15:03 вышел. Слуз.
15:06 вернулся - Слуз.

0 877426 130006

87-74-26-13
(2.2)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант N1. ; 10 класс

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Наумена Андрея Станиславовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

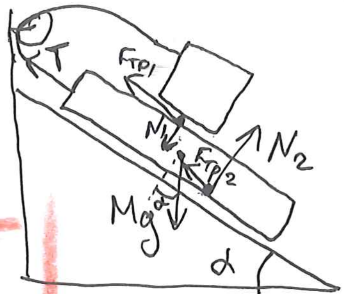
Дата
«09» 02 2024 года

Подпись участника

87-74-26-13 (2.2)

Задача 1.1. Чистовик 1

В силу нерастяжимости нити груз будет двигаться относительно доски, также доска будет двигаться относительно плоскости. Поэтому $F_{тр1}=\mu_1 N_1$; $F_{тр2}=\mu_2 N_2$.

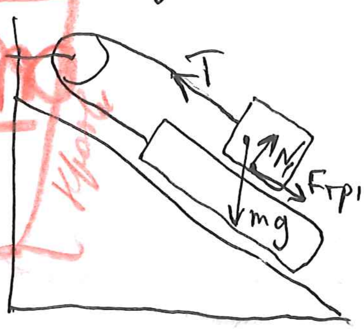


На доску действуют силы: N_1, N_2, T, Mg, $F_{тр1}$, $F_{тр2}$

$$N_2 = N_1 + Mg\cos\alpha$$

(т.к. доска не двигается ~~вда~~ в проекции на ось, которая $\perp$ плоскости).

$Ma = Mg\sin\alpha - T - F_{тр2} - F_{тр1}$ (в предположении, что ~~движение~~ ускорение вниз) ~~в противном случае $a<0$~~.



Аналогично для бруска: $mg\,\cancel{\sin}\cos\alpha = N_1$

$$ma = T - mg\sin\alpha - F_{тр1}.$$

(ускорения бруска и доски равны, так как нить нерастяжима)

$$\begin{cases} N_2 = (m+M)g\cos\alpha \\ Ma = Mg\sin\alpha - T - \mu_2 N_2 - \mu_1 mg\cos\alpha \\ ma = T - mg\sin\alpha - \mu_1 mg\cos\alpha. \end{cases}$$

Чистовик 2

$$\begin{cases}(M+m)a = Mg\sin\alpha - \mu_2 N_2 - 2\mu_1 mg\cos\alpha - mg\sin\alpha \\ N_2 = (m+M)g\cos\alpha\end{cases}$$

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

$$g\,\frac{(M-m)\sin\alpha - ((\mu_2+2\mu_1)m + \mu_2 M)\cos\alpha}{M+m} =$$

$$= \frac{8\cancel{m}\cdot\frac{1}{2} - (1{,}3 + 0{,}3\cdot 9)\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\cancel{m}}{10\cancel{m}}\cdot 10 =$$

$$= 4\left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 4 - 2\sqrt{3}\ \frac{м}{с^2}$$

Допустим, ускорение доски направлено вверх. Тогда:

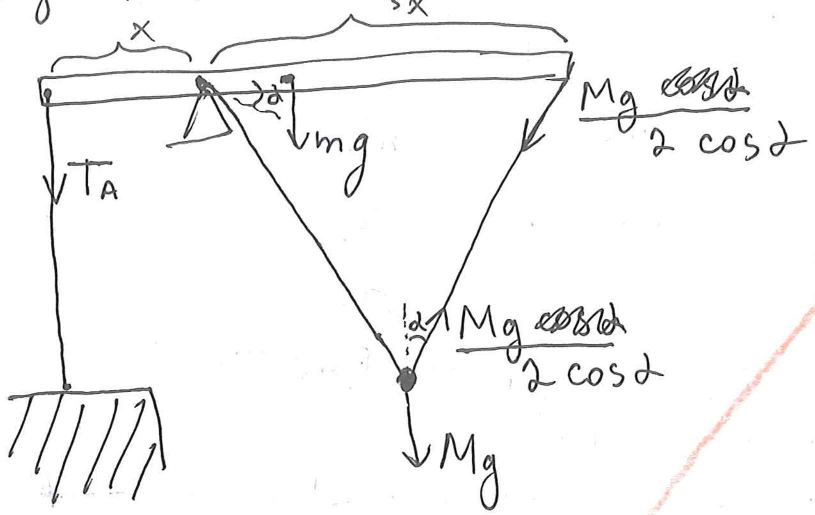
$$\begin{cases}Ma = T - Mg\sin\alpha - F_{тр1} - F_{тр2} \\ ma = mg\sin\alpha - T - F_{тр1}\end{cases}$$

$$a = \frac{(mg - Mg)\sin\alpha - 2F_{тр1} - F_{тр2}}{M+m}$$ – видно, что эта величина < 0. Противоречие!

Ответ: $4 - 2\sqrt{3}\ \frac{м}{с^2}$

Чистовик 3

Задача 1.2.



Ур-е моментов относительно O в начальный момент (сила натяжения левой нити определяется из равновесия шарика).

$$x T_A = x mg + 3x \cdot \cancel{\cos\alpha} \cdot \frac{Mg \cancel{\cos\alpha}}{2 \cancel{\cos\alpha}}$$

При подстановке:

$$T_A = \left(m + \frac{3}{2} \cdot 6m\right) g = \cancel{\frac{31\,mg}{4}}\ 10\,mg$$ +

Максимальная $(T_A)_{max}$ будет при максимальном моменте силы натяжения правой нити (т.к. момент силы тяжести не меняется, а рычаг всё время в равновесии).

Из закона сохранения энергии для шарика (T всегда ⊥ траектории и не совершает работу)

87-74-26-13
(2.2)

Чистовик 4

$Mg\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)l = \frac{Mv^2}{2}$ (l – длина правой нити, v – скорость в нижней точке. Максимальный момент в нижней точке, так как максимальное плечо и максимальная скорость (из ЗСЭ)).

$\frac{T}{M} = \frac{v^2}{l} + g$ – из формулы для центростремительного ускорения.

$(T_A)_{max} = mg + 3T + 3Mg = mg + 3Mg(3-\sqrt{3}) =$

$= (55 - 18\sqrt{3})\,mg = \cancel{\frac{4(37-18\sqrt{3})}{31}T_A}$

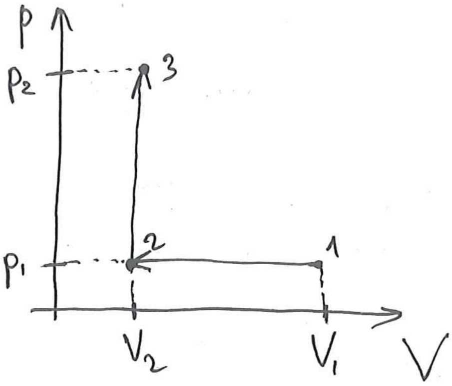
$= \cancel{\left(3,7 + \frac{9}{5}\sqrt{3}\right)T_A} = 5,5\,T_A - 1,8\cdot\sqrt{3}\,T_A \approx$

$\approx (5,5 - 3,1)T_A = \cancel{8,8\,T_A}\ \cancel{0,6\,T_A}\ 2,4\,T_A$

$\frac{(T_A)_{max}}{T_A} \approx \cancel{6,8}\ \cancel{0,6}\ 2,4$

Ответ: 2,4

Задача 1.3 Чистовик 5



Пусть начальное состояние $(p_1; V_1)$; конечное $(p_2; V_2)$.

~~Тогда~~ $\cancel{p_1V_1^\gamma = p_2V}$

По первому началу термодинамики:

$0 = \Delta U - A$ $\quad\quad \Delta U > 0$

$A = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \Delta U$

Из условия $10V_2 = V_1$,

$A = \frac{3}{2} V_2 (p_2 - 10p_1)$

$\cancel{A}$ $\Delta U > 0$, поэтому $p_2 > p_1$, и для первого процесса $p(V)$ выглядит как на рисунке.

$Q = \Delta U - p_1(V_1 - V_2)$ – I начало термодинамики

(при адиабатическом сжатии внутренняя энергия увеличивается, так как увеличивается температура)

Из графика $p(V)$ видно, что

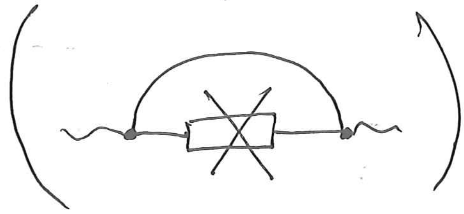
$T_{min} = \frac{p_1V_2}{\nu R}$

$Q = A - 9p_1V_2 = A - 9\nu R T_{min} =$

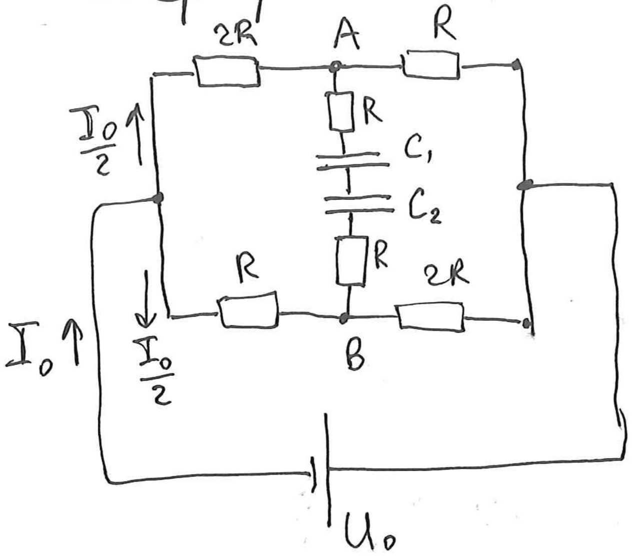
$= 4 \cdot 10^4 - 9 \cdot 8{,}31 \cdot 200 \approx 25$ кДж

Задача 1.4 Чистовик 6

Два резистора можно исключить из схемы, т.к. через них не пойдёт ток.



Перерисовывая:



Пусть напряжения на конденсаторах через долгое время — U_1 и U_2. Так как заряды на каждой пластине будут одинаковы по модулю, $\frac{U_1}{U_2} = \frac{C_2}{C_1}$. В стационарном состоянии через резисторы на отрезке AB тока не будет, поэтому $U_{AB} = U_1 + U_2$

Найдём U_{AB}, учитывая, что тока в AB нет: $I_0 = \frac{U_0}{\frac{3}{2}R}$; $U_{AB} = \frac{I_0}{2}R = \frac{U_0}{3}$

Чистовик 7

$$\frac{U_0}{3} = U_1\left(1+\frac{C_1}{C_2}\right)$$

Искомая энергия равна:

$$W_1 = \frac{q^2}{2C_1} = U_1^2 C_1 = \frac{U_0^2\, C_1}{9\left(1+\frac{C_1}{C_2}\right)^2} =$$

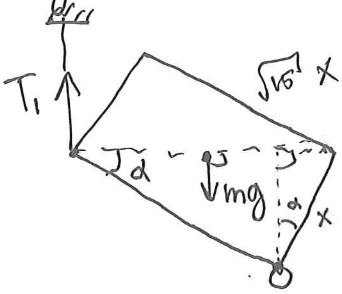
$$= \frac{25\cdot 4}{9\cdot \left(\frac{5}{3}\right)^2} = \cancel{\frac{400}{9\cdot 25}} \cancel{= \frac{16}{9}\text{ мДж}}$$

$$= 4 \text{ мДж}$$

Чистовик 8

Задача 1.5

Сухая кювета:



Запишем правило моментов относительно шарнира:

$T_1 \cdot \sqrt{15}x \cdot \cos\alpha = \cancel{mg(\sqrt{15}\cos\alpha)}$

$= mg\left(\frac{\sqrt{15}}{2\cos\alpha} - \sin\alpha\right) x$

Заметим, что $\cos\alpha = \frac{\sqrt{15}}{4}$ (из соотношения сторон); $\sin\alpha = \frac{1}{4}$

$T_1 \cdot \frac{15}{4} = mg\left(2 - \frac{1}{4}\right)$

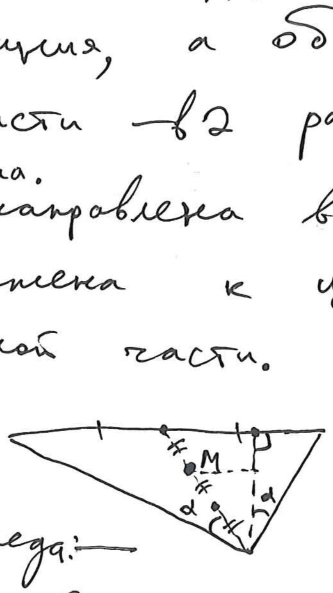
$15T_1 = 7mg$

Кювета с маслом:

Сила Архимеда $F_A = \frac{mg}{6}$, так как плотность масла в 3 раза меньше плотности алюминия, а объём погруженной части — в 2 раза меньше всего объёма.

Сила Архимеда направлена вертикально вверх и приложена к центру (масс) погруженной части.

Из геометрии:



Плечо силы Архимеда: — $\frac{2}{3}$ от плеча mg. Итого момент силы Архимеда — $\frac{1}{9}$ момента силы mg.

Чистовик 9

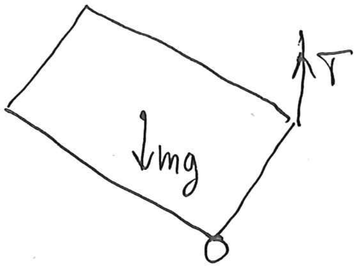
По аналогии $15T_2 = 7\left(mg - \frac{1}{9}mg\right) =$

$= \frac{56}{9} mg = \frac{8}{9} \cdot 15 T_1.$

$\frac{T_2}{T_1} = \frac{8}{9}.$

Ответ: $\frac{8}{9}$.

P.S. Ясно, что нить не может быть прикреплена так:



Деталь бы просто ~~уп~~ упала.

87-74-26-13
(2.2)

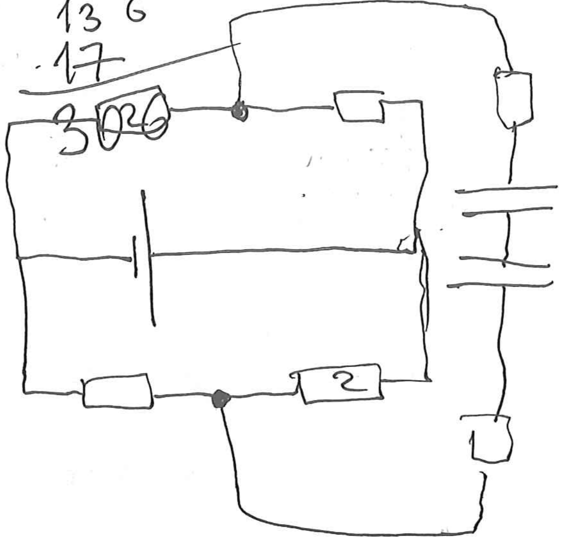
Черновик 1

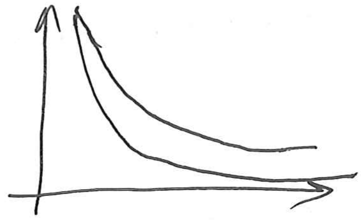
$$\frac{8}{2} - (0,3\cdot 10 + 1)\cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$4 - 4\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\begin{array}{r} 1,7 \\ 1,8 \\ \hline 136 \\ 17 \\ \hline 3,06 \end{array}$$

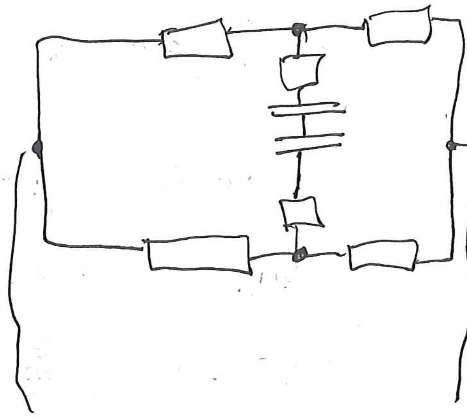
$$p_1 V_1^{\gamma} = p_2 V_2^{\gamma}$$



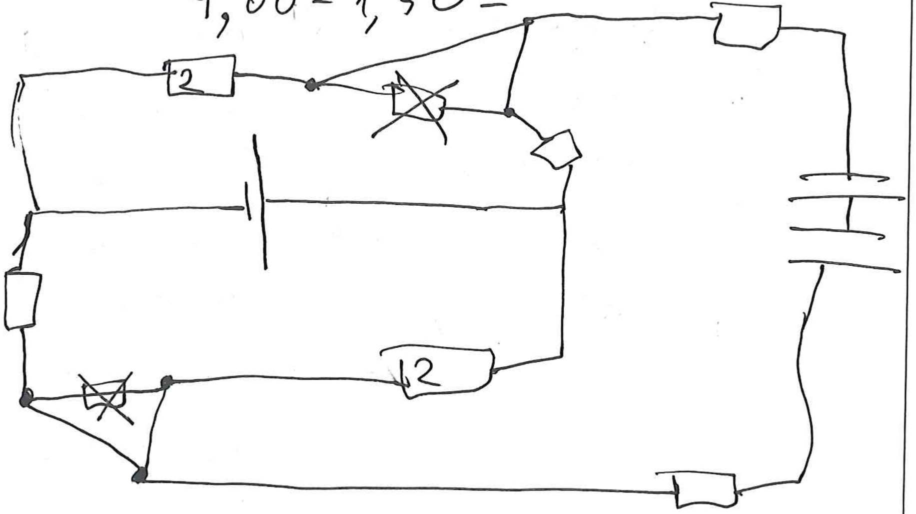


$$9\cdot 200 = 1800$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \hline 18 \\ 54 \\ 144 \\ \hline 14958 \end{array} \approx 1,50$$



$$4,00 - 1,50 =$$



Черковик 2

$p_1 V_1^{\frac{5}{3}} = p_2 V_2^{\frac{5}{3}}$

$\sqrt[3]{100000}$

$10^{\frac{5}{3}} = \frac{p_2}{p_1}$

$\sqrt[3]{100}0$

$\frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{3}{2}(10^{\frac{3}{2}} - 10)p_1V_2 =$

$= \frac{3}{2}(10^{\frac{5}{3}} - 10) \cdot 15 \approx$

45
45
225
180
2025

$\frac{3}{2}$ $\sqrt[5]{1000}$ 3

$\frac{33}{9}$

$20^2 = 400$

$30^2 = 900$

$31^2 = 900 + 60 + 1$

$10 - 10^{\frac{2}{3}}$

$32^2 = 1024$

2025
45
10125
8100
91125

$\sqrt[3]{100} \sim 4{,}5$

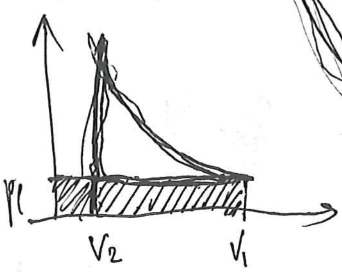
$33 \cdot 15$

$5{,}5 \cdot 15$

$3^3 = 27$

$5^3 = 125$

$pV^{\frac{5}{3}}$



$8{,}31 \cdot 2 =$

$Q = A_1 - A_2$

$= 16{,}62$

8,31
66
4986
4986
54846

$3 \cdot 8{,}31 \cdot 22$

45

Черновик 3

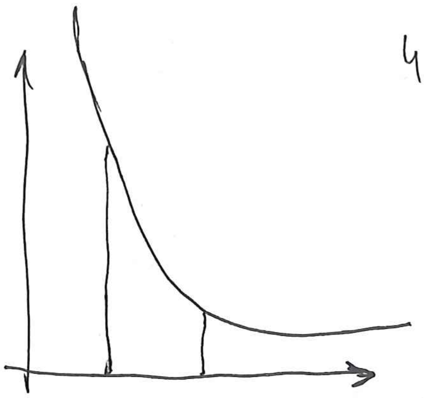
$\frac{3}{2}R$ и $\frac{5}{2}R$

$$Q = \frac{3}{\cancel{2}}\cdot 9\cancel{T_{min}} + \frac{5}{\cancel{2}}\cdot\left(10^{\frac{3}{2}}-1\right)\cancel{T_{min}}$$

$$27+5(31-1) =$$

$$31\cdot 5 = 155$$

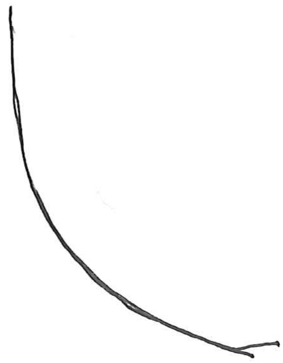
18200



$$44\cdot 5 = 220$$

24700

$$\cancel{\frac{p_1V_1}{p_2V_2} = 10^{\frac{2}{3}}}$$



$$\cancel{0 = dU}$$

$$\cancel{0 = pdV + Vdp}$$

$$\frac{p_2V_2}{p_1V_1} = 10^{\frac{2}{3}}$$

$$0 = \frac{5}{\cancel{2}}pdV + \frac{3}{\cancel{2}}Vdp$$

$$pV^{\frac{5}{3}} = const \qquad -\frac{dV}{V} = \frac{3}{5}\frac{dp}{p}$$

$$p_1V_1 = \frac{p_1V_1^{\frac{5}{3}}}{V_1^{\frac{2}{3}}}$$

$$p_2V_2 = \frac{p_1V_1^{\frac{5}{3}}}{V_2^{\frac{2}{3}}}$$

$$\ln\frac{V_к}{V_н} = -\frac{3}{5}\ln\frac{p_к}{p_н}$$

$$\left(\frac{V_к}{V_н}\right)^{\frac{5}{3}} = \left(\frac{p_н}{p_к}\right)$$