

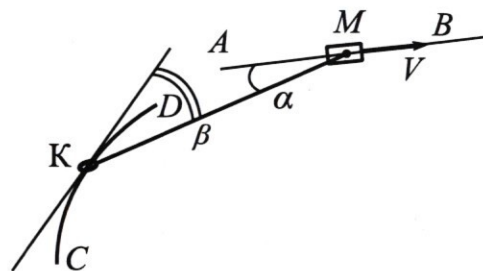
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-03

Класс 11

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

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.



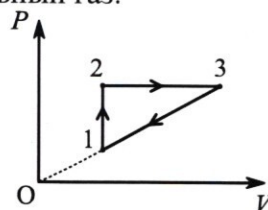
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

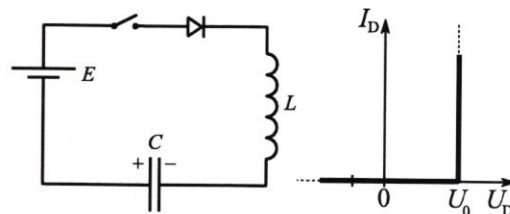
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

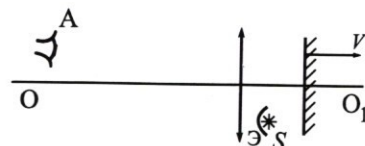


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник 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.

$$V = 0,34 \frac{m}{c}$$

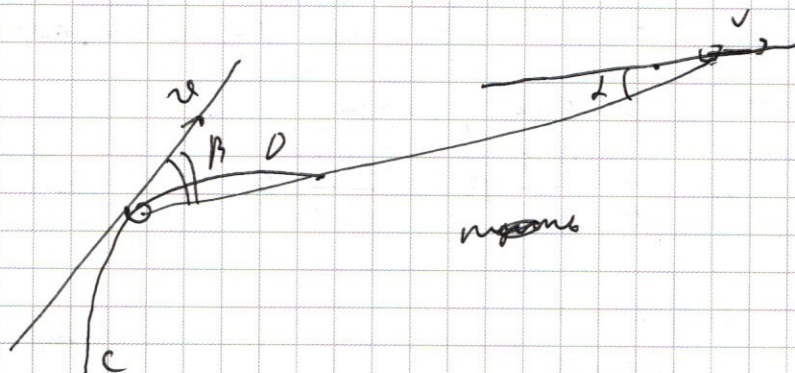
$$\cos t = \frac{15}{17}$$

$$\cos \beta = \frac{3}{5}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$L = \frac{5}{4} R$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$



пути v - скорость движения в данный момент

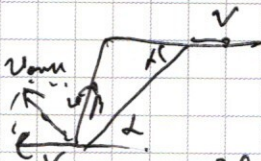
(зависит от касательной, по окружности)

1) условие сохранения длины лески нити:

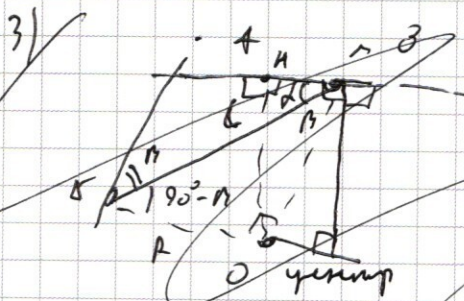
$$v \cos \beta = V \cos t \Rightarrow v = \frac{\cos t}{\cos \beta} V = \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 3} \cdot 0,34 \frac{m}{c} = 0,5 \frac{m}{c}$$

Ответ: $0,5 \frac{m}{c}$

2) перейдем в с.о. нити, вычисл $\vec{V}$ из $\vec{v}$ по Δ косинусов найдем относительную скорость $V_{\text{отн}}$.



$$V_{\text{отн}} = \sqrt{v^2 + V^2 - 2 \cos(t+\beta) V \cdot v} = 0,28 \frac{m}{c}$$



пути 0 - центр окружности сбр. проекцией.

$$L \cdot \cos(90^\circ - \beta) = R$$

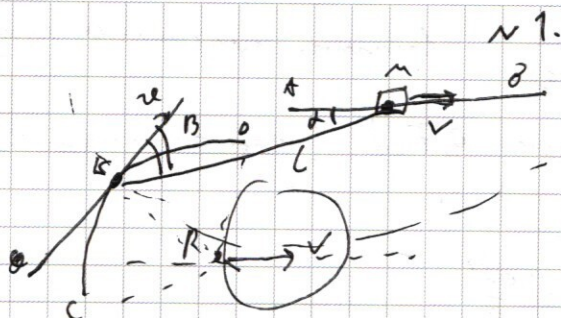
$$\frac{5}{4} \cdot \frac{4}{5} = R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \angle KOM = 90^\circ \Rightarrow MO = \frac{3}{4} R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow OH (\text{расстояние от } O \text{ до } H) = MO \cdot \sin(t+\beta) = \frac{3}{4} R \cdot \frac{84}{17 \cdot 5} = \frac{21 \cdot 3}{17 \cdot 5} R$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V = 34 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 0,34 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m = 0,34 \text{ г}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$L = \frac{5R}{4}$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\cos \beta = \frac{3}{5}$$

пусть v - скорость кольца, оно движется по касательной (направление

движения совпадает с касательной, т.е. β - угол km с касательной).

1) Условия соприкосновения кольца с линией:

$$v \cos \beta = V \cos \alpha \Rightarrow v = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} V = \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 3} \cdot 0,34 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

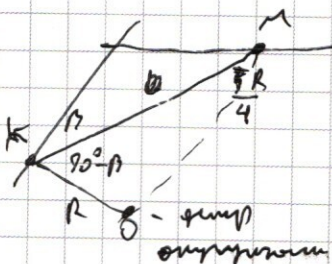
Ответ: $0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) перейдем в систему отсчета кольца, приватив $\vec{V}$ к $\vec{v}$ по δ оси:

$$\text{относительная скорость } v_{\text{отн}} = \sqrt{v^2 + V^2 - 2 \cos(\alpha + \beta) V \cdot v} = 0,28 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

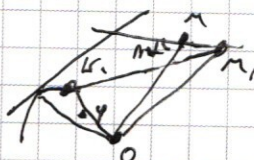
Ответ: $0,28 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

3) пусть сила натяжения равна T

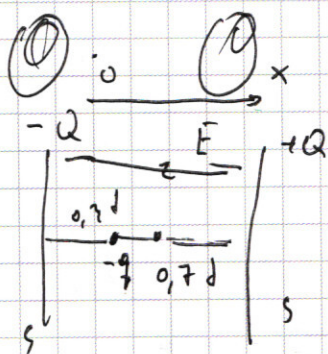


$$\cos(90^\circ - \beta) = \frac{4}{5} \text{ по } \frac{R}{\frac{5}{4}R} = \frac{4}{5} \Rightarrow L \cos \alpha = 90^\circ \Rightarrow \alpha = 90^\circ \Rightarrow \alpha = 90^\circ \Rightarrow \alpha = 90^\circ$$

рассмотрим положение Δt за который кольцо повернется на угол $\Delta \varphi$



N 3.



$$E = \frac{Q}{S \epsilon_0}$$

мысли $q > 0$
м.е. заряд $-q$

$$F = ma = \frac{qQ}{S \epsilon_0}$$

$$a = \frac{qQ}{S m \epsilon_0} \quad (\text{вызвана пластинками по условию})$$

1) го время облетаем расстояние $0,2d$ (выр $0,4d$ от облета)

скорости в момент t $v(t) = at$

находим время t $x(t) = 0,3d + \frac{at^2}{2}$

выр время $v(t) = at = V_1$ $t = \frac{V_1}{a}$

$$x(t) = d = 0,3d + \frac{at^2}{2} \Rightarrow 0,7d = \frac{V_1^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{V_1^2}{1,4d}$$

мысли $0,5d = 0,3d + \frac{aT^2}{2}$ но $0,2d = \frac{V_1^2}{1,4d} \cdot \frac{T^2}{2} \Rightarrow T^2 = \frac{0,01 \cdot d^2 \cdot 4 \cdot 10^{14}}{V_1^2}$

$\Rightarrow T = \frac{0,4 \sqrt{14} d}{V_1}$ Ответ: $\frac{0,4 \sqrt{14} d}{V_1}$ или примерно $\frac{1,6 d}{V_1}$

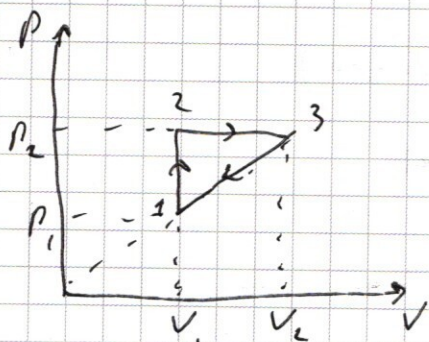
2) $a = \frac{V_1^2}{1,4d} = \frac{qQ}{S m \epsilon_0}$ $qQ = \frac{S \epsilon_0 V_1^2}{1,4d} \Rightarrow Q = \frac{S \epsilon_0 V_1^2}{1,4d}$

Ответ: $\frac{S \epsilon_0 V_1^2}{1,4d}$

3) на пластинках от пластинки внешнее поле ориентировано как внешнее поле конденсатора, а на расстоянии d от пластинки. расстояние поле либо нет, либо пластинка с + или минусом сильнее, или. она сильнее, но раз уж сказано поле го этой силой компенсируется то $V_2 = V_1$

Ответ: $V_2 = V_1$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~ 2.

пути P_1 - давление в точке 1

P_2 - давление в точках 2 и 3

V_1 - объем в точках 1 и 2

V_2 - объем в точке 3

моль?

1) повышение температуры газа на участках 1-2 и 2-3

(т.е. изменение в 7 раз от нач. - интервала)

по ур. $PV = \nu RT$

$$\frac{P_1 V_1}{\nu R} - \text{температура в точке 1} \quad \frac{P_2 V_1}{\nu R} - \text{точка 2} \quad \frac{P_2 V_2}{\nu R} - \text{точка 3}$$

$$Q = C_v \cdot \nu \cdot \Delta T = \Delta U + A \quad \Delta U = \frac{3}{2} \Delta(PV) - \text{изменение внутренней энергии}$$

$$Q_{12} = C_{v12} \cdot \nu \left(\frac{P_2 V_1}{\nu R} - \frac{P_1 V_1}{\nu R} \right) = \frac{3}{2} \left(\frac{P_2 V_1}{\nu R} - \frac{P_1 V_1}{\nu R} \right) + 0 \quad (\text{участок})$$

$$\Rightarrow \frac{C_{v12}}{R} = \frac{3}{2}$$

$$Q_{23} = C_{v23} \cdot \nu \left(\frac{P_2 V_2}{\nu R} - \frac{P_2 V_1}{\nu R} \right) = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_2 V_1) + P_2 (V_2 - V_1)$$

т.е.

$$\frac{C_{v23}}{R} = \frac{5}{2} \Rightarrow \frac{C_{v23}}{C_{v12}} = \frac{5}{3} \quad \text{Ответ: } \frac{5}{3}$$

2) изобарный процесс это 2-3.

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_2 V_1) \quad A_{23} = P_2 (V_2 - V_1)$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}$$

Ответ: $\frac{3}{2}$

(или изоб. сур.)

(уточнение) $\eta = \frac{A}{Q_H}$ - полезная работа
 3) $Q_H = Q_{12} + Q_{23}$
 КПД цикла - суммарная полезная работа

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (P_2 V_1 - P_1 V_1) + 0 \text{ (уточнение)}$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_2 V_1) + P_2 (V_2 - V_1) \text{ (уточнение)}$$

$$A = \frac{1}{2} (V_2 - V_1) (P_2 - P_1) \text{ (прямоугол. треугольник)}$$

~~$$\eta = \frac{\frac{1}{2} (P_2 V_2 + P_1 V_1 - P_2 V_1 - P_1 V_2)}{\frac{3}{2} (P_2 V_1 - P_1 V_1 + P_2 V_2 - P_2 V_1)}$$~~

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} (P_2 V_2 + P_1 V_1 - P_2 V_1 - P_1 V_2)}{\frac{1}{2} (3 P_2 V_1 - 3 P_1 V_1 + 5 P_2 V_2 - 5 P_2 V_1)} = \frac{P_2 V_2 + P_1 V_1 - P_2 V_1 - P_1 V_2}{5 P_2 V_2 - 2 P_2 V_1 - 3 P_1 V_1}$$

м.к. 1-3 прямая пропорциональность, но $\frac{P_2}{V_2} = \frac{P_1}{V_1} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_2}{P_1}$ иначе

$$\eta = \frac{P_2 \cdot \frac{P_2}{P_1} + P_1 - P_2 - P_2}{5 P_2 \cdot \frac{P_2}{P_1} - 2 P_2 - 3 P_1} = \frac{P_2^2 + P_1^2 - 2 P_2 P_1}{5 P_2^2 - 2 P_2 P_1 - 3 P_1^2} = \frac{(P_2 - P_1)^2}{(P_2 - P_1)(5 P_2 + 3 P_1)}$$

$$= \frac{P_2 + P_1}{5 P_2 + 3 P_1} = \frac{1 + \frac{P_1}{P_2}}{5 + 3 \frac{P_1}{P_2}} = \frac{\frac{1}{3} (5 + 3 \frac{P_1}{P_2}) - \frac{2}{3}}{5 + 3 \frac{P_1}{P_2}} = \frac{1}{3} - \frac{2}{15 + 9 \frac{P_1}{P_2}}$$

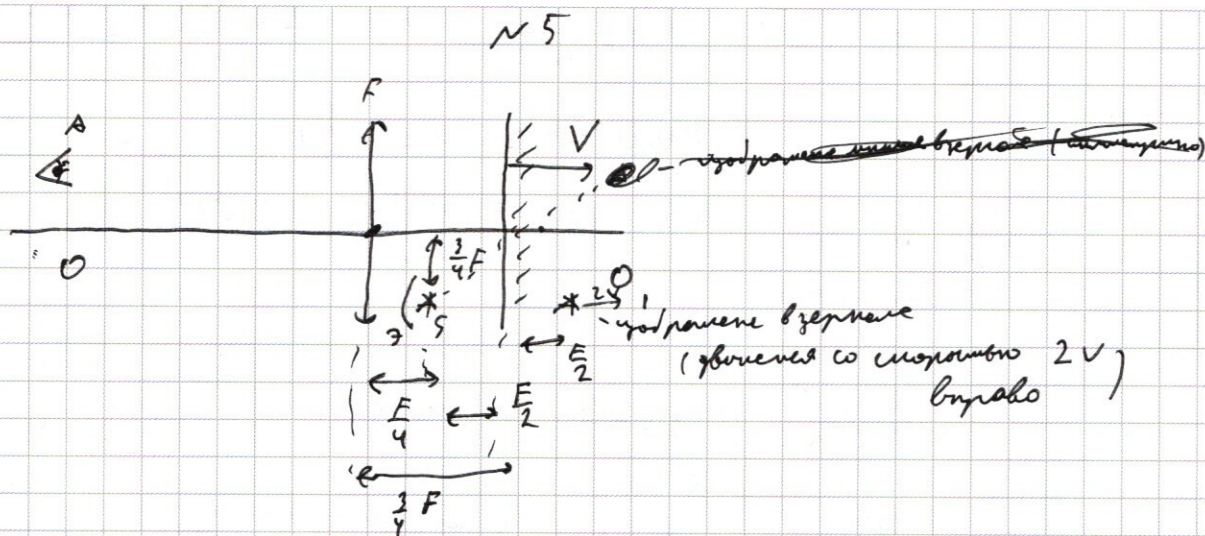
- интервала
с максимумом
асимптотой $\frac{1}{3}$,
наимен
на $\frac{P_1}{P_2} > 0$

но $P_2 \geq P_1 \Rightarrow$ максимум при $P_2 = P_1$

получ $\frac{1}{3} - \frac{2}{15+9} = \frac{1}{3} - \frac{2}{24} = \frac{1}{3} - \frac{1}{12} = \frac{1}{4}$

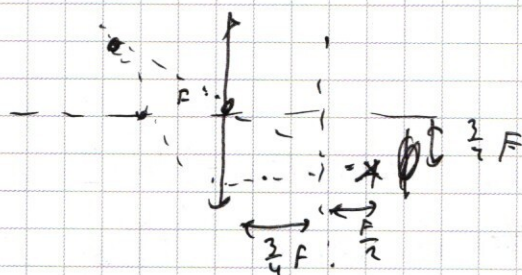
Ответ: 0,25

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



от изображения в зеркале и будет иметь свет

1)



по формуле полной суммы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

ye ~~d~~ $d = \frac{3}{4}F + \frac{F}{2} = \frac{5}{4}F$

• f - расстояние от изображения до плоскости линзы

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{4}{5F} = \frac{1}{5F} \Rightarrow f = 5F$$

Onken: 5F

2) ~~указано~~ [и] путем изображения шриков напорилась на расклатки $X(t)$

от митози ~~а~~ в митози времето t увеличаване $x'(t) = 2V$ (у. за зернона)

тогда $\frac{1}{f(t)} = \frac{1}{F} - \frac{1}{x(t)} = \frac{x(t) - F}{x(t)F}$ или $f(t) = \frac{x(t)F}{x(t) - F}$ (расстояние от изображения до линзы)

$$f'(t) = \frac{F x'(t)}{x(t) - F} - \frac{F x(t)}{(x(t) - F)^2} \cdot x'(t) = \frac{2V}{(x(t) - F)^2} \left(x(t) \cdot F - F^2 - F x(t) \right) = -\frac{2VF^2}{(x(t) - F)^2}$$

Тогда строим в матрице t относительно произвольных
факторов от значения z до z_0 , пусть z равен $y(t)$

$$\frac{\gamma(t)}{f(t)} = \frac{\frac{3}{4}F}{x(t)} \quad \text{us } \text{negodani } \Delta \Rightarrow \gamma(t) = \frac{3}{4}F \frac{f(t)}{x(t)} = \frac{3}{4} \frac{F^2}{x(t)-F} \quad (\text{u chyb, mysl.})$$

(управление)

$$\gamma'(t) = -\frac{3}{4} \frac{P^2}{(x(t)-P)^2} \cdot 2V$$

мощность в управляемом момент времени $\frac{\gamma'(t)}{P'(t)} = \frac{3}{4}$ (и в нач. момент)

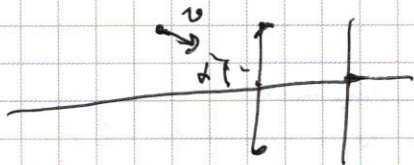
скорость в управляемом момент времени

$$v = \sqrt{\gamma'(t) + x'(t)} = \frac{P^2}{(x(t)-P)^2} \cdot 2V \sqrt{1 + \frac{1}{16}} = \frac{2VF^2 \cdot 5}{4(x(t)-P)^2} = \frac{5}{2} \frac{VF^2}{(x(t)-P)^2}$$

(вращающ)

в нач. момент $x(t) = \frac{5}{4}P$

$$\text{т.е. } v = \frac{5}{2} \frac{VF^2}{\frac{1}{16}P^2} = 8 \cdot 5 \frac{VF^2}{P^2} = 40V$$



$$\text{Ответ: } \tan \alpha = \frac{3}{4} \quad v = 40V$$

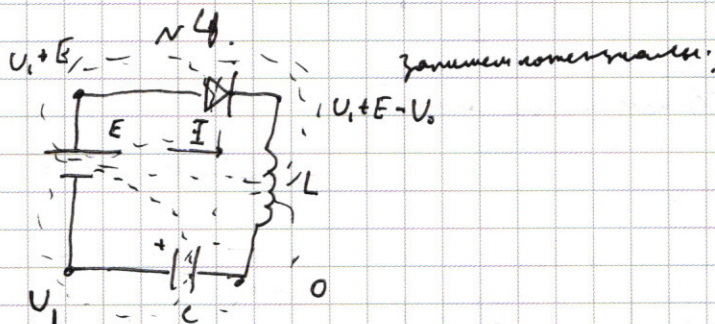
$$E = 6V$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 2V$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1V$$



$$\text{по закону напряжения на катушке } U_1 + E - U_0 = -I'(t) \cdot L$$

1) где $I(t)$ - ток в момент времени t (начиная с $t=0$)

$$+I'(0) = \frac{U_1 + E - U_0}{L} = \frac{2 + 6 - 1}{0,1} \frac{V}{\Omega} = 70 \frac{A}{c} \quad \text{Ответ: } 70 \frac{A}{c^2}$$

в момент t :

напряжение на конденсаторе:

$$U_c = \frac{-q(t)}{C} \quad \text{где } q(t) - \text{заряд в момент времени } t \text{ на конденсаторе.}$$

$$\text{т.е. } I(t) = q'(t)$$

$$+I'(t)L = U_c + E - U_0$$

$$+q''(t) \cdot L = -\frac{1}{C} q(t) + E - U_0$$

$$\text{пусть } Q(t) = q(t) + C(E - U_0)$$

$$\text{тогда } Q'(t) = q'(t)$$

$$+Q''(t) \cdot L = -\frac{1}{C} Q(t) \Rightarrow Q''(t) + \frac{1}{CL} Q(t) = 0 - \text{гарм. колебания}$$

$$q(0) = -U_1 \cdot C \Rightarrow Q(0) = -C(U_1 + E - U_0) =$$

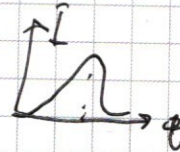
$$\Rightarrow Q(t) = -C(U_1 + E - U_0) \cdot \cos \sqrt{\frac{1}{CL}} t \quad \Rightarrow \text{(см. след. стр.)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

(продолжение)

$$q(t) = -C(U_1 + E - U_0) \cos \sqrt{\frac{1}{CL}} t + C(U_0 - E)$$

$$I(t) = + \frac{C(U_1 + E - U_0)}{\sqrt{CL}} \sin \sqrt{\frac{1}{CL}} t \quad \text{график имеет вид:}$$



т.е. достаточно амплитудной величины, а затем в 0 для дальнейшего
отпр. тока.

напишем при $\sqrt{\frac{1}{CL}} t = \frac{\pi}{2}$ и в максимальное значение и есть амплитуда

$$\text{Ответ: т.е. } \sqrt{\frac{1}{CL}} (U_1 + E - U_0) = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1}} (2+6-1) = 28 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$\text{Ответ: } 28 \cdot 10^{-3} \text{ A.}$$

3) при $I \neq 0$ $q(t) = C(U_1 + E - U_0) + C(U_0 - E) = CU_1$
по условию $\sqrt{\frac{1}{CL}} t = \pi$ т.е. $U_2 = -U_1$

$$\text{Ответ: } -2 \text{ В.}$$

$$\begin{array}{r} 184 \\ + 168 \\ \hline 352 \\ + 168 \\ \hline 520 \end{array}$$

39

39

$$\frac{13.3 + 84.9}{0.5} =$$

$$\frac{336}{0.5} =$$

0.5

$$\frac{17.5}{0.34}$$

042

13

$$\begin{array}{l} 8.4 + 3.15 \\ 72 + 45 \end{array}$$

$$\left(\frac{8}{17}\right)$$

$$\left(\frac{4}{5}\right)$$

20 8

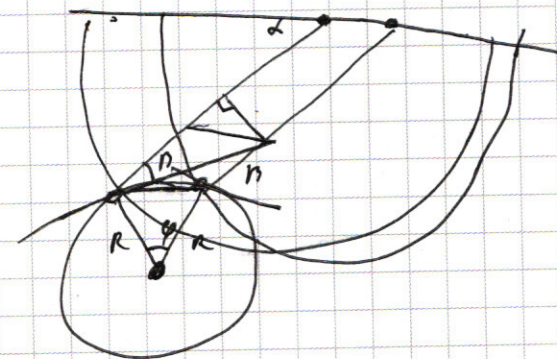
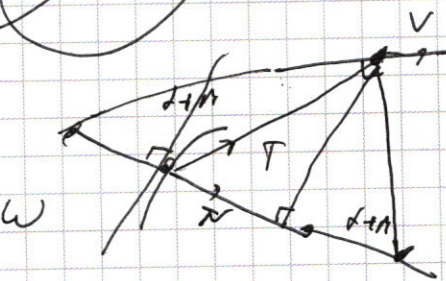
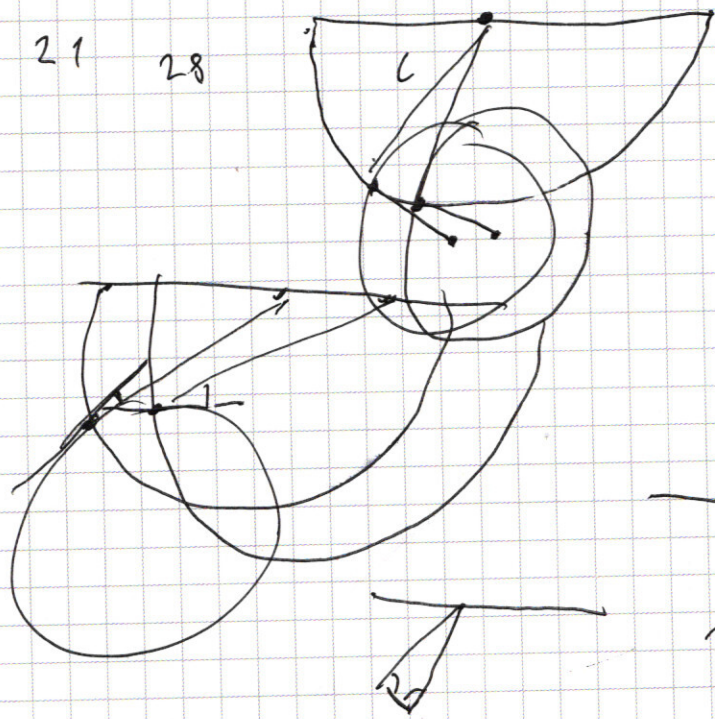
$$\frac{8 \cdot 3}{17} + \frac{4 \cdot 15}{5 \cdot 17}$$

$$\frac{60 + 24}{17 \cdot 5} = \frac{84}{17 \cdot 5}$$

21

28

W



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~1. Кривая.

$V \cos \beta = V \cos \alpha$

$5x^2 - 2x - 3$

$(x-1)(5x+3)$

$\frac{2}{5} + \frac{6}{5}$

$T \sin \beta$

~2.

$\frac{p+x}{5p+3x}$

$\frac{1}{f}$

$(p+x)(5p+3x)^{-1} =$

$= (5p+3x)^{-1} + \frac{(p+x)}{(5p+3x)^2} \cdot 3$

$\frac{3}{11}$

$\frac{1}{m} = f$

~3.

$E \cdot 4\pi R^2 = \frac{Q}{\epsilon}$

$E \cdot 2 \cdot S = \frac{G \cdot S}{\epsilon}$

$5p+3x - 3p - 3x$

$(5p-3x)^{-1} = \frac{(p+x)}{5}$

$5p+3x$

$\frac{1+k}{5+3k}$

$\frac{2}{8}$

$\frac{1}{4}$

$\frac{1}{5}$

$\frac{1}{3} \frac{(5+3k) - \frac{5}{3}}{5+3k}$

$\frac{1}{3} - \frac{5}{5+3k}$

$$\begin{array}{r}
 4 \\
 17 \\
 \times 17 \\
 \hline
 119 \\
 + 117 \\
 \hline
 289 \\
 - 225 \\
 \hline
 64
 \end{array}$$

~~cos d~~
 $\sin d = \frac{8}{17}$

$$\cos d \cdot \cos \beta = \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{9.45}{17.5}$$

$$\sin d \cdot \sin \beta = \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} = \frac{32}{17.5}$$

$$\begin{array}{r}
 45 \\
 - 32 \\
 \hline
 13
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 13 \\
 17.5
 \end{array}$$

$$17.17.4 + 50.50 - 2 \cdot \frac{13}{17.5} \cdot 2.17.50$$

$$17.17.4 + 25.25.4 - 4 \cdot 13.10$$

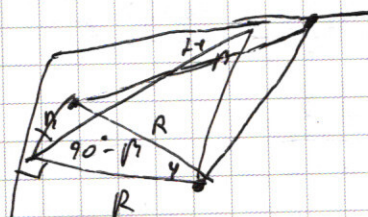
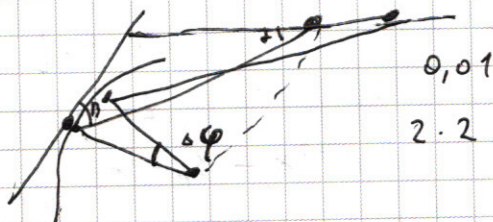
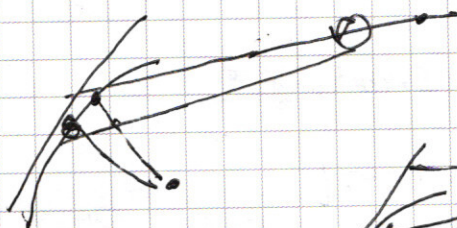
$$\begin{array}{r}
 11 \\
 625 \\
 + 289 \\
 \hline
 914
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 914 \\
 - 130 \\
 \hline
 784
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 784 \overline{) 2} \\
 392 \overline{) 2} \\
 196 \overline{) 2} \\
 98 \overline{) 2} \\
 49
 \end{array}$$

4.7.

28



5) evl.