

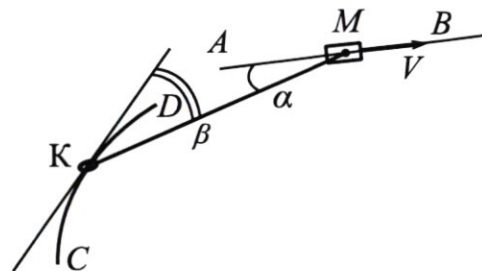
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-02

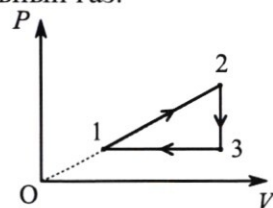
Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
 - 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
 - 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.
2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.
- 1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
 - 2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
 - 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

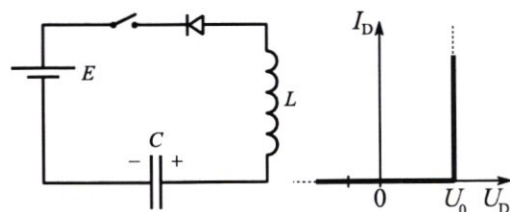


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
- 2) Найдите напряжение U на конденсаторе.
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

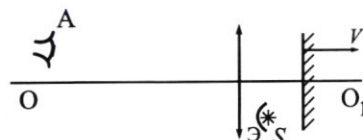
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.



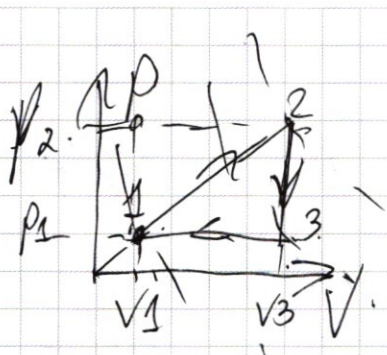
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.



- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- 2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№ 2.

1). 2-3 - изобарный процесс.

$$Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = C_V \nu (T_3 - T_2)$$

$$C_V = \frac{3}{2} R.$$

3-1 - изобарный процесс $Q_{31} \rightarrow Q_{13} = A_{31} + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$

$$A_{31} = P_1 (V_3 - V_1) = \nu R (T_3 - T_1) \Rightarrow Q_{31} = C_P \nu (T_3 - T_1) \Rightarrow$$

$$C_P = \frac{5}{2} R, \quad \eta = \frac{C_V}{C_P} = \frac{3}{5} \quad \text{Ответ: } \frac{3}{5}$$

2). $A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 + P_1) (V_3 - V_1) = \frac{1}{2} (P_2 V_3 + P_1 V_3 - P_1 V_1 - P_2 V_1)$
 $P_1 V_3 = P_2 V_1$ - так как лежат на одной изотерме $\Rightarrow$
 $A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 V_3 - P_1 V_1)$, а $P_2 V_3 = \nu R T_2$; $P_1 V_1 = \nu R T_1$.
 $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \nu R (T_2 - T_1)$
 $\kappa = \frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4. \quad \text{Ответ: } 4.$

3). $\eta = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\max}}$. $T_{\max} = T_2$, $T_{\min} = T_1$ - все процессы изотермичны.
 через точки 1 и 2

Выразим также η через A и Q :

$\eta = \frac{A_{123}}{Q_{12}}$; $A_{123} = \frac{1}{2} (P_2 - P_1) (V_3 - V_1) = \frac{1}{2} (P_2 V_3 - P_2 V_1 - P_1 V_3 + P_1 V_1)$

$$Q_{12} = 2(P_2 V_3 - P_1 V_1); \quad ?; \quad A = \frac{1}{2} P_2 - P_1 \quad P_2 V_1 = P_1 V_3 - \text{изг. } P_2$$

$$\Rightarrow P_2 - P_1 = P_2 \left(1 - \frac{V_3}{V_1}\right) = \frac{P_2}{V_3} (V_3 - V_1) \Rightarrow A_{123} = \frac{1}{2} (V_3 - V_1)^2 \frac{P_2}{V_3}$$

$$Q_{12} = 2(P_2 V_3 - P_2 \frac{V_1^2}{V_3}) = \frac{2P_2}{V_3} (V_3^2 - V_1^2)$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} (V_3 - V_1)^2 \frac{P_2}{V_3}}{\frac{2P_2}{V_3} (V_3^2 - V_1^2)} = \frac{1}{4} \frac{V_3 - V_1}{V_3 + V_1}$$

$$\eta(a) = \frac{1}{4} \left(\frac{a-1}{a+1} \right); \quad \eta_{\max}, \text{ если } \eta'(a) = 0, \text{ т.е. } \frac{d}{da} \left(\frac{a-1}{a+1} \right) = \frac{2}{(a+1)^2} = 0$$

$$m.c.a. \rightarrow \text{максимум} = \frac{1}{4} \left(\frac{2}{2+1} - \frac{2}{2-1} \right) = \frac{1}{2} \text{ или } 50\% \Rightarrow \eta_{\max} = \frac{1}{2} \text{ или } 50\%$$

ответ: $\eta_{\max} = 50\%$

Дано:

$$V = 40 \text{ км/ч}$$

$$R = 1 \text{ м}$$

$$C = \frac{17R}{15}$$

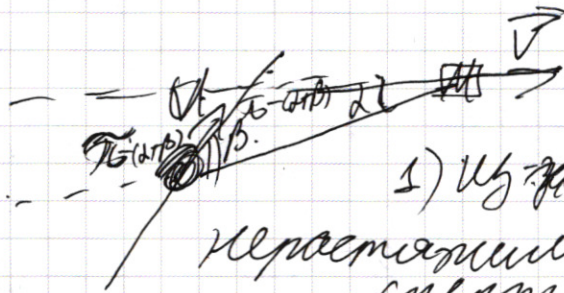
$$\cos \alpha = 3/5$$

$$\cos \beta = 4/5$$

$$1) V = ?$$

$$2) \text{Мощность?}$$

$$3) T = ?$$

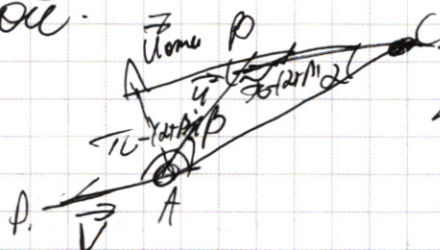


1) Из формулы неравносторонности треугольника!

$$u \cos \beta = V \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \cdot \frac{3}{5}}{\frac{4}{5}} = 51 \text{ км/ч}$$

2) Перейдем в С.О., связанное с муром.



$$\angle ABC = \pi - (\alpha + \beta)$$

$$\angle DAB = \angle ABC - \text{разн. вект. чет} \Rightarrow$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$u_{\text{отн}}^2 = u^2 + v^2 - 2 \cos(\alpha + \beta) uv$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta, \quad \sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{4}{5}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{15}{17} \Rightarrow$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{24}{17 \cdot 5} = \frac{15 \cdot 4}{17 \cdot 5}$$

$$= -\frac{86}{17 \cdot 5} \Rightarrow$$

$$u = \sqrt{51^2 + 40^2 - 2 \cdot 36 \cdot 51 \cdot 40 \cdot \left(-\frac{86}{17 \cdot 5}\right)} = \sqrt{5429} \text{ км/с}$$

В этой СО. все летает катится. Т.е. м.т. (41)

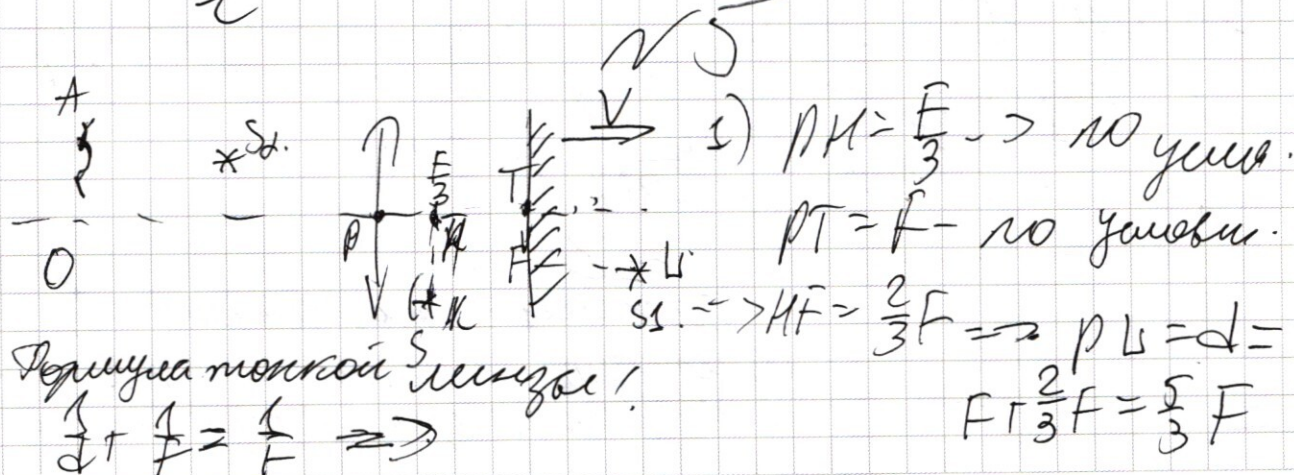
$$l = \frac{289 \cdot \pi}{150} \text{ м} = 1 \text{ м}$$

$$\Rightarrow T = \frac{5929 \cdot 289}{150000} \text{ м} = \frac{10519}{150000} \text{ м} \approx \frac{4}{3} \text{ м}$$

Ответ: 1) 51 км/с $u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = 51 \text{ км/с}$

$$2) u_{\text{отн}} = \sqrt{u^2 + v^2 + 2 \cos(\alpha + \beta) uv} \approx 71 \text{ км/с}$$

$$3) T = \frac{m u_{\text{отн}}^2}{l} \approx 4,8 \text{ м} \text{ (см. пункт 1-8)}$$

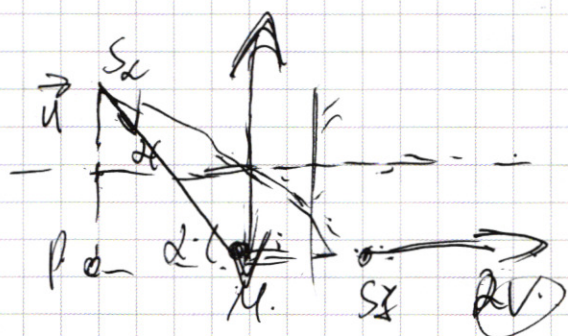


$$f = \frac{1}{F} - \frac{3}{5}F \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{2}{5}F \Rightarrow f = \frac{5}{2}F$$

2) Перелом в (0) связанная с зеркалом, тогда угол преломления α является со скоростью V в воде, а угол падения в зеркале. Выравно α в соотв.

$$\Rightarrow \sqrt{u^2} = V + V = 2V; \quad f = \frac{F}{2} = \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{5} = \frac{3}{2}F$$

$$\Rightarrow \frac{h'}{h} = \frac{3}{2} = \frac{4}{5}F; \quad \text{увеличен}$$



$$\frac{8}{15}; \quad \alpha = \arctg\left(\frac{8}{15}\right)$$

$$SAP = h' + h = \frac{4}{5}F + \frac{8}{15}F = \frac{4}{3}F$$

$$PM = f = \frac{5}{2}F \Rightarrow$$

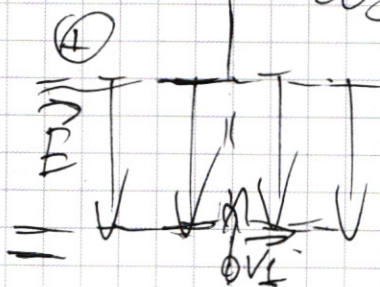
$$\text{tg } \alpha = \frac{SAP}{PM} = \frac{\frac{4}{3}F^2}{\frac{5}{2}F^2} = \frac{8}{15}$$

$$3) \frac{u \cos \alpha}{V_{\text{уч}} T} = \sqrt{2} = \frac{9}{4}; \quad \cos \alpha = \frac{F}{(PSAP)^2} = \frac{15}{17}$$

$$\Rightarrow u = \frac{V_{\text{уч}} T^2}{\cos \alpha} = \frac{2V \cdot \frac{9^3}{4^3} \cdot 17}{\frac{15}{17}} = 91V \rightarrow$$

$$\text{Отв: 1) } f = \frac{5}{2}F; \quad 2) \text{tg } \alpha = \frac{8}{15}; \quad \alpha = \arctg\left(\frac{8}{15}\right)$$

$$u = \frac{V_{\text{уч}} T^2}{\cos \alpha} = \frac{2V T^2}{\cos \alpha} \approx 51.5V$$



3. Частица попадает в однородное магнитное поле конденсатора краевыми.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

электрон (предположим) с напряжённостью E , сила, которая действует на него, частицу в конденсаторе $= Eq$, а ускорение (a) : $ma = qE \rightarrow a = \frac{qE}{m}$ и направлено против движения. Частица (m) внутри конденсатора. Частица движется равнозамедленно!

$a = gE$; $v_0 - at = 0 \rightarrow$ в конечный момент, $S = -\frac{at^2}{2} + v_0 t \rightarrow$ расстояние, которое пройдёт до остановки. Из упр. задачи: $S = d = 0,126 = 0,86$; $0,86 = -\frac{v_0 t}{2} + v_0 t = \frac{v_0 t}{2} \rightarrow$

$$T = \frac{1,6d}{v_0}$$

$$2) U = Ed; \Rightarrow E = \frac{a}{q}; a = \frac{v_0^2}{1,6d} \Rightarrow E = \frac{v_0^2}{1,6d} \Rightarrow$$

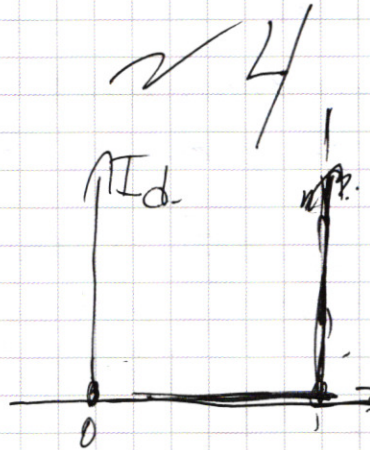
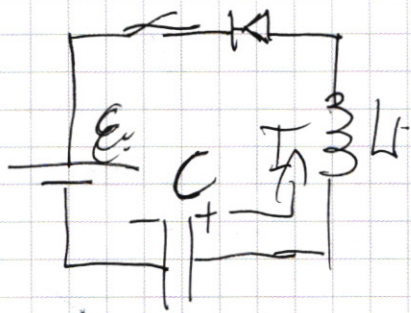
$$U = \frac{v_0^2}{1,6q} \quad (q = \frac{q}{m}) - \text{по упр.}$$

3) Так как частица движется из состояния покоя, то $E_0 = \frac{mv_0^2}{2}$, частица не взаимодействует с конденсатором, поэтому, потенциал в ней и электр. поле $= 0$.

Конечная энергия равна совершённой работе по перемещению заряда в конденсаторе, т.е. $A = qU \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = qU \Rightarrow U = \frac{mv_0^2}{2q} = v_0$

$$V_0 = V_1 \sqrt{\frac{10L}{8}} = V_1 \sqrt{\frac{5L}{4}} = \frac{V_1}{2} \sqrt{5}?$$

Ответ: 1) $T = \frac{3,6d}{V_1}$ 2) $U = \frac{V_1^2}{46J}$; 3) $V_0 = \frac{\sqrt{5}}{2} V_1$



1) Вначале ток течёт против ЭДС, т.к. $U_1 > E$.

Тогда по закону Ома для участка цепи:

$$U_1 - E = LI + U_0; \quad I = \frac{U_1 - E - U_0}{L} = 10 \frac{A}{T}.$$

2) Ток I_{max} ; $LI_{max} = 0$, т.е. увеличился ток. Если не пренебрегать, т.е. $E + U_k - U_0 = 0$.

$$|U_k| = |E + U_0| = 46, \text{ вольт.}$$

$$A_{ист} = E(q_k - q_0) \quad q_k = CU_k, \quad q_0 = CU_0.$$

$$A_{уист} = U_0(q_k - q_0) = \Delta W = \frac{CU_k^2}{2} - \frac{CU_0^2}{2}.$$

$$\Delta W + \frac{LI_{max}^2}{2} = A_{уист} + A_{ист}$$

$$\frac{LI_{max}^2}{2} = (E + U_0)(U_k - U_1) + \frac{C}{2}(U_k^2 - U_1^2) =$$

$$\frac{LI_{max}^2}{2} = C(U_k - U_1) \left((E + U_0) + \frac{C}{2}(U_k + U_1) \right) = \dots$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$I_{\max} = \frac{2\epsilon}{\sqrt{L}} (U_k - U_d) \left(\epsilon + U_d - \frac{1}{2}(U_k - U_d) \right) = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{2 \cdot 10^{-3}}}$$

$$(-2) \cdot (-1) = 2 \cdot 10^{-2} \text{ A} = 0,02 \text{ A}.$$

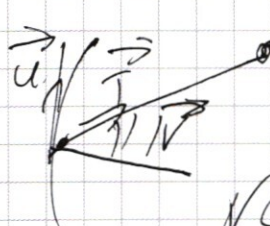
3) После перераспределения заряда на конденсаторе, ток более не будет течь из-за наличия диода, т.е. напряжение на катушке становится 0! Значит и на диоде $U_d = 0 \Rightarrow U_2 = \epsilon$ - из закона Ома.

Ответ: 1) $I = \frac{U_1 - \epsilon - U_d}{L} = 10 \frac{\text{A}}{\text{C}}.$

2) $I_{\max} = \frac{2\epsilon}{\sqrt{L}} (U_k - U_d) \left(\epsilon + U_d - \frac{1}{2}(U_k - U_d) \right)$, где $U_k = \epsilon + U_d = 4 \text{ B}.$

$I_{\max} = 0,02 \text{ A}$

3) $U_2 = \epsilon = 3 \text{ B}.$

3)  Возникла сила реакции опоры. т.к. есть угол α между N и горизонталю.

$N \sin \alpha + T = m \cdot a_{\text{центр}} = 0$

$N + T \sin \alpha = m \cdot a^2; N = \frac{m \cdot a^2}{R} - T \sin \alpha = 0 \text{ Земля.}$

$$T = \frac{m u_{\text{отн}}^2}{L} - \frac{m u^2}{R} \sin \beta + T \sin^2 \beta,$$

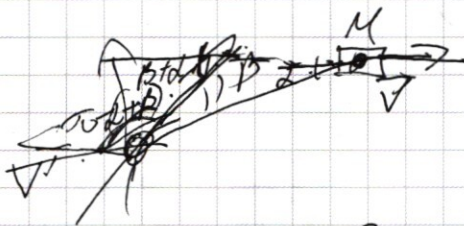
$$T = \left(\frac{m u_{\text{отн}}^2}{L} - \frac{m u^2}{R} \sin \beta \right) \frac{1}{\cos^2 \beta}.$$

$$T = \left(\frac{1 \cdot 0,71^2 \cdot 10^{-4} \cdot 15}{17 \cdot 10^{-5}} - \frac{1 \cdot 51^2 \cdot 10^{-4} \cdot 15}{17 \cdot 10^{-5}} \right) \frac{1}{8^2} = \frac{15 \cdot 10^{-3}}{8^2} \text{ (ИЗ?)}$$

$$\frac{2440 \cdot 15}{8^2} \cdot 10^{-3} \approx 0,6 \text{ Н.}$$

Ответ: $T = \left(\frac{m u_{\text{отн}}^2}{L} - \frac{m u^2}{R} \sin \beta \right) \frac{1}{\cos^2 \beta}$
 $\approx 0,6 \text{ Н.}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



✓ 1.

(E + U_0)?

$$1) V \cos \beta = V \cos \alpha \rightarrow$$

$$2) v_{\text{min}} = \sqrt{V^2 + V^2 - 2V^2 \cos(\pi - 2\beta)} \quad (4)$$

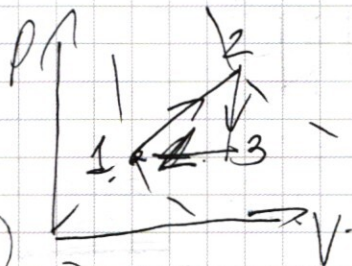
$$6) \frac{m v_{\text{max}}^2}{2} = T?$$

(3) $U_{\text{max}} =$

✓ 2.

$$1) 234 \text{ } 3-5 \Rightarrow n = \frac{3}{5}$$

$$\omega = \frac{3}{2} R \quad \text{ср} = \frac{5}{2} R$$



(E2)

$$2) \frac{3}{2} 5R(T_2 - T_1) \quad \frac{1}{2} 5R(T_2 - T_1) = ?$$

$$U = E \cdot Q = 2$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{1}{4}$$

$$a = \frac{qE}{m} \quad (a = \frac{V_0}{t})$$

$$3) \eta = \frac{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}}{T_{\text{max}}}$$

$$2 - T_{\text{max}}; T_{\text{min}} \rightarrow 1$$

$$\eta = 1 - \frac{T_{\text{min}}}{T_{\text{max}}}$$

$$\frac{20,81}{V_0} = T$$

$$T = \sqrt{\frac{qE}{m \cdot a}} \cdot 2$$

$$S = \frac{a t^2}{2}$$

$$a t = V_0$$

$$S = \frac{V_0 t}{2}$$



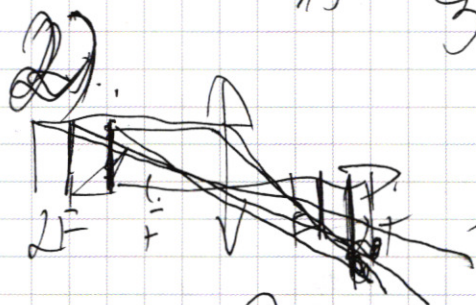
$$3) I_{\text{max}} = \frac{V_0}{2L} \cdot R$$

$$P_{\text{max}} = \frac{a t}{2}$$

$$E = U = E_0 d$$

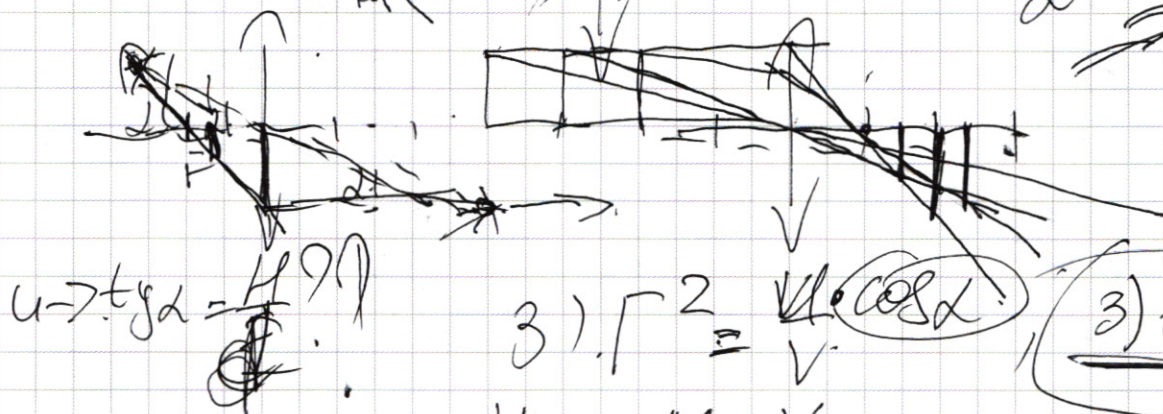
$$F = \frac{q U d}{L}$$

$\frac{2F}{3} + \frac{2F}{3} = \frac{5}{3} F$
 $\frac{8F}{15} + \frac{2F}{3} = \frac{18}{15} F$
 $\frac{2F}{3} + \frac{2F}{3} = \frac{5}{3} F$



$\frac{P_3}{V_3} = \frac{P_4}{V_4}$
 $P_1 = \frac{P_3 V_4}{V_3}$

$\frac{3}{5} F + \frac{1}{2} F = \frac{1}{F}$
 $\frac{3}{5} F + \frac{1}{2} F = \frac{1}{F}$



$u \rightarrow \sin \alpha = \frac{h}{\lambda}$

$3) \Gamma^2 = \frac{u \cdot \cos \alpha}{v}$
 $u_{\text{иск}} = u = v$

$(3) 6 4?$

$1) E - \bar{E} = u_1 + u_2$
 $2) \Delta W = \frac{u_1^2}{2} + \frac{u_2^2}{2}$
 $u_1 - E = u_1 + u_2$

$1) \bar{E} = u_1 + u_2$

$u_k - u_k$
 $(u_k - u_k)$
 $\frac{1}{2} (u_k + u_k) \frac{c}{2} + \frac{1}{2} (u_k + u_k)$

5 задача

2) и 3) пункты
 А

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{T_{\max}}{T_{\min}}, \quad PV = \sqrt{RT_{\min}} \quad \sqrt{2} (3) \quad \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{T_{\max}}{T_{\min}} \quad \frac{2400}{4} \rightarrow 600$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{P_1 V_1} \quad A = P_1 V_1 \left(\frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} - 1 \right) = P_1 V_1 \left(\frac{2400}{4} - 1 \right) = 5941$$

$$\frac{1}{2} \frac{m v_0^2}{2} = 44? \quad Q = \frac{3}{2} R (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} R (2400 - 4) = 2601$$

$$\frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = A \quad \frac{1}{2} (2400 - 4) = 1198$$

$$\frac{1}{2} \sqrt{RT_{\max}} - T_{\min} = A, \quad \left(\frac{1}{4} Q \right)$$

$$\sqrt{RT_2} = P_2 V_2, \quad \sqrt{RT_1} = P_1 V_1$$

$$P_2 V_2 = 2A + P_1 V_1$$

$$Q = P_2 V_2 - P_1 V_1$$

$$Q = 2A + P_1 V_1 - P_1 V_1 = 2A = 1198$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_{max}}{T_{min}}$$

$$P_2 (V_2 - V_1) = 5R(T_3 - T_{min})$$

$$\frac{3}{2} 5R(T_{max} - T_{min}) = P_2 V_2 = P_1 V_1$$

$$\begin{array}{r} 77 \\ 53 \overline{) 539} \\ 106 \\ 426 \\ 32 \end{array}$$

$$\frac{5}{2} P_1 (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} P_2 (V_2 - V_1)$$

$$\frac{P_1 V_2 - P_1 V_1}{P_2 V_2 - P_1 V_1} = \frac{1}{2}$$

$$P_1 V_2 - P_1 V_1 = 0$$

$$\frac{5}{2} (5R(T_3 - T_{min})) = 1 \cdot (T_{max} - T_{min}) = 2T_3$$

$$\frac{3}{2} 5R(T_{max} - T_{min})$$

$$T_{max} = \frac{2T_3 + T_{min}}{2}$$

2 задача

$$\eta = \frac{V_3 - V_1}{5V_3 + 3V_1}$$

$$\eta = \frac{V_3}{V_1}$$

$$\eta = \frac{-a-1}{5a+3}$$

$$\eta = \frac{17}{289}$$

$$\begin{array}{r} 1600 \\ + 51 \\ 1651 \\ + 51 \\ 1702 \\ + 51 \\ 1753 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \cdot 144 \\ 2 \cdot 288 \\ + 6 \\ 172.8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2605 \\ + 1728 \\ 4333 \end{array}$$

$$\frac{2605}{4600} = 0.566$$