

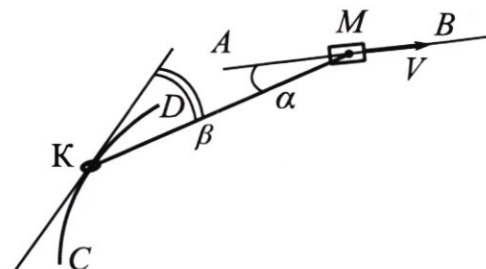
Олимпиада «Физтех» по физике,

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.



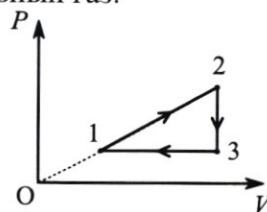
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

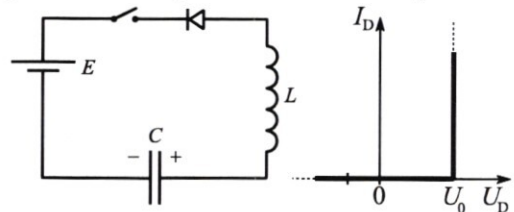
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

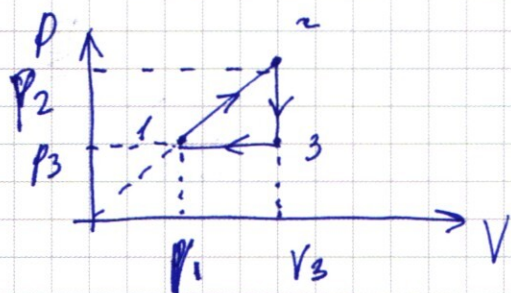
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Умножаем 2-3:

$$\frac{Q}{\Delta T}$$

$$Q = \Delta U \quad (A = 0)$$

$$Q = \frac{3}{2} p V (T_3 - T_2)$$

Умножаем

$$C_{2-3} = \frac{3}{2} R \quad (V = \text{const})$$

Умножаем 3-1:

$$\frac{Q}{\Delta T}$$

$$\begin{aligned} Q &= p(V_3 - V_1) + \frac{3}{2} p V (T_2 - T_1) = \\ &= p(V_1 - V_2) + \frac{3}{2} (p_1 V_2 - p_1 V_1) = \\ &= p(V_1 - V_2) + p_1 V_1 \end{aligned}$$

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

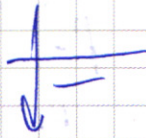
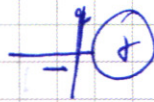
$$A = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} p_1 V_1 (\alpha - 1)^2$$

$$\begin{aligned} Q &= \Delta U_{1-2} + A_{1-2} = \frac{3}{2} p_1 V_1 (\alpha^2 - 1) + \frac{1}{2} p_1 V_1 (\alpha^2 - 1) = \\ &= 2 p_1 V_1 (\alpha^2 - 1) \end{aligned}$$

$$\frac{(x-1)^2}{(x^2-1)} = \frac{(x-1)^2}{(x-1)(x+1)} = \frac{x-1}{x+1}$$

$$(x-1)(x+1)^{-1}$$

$$-(x+1)^{-2} \cdot 1$$



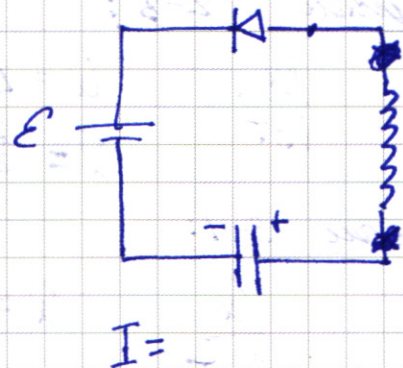
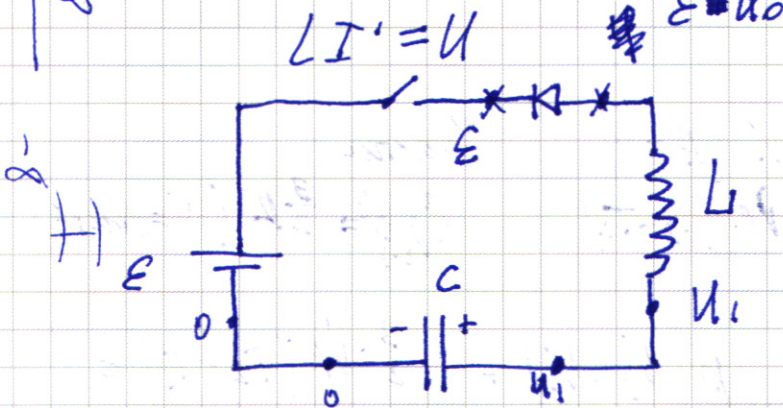
$$\begin{array}{r} 405 \\ + 120 \\ \hline 525 \\ - 245 \\ \hline 280 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 27 \\ \times 4 \\ \hline 108 \end{array}$$

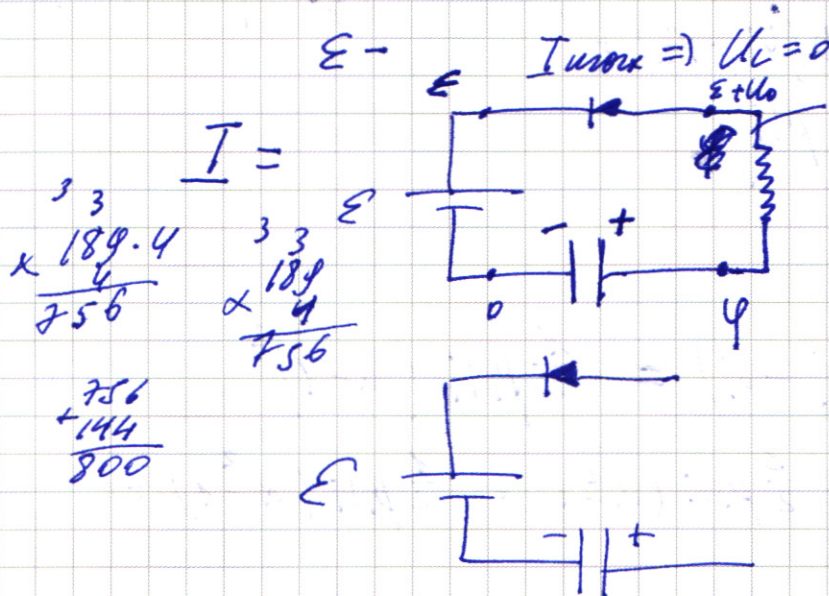
① = Δx + Δ5
Δ6 - Δx

$$\frac{-(x-1)}{(x+1)^2} + \frac{1}{x+1} = \frac{-x+1+x+1}{(x+1)^2} = \frac{2}{(x+1)^2}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 6 \\ \hline 108 \end{array}$$

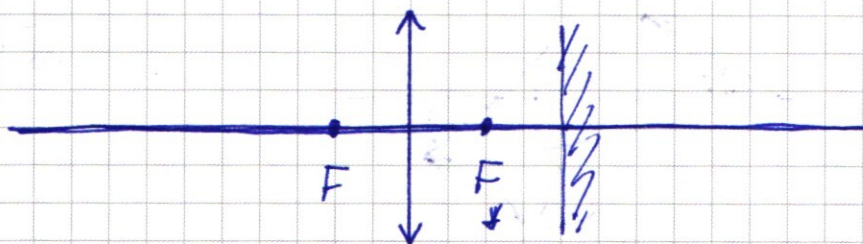


□ К - открыт $\Rightarrow U_C = U_0$

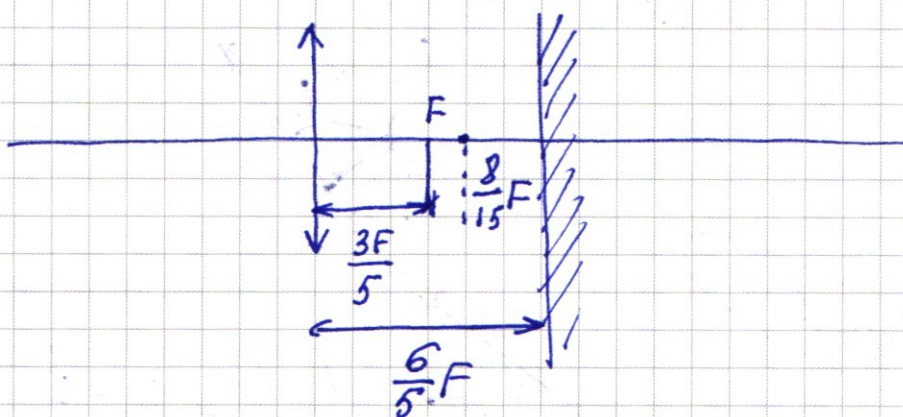


! Не забудь проверить
влияние!

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 289 \end{array}$$



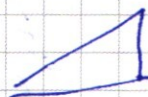
$$\begin{array}{r} 15 \\ \times 15 \\ \hline 225 \\ 15 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$170$$

$$8 \quad 15 \quad 17$$

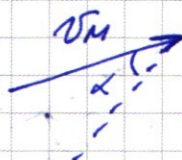
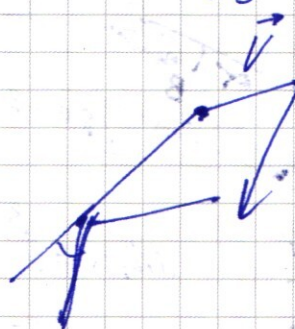
$$64 + 225 =$$

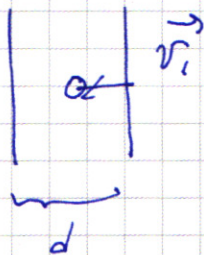


$$\frac{8}{17} - \sin$$

$$\frac{15}{17} - \cos$$

$$170 + 119 = 289$$





$$E = U d$$

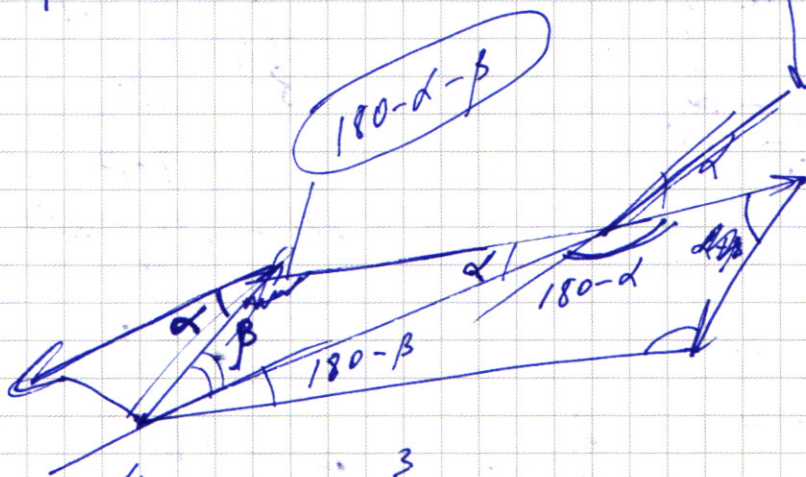
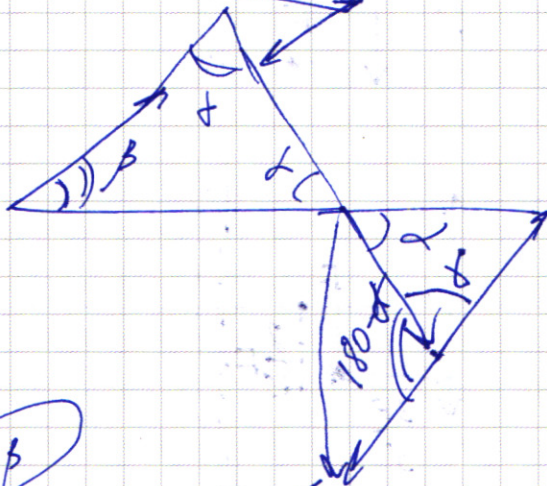
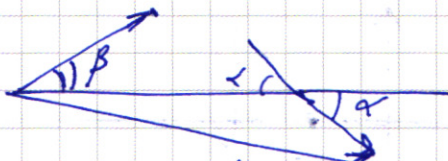
$$F = q U d$$



24

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 25 \\ \hline 5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 34 \\ \hline 52 \\ 39 \\ \hline 442 \end{array}$$



$$\frac{1-16}{25} = \frac{9}{25} = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \frac{15}{17}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 25 \\ \hline 125 \\ 50 \\ \hline 625 \end{array}$$

26

$$\begin{array}{r} 26 \\ \times 26 \\ \hline 156 \\ 52 \\ \hline 676 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 34 \\ \hline 136 \\ 102 \\ \hline 1156 \end{array}$$

680



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) I) $\gamma = \frac{191}{m}$

$E = CU$ $U = \gamma \cdot \text{потенциал}$

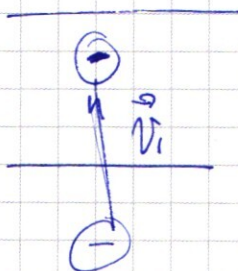
Умножим I закон Кеплера
для планеты:

~~$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$~~

~~где $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ — силы взаимодействия между планетой и звездой.~~

~~$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$~~

~~$0x \quad E q = 0$~~



Потенциал ЗСЗ:

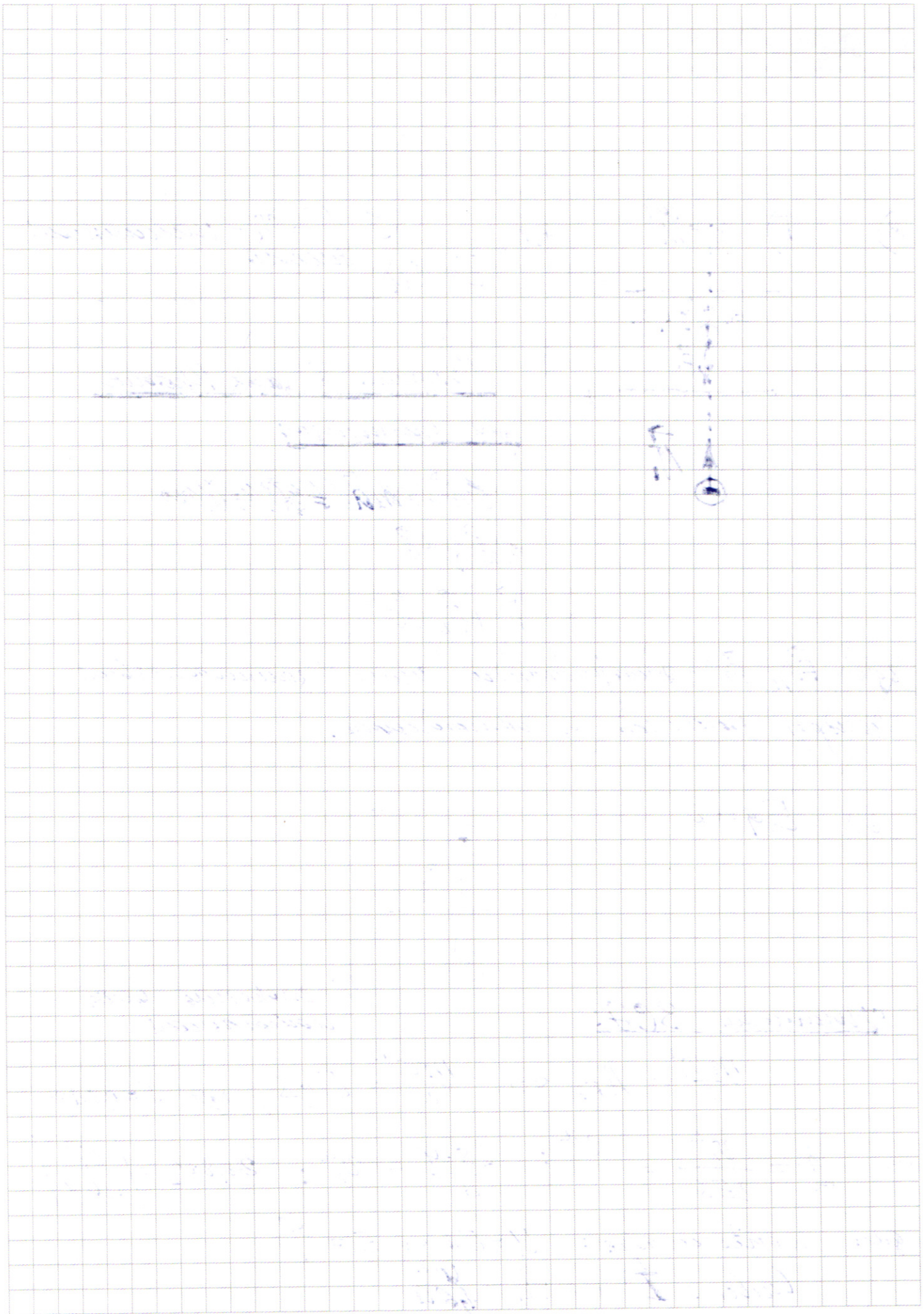
v — скорость влета
ионизатора

$$\frac{mv_1^2}{2} = A_{F_2} \Leftrightarrow \frac{mv_1^2}{2} = EqS, \text{ где } S = 0.8d \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{q}{m} = \frac{v_1^2}{2ES} = v^2 : \frac{25 \cdot 4}{d} = v_1^2 : \frac{2 \cdot 0.84}{1.64} = \boxed{\frac{v_1^2}{1.64}}$$

для конденсатора: $U = Ed \Leftrightarrow E = \frac{U}{d}$

Ответ: I) $\gamma = \frac{191}{m} = \frac{v^2}{1.64}$

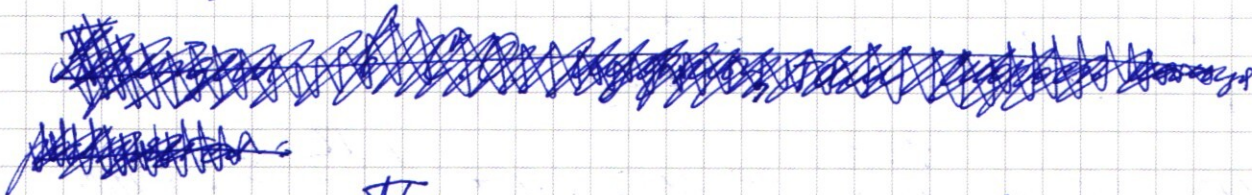


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_{\text{кольца}} = \frac{V \cdot \frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} = V \cdot \frac{4 \cdot 17}{5 \cdot 8} = \frac{17}{10} V = 1,7 V = 1,7 \cdot 2 \text{ м/с} = \boxed{3,4 \text{ м/с}}$$

II) $v_{\text{кольца}}$ относительно мурды-?
! Назовем эту скорость $v_{\text{м}}!$

~~Назовем эту скорость $v_{\text{м}}$:~~

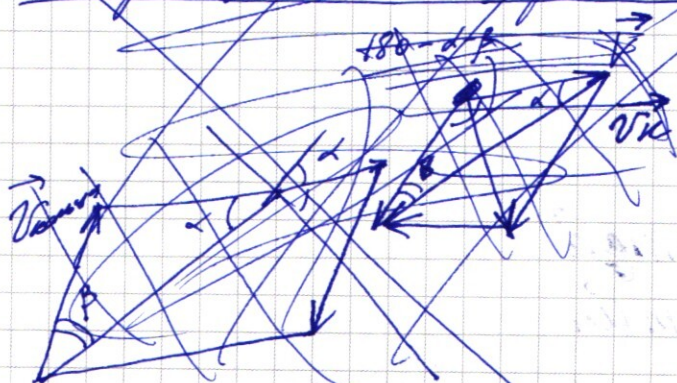


По закону сложения скоростей:

$$\vec{v}_{\text{м}} = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v}_{\text{кольца}}, \text{ где } \vec{v}_{\text{м}} - \text{скорость мурды} = \vec{v}$$

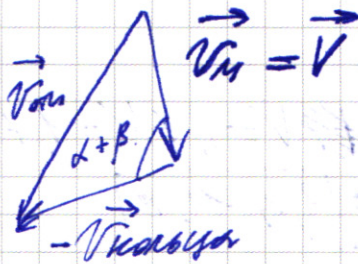
$$\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_{\text{м}} - \vec{v}_{\text{кольца}}$$

~~Назовем эту скорость $v_{\text{м}}$:~~



Найти суммарную треугольную скорость:

1) Угол равен $\alpha + \beta$



$$|\vec{v}_{\text{сум}}|^2 = |\vec{v}_{\text{кайак}}|^2 + |\vec{v}_m|^2 - \cos(\alpha + \beta) |\vec{v}_m|^2 |\vec{v}_{\text{кайак}}|$$

$$\quad \quad \quad \parallel$$

$$\quad \quad \quad |\vec{v}|^2$$

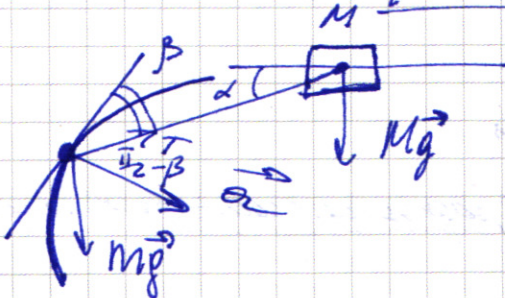
$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta =$$

$$= \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{32 - 45}{5 \cdot 17} = -\frac{13}{85}$$

$$|\vec{v}_{\text{сум}}|^2 = (3,4)^2 + (2)^2 + \frac{13 \cdot 2 \cdot 3,4}{85 \cdot 5} =$$

$$= 11,56 + 4 + \frac{442}{425} = 11,56 + 4 + 1 \frac{17}{425} \approx 6,8 \text{ (м/с)}^2$$

$$|\vec{v}_{\text{сум}}| = \sqrt{6,8} \approx 2,6 \text{ м/с}$$



! в верш от, по направлению троса!

II закон Ньютона:

для каяка: $M\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a}$

для лодки: $M\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a}_m$

Ответ: I) $3,4 \text{ м/с} = v_{\text{кайак}}$
 II) $2,6 \text{ м/с} = v_{\text{сум}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

III) V^* - ? (скорости изобращения)

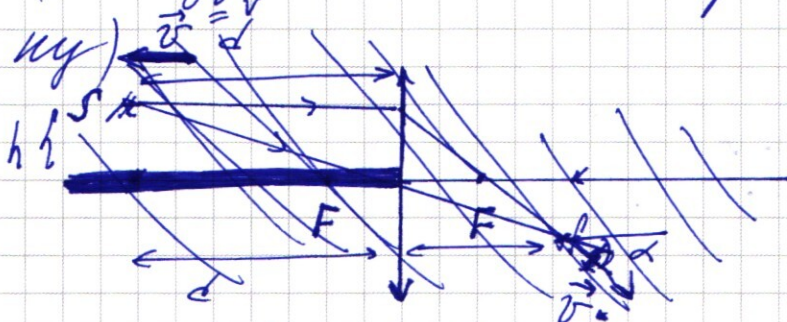
1) ~~Период T с.о. зеркала:~~

~~Путь y между скоростью $\vec{V}$~~

~~У изобращения скорость $\vec{V}$~~

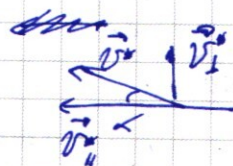
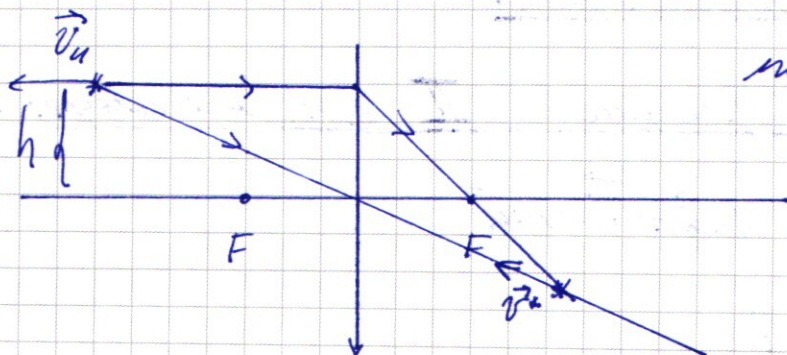
! Я сразу буду рассуждать ~~по~~ предположению что
мы изобращение в зеркале!

(Для удобства я симметрично проверю картин-
ку) $(h = \frac{8}{15})$



1) $V_{||}^* = \Gamma^2 V_{||}$, где $V_{||}$ - тангенциальная скорость фронта
 $\vec{V}_{||} = \vec{V}$ $V_{||}^*$ - касательная скорость изобращения

$\vec{V}^*$ - скорость изобращения
поиском разности



$$V_{||}^* = \cos \alpha V^* \Rightarrow V^* = \frac{V_{||}^*}{\cos \alpha}$$

Угловая формула:

$$V^* = \frac{\Gamma^2 V_{||}}{\cos \alpha} \quad \text{или} \quad V^* = \frac{\Gamma^2 V}{\cos \alpha} \quad \text{или} \quad \textcircled{V}$$

$$\ominus \frac{\frac{25}{16} V}{\frac{15}{12}} = \frac{525 V \cdot 12}{16 \cdot 15} = \boxed{V \cdot \frac{85}{48}}$$

$$n = \frac{f}{d} = \frac{\frac{9}{4} F}{\frac{9F}{5}} = \frac{5}{4}$$

(следует из подобия)

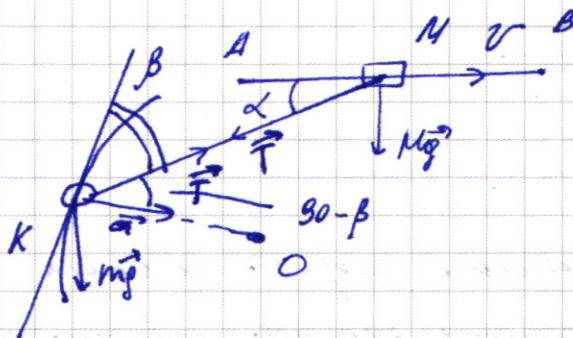
($\tan \alpha = \frac{8}{15} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{15}{17}$) отсюда из известной проп. угло. треугольника.

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

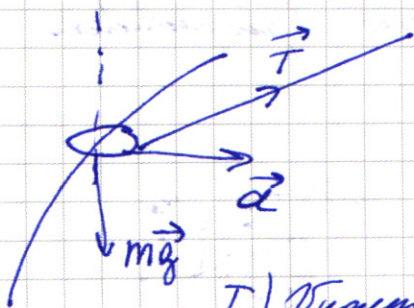
Откуда:

- $\frac{9}{4} F$
- $\tan \alpha = \frac{8}{15}$
- $V \cdot \frac{85}{48}$

1.



Рассмотрим кольцо в отдельности:



Напишем II з.Н. для кольца:

$$m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a}$$

I) Выходит - ?

1) проекции скорости на трое должны быть равны $\Rightarrow$ Выходит $\cos \beta = V \cos \alpha \Leftrightarrow$

$$\Rightarrow \text{Выходит} = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta}$$

(много при отставании в направлении, не приближая и не отбавляя)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Rightarrow \varphi^2 + 12\varphi - 189 = 0$$

$$D = 144 + 189 \cdot 4 = 144 + 756 = 900$$

$$\begin{cases} \varphi = \frac{-12 + \sqrt{900}}{2} > 0 \Rightarrow \text{не подходит, по упр., из Амет 10} \\ \varphi = \frac{-12 - \sqrt{900}}{2} = -6 - \sqrt{200} - \text{подходит (Амет 10)} \end{cases}$$

$$\text{Мог: } \begin{cases} U_c = 6 + \sqrt{63} \text{ В} \\ U_c = -6 - \sqrt{200} \text{ В} \end{cases}$$

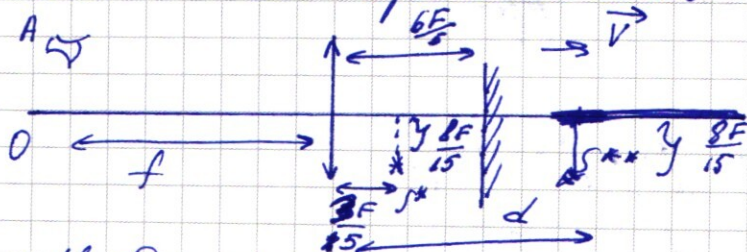
Ответ:

I.) $7.5 \frac{\text{В}}{\text{Рн}}$

II.) $\sqrt{140 \cdot 10^{-3}} \text{ А}$

III.) $\begin{cases} U_c = 6 + \sqrt{63} \\ U_c = -6 - \sqrt{200} \end{cases}$

5) 1)! Нарисуем картинку, но во избежание загроможденности рисунка я не буду рисовать экран, но буду считать, что свет попадает в линзу только после прохождения зеркала! I) $f = ?$



1) Найдем расстояние от источника до зеркала:

$$\Delta = \frac{6F}{5} - \frac{3F}{5} = \frac{3F}{5} \Rightarrow \text{для мульт S* будет находиться на расстоянии } d = \frac{3F}{5} + \frac{3F}{5} \cdot 2 = \frac{9F}{5}$$

Упростим Математика 9. III. Q.:

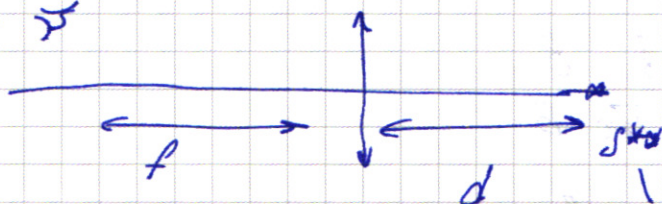
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Leftrightarrow f = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{8}{5}F^2}{\frac{4F}{5}} \Leftrightarrow \frac{8}{5} \cdot \frac{5}{4} \cdot F =$$

$$= \boxed{\frac{8}{4}F}$$

II) $d = ?$

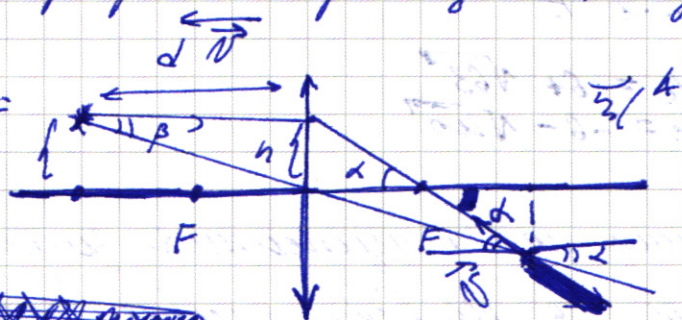
1) Рассмотрим ~~изображение~~ изображение в зеркале и линзу:

A 5



изображение уже в зеркале

2) Перевернем картинку для удобства



d - главный луч

Луч $\frac{8F}{15} = h$ (входит объективом)

β - угол, под которым движется предмет (в зеркале он не меняется)

$$\tan \beta = \frac{h}{d}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{F}$$

$$\tan \alpha = \tan \beta \cdot \frac{d}{F} = \frac{h}{d} \cdot \frac{d}{F} = \frac{h}{F}$$

$$\tan \alpha = \left(\frac{8F}{15} : d \right) \cdot \frac{d}{F} = \boxed{\frac{8}{15}}$$

! (Можно использовать, что в С.О. линзы сходятся изображения и предмета в одной точке)
Тогда я определю главный луч.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дане - расчёт:

$$+ 20 \cdot 10^{-6} \cdot 6 + \frac{10 \cdot 10^{-6} \cdot 81}{2} - \frac{10 \cdot 10^{-6} \cdot 49}{2} = \frac{I^2 L}{2}$$

где I - ток максимален ток

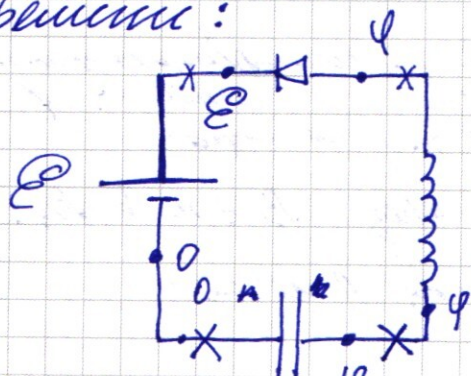
$$10^{-6} (120 + 5 \cdot 81 - 5 \cdot 49) = \frac{I^2 L}{2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 10^{-6} (120 + 405 - 245) = \frac{I^2 L}{2} \Leftrightarrow \frac{I^2 L}{2} = 10^{-6} (280) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow I = \sqrt{\frac{10^{-6} \cdot 280 \cdot 2}{0,4}} = \sqrt{\frac{10^{-6} \cdot 280 \cdot 2 \cdot 10}{4}} = \boxed{\sqrt{140 \cdot 10^{-5}} \text{ A}}$$

III) $U_C(t_{\text{уст.}}) = ?$

Рассмотрим цепь в установившемся момент времени:



1) в уст. момент времени:

- Напряжение на катушке ~~равно 0~~ равно 0;

- Ток через конденсатор не идет $\Rightarrow$ в цепи тока нет

$\Rightarrow$ диод ЗАКРЫТ

$$W' = \frac{(U_C(t_{\text{уст.}}))^2 \cdot C}{2} = W(t_{\text{уст.}}) = \frac{\varphi^2 C}{2}$$

$$U_C(t_{\text{уст.}}) = \varphi$$

$$W(0) = \frac{U_1^2 C}{2}$$



было: $-U_1 C$
стало: $-\varphi C$

ЗСЗ: $A_{\text{ист}} = \Delta V = \frac{\varphi^2 c}{2} - \frac{u_1^2 c}{2} \Rightarrow$

$\Leftrightarrow (\varphi c - u_1 c) E^0 = \frac{\varphi^2 c}{2} - \frac{u_1^2 c}{2}$

1) (рассмотрим ситуацию, когда $A_{\text{ист}} > 0$)

$\varphi c E - u_1 c E = \frac{\varphi^2 c}{2} - \frac{u_1^2 c}{2} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow 2\varphi c E - 2u_1 c E = \varphi^2 c - u_1^2 c \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow \varphi^2 c - 2\varphi c E + 2u_1 c E - u_1^2 c = 0$

Подставим значения в выражение и получим квадратное уравнение:

$\varphi^2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} - 2\varphi \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 6 + 2 \cdot 9 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 6 - 81 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 0 \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow \varphi^2 - 12\varphi + 108 - 81 = 0 \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow \varphi^2 - 12\varphi + 27 = 0$

$D = 12^2 - 27 \cdot 4 = 144 - 108 = 36$

$\begin{cases} \varphi = \frac{12 - \sqrt{36}}{2} < 0 \Rightarrow A_{\text{ист}} < 0, \text{ но по предположению } A_{\text{ист}} > 0 \Rightarrow \varphi \\ \varphi = \frac{12 + \sqrt{36}}{2} = 6 + 3 = 9 \Rightarrow A_{\text{ист}} > 0 - \text{подходит} \end{cases}$

$|E - \varphi| < U_0$ - верно (проверено через ВАХ диода).

2) (рассмотрим ситуацию, когда $A_{\text{ист}} < 0$)

$-\varphi c E + u_1 c E = \frac{\varphi^2 c}{2} - \frac{u_1^2 c}{2} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow -2\varphi c E + 2u_1 c E = \varphi^2 c - u_1^2 c \Leftrightarrow$

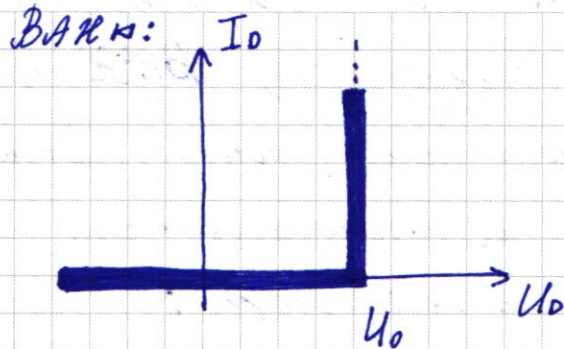
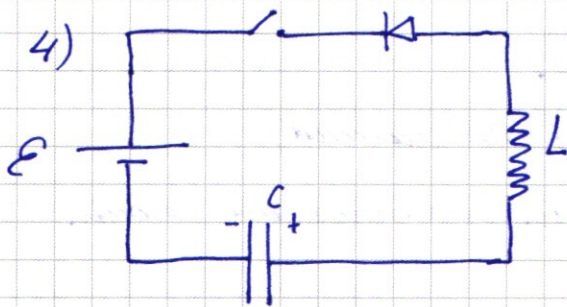
$\Leftrightarrow \varphi^2 c + 2\varphi c E - 2u_1 c E - u_1^2 c = 0$

Подставим значения, получим квадратное уравнение, относительно φ :

$\varphi^2 + 2\varphi \cdot 6 - 2 \cdot 9 \cdot 6 - 81 = 0 \Leftrightarrow$

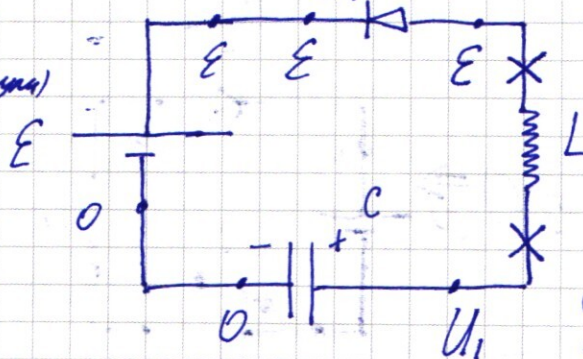
$\Leftrightarrow \varphi^2 + 12\varphi - 108 - 81 = 0 \Leftrightarrow$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Рассмотрим начальный момент, сразу после замыкания ключа. Воспользуемся потенциальностью электростатического поля, составим потенциалы

$t = t_0$
(только замыкаем)



1) I_L - сразу не меняется $\Rightarrow I_L = 0$

2) U_C - сразу не меняется $\Rightarrow U_C = U_1$ (из усл.)

(I_L - ток через катушку
 U_C - напряжение на конденсаторе)

Ток через катушку не пойдет $\Rightarrow$ не пойдет через диод (потребовалось создание) $\Rightarrow U_0 = 0$ (следует из ВАХ диода)

Как видно из схемы U_L (напряжение на катушке) = $\cancel{E - U_1}$ $U_1 - E = 9\text{В} - 6\text{В} = 3\text{В} = U_L$

I) $I'_L = ?$ - скорость возрастания тока на катушке
только так, как и во всей цепи.

$$U_L = I'_L \cdot L \Leftrightarrow I'_L = \frac{U_L}{L} = \frac{3}{0,4} = \frac{3 \cdot 10}{4} = \frac{3 \cdot 5}{2} = \frac{15}{2}$$

$\Rightarrow \boxed{7,5 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}}$

II) $I_{\max}$ - ?

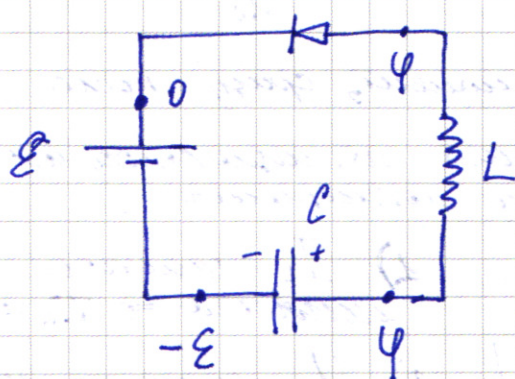
$I_{\max}$ в цепи $\Rightarrow$ ток на катушке максимален

$\Rightarrow$ диод открыт (пропускает через себя ток) $\Rightarrow$

$\Rightarrow U_0 = U_0$ (напряжение на диоде равно U_0 - это следует из ВАХ диода).

Нарисуем схему, когда $I_{\max}$ (в этот момент)

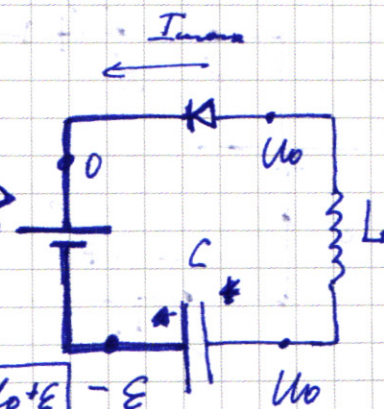
Вспомогательная из потенциальной энергетического поля расставим потенциалы:



$$I_L - \max \Rightarrow I_L' = 0 \Rightarrow U_L = I_L' \cdot L = 0$$

$\phi = U_0$ (следует из ВАХ) $\Rightarrow$

$$W = \frac{CU_c^2}{2} + \frac{LI^2}{2}, \text{ где}$$

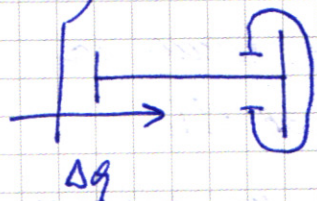


~~Итого~~ I - некоторый $I_{\max}$, $U_c = \phi = U_0 + E$

$W(0) = \frac{CU_1^2}{2}$ (энергия в цепи сразу после замыкания ключа)

$$\begin{aligned} \text{было: } -CU_1 &= 90 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} \\ \text{стало: } -C(U_0 + E) &= -70 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} \end{aligned}$$

$$\Delta q = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$



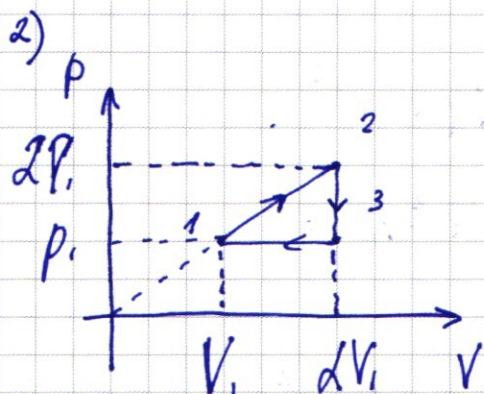
$$A_{\text{ист}} = -\Delta q E$$

$$\text{ЗЛЗ: } +A_{\text{ист}} = \Delta W \Leftrightarrow +\Delta q E = \frac{CU_c^2}{2} + \frac{LI^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow +\Delta q E + \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_c^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$

~~Итого~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



α - коэффициент прорис.

I) $\frac{C_{V2-3}}{C_{V3-1}} = ?$

1) 1-2 - Q подв, $T \uparrow$

2-3 - $T \downarrow$

3-1 - $T \downarrow$

2) 2-3 - ~~изотерма~~ ^{изотерма} $\Rightarrow C_{V2-3} = \frac{3}{2} R$ ~~но подв~~

3) 3-1 - ~~изотерма~~ ^{изотерма} $\Rightarrow Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + p(V_1 - \alpha V_1) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + \nu R (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$
 $C_{V3-1} = \frac{\frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)}{\nu (T_1 - T_3)} = \frac{5}{2} R$ ~~но подв~~

4) $\frac{C_{V2-3}}{C_{V3-1}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \boxed{\frac{3}{5}}$

II) $\frac{\Delta U_{1-2}}{A_{1-2}} = ?$

1) $\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (\alpha p_1 \cdot \alpha V_1 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1 (\alpha^2 - 1)$

$A_{1-2} = \frac{1}{2} (p_1 + \alpha p_1) (\alpha V_1 - V_1) = \frac{1}{2} p_1 V_1 (\alpha^2 - 1)$

$$\frac{\Delta U_{1-2}}{A_{1-2}} = \frac{3}{2} p_1 V_1 (\alpha^2 - 1) : \frac{1}{2} p_1 V_1 (\alpha^2 - 1) = \boxed{3}$$

III) $\eta_{\max} - ?$

$$\eta = \frac{A}{Q_H}$$

$$1) A = \frac{1}{2} (\alpha p_1 - p_1) (\alpha V_1 - V_1) = \frac{1}{2} p_1 V_1 (\alpha - 1)^2$$

$$2) Q_H = Q_{12} = \frac{3}{2} p_1 V_1 (\alpha^2 - 1) + \frac{1}{2} p_1 V_1 (\alpha^2 - 1) = 2 p_1 V_1 (\alpha^2 - 1)$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{\frac{1}{2} p_1 V_1 (\alpha - 1)^2}{2 p_1 V_1 (\alpha^2 - 1)} = \frac{1}{4} \frac{(\alpha - 1)^2}{(\alpha^2 - 1)}$$

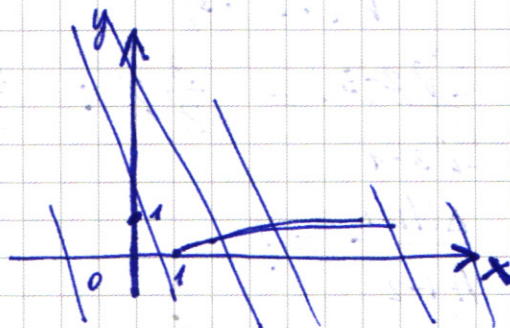
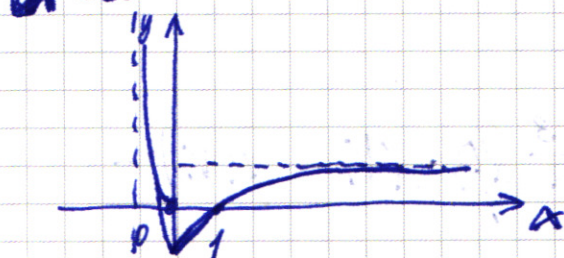
(где α - коэф. протруз. (прям. протруз.) - указывается в мм)

$$] f(\alpha) = \frac{(\alpha - 1)^2}{\alpha^2 - 1} = \frac{(\alpha - 1)^2}{(\alpha - 1)(\alpha + 1)} = \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}$$

$$f'(\alpha) = \left(\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} \right)' = \left((\alpha - 1)(\alpha + 1)^{-1} \right)' = -(\alpha - 1)(\alpha + 1)^{-2} + \frac{1}{\alpha + 1} = -\frac{(\alpha - 1)}{(\alpha + 1)^2} + \frac{1}{\alpha + 1} = \frac{\alpha + 1 - \alpha + 1}{(\alpha + 1)^2} = \frac{2}{(\alpha + 1)^2}$$

Проманализируем $f(x)$:

$$\lim_{\alpha \rightarrow \infty} f(\alpha) = \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} = 1$$



$f(\alpha)$ на ∞ стремится к $\infty \Rightarrow$
значит $f(\alpha)$ на $\infty \approx 1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \eta_{\max} = \frac{1}{4} f(\alpha)_{\max} = \boxed{\frac{1}{4}} \text{ Ответ: } \begin{matrix} \text{I)} & \frac{3}{5} \\ \text{II)} & \frac{1}{3} \\ \text{III)} & \frac{1}{4} \end{matrix}$$