



0 780529 080003

78-05-29-08

(2,4)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1, 10 класс

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Лытина Вадима Алексеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

« 09 » феврале 2024 года

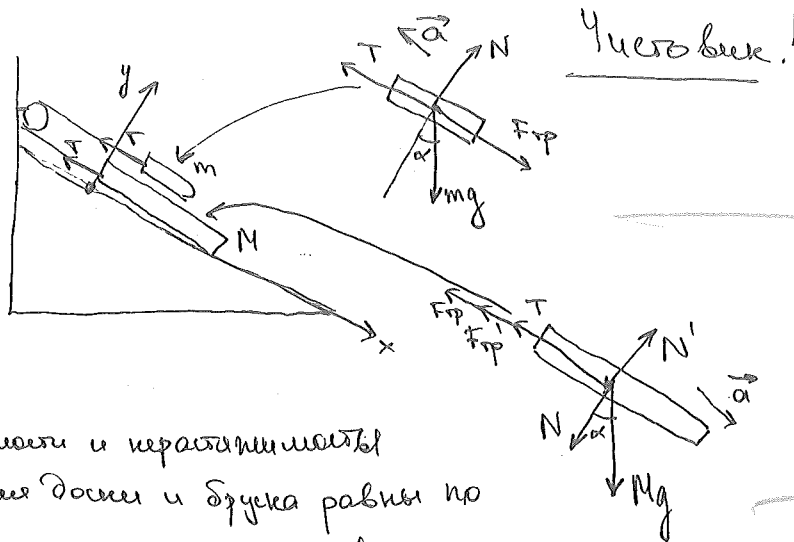
Подпись участника

Вли

78-05-29-08
(2.4)

9.1

- $m = M/g$
- $\alpha = 30^\circ$
- $\mu_1 = 0,5$
- $\mu_2 = 0,3$
- $g = 10 \text{ м/с}^2$
- $a = ?$



1) Из-за шнуровости и шероховатости кисти ускорения доски и бруска равны по модулю, противоположны по направлению.

2) Условия равновесия по Oy : для m : $N = mg \cos \alpha$ +
 для M : $N' = N + Mg \cos \alpha$ +

3) II закон Ньютона на Ox для m : $ma = T - F_{тр} - mg \sin \alpha$ +
 для M : $Ma = Mg \sin \alpha - T - F'_{тр} - F_{тр}$ +

4) $F_{тр} = \mu_1 N = \mu_1 mg \cos \alpha$

$F'_{тр} = \mu_2 N' = \mu_2 (mg \cos \alpha + Mg \cos \alpha) = (m+M) \mu_2 g \cos \alpha$

5)
$$\begin{cases} ma = T - \mu_1 mg \cos \alpha - mg \sin \alpha \\ Ma = Mg \sin \alpha - T - \mu_2 (m+M) g \cos \alpha - \mu_1 mg \cos \alpha \end{cases}$$

$(m+M)a = Mg \sin \alpha - 2\mu_1 mg \cos \alpha - mg \sin \alpha - \mu_2 (m+M) g \cos \alpha$ +

$10ma = 8mg \sin \alpha - 2\mu_1 mg \cos \alpha - 10m\mu_2 g \cos \alpha$

$10a = g(8 \sin \alpha - 2\mu_1 \cos \alpha - 10\mu_2 \cos \alpha)$

$a = \frac{8 \sin \alpha - 2\mu_1 \cos \alpha - 10\mu_2 \cos \alpha}{10} g = \frac{4 \sin \alpha - (1 + 5\mu_2) \cos \alpha}{5} g$

$= \frac{4 \cdot \frac{1}{2} - (0,5 + 5 \cdot 0,3) \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{5} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = \frac{2 - \sqrt{3}}{5} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 2(2 - \sqrt{3}) \text{ м/с}^2$

$a > 0$, значит, направление выбрано верно.

В ином случае получится $a < 0$.

Ответ: $2(2 - \sqrt{3}) \text{ м/с}^2$

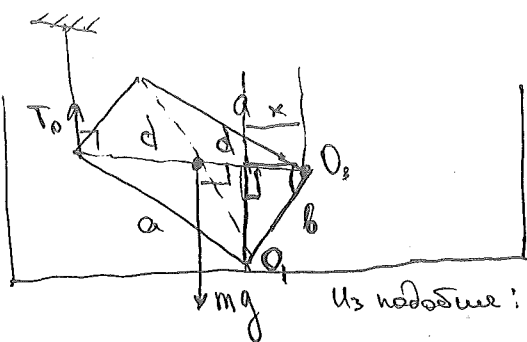
20

11.5

$$a/b = \sqrt{15}/1$$

$$\rho_{\text{пл}} = 3 \rho_{\text{ж}}$$

$$T_1/T_0 = ?$$



Чистовик!

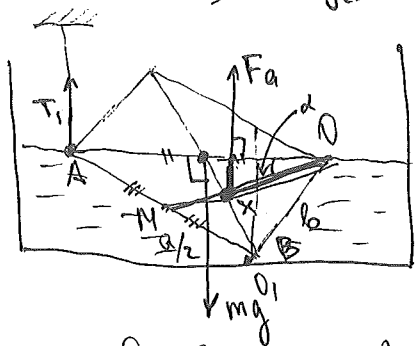
← до наливания масла

Из подобия: $\frac{b}{2d} = \frac{\kappa}{b}, \kappa = \frac{b^2}{2d}$

1) Центр тяжести однородной прямоугольной пластины находится в точке пересечения диагоналей.

2) Из геометрии: $2d = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{16b^2} = 4b, d = 2b$

3) Пластина в равновесии. Запишем пр-но моментов относительно т. О: ~~$mg \cdot d = T_0 \cdot 2d, T_0 = \frac{1}{2} mg$~~



← поле наливания масла.

4) На пластину действует сила Архимеда F_a . Она приложена к центру тяжести погруженной части, то есть к точке пересечения медиан образовавшегося тр-ка. ($\triangle AOB$)

5) Из геометрии: $OM = \sqrt{BM^2 + OB^2} = \sqrt{\frac{15b^2}{4} + b^2} = \sqrt{\frac{19b^2}{4}}$

$$OX = \frac{2}{3} OM = \frac{\sqrt{19}b}{3}$$

В $\triangle AOM$: $AM^2 = AO^2 + OM^2 - 2AO \cdot OM \cdot \cos \alpha$,

$$\cos \alpha = \frac{AO^2 + OM^2 - AM^2}{2 \cdot AO \cdot OM} = \frac{16b^2 + \frac{19b^2}{4} - \frac{15b^2}{4}}{2 \cdot 4b \cdot \frac{\sqrt{19}b}{2}} =$$

$$= \frac{17b^2}{4\sqrt{19}b^2} = \frac{17}{4\sqrt{19}}$$

6)
$$\begin{cases} F_a = \rho_{\text{ж}} V_{\text{п}} g \\ mg = \rho_{\text{пл}} V g \\ V_{\text{п}} = V/2 \\ \rho_{\text{пл}} = 3\rho_{\text{ж}} \end{cases} \Rightarrow F_a = mg/6$$

7) Пр. мом. отн. т. О: ~~$-F_a \cdot OX \cos \alpha + mg d = T_1 \cdot 2d,$~~
 ~~$-F_a \cdot \frac{\sqrt{19}b}{3} \cdot \frac{17}{4\sqrt{19}} + mg \cdot 2b = T_1 \cdot 4b,$~~

Продолжение на след. листе!

78-05-29-08
(2.4)

Продолжение:

Условие

$$2mg = 4T_1 + \frac{17}{12} Fa$$

$$4T_1 = 2mg - \frac{17}{12.6} mg = \frac{12 \cdot 12 - 17}{12.6} mg, T_1 = \frac{127}{12.24}$$

$$\begin{aligned} \text{Тогда } \frac{T_1}{T_0} &= \frac{(12^2 - 17) \cdot 2}{12.6} = \frac{12^2 - 17}{36} = \frac{144 - 17}{36} = \frac{127}{36} \\ &= \frac{127 \cdot 2}{12.24} = \frac{127}{144} \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } \frac{127}{144}$$

8) Запишем пр-ло мом. отн г. О, до наливании масла:

$$mg \left(2b - \frac{b^2}{2d} \right) = T_0 \left(4b - \frac{b^2}{2d} \right)$$

$$mg(4d - b) = T_0(8d - b)$$

$$T_0 = \frac{4a - b}{4a - b} mg = \frac{4d - b}{8d - b} mg = \frac{7}{15} mg$$

9) Запишем пр-ло мом. отн г. О, после наливании масла.

$$mg \left(2b - \frac{b^2}{2d} \right) = T_1 \left(4b - \frac{b^2}{2d} \right) + Fa \left(\frac{\sqrt{19}b}{3} \frac{17}{4\sqrt{19}} - \frac{b^2}{2d} \right)$$

$$mg(2a - b) = T_1(4a - b) + Fa \left(\frac{17}{12} a - b \right)$$

$$T_1(4a - b) = \frac{mg}{6} \left(12a - 6b - \frac{17}{12} a + b \right) = \frac{mg}{6} \left(\frac{127}{144} a - 5b \right)$$

$$10) \frac{T_1}{T_0} = \frac{\frac{127}{144} a - 5b}{6(2a - b)} = \frac{127 \sqrt{15} - 5}{12\sqrt{15} - 6}$$

$$mg(4d - b) = T_1(8d - b) + Fa \left(\frac{17}{6} d - b \right)$$

$$mg \cdot 7 = T_1 \cdot 15 + \frac{mg}{3} \cdot \frac{17}{3}$$

$$15T_1 = 7mg - \frac{7}{9} mg = \frac{63 - 7}{9} mg = \frac{56}{9} mg$$

$$T_1 = \frac{56 mg}{15 \cdot 9}$$

$$10) \frac{T_1}{T_0} = \frac{56 \cdot 15}{7 \cdot 15 \cdot 9} = \frac{8}{9}$$

Ответ: 8/9

1.3

$\nu = 1 \text{ моль}$
 $T_{\text{min}} = 200 \text{ К}$
 $A = 40 \text{ Дж}$
 $V_1 = 10V_2$
 $Q = ?$

1) У-е адиабаты: $pV^\gamma = \text{const}$

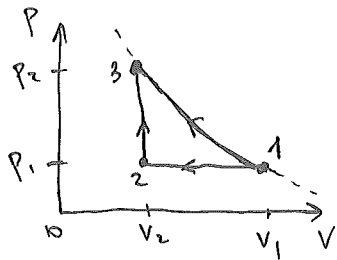
Условие

Для одноатомного газа $\gamma = 5/3$.

$$p_1 V_1^{5/3} = p_2 V_2^{5/3}, \quad \frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{5/3} = 10^{5/3}$$

$$p_1 = 10^{5/3} p_2.$$

2) Построим график указанных процессов:



3) Из графика следует, что минимальная температура T_{min} достигается в точке 2 (т.к. $p_1 V$ - минимальны).

$$p_1 \cdot V_2 = \nu R T_{\text{min}}$$

4) Теплоту Q необходимо подводить на участке 2-3 и выводить на 1-2.

По I началу т.д. для изохорного процесса:

$$Q_1 = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_{\text{min}})$$

5) Во время процесса 1-3: $-A = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$, $\frac{3}{2} \nu R T_1 = A + \frac{3}{2} \nu R T_3$

Во время процесса 1-2 (изобар.): $Q_0 = \Delta U - A_1 = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_{\text{min}}) - p_1 (V_1 - V_2)$

$$Q_0 = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_{\text{min}}) - p_1 V_2 = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_{\text{min}}) - \nu R T_{\text{min}}$$

$$Q = Q_1 + Q_0 = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_{\text{min}}) + A + \frac{3}{2} \nu R T_3 + \frac{3}{2} \nu R T_{\text{min}} + \nu R T_{\text{min}} =$$

$$= \nu R T_{\text{min}} + A = 9 \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 200 \text{ К} + 40 \text{ Дж} = 1800 \cdot 8,31 \text{ Дж} + 40000 \text{ Дж} = 14958 \text{ Дж} + 40000 \text{ Дж} = 54958 \text{ Дж}$$

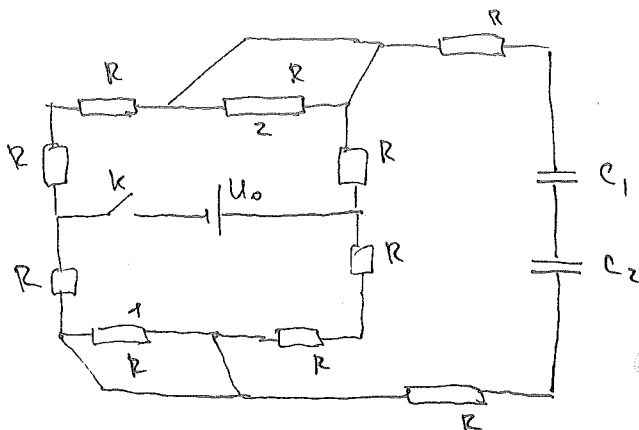
Ответ: 54958 Дж.

78-05-29-08
(2.4)

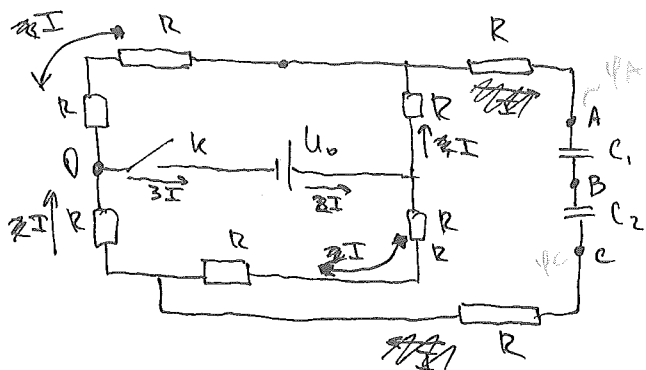
1.4

$U_0 = 5\text{В}$
 $C_1 = 4\text{нФ}$
 $C_2 = 6\text{нФ}$
 $\epsilon_1 = ?$

Числовые



Через резисторы 1 и 2 ток не течет (закорочены) +



$U_0 = 3IR$
 $I = \frac{U_0}{3R}$

Ток через заряженный конденсатор не течет.

$\varphi_A = U_0 - IR$, $\varphi_C = IR$

$\varphi_A - \varphi_C = U_0 - 2IR = U_1 + U_2 =$
 $= (1 + \frac{C_1}{C_2}) U_1$

$\begin{cases} q_+ = C_1 U_1 \\ q_- = C_2 U_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{C_2}{C_1}$
 $U_2 = \frac{C_1}{C_2} U_1$

$U_0 - \frac{2U_0 R}{3R} = (1 + \frac{C_1}{C_2}) U_1 = \frac{U_0}{3}$

$U_1 = \frac{U_0}{3} \cdot \left(\frac{C_2}{C_1 + C_2} \right) = \frac{6U_0}{10 \cdot 3} = \frac{U_0}{5}$

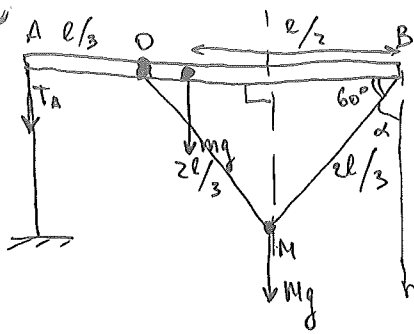
$\epsilon_1 = U_1 q = U_1^2 C_1 = \frac{U_0^2 C_1}{25} = \frac{25\text{В}^2 \cdot 4 \cdot 10^{-9}\text{Ф}}{25} = 4\text{нДж}$

Ответ неверный

Ответ: 4 нДж.

1.2 Числовые

$m,$
 $M = 6m$
 $OB = 3OA$
 $(T_A)_{\max} / T_A = ?$



Длина стержня l .

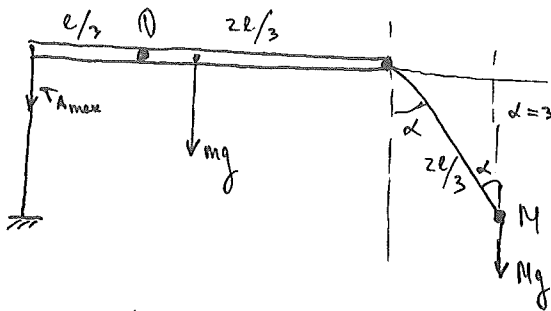
1) Система стержень + шарик
 Система в равновесии,
 запишем пр. мом. отн. т. O:

$$mg \left(\frac{l}{2} - \frac{l}{3} \right) + Mg \frac{l}{3} = T_A \frac{l}{3} +$$

$$\frac{mg}{2} + 2mg = \frac{T_A}{3}$$

$$T_A = \frac{13}{2} mg$$

2) После переизгибания нити будет изменяться плечо силы Mg .
 Сила T_A - макс, когда плечо силы Mg - макс. Это происходит,
 когда шарик находится в крайнем правом положении. *каверин!*



пр-мо мом. отн-но т. O:

$$mg \frac{l}{6} + Mg \left(\frac{2l}{3} (1 + \sin \alpha) \right) = \frac{l}{3} T_{A \max}$$

$$\frac{mg}{6} + \frac{12mg}{3} \cdot \frac{3}{2} = \frac{1}{3} T_{A \max}$$

$$T_{A \max} = \frac{mg}{2} + 18mg = \frac{37}{2} mg$$

$$\frac{T_{A \max}}{T_A} = \frac{37}{13} \approx 2,8$$

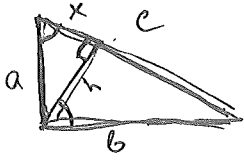
Ответ: 2,8.

Черновик.

$$8,31 \times 1800 =$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 831 \\ \times 18 \\ \hline 6648 \\ 831 \\ \hline 14958 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 37 \overline{) 13} \\ 26 \\ \hline 110 \\ -104 \\ \hline 60 \\ 52 \\ \hline 8 \end{array}$$



$$\frac{a}{c} = \frac{h}{b} = \frac{x}{a}$$

$$h = \frac{ab}{c}$$

$$x = \frac{a^2}{c}$$

