



Уход: 14:06  
Приход: 14:14

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

Исайкина Богдана Евгеньевна  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

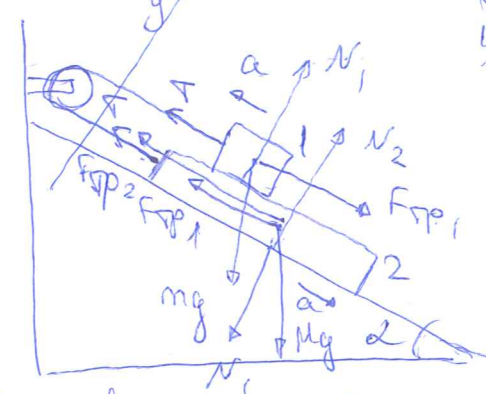
Дата  
« 9 » февраля 2024 года

Подпись участника  
Исайкина

55-10-01-07  
(2.2)

$\alpha = 30^\circ$   
 $m = \frac{M}{g}$   
 $\mu_1 = 0,5$   
 $\mu_2 = 0,3$   
 Найти:  
 $a = ?$

Решение:



Чистовик 1 **Z**

1) рассмотрим силы, действующие на брусок и гонку, предположим, что гонка движется вверх по склону с ускорением  $a$   
 $\Delta x^1$  - брусок, 2 - гонка

2) Рассмотрим брусок, запишем 2Зк на  $Oy$  и  $Ox$ :

$y: N_1 = mg \cos \alpha \Rightarrow F_{sp1} = \mu_1 N_1 = \mu_1 mg \cos \alpha$

$x: T - F_{sp1} - mg \sin \alpha = ma$

$T = m(a + g \sin \alpha + \mu_1 g \cos \alpha)$

3) Рассмотрим гонку, 2Зк на  $Oy$  и  $Ox$ :

$y: N_2 = Mg \cos \alpha + N_1 \Rightarrow F_{sp2} = \mu_2 (Mg \cos \alpha + mg \cos \alpha)$

$x: Mg \sin \alpha - F_{sp1} - F_{sp2} - T = Ma$

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

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

$= \frac{Mg \sin \alpha - mg(\mu_1 \cos \alpha + \mu_2 \cos \alpha + g \sin \alpha + \mu_1 g \cos \alpha)}{M + m}$   
 Подставим  $M = 9m$ ,  
 $\mu_1 = 0,5; \mu_2 = 0,3; \alpha = 30^\circ$

$a = g \cdot \frac{9 \sin \alpha - (\mu_1 \cos \alpha + \mu_2 \cos \alpha + \sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha)}{10}$

$= g \cdot \frac{9 \sin \alpha - 2\mu_1 \cos \alpha - \mu_2 \cos \alpha - \sin \alpha}{10}$

75	Самые интересные
20	Курбатов
20	Смирнов
3	Юлиан
20	Возможность
12	Молодые

Числовик 2

$$a = \left( 8 \cdot \frac{1}{2} - 9 \cdot \frac{9}{10} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{3}{10} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \text{ м/с}^2 =$$

$$= \frac{4}{10} - \frac{2\sqrt{3}}{10} \text{ м/с}^2 \approx 0,05 \text{ м/с}^2 = 0,05 \text{ м/с}^2$$

Ответ: ~~0,05 м/с<sup>2</sup>~~ 0,05 м/с<sup>2</sup>

W-2

Дано:

$M = 6 \text{ т}$

$l = 3$

Найти:

$\frac{(\tau_A)_{\max}}{\tau_A} = ?$

Решение:

Рассмотрим систему в критической момент времени равновесия шарика



положе равнов- го перекли мая  $T_0 = \frac{Mg}{2 \cos \alpha}$  из 23к

Пусть нить составляет с вертикалью угол  $\beta$ , шарик движется со ск-но  $v$  и  $mg$

Найдем  $\tau(\beta)$

$$\Delta h = L \cos \beta - L \cos \alpha = L(\cos \beta - \cos \alpha)$$

всг от нач момента:

$$Mg \Delta h = \frac{Mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = 2g L(\cos \beta - \cos \alpha)$$

23к на  $O_y$ :

$$\tau - Mg \cos \beta = m \frac{v^2}{L}$$

$$\tau = M(g \cos \beta + 2g(\cos \beta - \cos \alpha)) = Mg(3 \cos \beta - 2 \cos \alpha)$$

Числовый 3  
 Отсюда видно, что  $T = T_{\max}$ , если  $\cos \beta = 1$ ,  
 т.е. нить вертикальна. Очевидно, что  
 в этот же момент достигается  $(T_A)_{\max}$

$$T_{\max} = Mg(3 - 2\cos \alpha)$$

из УР отн-но точке O:

$$mg \cdot l + T_{\max} \cdot l = (T_A)_{\max} \cdot l$$

$$(T_A)_{\max} = 18mg(3 - 2\cos \alpha) + mg = mg(55 - 36\cos \alpha)$$
~~$$(T_A)_{\max} = 3mg(3 - \cos \alpha)$$~~

Найдем  $T_A$  в каждый момент времени из  
 УР. отн-но м. O.

$$T_A \cdot l = mg \cdot l + T_0 \cos(\alpha) l = mg \cdot l + \frac{3mg}{2\cos \alpha} \cdot \cos \alpha \cdot 3l$$
~~$$T_A \cdot l = mg \cdot l + 3mg \cdot l$$~~

$$3mg \cdot l =$$

$$T_A = 10mg = 10mgl$$

$$\frac{(T_A)_{\max}}{T_A} = \frac{55 - 36\cos \alpha}{10} = \frac{55 - 18\sqrt{3}}{10} =$$

$$= 5,5 - 1,8\sqrt{3} \approx 5,5 - 3,1 = 2,4$$

Ответ: 2,4 (+)

$\alpha = \frac{2}{3}$

Чистовик 4

Дата:

$T_{min} = 200K$

$A = 40 \text{ кДж}$

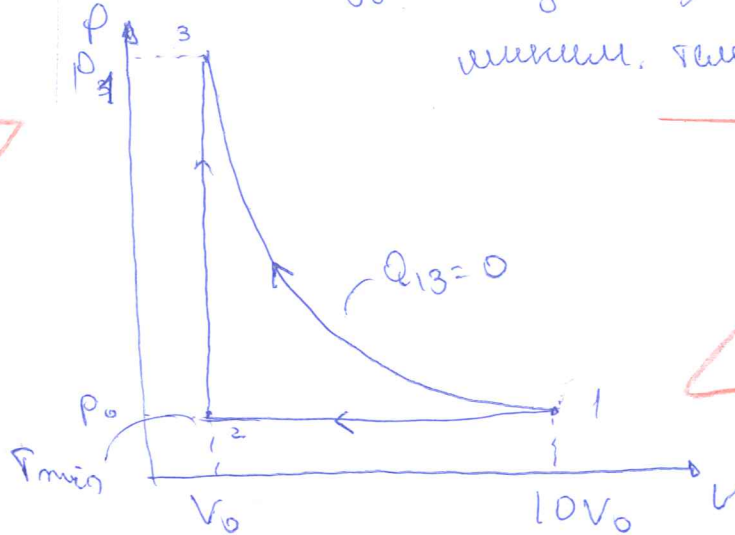
Найти:

$Q$

Решение:

газ расширяется, так как объем увеличивается  
значит будет адиаб. р(в):

миним. темп в т. 2



Рассмотрим процесс 1-3 (первое кал. тело):

$Q_{13} = A_{13} + \Delta U_{13}, Q_{13} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta U_{13} = -A_{13} = A$

при этом  $\Delta U_{13} = U_3 - U_1 = \frac{3}{2} p_1 V_0 - \frac{3}{2} p_0 V_0 = A$

$p_1 = \frac{\frac{2}{3} A + 10 p_0 V_0}{V_0}$

Рассмотрим точку 2:

$p_0 V_0 = R T_{min} \Rightarrow p_1 V_0 = \frac{2}{3} A + 10 R T_{min} ?$

Рассмотрим процесс 1-2: (I кал. тело):

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} (p_0 V_0 - 10 p_0 V_0) - 3 p_0 V_0 =$

$= -\frac{5}{2} \cdot 9 p_0 V_0$

Рассмотрим процесс 2-3:

$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} (p_1 V_0 - p_0 V_0) + 0 =$   
 $= \frac{3}{2} \left( \frac{2}{3} A + 10 p_0 V_0 - p_0 V_0 \right) = A + \frac{3}{2} \cdot 9 p_0 V_0$

55-10-01-07  
(2.2)

Число 5

$$Q = \sqrt{Q_{12} + Q_{23}} = \sqrt{A + \frac{3}{2} \cdot 9 \rho_0 - \frac{5}{2} \cdot 9 \rho_0}$$

$$= \sqrt{A - 9 \rho_0} = \sqrt{A - 9R \tau_{\text{max}}} \Rightarrow Q = \sqrt{A - 9R \tau_{\text{max}}}$$

$$Q = \cancel{1622} \text{ Ом} - 14918 \text{ Ом}$$

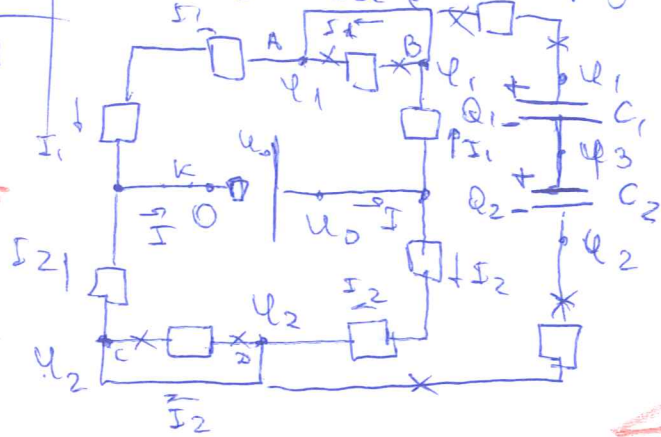
Ответ: ~~1622 Ом~~ - 14918 Ом

$\omega = 4$

Дано:  
 $U_0 = 5 \text{ В}$   
 $C_1 = 4 \text{ мкФ}$   
 $C_2 = 6 \text{ мкФ}$   
 Капитал  
 $U_{C1} = ?$

Решение:

Рассмотрим цепи в установившемся состоянии (ток через конденсаторы не течёт)



Видно, что  $U_A = U_B = U_1$ , поэтому  $I_{AB} = 0$

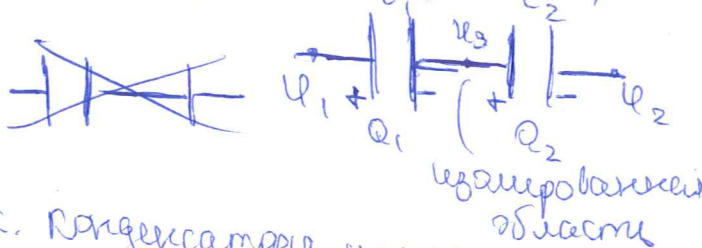
$U_C = U_D = U_2$ , поэтому  $I_{CD} = 0$

Заметим, что  $U_0 = 3I_1 R = 3I_2 R$ ,

так что  $I_1 R = I_2 R = \frac{U_0}{3}$

Поэтому  $U_2 = U_0 - 2I_2 R = \frac{U_0}{3}$ , а  $U_1 = U_0 - I_1 R = \frac{2}{3} U_0$

Рассмотрим конденсаторы:



т.к. конденсаторы изолированы и не заряжены, то заряд изолированной области остаётся равным нулю:

~~$$-C_1(U_1 - U_3) + C_2(U_3 - U_2) = 0$$~~

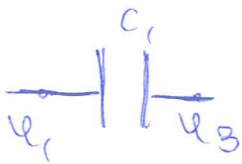
$-C_1 U_1 + C_1 U_3 = -C_2 U_3 + C_2 U_2$  Установив B

$U_3 (C_1 + C_2) = C_2 U_2 + C_1 U_1$

$U_3 = \frac{C_2 U_2 + C_1 U_1}{C_1 + C_2}$

$U_3 = \frac{6 \cdot \frac{U_0}{3} + 4 \cdot \frac{2}{8} U_0}{10} = \frac{7}{15} U_0$

Тогда рассмотрим  $C_1$ :



$W_1 = \frac{C_1 (U_1 - U_3)^2}{2} =$   
 $= \frac{C_1 \cdot U_0^2}{50}$

$W_1 = \left( 4 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{25}{50} \right) \text{ Дж} = 2 \text{ нДж}$

Ответ: 2 нДж

$n=5$

Дано:

$k=1:\sqrt{15}$

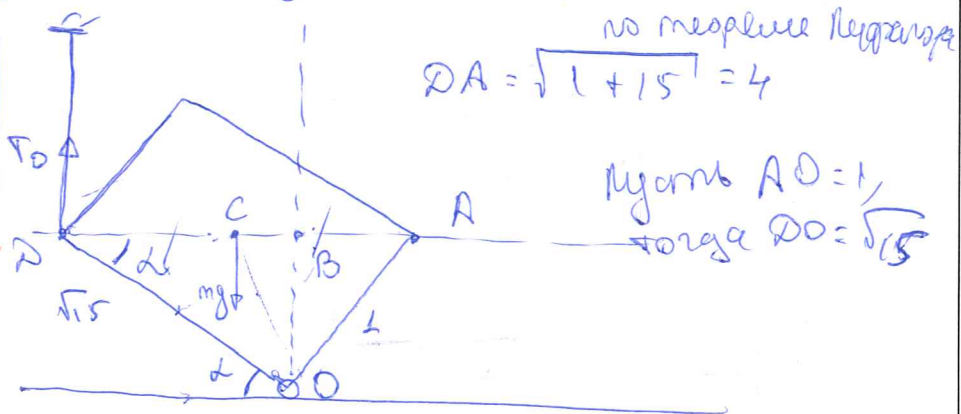
$DA = 3 \text{ см}$

Найти:

$\frac{T_{\text{в}}}{T_0} = ?$

Решение:

для начала определим  $T_0$  - длину нити в узкой области:



$DA = \sqrt{1+15} = 4$

пусть  $AD = 1$ ,  
тогда  $DO = \sqrt{15}$

$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1+15}} = \frac{1}{4} \Rightarrow AB = \frac{1}{4}$

$CB = CA - AB = 2 - \frac{1}{4} = \frac{3}{2}$

$DB = CD + CB = 2 + \frac{3}{2} = \frac{7}{2}$

Чистовик  $\nabla$

Условие равновесия относительно т.О:

$$T_0 \cdot \frac{3}{2} = mg \cdot \frac{3}{2}$$

$$T_0 \cdot \frac{3}{2} = mg \cdot \frac{3}{2}$$

$$T_0 = \frac{3}{2} mg$$

в случае, когда в совету нашей массы,

~~mg уменьшается на силу Архимеда~~

$$\cancel{F_A = \rho_{\text{ж}} \cdot \frac{V}{2} \cdot g = \frac{\rho_{\text{ж}} g V}{6} = \frac{mg}{6}}$$

~~тогда  $mg \rightarrow \frac{5}{6} mg$ , а  $T_1 = \frac{5}{6} T_0 =$~~

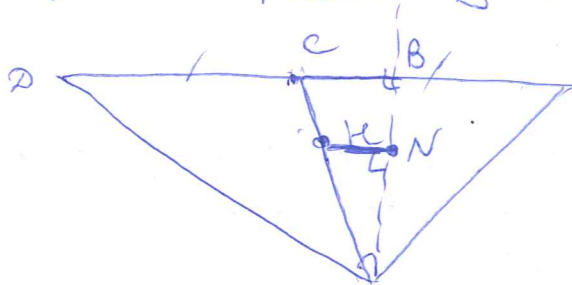
~~сила Архимеда будет применена~~

$\nabla$  пересечению медиан треугольника  $\triangle AOB$  (центр масс)

$$F_A = \rho_{\text{ж}} \cdot \frac{V}{2} g = \frac{\rho_{\text{ж}} g V}{6} = \frac{mg}{6} \text{ (с.р. в массе)}$$

оказывая половина парамиллиметра)

Рассмотрим  $\triangle AOB$



$K$  - центр масс,  
 $CK:KO = 1:2$ , с.р.  
 медиан пересекается  
 как  $1:2$

$$\cos \angle CAO = \cos \angle AOB = \cos \alpha = \frac{1}{4}$$

$$\text{тогда } CO^2 = CA^2 + AO^2 - \frac{1}{2} CA \cdot AO \cos \angle CAO =$$

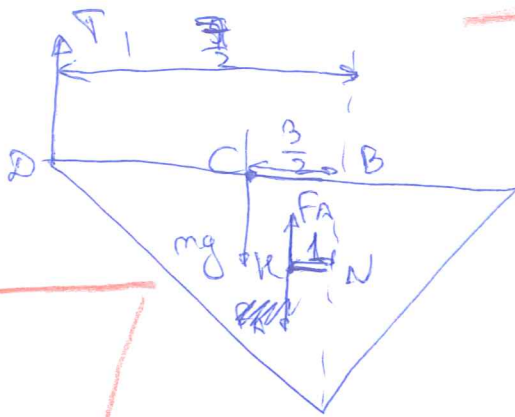
$$= 4 + 1 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1 \cdot \frac{1}{4} = 4,75$$

тогда  $KN = \frac{2}{3} CB = 1$  - этого

применения силы Архимеда



решением условия равенства относительно точки O:



$$T_1 \cdot DB = mg \cdot CB = FA \cdot CN$$

$$T_1 \cdot \frac{3}{2} = mg \cdot \frac{3}{2} = \frac{mg}{2} \cdot 1$$

$$T_1 = mg \cdot \frac{3}{2} = \frac{3}{2} mg$$

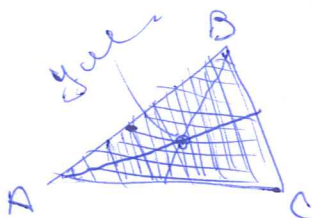
$$\frac{T_1}{T_0} = \frac{\frac{3}{2} mg}{\frac{5}{2} mg} = \frac{3}{5}$$

Ответ:  $\frac{T_1}{T_0} = \frac{5}{2} = 2,5$

$$\frac{T_1}{T_0} = \frac{\frac{3}{2} mg}{\frac{3}{2} mg} = \frac{3}{3} = 1$$

Ответ:  $\frac{T_1}{T_0} = \frac{3}{3} = 1$

P.S. .. Доказательство того, что ц.м. вершин треугольника лежит на перес. медиан



р-р KBC  
разобьем каждую медиану на множество паралл. пар-ных BC, ц.м. каждой находится в центре, так что ц.м. всего

треугольника лежит где-то на медиане. проведем аналогичные рассуждения для разбиения пар-но AC получим, что ок. также лежит на второй медиане, так как возможно та же самая ц.м. лежит на третьей медиане

Черновик 1

$$\begin{array}{r} \times 2,81 \\ 200 \\ \hline 1862,00 \end{array}$$

$$1862 - 40 = 1822$$

$$\begin{array}{r} \times 4,8 \\ 483 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 52 \\ \times 480 \\ 11 \\ \hline 1384 \\ 173 \\ \hline 3114 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,81 \\ 200 \\ \hline 2862,00 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 551 \\ \times 1862 \\ 9 \\ \hline 14958 - 40 = 14918 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,81 \\ 581 \\ 200 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1862 \\ \times 8 \\ \hline 14958 - 40 = 14918 \end{array}$$