0713313600002

71-33-13-60
(2.2)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1 : класс 10

Место проведения Москва
город

дополн. ф-р

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

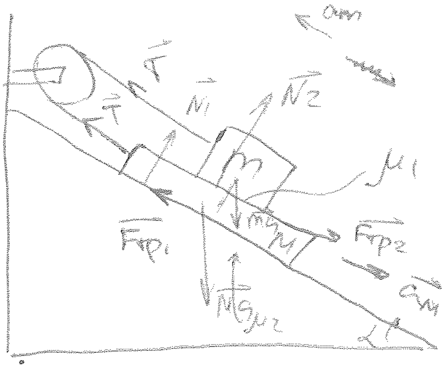
Гульник Анны Александровны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«09» февраля 2024 года

Подпись участника

71-33-13-60 (2.2)

Задача 1.1   без черновика



a_m – ускорение бруска

a_M – ускорение доски

$a_m = a_M = a$

т.к нить нерастяжима

$$m\vec{a_m} = \vec{T} + \vec{N_2} + m\vec{g} + \vec{F_{тр2}}$$

$$M\vec{a_M} = \vec{T} + \vec{F_{тр1}} + \vec{N_1} + M\vec{g} + (-\vec{F_{тр2}})$$

Ox:

$$-ma_m = -T + mg\sin\alpha + F_{тр2}$$

$$Ma_M = Mg\sin\alpha - T - F_{тр1} - F_{тр2}$$

Oy:

$$0 = N_2 - mg\cos\alpha \qquad P = N_2$$

$$0 = N_1 - Mg\cos\alpha - P$$

$$N_2 = mg\cos\alpha$$

$$N_1 = Mg\cos\alpha + mg\cos\alpha = g\cos\alpha(M+m)$$

$$-ma_m - Ma_M = mg\sin\alpha + 2F_{тр2} + F_{тр1} - Mg\sin\alpha$$

$$(m+M)a = (M-m)g\sin\alpha - 2F_{тр2} - F_{тр1} \qquad \left| \begin{array}{l} F_{тр2} = N_2 \cdot \mu_1 \\ F_{тр1} = N_1 \cdot \mu_2 \end{array} \right.$$

$$a = \frac{\left(M - \frac{M}{9}\right)g\sin\alpha - 2\frac{M}{9}\cos\alpha \cdot g\mu_1 - g\cos\alpha\left(M + \frac{M}{9}\right)\cdot\mu_2}{\left(\frac{M}{9} + M\right)}$$

1	2	3	4	5	
20	20	16	20	20	96

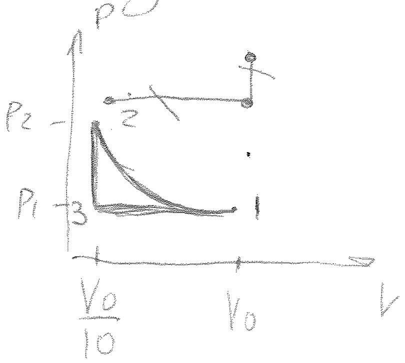
$$a = g\,\frac{\left(1-\frac{1}{9}\right)\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{9}\cdot\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\left(1+\frac{1}{9}\right)0{,}3}{\left(\frac{1}{9}+1\right)} =$$

$$= g\,\frac{\left(\frac{4}{9} - \frac{\sqrt{3}}{18} - \frac{\sqrt{3}\cdot 10\cdot 3}{2\cdot 9\cdot 10}\right)}{\frac{10}{9}} = g\left(\frac{4-\frac{4\sqrt{3}}{2}}{10}\right) = g\left(\frac{2-\sqrt{3}}{5}\right)$$

$$\approx 2(\underbrace{2-1{,}73}_{0{,}27}) \approx 0{,}54\ м/с^2$$

Ответ: $0{,}54$ м/с^2

Задача 1.3



1-3 – изобара
3-2 – изохора
1-2 – адиабата
минимальная температура
$T_{min} = 200K$ в т. 3

$$Q = \underbrace{\frac{i}{2}\nu R(T_3 - T_1)}_{<0} + \underbrace{A_{13}}_{<0} + \underbrace{\frac{i}{2}\nu R(T_2 - T_3)}_{>0}$$

12:

$Q_{12} = 0$ работа внешних сил

$0 = -A + \frac{i}{2}\nu R(T_2 - T_1)$ $\Rightarrow T_1 = 2000K$

$P_1 V_0 = \nu R T_1$ $\quad T_3\cdot 10 = T_1$ $\Rightarrow$ ~~$T_1 = 200K$~~

$P_1\frac{V_0}{10} = \nu R T_3$ $\quad A_{13} = -P_1\cdot\left(\frac{9}{10}V_0\right) = -\frac{9}{10}\nu R T_1$

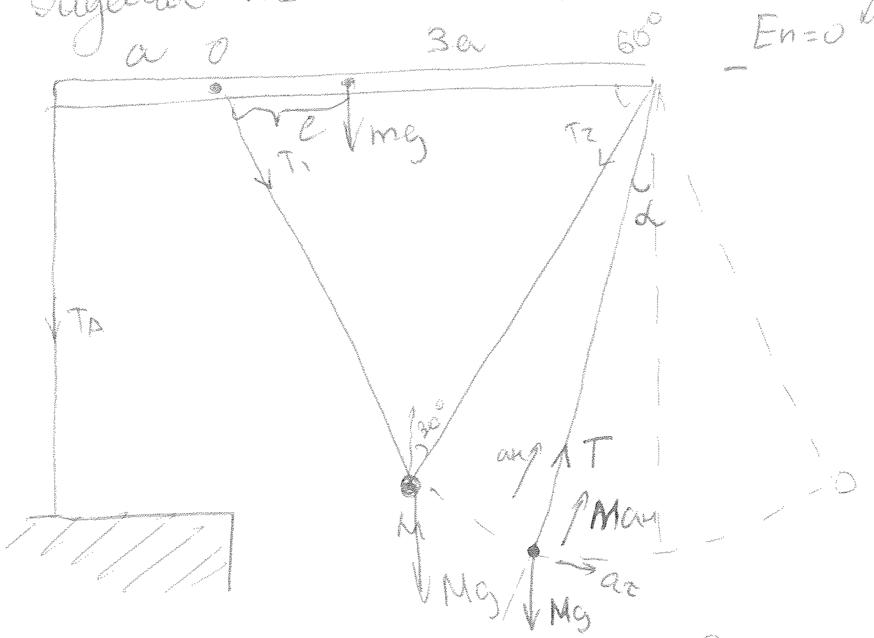
$$A = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$$

$$T_2 = +\frac{2A}{3\nu R} + T_1$$

$$= \frac{2\cdot 40\cdot 10^3}{3\cdot 8{,}31} + 2000 = 2\cdot 10^3\left(\frac{40}{3\cdot 8{,}31}+1\right)$$

на обороте, решение!

Задача 1.2



$E_п = 0$ ← нулевой уровень потенциальной энергии

l - расстояние от O до ц.м. стержня

$l = \frac{4a}{2} - a = a$

L - длина нити

$Mg = T_1 \cdot \cos 30° + T_2 \cdot \cos 30°$ (+)

$T_1 \cdot \sin 30° = T_2 \cdot \sin 30° \Rightarrow T_1 = T_2$

$Mg = 2T_2 \cdot \cos 30° = T_2 \sqrt{3}$ $\qquad T_2 = \frac{Mg}{\sqrt{3}}$

Правило моментов для начального положения:

$T_A \cdot a = mg \cdot \overset{=a}{l} + T_2 \cdot 3a \cdot \sin 60°$ (+)

$T_A = mg + \frac{Mg}{\sqrt{3}} \cdot 3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = (m + 1{,}5M)g$ (+)

чтобы сила натяжения вертикальной нити была максимальна, момент силы натяжения нити с шариком должен быть максимален

Запишем З.С.Э для произвольного момента времени, когда нить с шариком составляет с вертикалью угол α тогда правило моментов

$T_{Ax} \cdot a = mg \cdot a + T \cdot 3a \cdot \underset{}{\overset{= \cos\alpha}{\sin(90° - \alpha)}}$

Закон Ньютона в проекции на нить:

$Ma_н = T - Mg\cos\alpha$

$a_н$ - нормальное ускорение шарика в этот момент

ЗСЭ для шарика:

$-MgL\cos 30° = -MgL\cos\alpha + \frac{Mv^2}{2}$ (+)

$2gL(\cos\alpha - \cos 30°) = v^2$

$$a_н = \frac{v^2}{L} = 2g(\cos\alpha - \cos 30^\circ)$$

$$T = M(g\cos\alpha + a_н) = M(g\cos\alpha + 2g\cos\alpha - 2g\cos 30^\circ)$$

$$T = Mg(3\cos\alpha - 2\cos 30^\circ)$$

$$T_{ax} = mg + 3T\cdot\cos\alpha$$

$$T_{ax} = mg + 3Mg\cos\alpha(3\cos\alpha - 2\cos 30^\circ)$$

Из этого соотношения видно, что чем больше $\cos\alpha$, тем больше T_{ax}

$T_a \to max \Rightarrow \cos\alpha \to max \to \alpha = 0$

$\cos\alpha = 1$

$$T_{ax\,max} = mg + 3Mg(3 - \sqrt{3})$$

$$T_{ax\,max} = mg(1 + 18(3 - \sqrt{3}))$$

$$\frac{T_{ax\,max}}{T_a} = \frac{\cancel{mg}(1 + 18(3 - \sqrt{3}))}{\cancel{mg}(1 + 9)} \approx \frac{24,4}{10} \approx 2,44$$

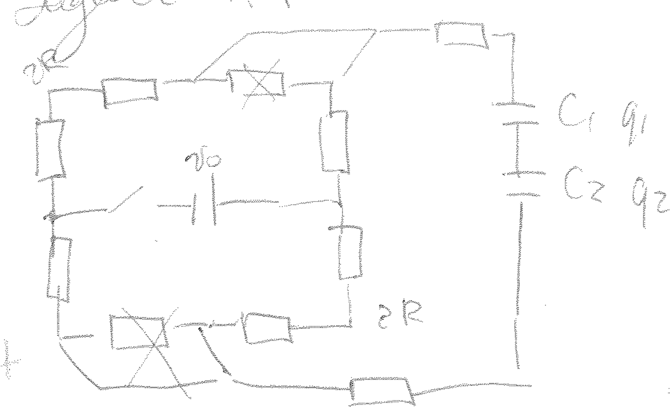
~~[illegible]~~ $3 - \sqrt{3} \approx 1,27$

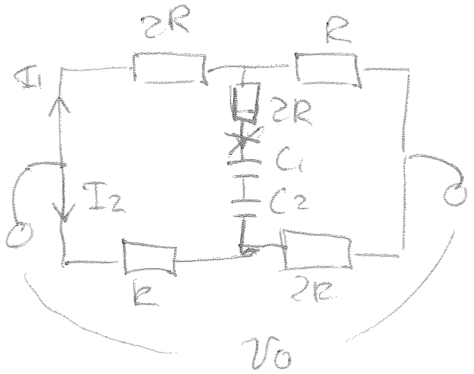
$\cdot 18$, $1,3$, 54, $+18$, $23,4$

Ответ: $2,44 \approx 2,4$ (+)

Задача 1.4

Сопротивления всех резисторов – R





т.к когда конденсатор заряжен, через него не идет ток, то напряжения на последовательно подключенных к конденсаторам резисторах не будет. +

$$\mathcal{V}_0 = I_1(3R) \qquad \Rightarrow I_1 = I_2 = \frac{\mathcal{V}_0}{3R} +$$
$$\mathcal{V}_0 = I_2(3R)$$

~~I₂ 2R~~ $I_2 \cdot R + \mathcal{V}_{C_1C_2} + I_1 R = \mathcal{V}_0$

$$\mathcal{V}_{C_1C_2} = \mathcal{V}_0 - \frac{2}{3}\mathcal{V}_0 = \frac{\mathcal{V}_0}{3} +$$

$$C = \frac{q}{\mathcal{V}} \qquad + W = \frac{C\mathcal{V}^2}{2}$$

энергия на конденсаторе

$+ \; q_1 = q_2$

$$C_1\mathcal{V}_1 = C_2\mathcal{V}_2 \qquad \mathcal{V}_1 = \frac{6}{4}\mathcal{V}_2$$

$$\mathcal{V}_2 = \frac{\mathcal{V}_0 \cdot 4}{3 \; 10} \qquad \mathcal{V}_{C_1C_2} = \mathcal{V}_1 + \mathcal{V}_2 = \frac{10}{4}\mathcal{V}_2$$

$$\mathcal{V}_1 = \frac{2\mathcal{V}_0}{10} \qquad W_1 = \frac{4 \cdot 10^{-9} \cdot \cancel{2}^2 \cdot 5^2}{\cancel{2} \; \cancel{10^2}} = 2 \cdot 10^{-9}$$

В·кл

Ответ: $2 \cdot 10^{-9}$ В·кл

71-33-13-60 (2.2)

$$Q = \frac{3}{2}\cdot 8{,}31\,\underbrace{(200-2000)}_{-1800} - \frac{9\cdot 8{,}31\cdot 200\cancel{0}}{1\cancel{0}} + \frac{3}{2}8{,}31\left(2\cdot 10^3\left(\frac{40}{3\cdot 8{,}31}+1\right)-200\right) =$$

$$= 8{,}31\left(-2700 - 1800 + 3\cdot 10^3\left(\frac{\overset{8}{\cancel{40}}}{\underset{5}{\cancel{25}}}+1\right) - 300\right)$$

$$= 8{,}31\left(-4800 + 300\,\overset{26}{(16+10)}\right) = 8{,}31\cdot 3000$$

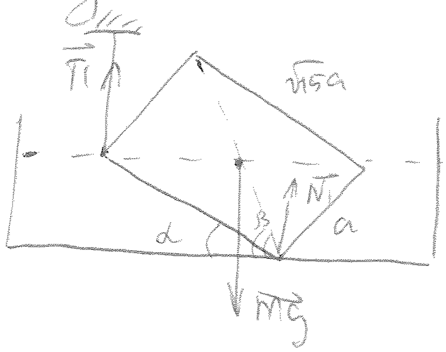
$$\approx 25\cdot 1000 \approx 25\text{ кДж}$$

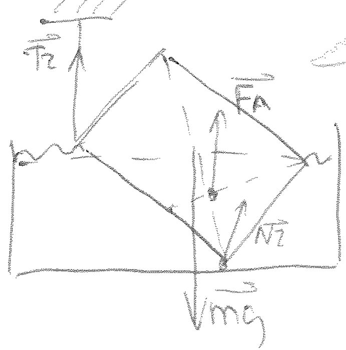
$8{,}31 \approx \frac{8{,}33\cdot 3}{3} \approx \frac{25}{3}$

$26\cdot 3 = 78$

Ответ: 25 кДж

Задача 1.5

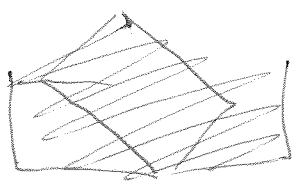


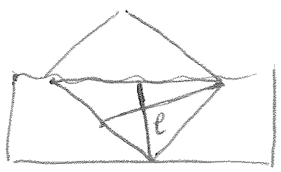


$m\vec{g}$ приложена в центре масс детали, в этом сечении на пересечении диагоналей прямоугольника. Диагонали прямоугольника т.к. делятся пополам. Длина диагонали — b по т. пифагора

$$b = \sqrt{a^2 + 15a^2} = 4a$$

$\vec{F_A}$ масса приложена в центре масс объема вытесненной жидкости, т.к. в этом сечении в центре масс треугольника, который находится под уровнем масс





Центр масс треугольника находится на пересечении медиан, которые в свою очередь т.к. делятся в отношении 2:1, считая от вершины.

$\Rightarrow$ центр плавучести находится на расстоянии $l = \frac{2}{3}\cdot\frac{1}{2}b = \frac{4a}{3}$ от шарнира

Правило моментов для первого случая: отно шарнира

$$T_1 \cdot \sqrt{15}a \cdot \cos\alpha = mg \cdot 2a \cdot \cos\beta$$

Правило моментов для второго случая: отно шарнира

$$T_2 \cdot \sqrt{15}a \cdot \cos\alpha + F_A \cdot \frac{4a}{3} \cdot \cos\beta = mg \cdot 2a\cos\beta$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{mg \cdot 2a}{mg2a - F_A \cdot \frac{4a}{3}}$$

$$F_A = \rho_M \cdot V_{погр} \cdot g \qquad V_{погр} = \frac{1}{2}V$$

$$mg = \rho_a V \cdot g$$

по условию $\rho_A = 3\rho_M$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\rho_a V \cdot 2}{\rho_a V \cdot \cancel{2} - \rho_M \cdot \frac{1}{2} V \cdot \frac{\cancel{4}^{2}}{3}} = \frac{\rho_A}{\rho_A - \frac{\rho_M}{3}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{3\rho_M}{3\rho_M - \frac{\rho_M}{3}} = \frac{3}{\frac{8}{3}} = \frac{9}{8}$$

Ответ: $\frac{9}{8}$