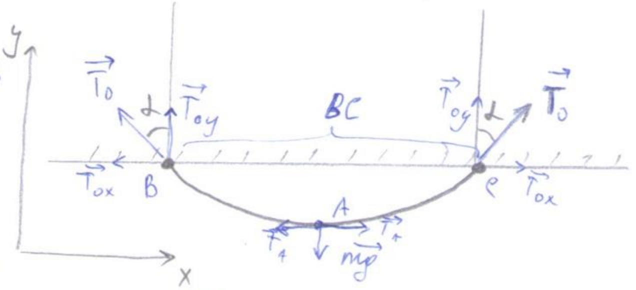
Задача N1.

Дано: m, T_0

T_A - ?

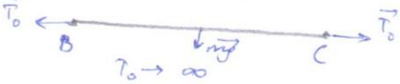
Решение:



BC<L

L-длина троса

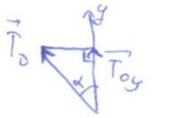
т.к. трос не двигается => $\sum \vec{F} = \vec{0}$ вдоль оси X не дают двигаться силы $\vec{T_{ox}}$, всю тяжесть троса выносят силы $\vec{T_{oy}}$ даже если BC = L трос будет провисать, т.к. он имеет массу m и $\vec{T_{oy}}$ компенсирует $\vec{mg}$ силу тяжести. Если точки B и C очень близко, то $\vec{T_0}$ совпадает с Oy и $T_0 = \frac{mg}{2}$



Oy: $\sum \vec{F} = \vec{0}$

$2T_{oy} - mg = 0$

$2T_{oy} = mg \quad T_{oy} = T_0 \cos\alpha$



$2T_0\cos\alpha = mg \quad T_0 = \frac{mg}{2\cos\alpha} \qquad \cos\alpha = \frac{mg}{2T_0}$

в каждой точке троса сила натяжения направлена по касательной к кривизне троса. В т.A T_A параллельно оси X т.к. сила натяжения складывается из 2-х составляющих,

$T_A = T_{ox} \qquad T_A = T_0 \cdot \sin\alpha \qquad \sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha}$

$\sin\alpha = \sqrt{1-\left(\frac{mg}{2T_0}\right)^2}$

$T_A = T_0\sqrt{1-\left(\frac{mg}{2T_0}\right)^2} = \sqrt{T_0^2 - \frac{(mg)^2 \cdot T_0^2}{4T_0^2}}$

$T_A = \sqrt{\frac{4T_0^2-(mg)^2}{4}} = \sqrt{\frac{(2T_0-mg)(2T_0+mg)}{4}}$

Ответ: в т.A сила натяжения троса $T_A = \sqrt{\frac{(2T_0-mg)(2T_0+mg)}{4}}$

Задача решена правильно.

Решение оценено в 10 баллов.

Задача 2

Дано:

k

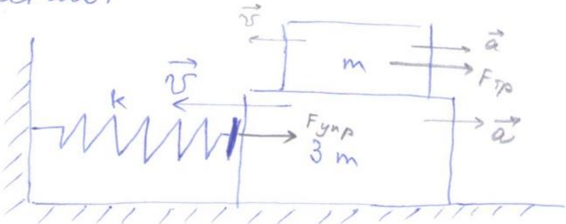
v

$3m$

m

μ_{min} – ?

Решение:



$F_{упр} = k\Delta x$ Δx – сжатие пружины $E_k = \frac{mv^2}{2}$

$W_p = \frac{k\Delta x^2}{2}$ – энергия сжатой пружины $F_{тр} = \mu \cdot N$

$m_0 = 3m + m = 4m$

На сжатие пружины уйдёт вся кинетическая энергия движения брусков.

$\frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{4mv^2}{2}$ $k\Delta x^2 = 4mv^2$ $\Delta x^2 = \frac{4mv^2}{k}$ $\Delta x = 2v\sqrt{\frac{m}{k}}$ – сжатие пружины.

в конце торможения на нижний брусок будет действовать сила:

$$F_{упр} = k\,2v\sqrt{\frac{m}{k}} = 2v\sqrt{mk}$$

$\vec{F} = m\cdot\vec{a}$

$a = \frac{F}{m}$

бруски достигнут максимального ускорения

$$a_m = \frac{F_{упр}}{4m} = \frac{2vk\sqrt{\frac{m}{k}}}{4m} = \frac{2v\sqrt{mk}}{4m} = \frac{1}{2}v\sqrt{\frac{k}{m}}$$

предположим верхний брусок удержался и не проскальзывал при торможении => сила трения при данном ускорении была больше или равна „сбрасывающей силе“

$m\cdot a_m \le F_{тр}$. т.к. просят найти μ_{min} достаточно: $m\cdot a_m = F_{тр}$

$m\cdot\frac{1}{2}v\sqrt{\frac{k}{m}} = \mu mg$ $\mu = \frac{m\cdot 0{,}5\,v\sqrt{\frac{k}{m}}}{mg} = \frac{v}{2g}\sqrt{\frac{k}{m}}$

Ответ: брусок не соскочит при коэффиц. трения

$$\mu_{min} = \frac{v}{2g}\sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Задача решена правильно.

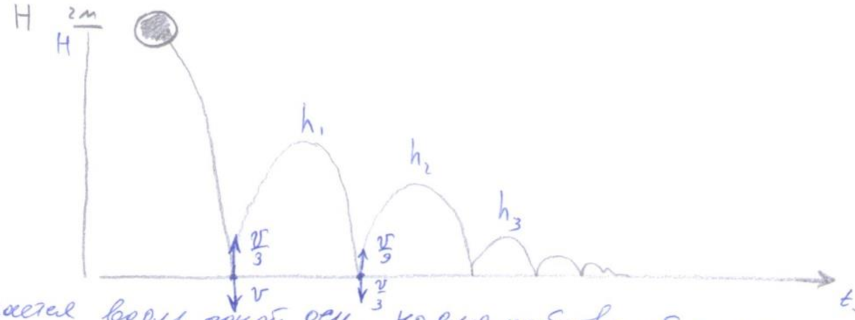
Решение оценено в 12 баллов.

Задача 3

Дано:
$H = 2м$
$n = 3$

$S_0 - ?$

Решение:



шарик двигается вдоль одной оси, но для удобства обозначения траектории нарисован график $H(t)$

$\frac{mv^2}{2} = mgh \qquad \frac{v^2}{2} = gh \qquad v = \sqrt{2Hg}$

$h = \frac{v^2}{2g}$ после первого отскока: $v_1 = \frac{v}{3} = \frac{\sqrt{2Hg}}{3}$

$v_1^2 = \frac{v^2}{9} = \frac{2Hg}{9}$

$h_1 = \frac{2Hg}{9} \cdot \frac{1}{2g} = \frac{Hg}{9g} = \frac{H}{9}$

после 2-ого отскока: $v_2 = \frac{v_1}{3} = \frac{v}{9} = \frac{\sqrt{2Hg}}{9}$

$v_2^2 = \frac{2Hg}{81}$

$h_1 = \frac{2Hg}{81} \cdot \frac{1}{2g} = \frac{H}{81}$

после ~~...~~ n-ого отскока $h_n = \frac{H}{3^{2n}}$ за потскок мячик проходит путь $2h_n$

$S_0 = H + 2h_1 + 2h_2 + \ldots + 2h_x = H + 2(h_1 + h_2 + \ldots + h_x) = H + 2\left(\frac{H}{3^2} + \frac{H}{3^4} + \ldots + \frac{H}{3^{2x}}\right) =$

$= H + 2H\left(\frac{1}{3^2} + \frac{1}{3^4} + \ldots + \frac{1}{3^{2x}}\right) \qquad S = \left(\frac{1}{3^2} + \frac{1}{3^4} + \ldots + \frac{1}{3^{2x}}\right)$ — бесконечно убывающая геометрическая прогрессия.

$S = \frac{X(q^{n'} - 1)}{(q-1)} \qquad X = \frac{1}{9} \quad q = \frac{1}{9}$

$n' \to \infty$

$S = \frac{\frac{1}{9}\left(\frac{1}{9^\infty} - 1\right)}{\left(\frac{1}{9} - 1\right)}$ n' - кол-во отскоков

$S \approx \frac{1}{9} \cdot 1{,}125 = 0{,}125.$

$S_0 = H + 2H \cdot S = H + 2H \cdot 0{,}125 = 2 + 2 \cdot 2 \cdot 0{,}125 = 2{,}5\ м$

Ответ: шарик пройдёт путь $S_0 = 2{,}5м$

Задача решена правильно.

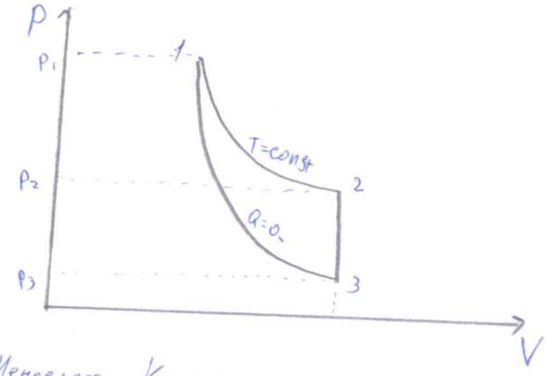
Решение оценено в 12 баллов.

Задача 4

$\nu = 1$ моль.
1-2 $T = const$
2-3 $V = const$
3-1 $Q = 0$
$\eta = 0{,}26$
$\Delta T = 600 K$.

$Q_у - ?$

Решение:



$PV = \nu RT$ — ур. Менделеева-Клапейрона для идеального газа.

$\eta = \dfrac{A_ц}{Q_у}$

$Q = \Delta U + A \qquad U = \frac{3}{2}\nu RT$

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu RT_1 - \frac{3}{2}\nu RT_2 = \frac{3}{2}\nu R\Delta T.$

	p	V	T
1-2	↓	↑	const
2-3	↓	const	↓
3-1	↑	↓	↑

$\Delta U_{12} = 0$ т.к. $T = const$

$T_3 < T_1$

$\Delta U_{2-3} = \frac{3}{2}\nu R\left(\frac{P_3V_3}{\nu R} - \frac{P_2V_2}{\nu R}\right) = \frac{3}{2}V_2(P_3 - P_2) \qquad \Delta T = T_1 - T_3 = 600K$

На 2-3 $V = const \Rightarrow A = 0$.

$\Delta U_{31} = -A. \qquad \Delta U_{31} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = 7479$ Дж.

полезная работа A совершается только на участке цикла 3-1.

$\eta = \dfrac{A}{Q_у} \Rightarrow Q_у = \dfrac{A}{\eta} = \dfrac{\Delta U_{31}}{\eta}$

$Q_у = \dfrac{\frac{3}{2}\nu R\Delta T}{\eta} = \dfrac{7479}{0{,}26} = 28765{,}4$ Дж.

Ответ: за цикл к машине подводится кол-во теплоты $Q_у = 28{,}765$ кДж

Неправильно записана формула для вычисления КПД тепловой машины. КПД равен разности между теплотой подведенной к машине и отведённой от неё за цикл, делённой на подведённую теплоту.

Ответ неправильный.

Решение оценено в 0,5 от 12 = 6 баллов.

Задача 5

Дано:

R

$2R$

$3R$

$5R$

$+q$

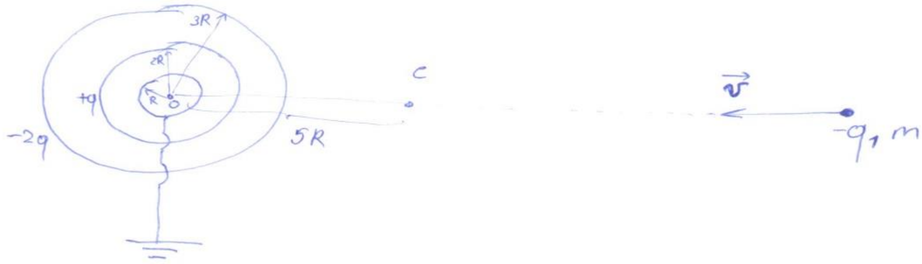
$-2q$

$-q_1, m$

---

v - ?

Решение:



$W_p = \varphi \cdot q$ $\quad \varphi = \frac{kq}{r}$ $\quad W_p = \frac{k q_1 q_2}{r}$ $\quad k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

$E_k = \frac{mv^2}{2}$

$\cdot\ E_k = W_p$

$\frac{mv^2}{2} = \frac{kQq_1}{r}$ $\quad Q$ - заряд всех сфер. $\quad q_1 = -q$

центральная заземлённая сфера приобретёт заряд $-q$

$Q = -2q$

$mv^2 \cdot r = 2kQq_1$ $\quad r = OC = 5R$

$v^2 = \frac{2kQq_1}{m5R}$

$v = \sqrt{\frac{2k|-2q|\cdot|-q|}{5mR}} = \sqrt{\frac{4q^2}{4\pi\varepsilon_0 5mR}} = \sqrt{\frac{q^2}{5\pi\varepsilon_0 mR}}$

Ответ: при скорости $v = \sqrt{\frac{q^2}{5\pi\varepsilon_0 mR}}$

Неправильно найден заряд внутренней заземлённой сферы.

Решение оценено в 0,75 от 12 = 9 баллов.

Задача 6

Дано:

h

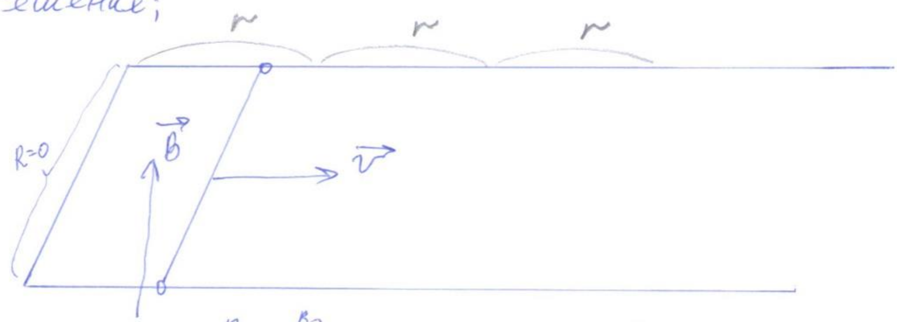
r

v

$B(t) = \frac{B_0}{\tau} t$

$Q - ?$

Решение;



$B_{(t)} = \frac{B_0}{\tau} t \qquad B(t) = B_0$ при $t = \tau$

$Q = I^2 R t$

$I = \frac{U}{R} \qquad Q = \frac{U^2}{R} t \qquad I = \frac{\mathcal{E}}{R} \qquad \mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \qquad \Delta\Phi = \Delta B \cdot \Delta S \cdot \cos\alpha \qquad \alpha = 90°$

$\cos\alpha = 1.$

за всё время $\Delta t = \tau \qquad \Delta\Phi = \Delta B \cdot \Delta S$

$R_{кон.} = 2 r v \tau \qquad \Delta S = h v \tau \qquad \Delta B = B_0$

$R_{нач} = R = 0 \qquad \Delta\Phi = B_0 h v \tau \qquad \Rightarrow \mathcal{E}_{ср} = \frac{B_0 h v \tau}{\tau} = B_0 h v$

$I_{ср} = \frac{\mathcal{E}_{ср}}{R_{ср}} = \frac{B_0 h v}{\frac{1}{2} 2 r v \tau}$

$R_{ср} = \frac{1}{2} R_{кон.}$ т.к. перемычка двигалась равномерно => можем брать все средние значения, которые равны половине максимальных

$I_{ср} = \frac{B_0 h}{r \tau}$

$Q = \frac{\mathcal{E}^2}{R} t = I^2 R t \qquad Q = \frac{B_0^2 h^2 v^2}{r^2 \tau^2} \cdot \tau = \frac{B_0^2 h^2 v^2}{\tau r^2}$

Ответ: за время, когда поле станет B_0, выделится $Q = \frac{B_0^2 h^2 v^2}{\tau r^2}$ Дж теплоты

Ответ неправильный.

Не найдено мгновенное значение ЭДС электромагнитной индукции, что привело к ошибке в нахождении искомой теплоты.

Решение оценено в 0,5 от 22 = 11 баллов.

Суммарная оценка работы 60 баллов.