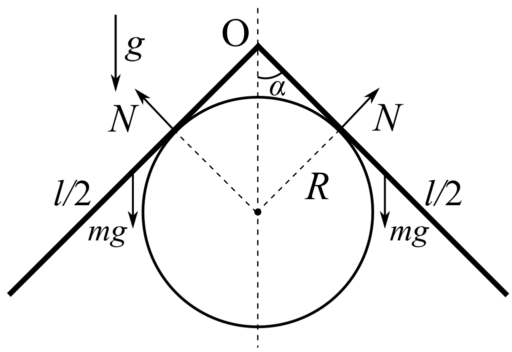
Ускорение шайбы $$a = \frac{F}{m\cos\alpha}.$$

При равнопеременном движении $V^2 = 2aS$.

Из этих соотношений следует $\dfrac{mV^2}{2} = \dfrac{FS}{\cos\alpha}$.

5. Решение

Стержни в покое $2mg = 2N\sin\alpha$ (см. рис), уравнение моментов для правого стержня относительно оси, проходящей через точку O перпендикулярно плоскости чертежа, $mg\dfrac{l}{2}\sin\alpha = NRctg\alpha$. Из этих равенств с учетом $l = 4R$ приходим к уравнению $ctg^3\alpha + ctg\alpha - 2 =$ 0, у которого есть целочисленный корень $ctg\alpha = 1$, тогда уравнение принимает вид



$$\left(ctg\alpha - 1\right)\left(ctg^2\alpha + ctg\alpha + 2\right) = 0.$$

В этом уравнении второй сомножитель всегда больше нуля. Единственный корень $\alpha = \pi/4$, угол между стержнями прямой. Далее $N = \sqrt{2}mg$, к стержню приложены силы $\vec{F} + \vec{N} + m\vec{g} = \vec{0}$. Из приведенных результатов следует

$$F = mg.$$

6. Решение

В кратковременном процессе соударения мешка с доской вертикальная составляющая импульса мешка под действием силы нормальной реакции уменьшается по величине от $mV_0\sin\alpha$ до нуля, модуль импульса силы нормальной реакции за время соударения равен $\sum\limits_i N_i\Delta t_i = mV_0\sin\alpha$ (действием силы тяжести пренебрегаем). Горизонтальная составляющая импульса мешка уменьшится на

$$\left|\Delta P_x\right| = \sum_i F_{mpi}\Delta t_i = \mu\sum_i N_i\Delta t_i = \mu mV_0\sin\alpha.$$

На столько же увеличится импульс доски (импульсы сил трения, действующих на мешок и на доску, одинаковы по модулю и противоположны по направлению). Тогда в процессе последующего движения ускорения тел будут следующими: мешка $a_{X\,M} = -\mu g$, доски $a_{X\,Д} = \mu\dfrac{m}{M}g$.

Скорость мешка будет убывать по закону $V_{X\,Ш}\left(t\right) = V_0\cos\alpha - \mu V_0\sin\alpha - \mu gt$,

скорость доски будет расти по закону $V_{X\,Д}\left(t\right) = \mu\dfrac{m}{M}V_0\sin\alpha + \mu\dfrac{m}{M}gt$.

Эти скорости будут равны в момент времени

$$T=\frac{V_0}{g}\left(\frac{\cos\alpha}{\mu\left(1+\frac{m}{M}\right)}-\sin\alpha\right).$$

7. Решение

Радиус R_1 земной орбиты и радиус R_2 орбиты планеты связаны соотношением

$$R_2=R_1\sin\alpha.$$

Из второго закона Ньютона $m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R=G\frac{mM}{R^2}$ следует $\frac{T^2}{R^3}=const$. Отсюда приходим к ответу $T_2=T_1\left(\sin\alpha\right)^{1,5}$.

8. Решение

По условию $\rho gH=\frac{\rho}{\mu}RT$, отсюда $T=\frac{\mu gH}{R}$.

9. Решение

Отношение объемов в процессе сжатия $\frac{V_2}{V_1}=\frac{p_1}{p_2}=\frac{mg+p_AS}{mg+Mg+p_AS}=\frac{1}{n}$, здесь m – масса поршня, M – масса песка, $p_А$ – атмосферное давление. Отсюда $n-1=\frac{Mg}{p_1S}$. Отношение объемов в процессе расширения

$$\frac{V_2}{V_3}=\frac{p_3}{p_2}=\frac{mg+\tilde{M}\,g+p_AS}{np_1S}=\frac{p_1S+\tilde{M}\,g}{np_1S}=\frac{1}{n}\left(1+\frac{\tilde{M}\,g}{p_1S}\right)=\frac{1}{k},$$

здесь $\tilde{M}$ – масса песка на поршне в конечном состоянии. Отсюда

$$n\left(\frac{1}{k}-\frac{1}{n}\right)=\frac{\tilde{M}\,g}{p_1S}.$$

Массовая доля удаленного песка $\frac{M-\tilde{M}}{M}=\frac{n}{n-1}\cdot\frac{k-1}{k}$.

10. Решение

В процессе $p=\alpha V$ к газу подводят количество теплоты

$$Q_1=U_2-U_1+A_{12}=\frac{3}{2}\left(p_2V_2-p_1V_1\right)+\frac{1}{2}\left(p_2V_2-p_1V_1\right)=2\nu R\Delta T.$$

В изобарном процесс к газу подводят количество теплоты $Q_2=\frac{5}{2}\nu R\Delta T$. Тогда $\Delta Q=\frac{1}{2}\nu R\Delta T$, отсюда $\nu R=2\frac{\Delta Q}{\Delta T}$. В процессе без подвода теплоты (первое начало термодинамики) $0=U_2-U_1+A_{ГАЗА}$, далее $A_{ВН}=-A_{ГАЗА}$, тогда

$$A_{BH} = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = 3 \frac{\Delta T_1}{\Delta T} \Delta Q .$$