

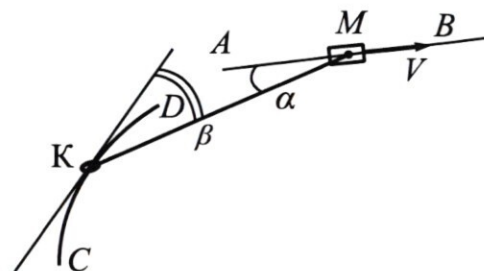
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

Вариант 11-04

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



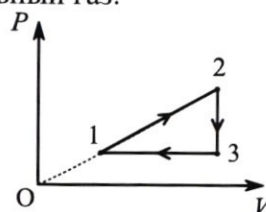
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа 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. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?

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.

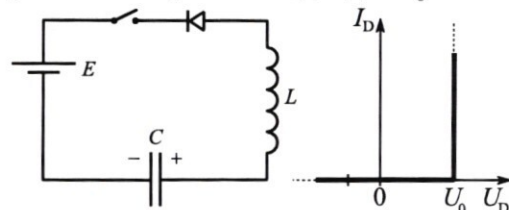
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

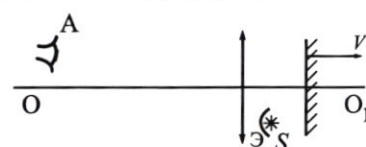


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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

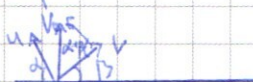
№1

1) т.к. трос натянут и по вертикали

$$V \cos \alpha = U \cos \beta \quad U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{V \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{7}{8}}{\frac{3}{4}} = 1,7V = 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2)

в 00 муфта



по теореме косинусов

$$V_0^2 = U^2 + V^2 - 2UV \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{-13}{85}$$

$$\left(\sin \alpha = \frac{3}{5}, \sin \beta = \frac{15}{17} \right)$$

$$V_0^2 = V^2 \left(1 + \frac{289}{100} \right) + \frac{2 \cdot 17}{10} \cdot \frac{13}{85} V^2 = V^2 \left(\frac{389 + 52}{100} \right)$$

$$V_0^2 = \frac{441}{100} V^2$$

$$V_0 = \frac{21}{10} V = 2,1 \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3) заданы 2 груза системы и 00 и 00 муфта

в 1 - радиус кривизны системы R, во второй - c

$$\frac{mV^2}{R} = T - N \sin \beta \quad (1)$$

$$\frac{mU^2}{R} = T \sin \beta - N \quad (2)$$

(1)-(2)

$$\frac{mV^2}{R} - \frac{mU^2}{R} \sin \beta = T(1 - \sin^2 \beta) = T \cos^2 \beta$$

$$T = \frac{mV^2}{R} \cdot \frac{289}{64} \cdot \left(\frac{441}{100} \cdot \frac{15}{17} - \frac{15}{17} \cdot \frac{289}{100} \right) = \frac{mV^2}{R} \cdot \frac{17^2 \cdot 15}{8^2 \cdot 17} \cdot \frac{152}{100}$$

$$= \frac{mV^2}{R} \cdot \frac{17 \cdot 3}{8^2} \cdot \frac{4 \cdot 38}{20} = \frac{17 \cdot 3 \cdot 19}{8 \cdot 20} \cdot \frac{mV^2}{R} = \frac{17 \cdot 3 \cdot 19}{8 \cdot 20} \cdot \frac{0,4 \cdot 4}{1,5} \text{ Н}$$

$$= \frac{0,1 \cdot 10 \cdot 17 \cdot 3}{20} \text{ Н} = 5,1 \text{ Н}$$

Ответ: $3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $5,1 \text{ Н}$

№2

1) найдем температуру T на высоте h и высоте $d = \frac{5h}{3}$

2)

$$U = \frac{3}{2} \nu R n T = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) \quad p_1 = k V_1 \quad p_2 = k V_2$$

$$U = \frac{3}{2} k (V_2^2 - V_1^2)$$

$$A = \frac{(V_2 - V_1)(p_1 + p_2)}{2} = \frac{(V_2^2 - V_1^2) k}{2}$$

$$\frac{U}{A} = 3$$

3)

$$\eta = \frac{A}{Q^+}$$

$$A = \frac{(V_2 - V_1)(p_2 - p_1)}{2} = \frac{(V_2 - V_1)^2 k}{2}$$

$$Q^+ = C_x \nu R n T$$

$$C_x = 2R \text{ м.м.} \quad p = kV$$

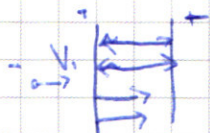
$$2 Q^+ = 2 (p_2 V_2 - p_1 V_1) = 2 k (V_2^2 - V_1^2)$$

$$\eta = \left[\frac{(V_2 - V_1)}{(V_2 + V_1)} \right] \cdot \frac{1}{4}$$

$$A \leq 1 \Rightarrow \eta_{\max} = \frac{1}{4}$$

Ответ: $\frac{5}{3}, 3, \frac{1}{4}$

№3



$$1) E \alpha = \frac{Q}{\epsilon_0} = \frac{q}{S \epsilon_0} = \frac{q \epsilon_0}{S \epsilon_0} = \frac{q_0}{S}$$

$$S = \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2a}$$

$$0,2d = \frac{V_1^2}{2a}$$

$$a = \frac{E \alpha q_1}{m} = E \alpha f$$

$$0,2d = \frac{V_1^2}{2a}$$

$$f = \frac{V_1^2}{4 \cdot 0,4 u_0} = \frac{5 V_1^2}{8 u_0} = \frac{5 V_1^2}{2 u_0}$$

2)

$$T = 2t \quad t = \frac{V_1}{a} = \frac{V_1}{u_0 f} = \frac{V_1}{u_0} \cdot \frac{2 u_0}{5 V_1^2} d = \frac{2d}{5 V_1}$$

$$T = \frac{4d}{5 V_1}$$

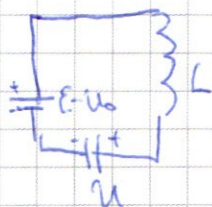
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) т.к. поле шаровки обнуляется $V_0 = V_1$

4) (даны: $\frac{5V_1}{8U_0}$, $\frac{8V_1}{5V_1}$, V_1)

1) $U_{\text{контр}} = U_1 - \varepsilon + U_0 = L \frac{dI}{dt}$ $\frac{dI}{dt} = \frac{U_1 - \varepsilon + U_0}{L} = 10 \frac{A}{c}$

2) Заметим, что пока ток имеет прямой зарядовый ток, то зарядовый ток увеличивается



I_{max} при $U_{\text{конт}} = 0$

$U_k = E - U_0 = 5B$ $q = (U_1 - U_k)C$

по ЗСЭ $-q(E - U_0) = \frac{Li^2}{2} + \frac{(q_0 - q)^2}{2C} - \frac{q_0^2}{2C}$

$Li^2 = \frac{q_0^2}{C} - \frac{(q_0 - q)^2}{C} - q(E - U_0) = -\frac{q(q - 2q_0)}{C} - q(E - U_0) = q(\frac{q_0}{C} - 2q)$

$= q(\frac{q}{C} - 2q) = q(U_1 - \varepsilon + U_0 - 2\varepsilon) = q(U_1 + U_0 - 3\varepsilon)$

$= q(4U_1 - q - 2\varepsilon) = q(4U_1 - U_1 + \varepsilon - U_0 - 2\varepsilon) = q(3U_1 - U_0 - \varepsilon)$

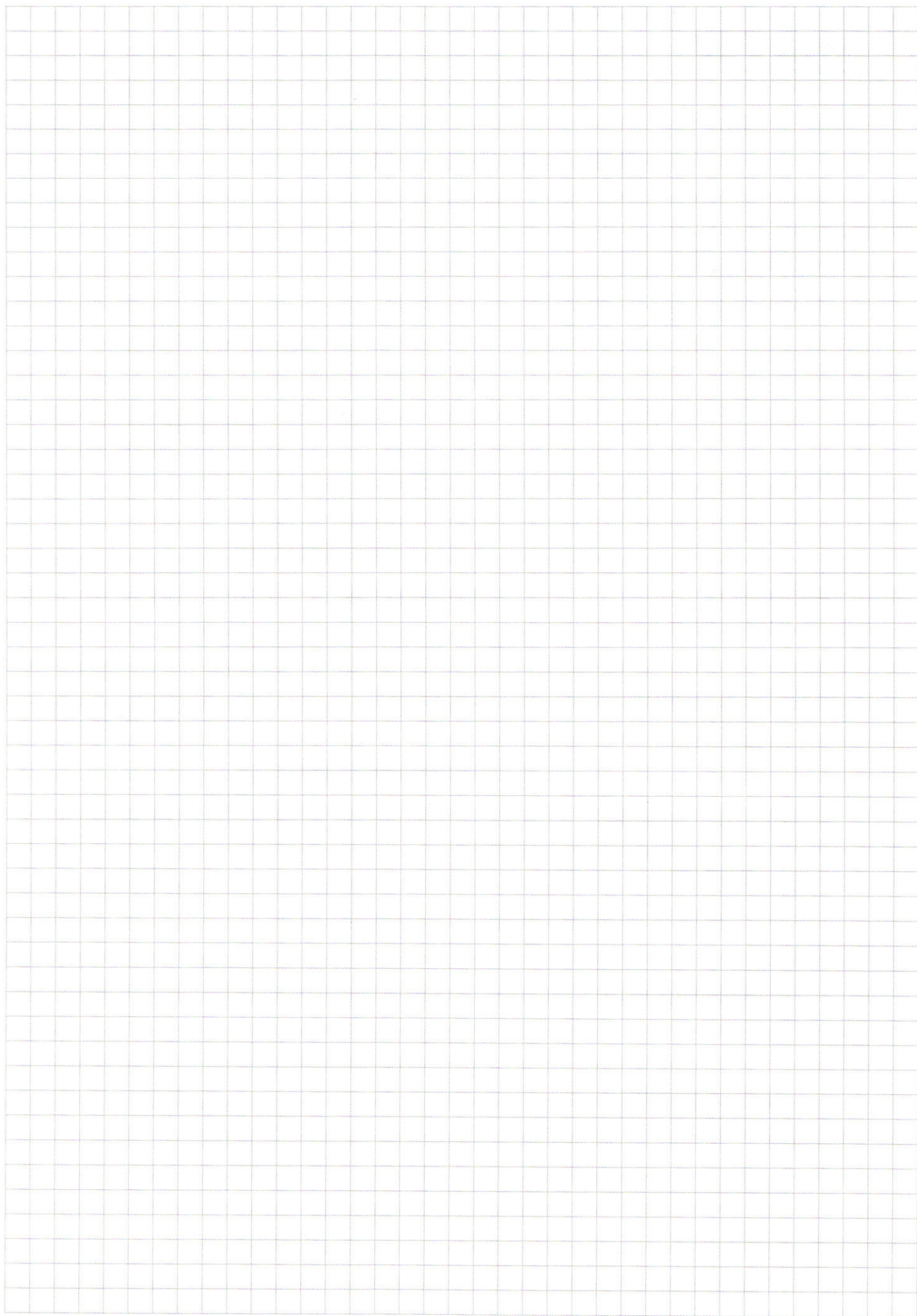
$= 4B \cdot 0,1 \cdot 10^{-9} \text{ Ф} (20B)$

$i^2 = \frac{4 \cdot 0,1 \cdot 10^{-9} \cdot 20}{0,4} A^2 = 2A^2$ $i = \sqrt{2} A$

3) уменьшающаяся контрэмфсиса уменьшается при $I = 0$

по ЗСЭ

$-q\varepsilon - q(E - U_0)$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

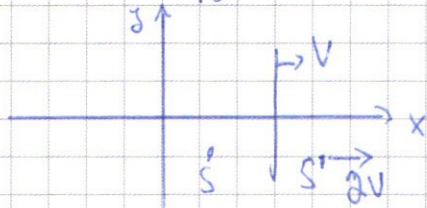
№5

$$1) \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{5} + \frac{1}{d} \quad d = \left(\frac{6F}{5} - \frac{3F}{5} \right) \cdot 2 + \frac{3F}{5} = \frac{9F}{5}$$

$$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{9}{5} \cdot \frac{1}{\frac{9}{5}-1} F = \frac{9}{4} F$$

2)

Итак $\frac{3F}{15} = a$



запишем, что если $V_3 = V$
(V_3 - скорость зеркала), то
 $V_3' = 2V$

$$\frac{u_x}{2V} = \frac{f^2}{f^2} \left(\frac{1}{F} = \frac{1}{5} + \frac{1}{d} \right), \quad 0 = -\frac{u}{f^2} - \frac{2V}{f^2} \quad \frac{f^2}{f^2} = \frac{u}{2V}$$

x - расстояние от зеркала до OO.

$x = a \frac{f}{d}$ расстояние преобразованное

~~$u_y = a \frac{2V}{f}$~~

$$u_y = \frac{a}{f^2} (u_x d - 2V f) = \frac{a}{f^2} (2V \frac{f^2}{5} - 2V f) = \frac{a}{f^2} \cdot 2V f (1 - \frac{1}{5})$$

$$tg \alpha = \frac{|u_y|}{|u_x|} = \frac{\left| \frac{a}{f^2} f (1 - \frac{1}{5}) \right| \cdot \frac{f^2}{f^2}}{\left| \frac{a}{f^2} f (1 - \frac{1}{5}) \right|} = \frac{8}{15} \cdot \frac{9}{21} = \frac{8}{15} \cdot \frac{1}{9} = \frac{8}{135}$$

3)

$$V = u_x \sqrt{1 + tg^2 \alpha} = 2V \cdot \left(\frac{16}{25} \right)^{-1} \cdot \frac{1}{15} \sqrt{1 + tg^2 \alpha} = 2V \cdot \frac{25}{16} \sqrt{1 + \frac{64}{135^2}}$$

$$V = \sqrt{\frac{5^4}{8^2} \left(1 + \frac{64}{135^2} \right)} = V \sqrt{\frac{5^4}{8^2} + \frac{5^2}{9^2}} = 5V \sqrt{\frac{25}{64} + \frac{1}{27^2}}$$

Итак: $\frac{9}{4} F$, $u_y = \frac{8}{135}$, $5V \sqrt{\frac{25}{64} + \frac{1}{27^2}}$

№4

$$1) \text{ Умножим } U_1 - \mathcal{E} + U_0 = L \frac{dI}{dt} \quad \frac{dI}{dt} = \frac{U_1 - \mathcal{E} + U_0}{L} = 10 \text{ A/s}$$

$$2) \text{ Ищем } U_c \text{ при } U_L = 0 \Rightarrow U_c = \mathcal{E} - U_0 = 5 \text{ В} \quad \Delta U = 4 \text{ В}$$

на ЗСЭ

$$- \mathcal{E} \Delta U_c = \frac{L I^2}{2} + \frac{C U_c^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$L I^2 = C (U_1^2 - U_c^2) - \mathcal{E} C \Delta U = C (5^2 - 4^2) \text{ В}^2 = 42 \cdot 10^{-2} \text{ A}^2 \cdot \text{Fn}$$

$$I^2 = \frac{42 \cdot 10^{-2} \text{ A}^2}{6,4} = 5,21 \cdot 10^{-2} \text{ A}^2 = \frac{21}{20} \text{ A}^2 \quad I = \sqrt{\frac{21}{20}} \text{ A}$$

$$3) \text{ умножим на } U_c \text{ при } I = 0$$

$$- q \mathcal{E} = \frac{(q_0 - q)^2}{2C} - \frac{q^2}{2C} = \frac{q}{2C} (q_0 - 2q_0)$$

$$2C \mathcal{E} = 2q_0 - q \quad q = 2q_0 - 2C \mathcal{E} = 2C (U_1 - \mathcal{E}) =$$

$$U_{c \text{ сум}} = \frac{q_0 - q}{C} = U_1 - 2U_1 + 2\mathcal{E} = 2\mathcal{E} - U_1 = 3 \text{ В}$$

$$\text{Ответы: } 10 \text{ A/s}, \quad \sqrt{\frac{21}{20}} \text{ A}, \quad 3 \text{ В}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.

$$1) u_k = u_1 - E = E \left| \frac{dy}{dt} \right| \quad \text{и} \quad \dot{y} = \frac{u_1 - E + u_0}{L} \quad u_1 = E + u_k - u_0 \quad u_0 = u_1$$

2)

3) ~~$u_0 = E$~~

$$-E^2 \cdot g = \frac{Li^2}{2} +$$

Итак при $u_1 = 0$ X

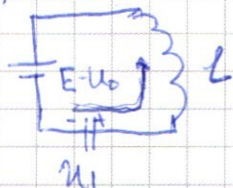
1) пока не имеет $\Rightarrow u_k \cdot u_1 = E$?

2) пока имеет пока $u_1 - E = u_k + u_0$

$$-qE = \frac{Li^2}{2} + \frac{(q_0 - q)^2}{2C} - \frac{q_0^2}{2C}$$

$$-qE = \frac{(q_0 - q)^2}{2C} - \frac{q_0^2}{2C} = -\frac{2q_0q - q^2}{2C}$$

$$\frac{dq}{dt} =$$



~~$E = 0$~~ при $u_1 = E - u_0$

Итак при $u_1 = E - u_0$?

N5

$$qE \cdot 2C = 2q_0q - q^2$$

$$2qE = 2q_0 - q$$

$$q = 2q_0 - 2qE = 2C(u_1 - E)$$

$$u = \frac{q_0 - q}{C} = u_1 - 2u_1 + 2E = 2E - u_1 = 2E$$

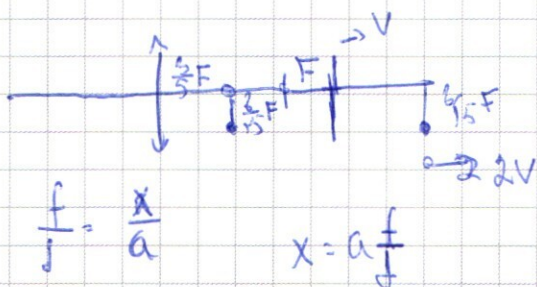
N5

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

$$B = -\frac{V}{f^2} + \frac{U}{f^2}$$

$$\frac{V}{f^2} = \frac{U}{f^2}$$

$$\frac{U}{C} = \frac{K}{C^2}$$



$$\frac{f}{j} = \frac{x}{a}$$

$$x = a \frac{f}{j}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{5}{12F} + \frac{1}{f}$$

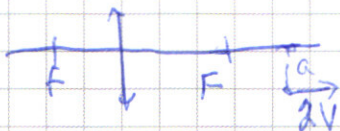
$$\frac{1}{f} = \frac{7}{12F}$$

$$f = \frac{12F}{7}$$

$$\frac{u_x}{2V} = \frac{f^2}{j^2}$$

$$f = \frac{12F}{5}$$

$$u_y$$



$$\frac{x}{a} = \frac{f}{f}$$

$$x = a \frac{f}{f}$$

$$u_y = a \frac{u_x f - 2V f}{f^2}$$

$$u_x = 2V \frac{f^2}{f^2}$$

$$u_y = a \frac{2V \frac{f^2}{f^2} - 2V f}{f^2}$$

$$= \frac{2Va(f^2 - f)}{f^3} = \frac{2Va(f - 1)}{f^3}$$

$$\frac{u_y}{u_x} = \frac{a(f - 1)}{2f} = \frac{8}{15} \cdot \frac{(\frac{12}{5} - \frac{12}{7})}{12^2} \cdot 25 = \frac{8}{15} \cdot \frac{24}{12^2} = \frac{16}{12 \cdot 15} = \frac{4}{3 \cdot 15} = \frac{4}{45}$$

$$V = u_x \sqrt{1 + \left(\frac{u_y}{u_x}\right)^2} = u_x \frac{7}{5\sqrt{5}}$$

№4

1)

$$u_k = u_1 - \varepsilon \cdot u_0$$

2)



$$I_{max} \text{ при } u_1 = \varepsilon \cdot u_0$$

$$I_0 \text{ при } \cdot$$

$$-q\varepsilon = \varepsilon \frac{(q - q_0)^2}{2\kappa} - \frac{q_0^2}{2\kappa}$$

3B

81 - 25

56

$$10 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-2}$$

$$1 + \frac{64}{15^2 \cdot 9^2} = \frac{225}{21} = \frac{1200}{18221}$$

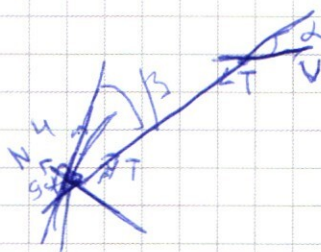
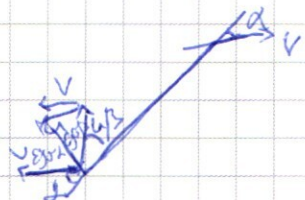
13285

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$u = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{V \cdot 4}{5 \cdot 8} \cdot 17 = \frac{17V}{10}$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{5} \quad \sin \beta = \frac{15}{17}$$



$$\frac{225}{84}$$

$$\frac{325}{52}$$

$$\frac{441}{239}$$

$$2) u_{\text{rel}}^2 = V^2 + u^2 - 2Vu \cos(\alpha + \beta)$$

$$3) \frac{m u_{\text{rel}}^2}{2} = T - N \sin \beta$$

$$m \frac{u^2}{2} = T \sin \beta - N \cos \beta$$

$$m \frac{u^2}{2} \sin \beta - \frac{m u_{\text{rel}}^2}{2} = T \sin^2 \beta - T$$

$$\frac{m u^2}{2} - \frac{m u_{\text{rel}}^2}{2} = T \cos^2 \beta$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{32}{85} - \frac{45}{85} = -\frac{13}{85}$$

$$u_{\text{rel}}^2 = V^2 + \frac{289}{100} V^2 + 2V^2 \cdot \frac{17}{10} \cdot \frac{13}{85} = V^2 \left(1 + \frac{289}{100} + \frac{2 \cdot 13}{10} \cdot \frac{1}{5} \right)$$

$$= V^2 \left(\frac{385 + 52}{100} \right) = V^2 \frac{437}{100} = \left(\frac{21}{10} V \right)^2$$

$$\frac{21^2 V^2}{100} = \frac{441}{100} V^2$$

$$m V^2 \cdot \frac{441}{100} \cdot \frac{15}{17R} - \frac{m V^2 \cdot 289}{100R} \cdot \frac{15}{17} = \frac{15}{17R} m V^2 \cdot \frac{152}{100}$$

$$= \frac{15 \cdot 8 \cdot 13}{17 \cdot 100} \frac{m V^2}{R} = \frac{27 \cdot 13}{17 \cdot 20} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 13}{5 \cdot 17}$$

$$T = \frac{13 \cdot 3 \cdot 17}{5 \cdot 32} \cdot \frac{0.4 \cdot 4}{1.9} = \frac{0.1 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 17}{10} = 5.111$$

№2

$$1) \quad \frac{C_p}{C_v} = \frac{5/2}{5/2} = \frac{5}{3}$$

$$2) \quad P = kV \quad C = 2R$$

$$2R \ln T = \frac{3}{2} R \ln T + A$$

$$A = \frac{1}{2} V \cdot (p_1 + p_2) = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} k$$

$$u = \frac{3}{2} k (V_2^2 - V_1^2)$$

$$\frac{1}{2} (p_2 V_2 + p_1 V_1) = \frac{1}{2} V (p_1 + p_2)$$

$$p_1 = kV_1 \quad p_2 = kV_2 \quad p_1 + p_2 = k(V_1 + V_2)$$

$$(p_1 - p_2) = k(V_2 - V_1)$$

$$\frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2} k$$

$$V_2^2 k - V_1^2 k = (V_2^2 - V_1^2) k$$

$$\frac{u}{A} = 3$$

3)

$$\eta = \frac{A}{Q^+}$$

$$Q^+ = 2(p_2 V_2 - p_1 V_1) = 2R \ln T = 2k(V_2^2 - V_1^2)$$

$$A = \frac{(V_2 - V_1)(p_2 - p_1)}{2} = \frac{(V_2 - V_1)^2 k}{2}$$

$$\frac{A}{Q^+} = \frac{(V_2 - V_1)}{4(V_2 + V_1)} = \frac{1}{4} \cdot \frac{(V_2 - V_1)}{(V_2 + V_1)} \leq 1$$

$$\eta_{\max} = \frac{1}{4}$$

№3)



$$1) \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{qC}{SE\epsilon_0}$$

$$0,2d = \frac{V_1^2}{2a}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m}$$

$$0,2d = \frac{V_1^2}{2qEm}$$

$$\delta = \frac{V_1^2}{2E \cdot 0,2d} = \frac{5V_1^2}{2Ed}$$

$$= \frac{5V_1^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = \frac{5V_1^2}{2 \cdot 10^{-13}}$$

$V_0 = V_1$ т.к. поле
одно и то же

$$2) \quad T = 2t = \frac{2V_1}{a}$$

$$t = \frac{V_1}{a}$$

$$3) \quad V_0 = V_1?$$