



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов  
наименование олимпиады

по физике  
профиль олимпиады

ЧЕХОВСКИХ МИХАИЛА АНДРЕЕВИЧА  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вход 15:32  
Возвр. 15:37

Дата  
«09» февраля 2024 года

Подпись участника  
Чеховский

08-40-95-06  
(1.5)

№1.1.

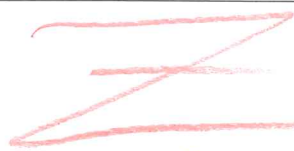
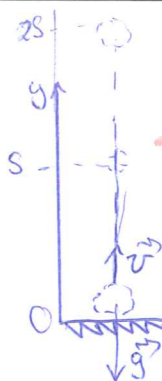
$$t_1 = 1c$$

$$t_2 = 3c$$

$$g = 10 \frac{м}{с^2}$$

Найти

$t_{п} = ?$



Числовое

Решение

Распишем движение камня, учитывая, что ~~скорость~~ с началом выбора ~~оси y~~, вертикальной, учитывая что проекция скорости на эту ось положительна, а ускорения отрицательна:

$$S = vt_1 - \frac{gt_1^2}{2} \quad 2S = v(t_1 + t_2) - \frac{g(t_1 + t_2)^2}{2}$$

Получим систему, решая которую найдём скорость

$$\begin{cases} S = vt_1 - \frac{gt_1^2}{2} \\ 2S = v(t_1 + t_2) - \frac{g(t_1 + t_2)^2}{2} \end{cases}$$

$$S = vt_2 - \frac{gt_2^2}{2} + gt_1t_2 + \frac{gt_1^2}{2}$$

$$S = vt_2 - \frac{gt_2^2}{2} + gt_1t_2 - \frac{gt_1^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow vt_2 - \frac{gt_2^2}{2} + gt_1t_2 = vt_1 - \frac{gt_1^2}{2} \quad (\text{т.к. } S=S)$$

$$v(t_2 - t_1) = \frac{g}{2} (t_2^2 + 2t_1t_2 - t_1^2)$$

$$v = \frac{g(t_2^2 + 2t_1t_2 - t_1^2)}{2(t_2 - t_1)}$$

$$v = \frac{10 \frac{м}{с^2} (9c^2 + 2 \cdot 1c \cdot 3c - 1c^2)}{2 \cdot (3c - 1c)} = \frac{10 \frac{м}{с^2} \cdot 14c^2}{4c} = 35 \frac{м}{с}$$

что быть не может, т.к.

$$v - g(t_1 + t_2) = 35 \frac{м}{с} - 10 \frac{м}{с^2} \cdot 4c = -5 \frac{м}{с} < 0, \text{ но } g < 0$$

всю камень всё время двигался вверх  $\Rightarrow$  движение вверх, что камень ~~двигался~~ за первую секунду поднялся на  $S$ , а за следующие  $3c$  на  $2S$  ~~быть не может~~ (т.е. за 4 секунды с начала движения) двигался всё время в верх ~~быть не может~~  $\Rightarrow$  Проверим понятие задану иначе, т.е. так, что  $t_1$  и  $t_2$  - измерено от момента начала движения  $\Rightarrow$  (Продолжение см на стр. 7)

стр 1 из 7

N.2.

Решение Числовик

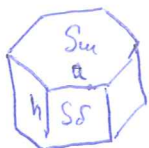
$$m = 1 \text{ кг}$$

$$p_1 = 6\sqrt{3} \text{ кПа} = 6\sqrt{3} \cdot 1000 \text{ Па}$$

$$p_2 = 4080 \text{ Па}$$

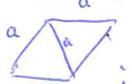
Найти:

$\rho$



Распишем площадь  
правильного шестеугольника  
через его сторону

Для этого разобьем его на 6 треугольников  
каждый из которых будет равносторонним  
со стороной  $a \Rightarrow$  Его площадь  
можно выразить через  $a$  по формуле  
Герона  $S_{\text{тр}} = \sqrt{p(p-a)(p-a)(p-a)}$  где  $p$  - это полу  
периметр  $\Rightarrow 1,5a$



$$\Rightarrow S_{\text{тр}} = \sqrt{1,5a \cdot 0,5a \cdot 0,5a \cdot 0,5a} = \sqrt{3 \cdot (0,5a)^4} = \frac{\sqrt{3} a^2}{4} \Rightarrow$$

$$S_{\text{ш}} = 6 S_{\text{тр}} = \frac{6\sqrt{3} a^2}{4}; F_r = mg = 10 \text{ Н} - \text{сила тяжести шарика}$$

$$p_1 = \frac{F_r}{S_{\text{ш}}} \Rightarrow S_{\text{ш}} = \frac{F_r}{p_1} = \frac{1}{6\sqrt{3} \cdot 100} \text{ м}^2 \Rightarrow \frac{6\sqrt{3}}{4} a^2 = \frac{1}{6\sqrt{3} \cdot 100} =$$

$$= \frac{1}{36 \cdot 3 \cdot 100} = \frac{1}{2700} \text{ м}^2 \Rightarrow a = \frac{1}{30\sqrt{3}} \text{ м}$$

$$p_2 = \frac{F_r}{S_{\text{д}}} \Rightarrow S_{\text{д}} = \frac{F_r}{p_2} \Rightarrow a \cdot h = \frac{F_r}{p_2} \Rightarrow h = \frac{F_r}{p_2 \cdot a} = \frac{300\sqrt{3}}{4080} = \frac{5\sqrt{3}}{68} \text{ м}$$

$$V = S_{\text{ш}} \cdot h = \frac{1}{6\sqrt{3} \cdot 100} \text{ м}^2 \cdot \frac{5\sqrt{3}}{68} \text{ м} = \frac{1}{6 \cdot 68 \cdot 20} \text{ м}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = 1 \text{ кг} \cdot (6 \cdot 68 \cdot 20) \text{ м}^{-3} = 8160 \text{ кг/м}^3$$

$$\begin{array}{r} \times 68 \\ 120 \\ \hline 136 \\ 68 \\ \hline 8160 \end{array}$$

Ответ:  $\rho$  шарика =  $8160 \text{ кг/м}^3$



Стор 2 из 7



№ 1.3

$$m_B = 250 \text{ г} = 0,25 \text{ кг}$$

$$t_B = 100^\circ \text{C}$$

$$t_F = 35^\circ \text{C}$$

$$t_1 = 20^\circ \text{C}$$

$$t_K = 80^\circ \text{C}$$

$$m_C = 80 \text{ г} = 0,08 \text{ кг}$$

$$m_3 = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг}$$

$$C_B = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$C_F = 800 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$C_C = 250 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$m_F = ?$$

Данное

Найдём какое кол-во горячей воды

используем

энергию от газа

$$Q = c_B \cdot m_B \cdot (t_B - t_K) = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}} \cdot 0,25 \text{ кг} \cdot (100^\circ - 80^\circ) = 21000 \text{ Дж}$$

$$= 21000 \text{ Дж}$$

логично, что чтобы остальные предметы нагреться до  $t_K$  они должны эту энергию, же

тогда  $Q = c_F \cdot m_F \cdot (t_K - t_F) + (m_C \cdot c_C + m_3 \cdot c_3) \cdot (t_K - t_1)$ , откуда получаем одну неизвестную  $m_F \geq$  решим уравнение и найдём её

$$c_F \cdot m_F \cdot (t_K - t_F) + (m_C \cdot c_C + m_3 \cdot c_3) \cdot (t_K - t_1) = Q$$

$$800 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}} \cdot m_F \cdot 45^\circ + (0,08 \text{ кг} \cdot 250 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}} + 0,05 \text{ кг} \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}) \cdot (80^\circ - 20^\circ) = 21000 \text{ Дж}$$

$$36000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot m_F + 13800 \text{ Дж} = 21000 \text{ Дж}$$

$$36000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot m_F = 7200 \text{ Дж}$$

$$m_F = \frac{7200 \text{ Дж}}{36000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \frac{1}{5} \text{ кг} = 0,2 \text{ кг}$$

Ответ:  $m_F = 0,2 \text{ кг}$

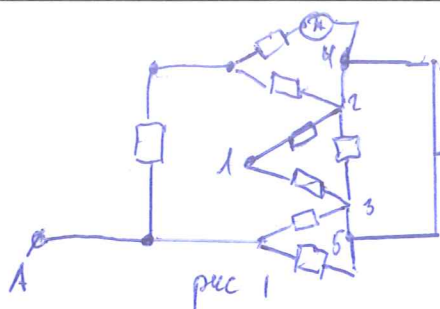
11.4

$$U_0 = 6 \text{ В}$$

$$R = 125 \text{ Ом}$$

Схема

Найти:  $I_A$ ?



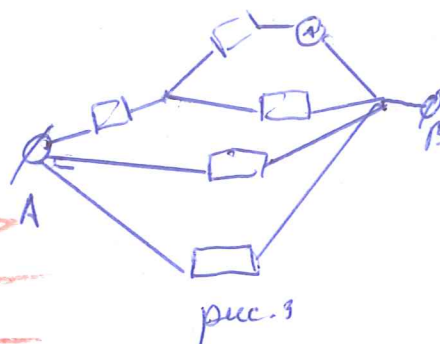
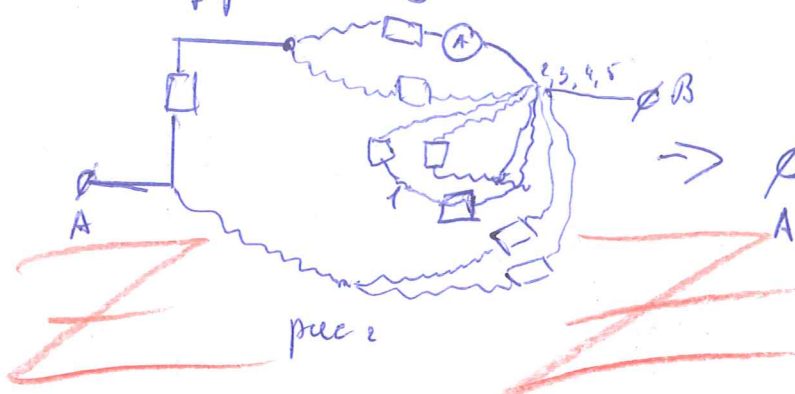
Чистовик

Решение:

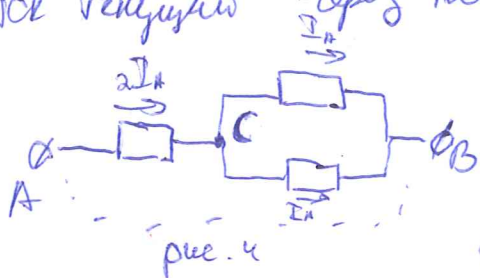
Участок 1,2,3 - можно убрать, тк ок соединяются

Зачёт ~~задача~~ соединить с предиктительными проводками с нулевым сопротивлением в точках чиб. Иначе форма получается та же

стр 4 из 7



В итоге схема приходит к такому виду (см рис. 3) Нам интересен ~~то~~ самая верхняя ветка и самый верхний резистор в ней, а конкретно ток текущий через него ток, ~~ток~~ тк именно то мерит идеальный Амперметр. Воспользуемся правилом идеального Амперметра, что его сопротивление равно 0 ом



Тогда верхняя ветка в схеме приходит к такому виду (см рис 4), пока помним, что идеальн. нуль значение силы тока текущий через верхний резистор. Пусть око  $I_A$ , тогда на участке СВ напряжение  $U_{CB} = I_A R$   
 $U_{CB} = R \cdot I_A \Rightarrow$  ток через нижний резистор равен  $I_A$   
 По первому правилу Кирхгофа сумма втекающих токов в узел равна сумме вытекающих  $\Rightarrow$  в узле С должен быть ток  $I_A + I_A = 2I_A \Rightarrow$  через резистор AC течёт ток  $2I_A$   
 Напряжение на AB:  $R \cdot I_A + R \cdot I_A = 3R \cdot I_A$ ,  
 тк  $2I_A \Rightarrow$  Напряжение на AB:  $U_0 = 3R I_A \Rightarrow I_A = \frac{U_0}{3R} = \frac{6}{3 \cdot 125} = 0,016 \text{ А}$   
 что по условию равно  $U_0 = 6 \text{ В} \Rightarrow U_0 = 3R I_A \Rightarrow I_A = \frac{U_0}{3R} = 0,016 \text{ А}$   
 Ответ: сила тока, текущего через Амперметр  $I_A = 0,016 \text{ А}$



08-40-95-06  
(1.5)

№1.5

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R, R_{\text{вн}}$$

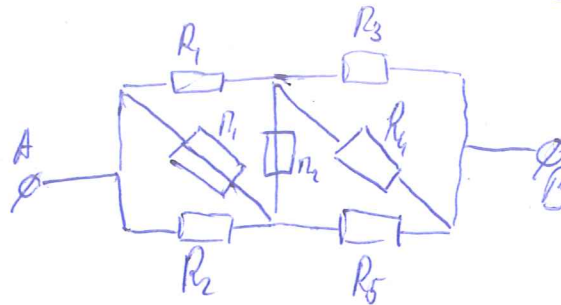
$$U(t) = a \cdot t$$

$$a = 1 \text{ В/мин}$$

схема

Найти:  $t_1; t_2$ ?

Чистовик

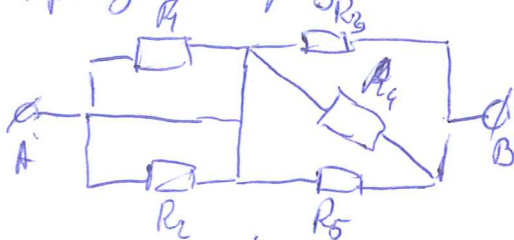


Решение:

Пусть есть какой-нибудь

промежуток времени, когда оба предохранителя проводят через себя ток, тогда их сопротивления равны 0  $\Rightarrow$  их можно заменить

идеальными соединительными проводниками  $\Rightarrow$  вследствие чего, токи через  $R_1$  и  $R_2$  такие же будут, т.к. они соединены



Отсюда рассмотрим рассмотрим крайний случай в ситуации, когда оба предохранителя проводят ток.

Заметим, что через каждый резистор протекает одна и та же сила тока. Т.к. они соединены параллельно и имеют одинаково сопротивление (условно)

По первому закону Пусть этот ток

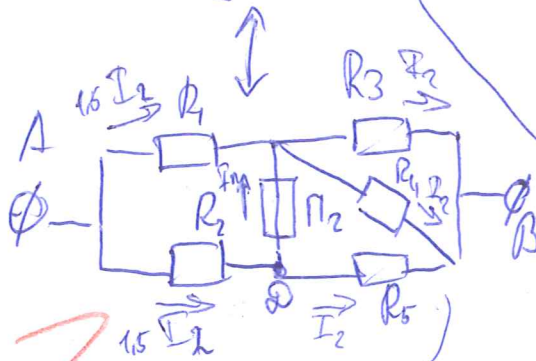
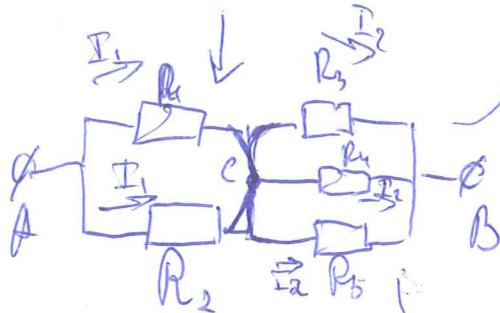
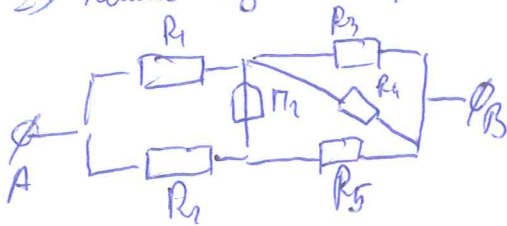
будет  $I$ , тогда определим токи на  $P_1$  и  $P_2$  по правилу Кирхгофа о сумме токов. Рассуждая, что через  $P_2$  течет ток  $2I$ , а через  $P_1$  - течет ток  $3I \Rightarrow$  первый

перегорит  $P_1$ . ~~Находим~~  $I_{\text{пред}} \Rightarrow$  ~~какой~~ ~~перегорит~~  $P_1 = 3I = 1 \text{ А} \Rightarrow I = \frac{1}{3} \text{ А} \Rightarrow U_{\text{ам}} = I \cdot R = 4 \text{ В} \Rightarrow t_1 = \frac{4}{a}$

$\approx 4 \text{ мин}$  - время через которое перегорит первый предохранитель.

# 1.5 (Продолжение)

Теперь у  $\Pi_1$  - бесконечно большое <sup>числовое</sup> сопротивление, оно эквивалентно разрыву в цепи  
 $\Rightarrow$  Наша цепь приобретает вид:



Следовательно ~~через~~  $R_1$  и  $R_2$  течёт одинаковый ток, т.к. они соединены ~~последовательно~~ параллельно и имеют одинаковое сопротивление. По узлу  $R_3, R_4$  и  $R_5$  можно сказать тоже самое. Тогда через  $R_1$  и  $R_2$  течёт ток  $I_1$ , а через  $R_3, R_4$  и  $R_5$  течёт ток  $I_2$ .  
 Тогда про узел C можно сказать, что по правилу Кирхгофа о сумме токов ~~мы имеем~~  $2I_1 = 3I_2 \Rightarrow I_1 = 1.5I_2$

А про узел D можно сказать, что

$I_1 = I_2 + I_{\Pi_1}$  по правилу Кирхгофа с суммой токов  
 $\Rightarrow I_{\Pi_1} = I_1 - I_2 = 0.5I_2 \Rightarrow$  через  $\Pi_2$  течёт  $0.5I_2 \Rightarrow$   
 $\Pi_2$  перегорит при  $I_2 = 1A; 0.5I_2 = 0.5A, I_1 = 1.5A$ , тогда напряжение в цепи  $U_{AB} = 1.5I_2 \cdot R + I_2 \cdot R = 2.5I_2 R = 60V$

$\Rightarrow t = \frac{U_{AB}}{a} \approx 60 \text{ мин} \Rightarrow \Pi_2$  - перегорит через 60 мин после начала эксперимента. Предохранители  $\Pi_4$  и  $\Pi_5$

не должны перегореть до  $t_1$  и  $t_2$  соответственно, т.к. при уменьшении напряжения, сила тока тоже уменьшится  $\Rightarrow U = R \cdot I \Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  через ~~предохранитель~~ предохранители ~~также~~ <sup>также</sup> не перегорят. При этом пока первый предохранитель не перегорит второй тоже не может перегореть, т.к.



на к-е темп в кол-во раз меньше сила темп  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  когда  $P_1$  переорел и  $P_2$  схема изменилась  
 напряжене в зенн было 4В, что меньше  
 порогового значения для  $P_2 \Rightarrow$

Итого: 1.5 (Продолж.)

Свет:  $t_1 = 4 \text{ мкс}$ ,  $t_2 = 30 \text{ мкс}$  - время переора  
 $P_1$  и  $P_2$  соответственно

СР 7 из 7

1.1 (Продолжение) (см. начало на стр 1)

$\Rightarrow$  Рассчитаем координату системы

$$\begin{cases} S = vt_1 - \frac{gt_1^2}{2} \\ 2S = vt_2 - \frac{gt_2^2}{2} \end{cases}$$

$$S = v(t_2 - t_1) - \frac{g(t_2^2 - t_1^2)}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v(t_2 - t_1) - \frac{g(t_2^2 - t_1^2)}{2} = vt_1 - \frac{gt_1^2}{2} \quad (\text{т.к. } S=S)$$

$$v(t_2 - t_1) = \frac{g(t_2^2 - 2t_1^2)}{2}$$

$$v = \frac{g(t_2^2 - 2t_1^2)}{2(t_2 - t_1)} = \frac{10 \text{ мкс} (9c^2 - 2c^2)}{2 \cdot (3c - 2c)} = 35 \text{ мкс}$$

Вот теперь всё сходится, ведь с начала эксперимента прошло  $t_1$

$$\Rightarrow v - gt_1 = 35 \text{ мкс} - 10 \text{ мкс} \cdot 3c = 5 \text{ мкс} > 0 \Rightarrow \text{камень}$$

продолжает двигаться вверх  $\Rightarrow$

Он достигнет уровня 0 при  $t_n$

$$0 = vt_n - \frac{gt_n^2}{2} \quad | : t_n, \text{ т.к. } t_n \neq 0$$

$$v = \frac{gt_n}{2} \Rightarrow t_n = \frac{2v}{g} = \frac{70 \text{ мкс}}{10 \text{ мкс}} = 7c \Rightarrow$$

Свет: если считать, что камень сначала проходит  $S$  за  $t_1$ ,  
 а потом ещё  $S$  ещё за  $t_2$  - этого достаточно ( $t_1 + t_2$ ) с начала  
 эксперимента, то такой скорости просто не существует, т.е.  
 такой скорости при которой камень летел бы т.н. столько в условии. Но  
 если считать и  $t_1$  и  $t_2$  от начала эксперимента, то все условия  
 выполняются, тогда полное время полета камня  $7c$ . По-другому  
 задачу можно решить  $\Rightarrow$  полное время полета камня  $t_n = 7c$



$$S = v t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$$

$$v = g(t_1 + t_2)$$

$$2S = v t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$$

$$F_{\text{пр}} = mg = 10 \text{ Н}$$

$$\frac{4 F_r}{6\sqrt{3} p} = a^2$$

$$\frac{40 \text{ Н}}{36 \cdot 3 \cdot 1000 \text{ Па}} = a^2$$

$$a = \frac{1}{2700} \text{ м}$$

$$a = \frac{1}{2700} = \frac{1}{30 \cdot 3} \text{ м}$$

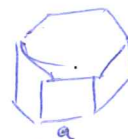
$$p_1 \frac{F_r}{S} = \frac{F_r}{a \cdot p_2} \Rightarrow h = \frac{F_r}{a \cdot p_2} = \frac{300 \sqrt{3} \cdot \text{Н}}{4080 \text{ Па}} = \frac{60 \sqrt{3}}{816} \text{ м}$$

Черновик

$$S = v(t_1 + t_2) - \frac{g(t_1 + t_2)^2}{2}$$

$$\sqrt{p(p-a)(p-q)(p-d)}$$

$$1,5 \cdot 0,5^3 = 3 \cdot 0,5^4$$



$$S_{\text{см}} =$$

$$p_1 = \frac{F_r}{S} = \frac{F_r}{S_{\text{см}}} = \frac{F_r}{6\sqrt{3}} = \frac{F_r}{\frac{6\sqrt{3}}{4} a^2}$$

$$S_{\text{см}} = \frac{F_r}{p_1} = \frac{10}{6\sqrt{3} \cdot 1000} \text{ м}^2$$

$$V = \frac{5}{6 \cdot 68 \cdot 1000} = \frac{1}{6 \cdot 68 \cdot 200} \text{ м}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{\frac{1}{6 \cdot 68 \cdot 200}} = 81600 \text{ кг/м}^3$$

$$\begin{array}{r} \times 68 \\ 1200 \\ 136 \\ \hline 81600 \end{array}$$