

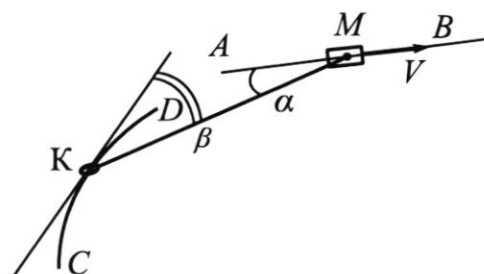
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-03

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка задания не принимаются.

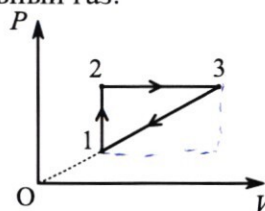
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити 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.

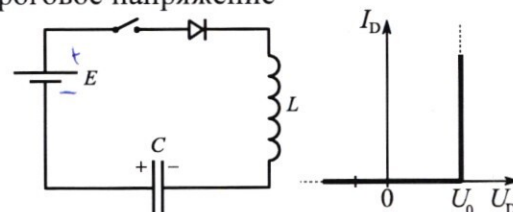
- 1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.
- 2) Найти в изобарном процессе отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

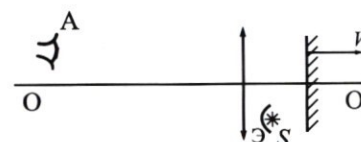
- 1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?
 - 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
 - 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?
- При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами 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 $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ 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 $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ от линзы.

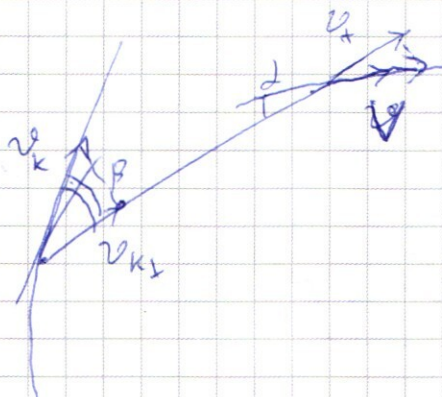


- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- 2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

1)



$$v_{kx} = v_x$$

v_{kx} — проекция скорости
колеба на нить

v_x — проекция скорости
угроты на нить

v_k — скорость точки K

$$\begin{cases} v_{kx} = v_k \cdot \cos \beta \\ v_x = v \cdot \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow v_{kx} = v_x \Rightarrow$$

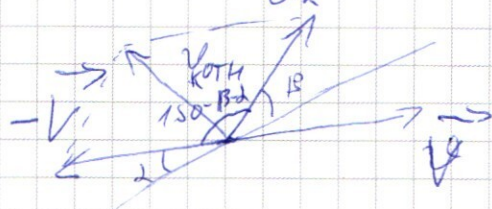
$$\Rightarrow v_k = \frac{v \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{34 \cdot 45^\circ}{21 \cdot 8} = 50$$

$$v_k = 50 \text{ см/с}$$

2)

$$v_{\text{котн}} = v_k - v$$

$v_{\text{котн}}$ — скорость
относительная
скорость
колеба

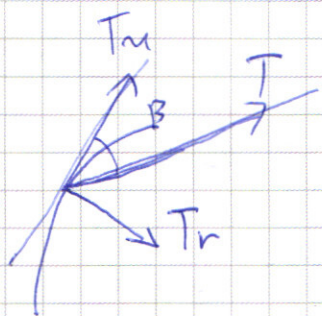


$$v_{\text{котн}} = \sqrt{v_k^2 + v^2 + 2v_kv \cos(\alpha + \beta)}$$

$$\begin{aligned} \cos(\alpha + \beta) &= \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{15 \cdot 3}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 4}{17 \cdot 5} = \\ \sin \alpha &= \frac{8}{17} \\ \sin \beta &= \frac{4}{5} \\ &= \frac{13}{25} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{20 } v_{\text{котн}} &= v \sqrt{1 + \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} + 2 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)} \\
 &= 34 \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{50}{34}\right)^2 + 2 \cdot \frac{50}{34} \cdot \frac{13}{85}} = \\
 &= \sqrt{34^2 + 50^2 + 2 \cdot 50 \cdot 34 \cdot \frac{13}{85}} = \\
 &= \sqrt{1148 + 2500 + \frac{4420}{85}} = \sqrt{1148 + 2500 + 53} \\
 &v_{\text{котн}} \approx 61 \text{ км/ч}
 \end{aligned}$$

31



$$T_n = \frac{v_k^2}{R} \cdot m$$

$$T \cdot \sin \beta = T_n$$

$$T = \frac{v_k^2}{R} \cdot m \cdot \sin \beta =$$

$$T = \frac{0,25 \cdot 0,3 \cdot 4}{0,53 \cdot 5} =$$

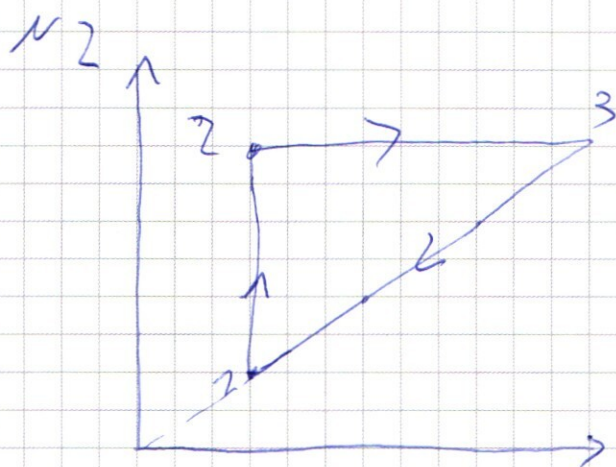
$$= \frac{0,2 \cdot 0,3}{0,53} = \frac{6}{53}$$

$$T \approx 0,11 \text{ Н}$$

$$= \frac{2500 \cdot 0,3 \cdot \frac{4}{5}}{0,53} = \frac{2000 \cdot 0,3}{0,53}$$

$$= \frac{6000 \text{ км} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^2}{5,3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$(1,3) \quad P = \text{const} \cdot V$$

$$PV^{-1} = \text{const}$$

$$PV^n = \text{const} -$$

-получаем

$$\text{т.е. } \frac{C - C_p}{C - C_v} = n = -1$$

$$C_{1,3} = \frac{C_p + C_v}{2}$$

1) $T \sim P \cdot V$

1,2 $P \uparrow; V = \text{const}$

2,3 $P = \text{const}; V \uparrow$

3,1 $P \downarrow; V \downarrow$

} - Температура растет

1,2 - изохора ; 2,3 - изобара

$$C_{1,2} = C_v$$

$$C_{2,3} = C_p$$

Теплоемкость в 1,2

Теплоемкость в 2,3

$$\frac{C_{1,2}}{C_{2,3}} = \frac{C_v}{C_p} = \frac{1}{\gamma} = \frac{3R/2}{5R/2} = \frac{3}{5}$$

2)

$$\delta Q = C dT$$

$$du = c_v dT$$

$$C dT = du + dA$$

$$\delta A = (c_p - c_v) dT$$

$$du = c_v dT$$

$$\frac{5T_3}{T_1 - T_2}$$

$$\frac{\delta A}{\delta u} = \frac{dA}{du} = \frac{c_v}{c_p - c_v} = \left| \frac{c_p}{c_p - c_v} \right| =$$

$$= \frac{c_v}{c_p - c_v} = \frac{3}{5-3} = \left(\frac{3}{2} \right)$$

3)

$$\eta = \frac{A}{Q_+}$$

Q_+ - подведенное тепло

$$Q_+ = c_v(T_2 - T_1) + c_p(T_3 - T_2)$$

$A = S$ - площадь внутри цикла

$$\frac{(P_2 - P_1) \cdot (V_3 - V_2)}{2} = A = \frac{P_2 V_3 - P_2 V_2 - P_1 V_3 + P_1 V_2}{2} =$$

$$= \frac{T_3 - T_2 - \frac{P_2 V_3}{R} + T_2}{2}$$

$$Q_+ = c_v(T_2 - T_1) + c_p(T_3 - T_2)$$

$$A = (c_p - c_v) \cdot (T_3 - T_2) + c_{v1}(T_1 - T_3) =$$

$$= R(T_3 - T_2) + (T_1 - T_3) = R(T_1 - T_2)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta = \frac{R(T_1 - T_2)}{R\left(\frac{3}{2}T_2 - \frac{3}{2}T_1 + \frac{5}{2}T_3 - \frac{5}{2}T_2\right)} = \frac{2(T_1 - T_2)}{(5T_3 - 3T_1 - 2T_2)} = \frac{2}{\frac{5T_3}{T_1 - T_2} - 3 + \frac{T_2}{T_1 - T_2}}$$

η макс при $T_1 = 0$

$$T_1 \Rightarrow T_2 = 0$$

$$p = 2V$$

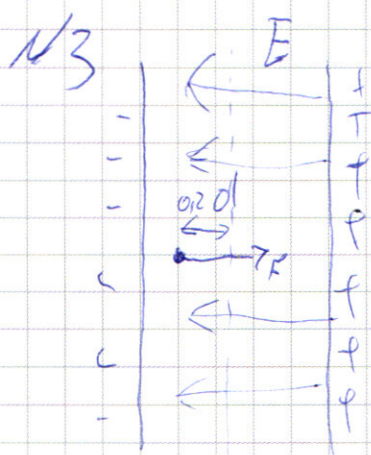
$$Q = c_p \cdot (T_3 - T_2) = c_p \cdot T_3$$

$$A = p_2 \cdot V_3 + \int 2 \cdot V dV =$$

$$= p_2 \cdot V_3 + \frac{1}{2} V_3^2 =$$

$$\eta_{\max} = \frac{c_p \cdot T_3}{\frac{p_2 \cdot V_3}{2} + \frac{1}{2} V_3^2} = \frac{R T_3}{2 c_p T_3} = \frac{R}{2 c_p}$$

$$= \frac{R}{2 c_p} = \frac{R}{2 \cdot \frac{5}{2} R} = \frac{1}{5} = 20\%$$



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

σ - поверхностная
плотность заряда

$$F = eE$$

$$L = \frac{at^2}{2} = \frac{Ft^2}{2m}$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{2mL}{F}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,201 m \epsilon_0}{e \sigma}}$$

1)

$$U = \frac{F}{m} \cdot t$$

$$v_1 = \frac{F}{m} \cdot t_{вылета} = \frac{F}{m} \cdot t_{обит} \quad a = \frac{F}{m}$$

$v_{сер}$ - скорость в середине

$$v_{сер} = \frac{F}{m} \cdot T$$

$$\frac{v_1^2}{2a} = 0,701$$

$$v_{сер} = a \cdot T$$

$$a = \frac{v_1^2}{2 \cdot 0,701 d} = \frac{v_1^2}{1,401 d}$$

$$T = \frac{0,201 \cdot 2}{v_{сер}} = \frac{0,4 d}{v_{сер}}$$

$$= \frac{0,401}{a} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{0,401}{a}} = \sqrt{\frac{0,401 \cdot 1,401 d}{v_1^2}}$$

$$= \sqrt{5,6} \cdot \frac{d}{v_1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

из

$$2) \quad q = \frac{U}{d} C \cdot U$$

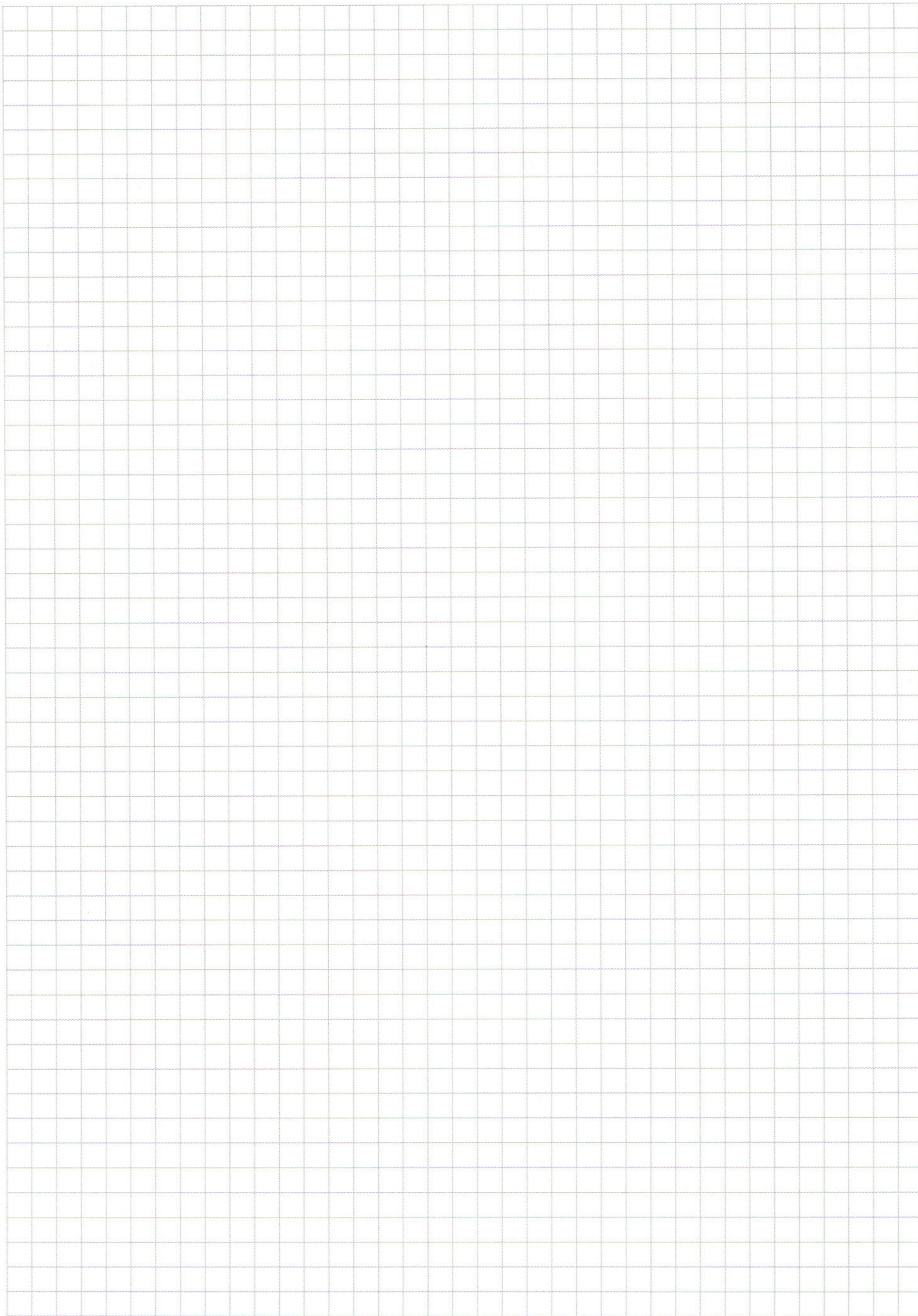
$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{d}$$

$$U = E \cdot d$$

$$E = \frac{F}{e} = \frac{m a}{e} = \frac{a}{\gamma}$$

$$U = \frac{a d}{\gamma}$$

$$q = \frac{\epsilon_0 S a d}{d \gamma}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

М Ч

1) $U_k = U_L = U_C + \mathcal{E} = 8 \text{ В}$

$$U_L = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{dt} = I^* = \frac{U_L}{L} = \frac{U_C + \mathcal{E}}{L} = \frac{8}{0,1} = 80 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2)

Ток будет максимальным когда конденсатор поменяет полярность и зарядит его напряжение $U_C = -\mathcal{E}$

$$U = \mathcal{E} + U_C = 8 \text{ В}$$

$$\Delta q = \frac{CU}{L} = \frac{8}{40 \cdot 10^{-6}} \cdot 2 \cdot 64 = \Delta q = C \Delta U = 320 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$\frac{CU_C^2}{2} = \mathcal{E} \cdot \Delta q + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$

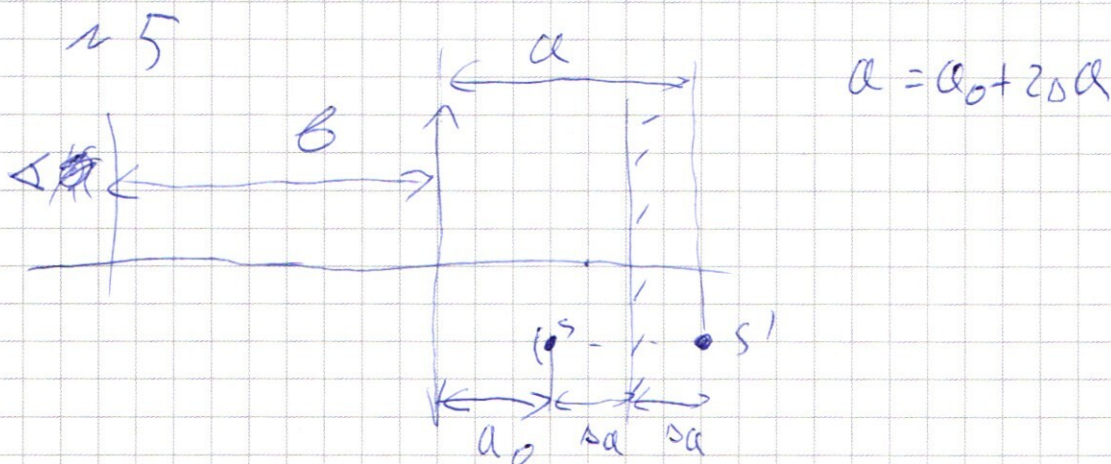
$$I^* = \sqrt{\frac{CU_C^2 + 2\mathcal{E} \Delta q - C\mathcal{E}^2}{L}} =$$

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-5} \cdot 4 + 8 \cdot 2 \cdot 320 \cdot 10^{-6} - 4 \cdot 10^{-5} \cdot 64}{0,1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{16 \cdot 10^{-5} + 512 \cdot 10^{-5} - 256 \cdot 10^{-5}}{0,1}} = \sqrt{\frac{272 \cdot 10^{-5}}{0,1}} = 0,12 \text{ А}$$

$$A_{\text{max}} = 0,12 \text{ A}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{1}{b} + \frac{1}{a} = \frac{1}{r} \Rightarrow b = \frac{Ea}{a - F} = \frac{F \cdot (a_0 + 2\delta a)}{a_0 + 2\delta a - F}$$

$$a_0 = \frac{F}{4}$$

$$\delta a = \frac{F}{2}$$

$$b = \frac{F \left(\frac{1}{4} + 1 \right)}{\left(\frac{1}{4} + 1 - 1 \right)} = 5F$$

$h' = h$ - конусная высота

$$h' = \frac{b}{a} h = \frac{5}{\frac{5}{4}} h = 4h$$

$$\tan 2 = \frac{dh}{db}$$

$$dh = \frac{db \cdot a - da \cdot b}{b^2} h$$

$$\tan 2 = \left(\frac{a - b \frac{da}{db}}{b^2} \right) h$$

$$b = \frac{F(a)}{a-F}; \quad db = F \left(\frac{da(a-F) - da \cdot a}{(a-F)^2} \right) =$$

$$= \frac{-F^2 da}{(a-F)^2} \quad \frac{da}{db} = -\frac{(a-F)^2}{F^2}$$

$$\lg 2 = \frac{\left(a - \frac{b \cdot (a-F)^2}{F^2} \right) h}{b^2} \quad \left| \begin{array}{l} b = 5F \\ a = \frac{5}{4}F \end{array} \right| =$$

$$= \frac{\left(\frac{5}{4}F - \frac{5F \cdot \left(\frac{1}{4}F \right)^2}{F^2} \right) \frac{F}{4}}{25F^2} = \frac{\left(\frac{5}{4} - \frac{5}{4} \cdot \frac{1}{4} \right) \cdot \frac{1}{4}}{25} =$$

$$= \frac{1}{64 \cdot 5} (4+1) = \frac{5}{64 \cdot 5} = \frac{5}{320} = \frac{1}{64}$$

$$\lg 2 \rightarrow \frac{1}{320} \quad \lg 3 \rightarrow \frac{1}{360} \quad \lg 2 = \frac{1}{64}$$

$$3) \quad v_{u3} = \frac{da}{dt} = -\frac{F^2}{(a-F)^2} \frac{da}{dt}$$

$$\frac{da}{dt} = \frac{d(a_0 + 2\Delta a)}{dt} = 2 \frac{d\Delta a}{dt} = 2V$$

$$v_{u3} = -\frac{F^2}{(a-F)^2} \cdot 2V = -2V \cdot \frac{5}{(5-1)} = -8V$$

$$|v_{u3}| = 8V$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 64 \\ + 225 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$17^2 \quad C - C_p = C_v - C$$

$$2C = C$$

$$10 + 21^2 =$$

$$= 100 + 140 + 49 = 289$$

$$\begin{array}{r} 45 + 32 \\ \hline 77 \end{array}$$

$$\frac{13}{85}$$

$$34^2 = 34 \times 34$$

$$34^2 + 62 \times 34 +$$

$$30$$

$$800 + 240 + 9$$

$$149$$

$$\frac{340 \cdot 13}{85}$$

$$340 \cdot 3$$

$$28$$

$$\frac{884}{17} = \frac{850 + 34}{17} =$$

$$= 50 + 2$$

$$3400 + 1020$$

$$\frac{4420}{85}$$

$$3721$$

$$45$$

$$1202 + 2500$$

$$3702$$

$$67^2$$

$$3600 + 120 + 1$$

$$P_2 \cdot V_3 \quad q = C_p \cdot$$

$$P_2 \cdot V_3 = T_3$$

$$54 \times 6$$

$$380$$

$$334$$

