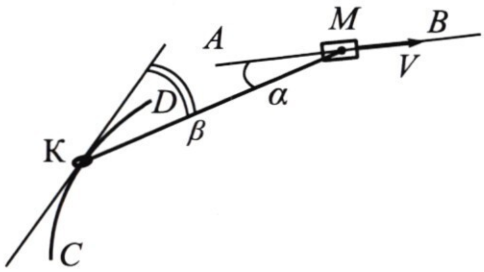
# Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

## Вариант 11-04

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

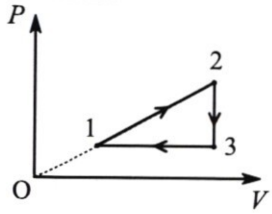
**1.** Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной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



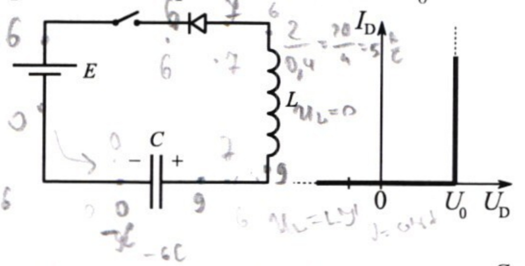

**3.** Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния $d$ между обкладками. Напряжение на конденсаторе $U$. Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью $V_1$ и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

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

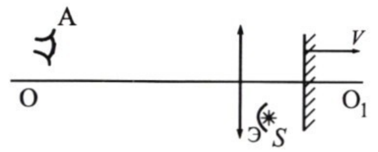
**4.** В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0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

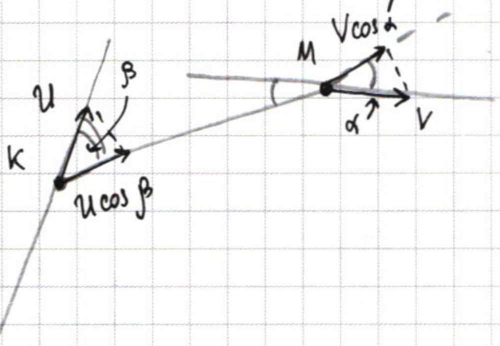
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
2) Под каким углом $\alpha$ к оси $OO_1$ движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
3) Найти скорость изображения в этот момент.



# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1.

1). Поскольку трос натянут и не провисает, то его можно считать твердым телом. Для тв. тела справедливо: расстояние между любыми двумя точками тела остается неизменным при движении тела. Тогда проекции скоростей точек K и M на ось, сонаправленную с тросом, равны:




$U\cos\beta = V\cos\alpha$, где $U$ - скорость кольца в системе отсчета Земли.

$\vec{U}$ направлена по касательной к окружности в точке касания.

$\boxed{U = V\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}}$ $U = 2\cdot\frac{4}{5}\cdot\frac{17}{8} = \frac{17}{5}\left(\frac{м}{с}\right)$

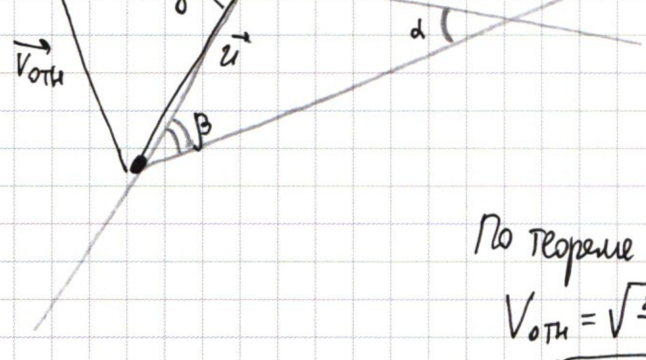
$\boxed{U = 3{,}4\ м/с}$

2) По закону сложения скоростей: $\vec{V}_{абс} = \vec{V}_{пер} + \vec{V}_{отн}$

$\vec{V}_{абс} = \vec{U}$; $\vec{V}_{пер} = \vec{V}$; $\vec{V}_{отн}$ - скорость кольца относительно муфты

$\vec{V}_{отн} = \vec{U} - \vec{V}$

Построим




$\gamma$ - внешний угол $\Rightarrow \gamma = \alpha + \beta$

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

$\sin\alpha = \sqrt{1-\frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$; $\sin\beta = \sqrt{1-\frac{64}{289}} = \frac{15}{17}$

$\cos\gamma = \frac{4}{5}\cdot\frac{8}{17} - \frac{3}{5}\cdot\frac{15}{17} = -\frac{13}{17\cdot 5}$

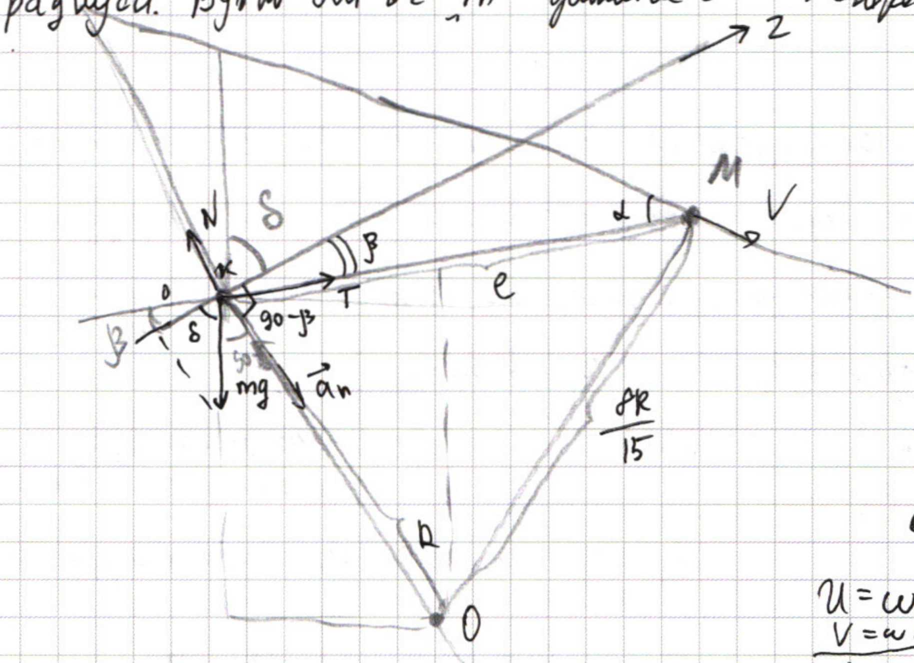
По теореме косинусов: $V_{отн} = \sqrt{U^2 + V^2 - 2UV\cos\gamma}$

$V_{отн} = \sqrt{\frac{289}{25} + 4 + \frac{2\cdot 17\cdot 2\cdot 13}{5\cdot 17\cdot 5}} = \sqrt{\frac{289+100+52}{25}} = \sqrt{\frac{441}{25}} = \frac{21}{5}$

$\boxed{V_{отн} = 4{,}2\ (м/с)}$

3) кольцо движется по окружности с постоянной скоростью, т.к. скорость муфты постоянная, а они связаны „чёстким" тросом.

У кольца есть центростремительное ускорение, направл. вдоль радиуса. Вдоль оси Oz „m" движется с пост. скоростью ⇒ по II закону Ньютона:




$mg\cos\delta = T\cos\beta$.

Проведем радиус R

$\triangle MKO$: $\angle MKO = 90-\beta$,

по т. косинусов:

$MO = \sqrt{l^2+R^2-2lR\cos(90-\beta)}$

$MO = \frac{8}{15}R$

$OM \not\perp \vec{V}$, т.к.

$u = \omega R$ ~~...~~, где L – расст. от мгн. центра вращения троса до М.

$V = \omega L$

$L > \frac{8R}{15}$

$\frac{u}{V} = \frac{R}{L}$, $L = \frac{VR}{u} = \frac{5\cdot 2R}{17} = \frac{10R}{17}$

$m\vec{a}_n = \vec{N} - mg\sin\delta - T\sin\beta$

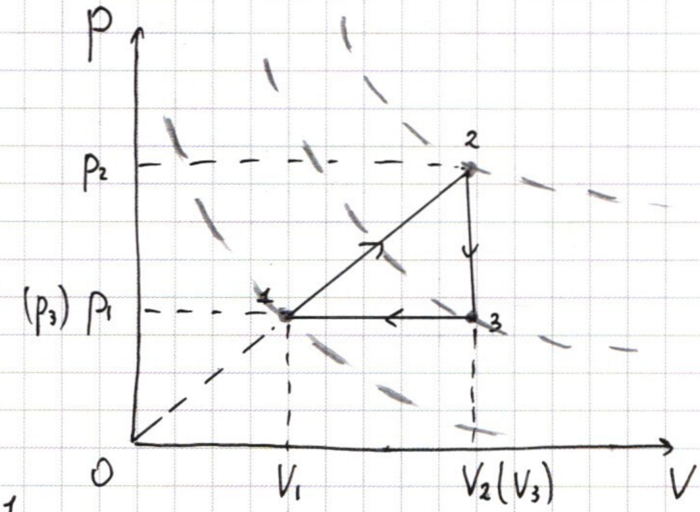
Ответ: 1) 3,4 м/с

2) 4,2 м/с

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

1) Проведем изотермы через точки 1, 2 и 3.




Чем выше лежит изотерма, тем больше температура в этой точке:

$T_2 > T_3 > T_1$. => понижение темпер. газа происходило на участках 2-3 и 3-1.

По первому началу термодинамики:

$Q_{23} = (U_3 - U_2) + A_{23}$ ; $Q_{31} = (U_1 - U_3) + A_{31}$.

$\Delta V_{23} = 0 \Rightarrow A_{23} = 0$ ; газ одноатомный $\Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2}\nu R \Delta T$.

Поскольку происходит цикл, $\Delta U_\Sigma = (U_2 - U_1) + (U_3 - U_2) + (U_1 - U_3) = 0$. (*)

$A_{31} = p_1 \cdot (V_1 - V_3) = \nu R (T_1 - T_3)$, $U_1 - U_3 = \frac{3}{2}\nu R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} A_{31} \Rightarrow$

$\Rightarrow Q_{31} = \frac{5}{2}\nu R (T_1 - T_3)$ ; $Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R (T_3 - T_2)$ ; $c_{\nu 31} = \frac{Q_{31}}{\nu \cdot (T_1 - T_3)} = \frac{5}{2}R$; $c_{\nu 23} = \frac{3}{2}R$

Из (*) следует: $(T_2 - T_1) + (T_3 - T_2) + (T_1 - T_3) = 0$

$$\boxed{\frac{c_{\nu 31}}{c_{\nu 23}} = \frac{5}{3}}$$

2) По уравнению Менделеева-Клапейрона:

①: $p_1 V_1 = \nu R T_1$ , причем т.к. в процессе 1-2 $p(V) = \alpha V$, $\alpha$ - некоторый коэф.,

②: $p_2 V_2 = \nu R T_2$ то $p_2 V_2 = \alpha V_2^2$; $p_1 V_1 = \alpha V_1^2$ /

③: $p_1 V_2 = \nu R T_3$

процесс 1-2: $A_{12} = + S_{тр}$ (площадь под графиком процесса-трапеции)

$A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot (V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2}(V_1 + V_2)(V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2}(V_2^2 - V_1^2) = \frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1)$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1)$

$$\boxed{\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{3/2\,(p_2 V_2 - p_1 V_1)}{\frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1)} = 3}$$

3) КПД цикла $\eta = \dfrac{Q_н - Q_х}{Q_н} = \dfrac{A_{\Sigma \text{ за цикл}}}{Q_н}$ — работа газа за весь цикл
— полученное кол-во теплоты.

Газ получил тепло на участке 1-2, т.к. $A_{12} > 0$ ($\Delta V_{12} > 0$) и $\Delta U_{12} > 0$.

$\Delta U_{23} < 0$; $A_{23} = 0 \Rightarrow Q_{23} < 0$; $\Delta U_{31} < 0$, $A_{31} < 0 \Rightarrow Q_{31} < 0$.

$\boxed{Q_н = Q_{12}}$ $Q_{12} = 2(p_2V_2 - p_1V_1) = \Delta U_{12} + A_{12}$

$A_{\Sigma \text{ за цикл}} = A_{12} + A_{31}$; $A_{31} = -p_1(V_2 - V_1)$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) - (V_2 - V_1)p_1}{2(p_2V_2 - p_1V_1)} = \frac{1}{4} - \frac{p_1(V_2-V_1)}{2(p_2V_2 - p_1V_1)} = \frac{1}{4} - \frac{\alpha V_1(V_2 - V_1)}{2\alpha(V_2-V_1)(V_2+V_1)} =$$

$= \dfrac{1}{4} - \dfrac{V_1}{2(V_1+V_2)}$. $\eta = \eta_{max}$, если $\dfrac{V_1}{2(V_1+V_2)} \to 0$. Это возможно, если $V_1 << V_2$.

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

Ответ: 1) $\frac{5}{3}$ 2) 3 3) 0,25

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

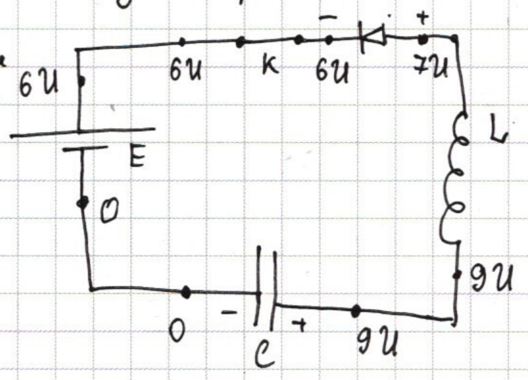
№4. 1) Обозначим $U = 1$ В. Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа ($t=0$)

$U_1 = 9U$; $U_0 = U$, $E = 6U$.

Сила тока в катушке не успеет измениться => она равна нулю, как и до замыкания (. Напряжение на конденсаторе не успеет измениться.

Предположим, что диод открыт. ~~Тогда ток через него идет~~, напряжение на диоде больше нуля и равно $U_0 = U$. Расставим потенциалы в цепи:

предположение подтвердилось




Напряжение на катушке $U_L(0)$

$$U_L(0) = 9U - 7U = 2U = 2\text{ В}$$

$$U_L = L\cdot \mathcal{I}' = L\cdot \frac{d\mathcal{I}}{dt}.$$ $(dt \to 0)$

$\mathcal{I}'$ – скорость изменения (возраст. тока)

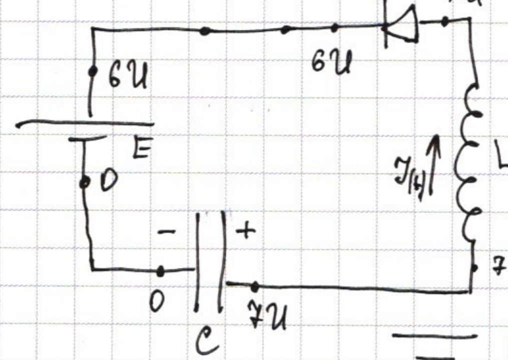
$$\boxed{\mathcal{I}' = \frac{U_L}{L} = \frac{2\text{В}}{0{,}4\text{Гн}} = \frac{20}{4} = 5\,\frac{\text{А}}{\text{с}}}$$

2) Рассмотрим цепь в тот момент $t_1$, когда сила тока максимальна. Если $\mathcal{I} = \mathcal{I}_{max}$, то $\mathcal{I}' = 0$. $\Rightarrow U_L(t_1) = L\mathcal{I}'(t) = L\cdot 0 = 0$

напряжение на катушке равно нулю.

Предположим, что диод открыт. Тогда напряжение на нем $> 0$ и равно $U_0 = U$

Расставим потенциалы в цепи:



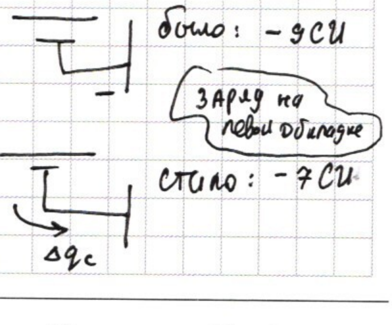

$$U_C(t_1) = 7U - 0 = 7U = 7\text{В}.$$

По закону сохранения энергии в процессе от $t=0$ до $t=t_1$:

$$A_{ист} = \Delta W_L + \Delta W_C$$

$$\Delta W_C = \frac{C}{2}\left(49U^2 - 81U^2\right)$$

$$\Delta W_L = \frac{L\mathcal{I}_m^2}{2} - 0 = \frac{L\mathcal{I}_m^2}{2}$$




$$A_{ист} = E\cdot\Delta q_{ист} = E\cdot\Delta q_c\ ;\quad \Delta q_c = 2CU$$ (против напр. E)

$$\boxed{A_{ист} = -E\cdot 2CU}$$

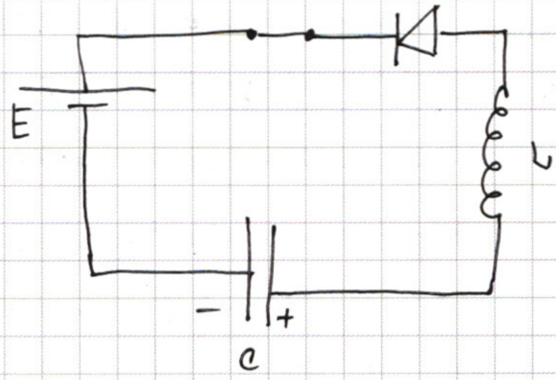
$$-2ECU = \frac{C}{2}(49U^2 - 81U^2) + \frac{LI_m^2}{2},$$

$$-4ECU = -32CU^2 + LI_m^2, \quad I_m = \sqrt{\frac{32CU^2 - 4CUE}{L}} = 2\sqrt{\frac{CU(8U-E)}{L}} =$$

$$= 2\sqrt{\frac{CU(2U)}{L}} = 2U\sqrt{\frac{2C}{L}} = 2\cdot 1\cdot\sqrt{\frac{2\cdot 10\cdot 10^{-6}}{4\cdot 10^{-1}}} = 2\sqrt{\frac{10^{-4}}{2}} = \frac{0{,}02}{\sqrt{2}} \approx \sqrt{2}\cdot 10^{-2} A$$

$$\boxed{I_m = \sqrt{2}\cdot 10^{-2}\ A} \quad I_m \approx 1{,}41\cdot 10^{-2} \approx 0{,}0141 \approx 14 mA$$

3) Рассмотрим цепь в установившемся состоянии. $(t = t_{уст})$




Тока в цепи нет => $U_D \leq U_0$

$U_L = L I'(t_{уст})$, $I(t_{уст}) = 0 = const$ => => $I'(t_{уст}) = 0$

$U_L(t_{уст}) = 0.$

$U_C(t_{уст}) = const$

$W_L(t_{уст}) = 0$; $W_C(t_{уст}) = \frac{C}{2}\cdot U_C^2$

Заряд левой обкладки равен $-CU_C$

Работа ист. $A_{ист(t_{уст})} = -E\cdot(9U - U_C)C$

По закону сохранения энергии для $t=0$ и $t = t_{уст}$:

$A_{ист(t_{уст})} = \Delta W_C + \Delta W_L$, $\Delta W_L = 0$

$$-EC(9U - U_C) = \frac{C}{2}(U_C^2 - 81U^2);$$

$$-18ECU + 2ECU_C = CU_C^2 - 81CU^2$$

$$CU_C^2 - 2ECU_C - 81CU^2 + 18ECU = 0$$

$$U_C^2 - 2EU_C - 81U^2 + 18EU = 0$$

Подставим числ. значение и получим квадр. уравнение от-но $U_C$:

$$U_C^2 - 12U_C - 81 + 18\cdot 6 = 0$$

$$U_C^2 - 12U_C + 27 = 0$$

$$U_{C_1} = 3В;\ U_{C_2} = 9В.$$

Докажем, что $U_{C_2}$ не подходит.

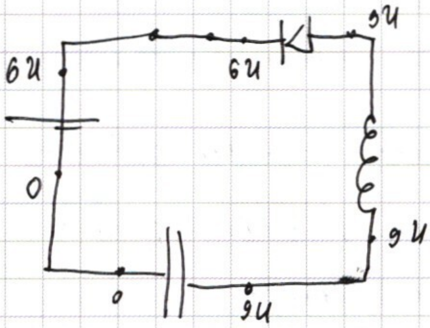
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Предположим, $U_C = 9В. = 9U$.

Расставим потенциалы




Тогда $U_D = 3U > 0$ - но $U_D \leq U_0$ в уст. сост. =>

=> противоречие

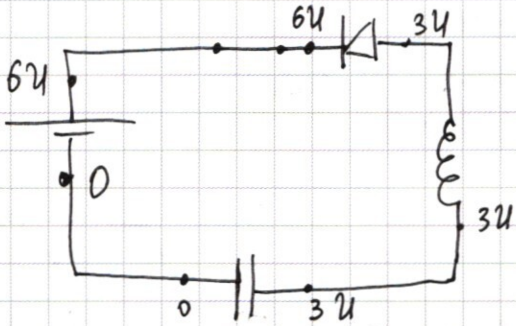
и $U_C(t_{уст}) \neq U_{C2} \neq 9В$

Проверим, что $U_{C_1} = 3В = 3U$ подходит.

$U_D = -3U < U_0 = U$ =>

противоречий нет

$\boxed{U_C(t_{уст}) = U_2 = 3В}$

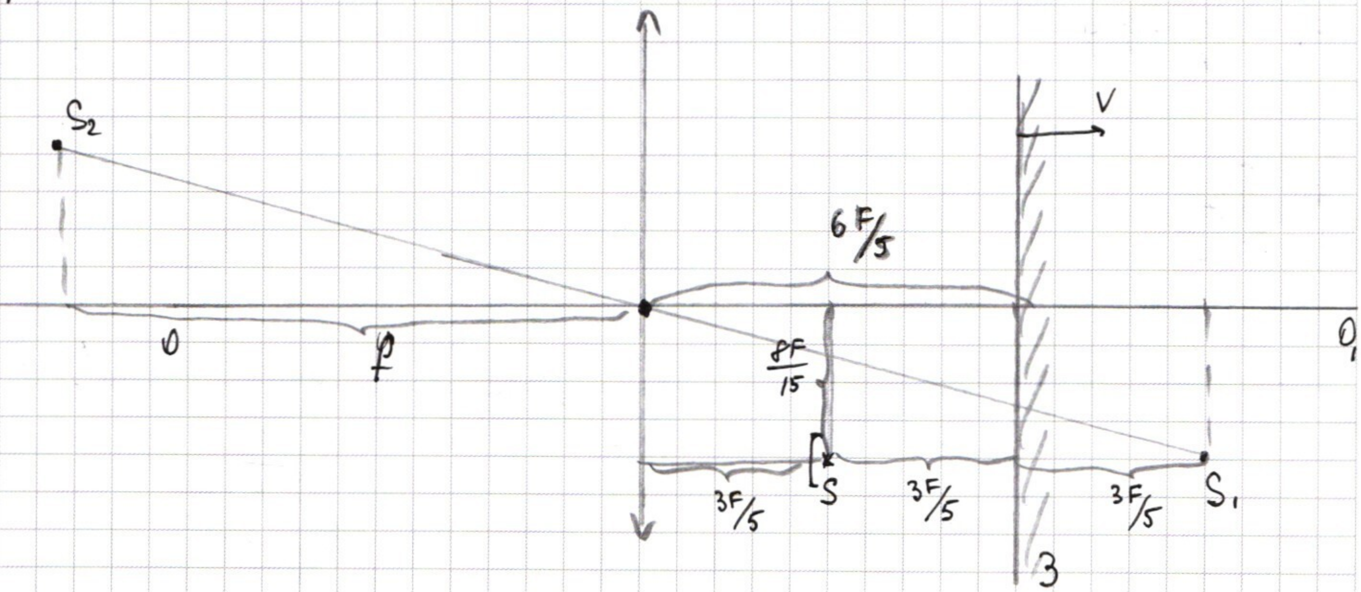



Ответ: 1) $5 \frac{А}{с}$

2) $\sqrt{2} \cdot 10^{-2}$ А $\approx 14$ мА

3) $U_2 = 3В$

№5.



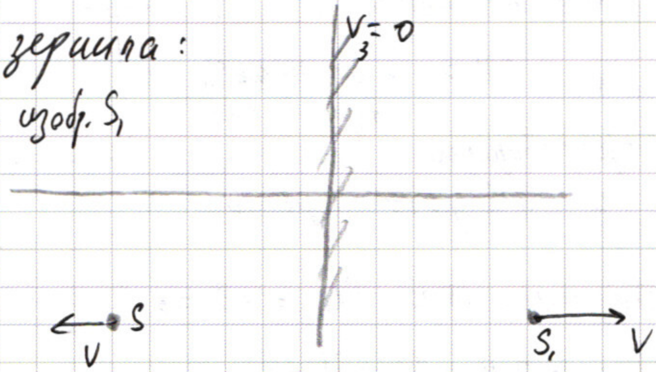
1) Изображение $S_1$ в зеркале находится на расстоянии $\frac{6F}{5} - \frac{3F}{5} = \frac{3F}{5}$ справа от зеркала. Оно мнимое и является действительным источником для линзы. $d = \frac{9F}{5}$. По формуле тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{5}{9F} + \frac{1}{f}$,

$\frac{1}{f} = \frac{4}{9F}$, $\boxed{f = \frac{9F}{4}}$ $f > 0$, т.к. $d > F$.

На таком расстоянии слева от линзы видно изображение $S_2$.

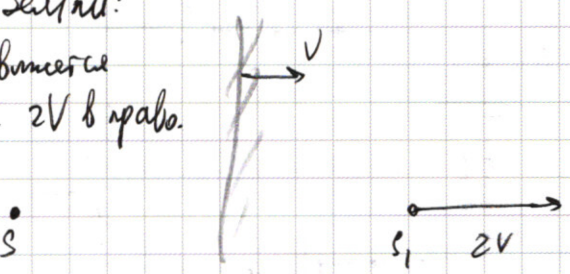
2) В системе отсчета зеркала:

$S$ движется со ск. $V$ влево $\Rightarrow$ изоб. $S_1$ движется со ск. $V$ вправо.



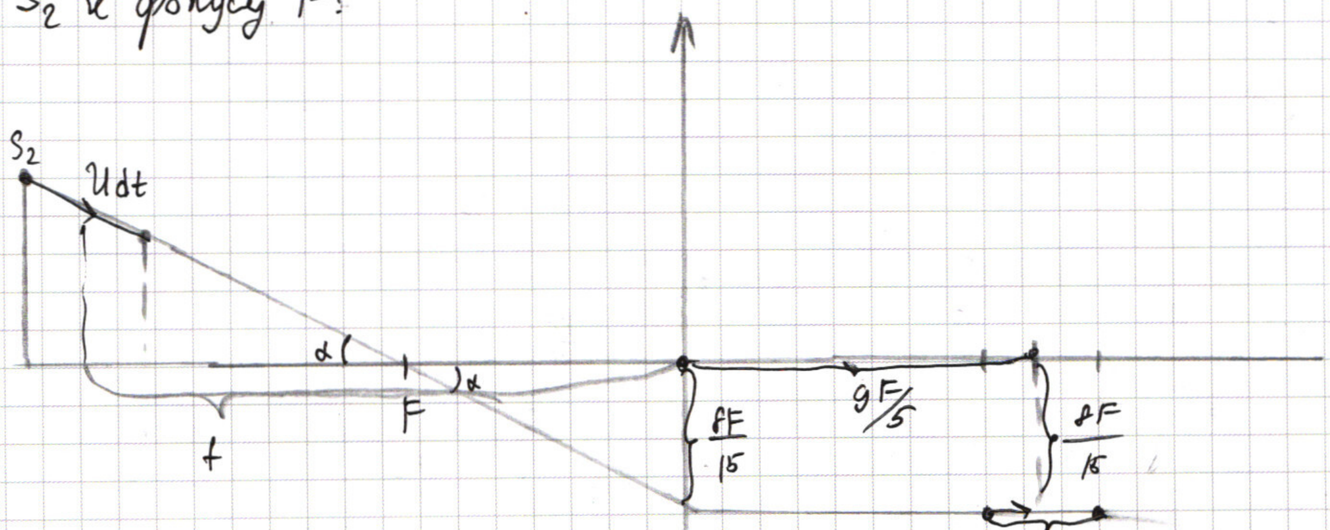

В СО Земли:

изобр. $S_1$ движется со ск. $2V$ вправо.




Пусть за малое время $dt$ $S_1$ переместилось на расст. $\Delta S = 2Vdt$.

Лучи от $S_1$ идут параллельно $OO_1$ – гл. опт. оси $\Rightarrow$ после преломления соберутся в фокусе. За время $dt$ $S_2$ сдвинется вдоль направления от $S_2$ к фокусу $F$:




(масштаб сильно увеличен для наглядности)

☐ черновик ☑ чистовик Страница № 8

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Тогда $tg\alpha = \frac{8F}{15F} = \frac{8}{15}$, $\boxed{\alpha = arctg\frac{8}{15}}$

3) Скорость изображения в направлении, параллельном гл.опт.оси равна $\Gamma^2\cdot(2V)$ и направлена в ту же сторону, что и у источника $S_1$.

$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{9F}{4}\cdot\frac{5}{9F} = \frac{5}{4} \Rightarrow \boxed{U_{\parallel} = \Gamma^2\cdot 2V = \frac{25}{16}\cdot 2V = \frac{25}{8}V}$

$\frac{U_\perp}{U_\parallel} = tg\alpha \Rightarrow U_\perp = U_\perp tg\alpha = \frac{25}{8}V\cdot\frac{8}{15} = \frac{5}{3}V$

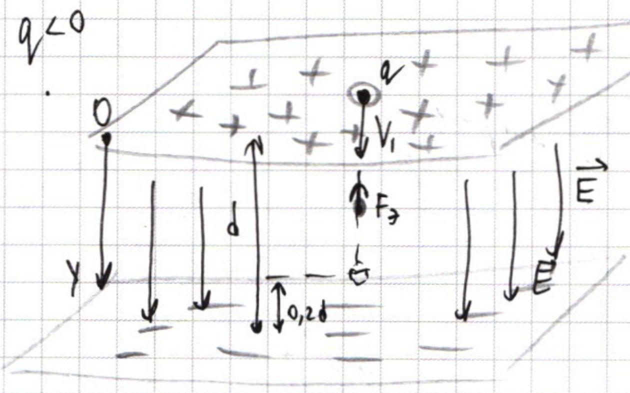
$U = \sqrt{U_\parallel^2 + U_\perp^2} = \sqrt{\frac{25}{9}V^2 + \frac{625}{64}V^2} = \frac{5\cdot 17}{3\cdot 8}V = \frac{75}{24}V$

скорость изображение

Ответ: 1) $f = \frac{9F}{4}$ 2) $\alpha = arctg\frac{8}{15}$ 3) $\frac{75V}{24}$

## №3.

$q<0$




1) На частицу, залетевшую внутрь конденсатора, действует сила $\vec F_э = \vec E\cdot q$, где $\vec E$ — напряжённость в центре конденсатора. $E = \frac{U}{d}$. Частица начинает замедляться, пока ее скорость не станет равной нулю на расст. 0,2d от нижней пластины.

Затем частица начнет ускоряться этой же силой и вылетит из конденсатора.

по второму закону Ньютона:

$m\vec a = \vec E q$

$ma = Eq$

$\boxed{a = \frac{Eq}{m}}$

По закону сохр. энергии:

$\frac{mV_1^2}{2} = 0,8Eqd = 0,8Uq$, $\boxed{\frac{q}{m} = \frac{V_1^2}{0,8\cdot 2U} = \frac{V_1^2}{1,6U} = \frac{5}{8}\frac{V_1^2}{U}}$

Уравнение движения частицы: $Oy$: $y = V_1 t - \frac{at^2}{2}$

$$\boxed{a = \frac{5E}{8}\cdot\frac{V_1^2}{U}}$$

$$\boxed{a = \frac{5}{8}\frac{V_1^2}{U}\cdot\frac{U}{d} = \frac{5}{8}\frac{V_1^2}{d}}$$

$$0{,}8d = V_1 t_1 - \frac{a t_1^2}{2}$$

$$\frac{a}{2} t_1^2 - V_1 t_1 + 0{,}8d = 0$$

$$V_1 - a t_1 = 0, \quad t_1 = \frac{V_1}{a} = \frac{V_1 8d}{5V_1^2} = \frac{8d}{5V_1} = \frac{8d}{5V_1}$$

время торможения частицы

За время $t_2$ частица пробдет расстояние $0{,}8d$ в противоположном направлении

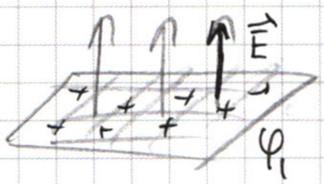
$$-0{,}8d = -\frac{a t_2^2}{2} \qquad \sqrt{\frac{8d}{5a}} = t_2$$

$$\boxed{t_2 = \sqrt{\frac{8}{5}\frac{d\cdot 8d}{5V_1^2}} = \frac{8d}{5V_1} = t_1}$$

Частица вылетит из конденсатора через

$$\boxed{T = 2t_1 = \frac{16d}{5V_1}}$$

2) Снаружи конденсатора из-за формы обкладок (сетки) поле не будет существовать




Оно направленно вверх и будет замедлять частицу.

Потенциал верхней (полож. заряженной обкладки) равен $\varphi_1 = U$, Энергия частицы при вылете равна $\frac{mV_1^2}{2} + q\varphi_1$

На бесконечно большом удалении от конденсатора энергия частицы равна $\frac{mV_0^2}{2}$

Зак. сохр. энергии: $\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + qU$, $mV_0^2 = mV_1^2 + 2qU \,|:m$

$$V_0^2 = V_1^2 + \frac{2qU}{m}$$

$$V_0 = \sqrt{V_1^2 + \frac{2U\cdot 5V_1^2}{8U}}$$

$$\boxed{V_0 = \sqrt{V_1^2 + \frac{5}{4}V_1^2} = \frac{3}{2}V_1}$$

Ответ: 1) $\gamma = \frac{5V_1^2}{8U}$

2) $T = \frac{16d}{5V_1}$

3) $V_0 = \frac{3}{2}V_1$

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

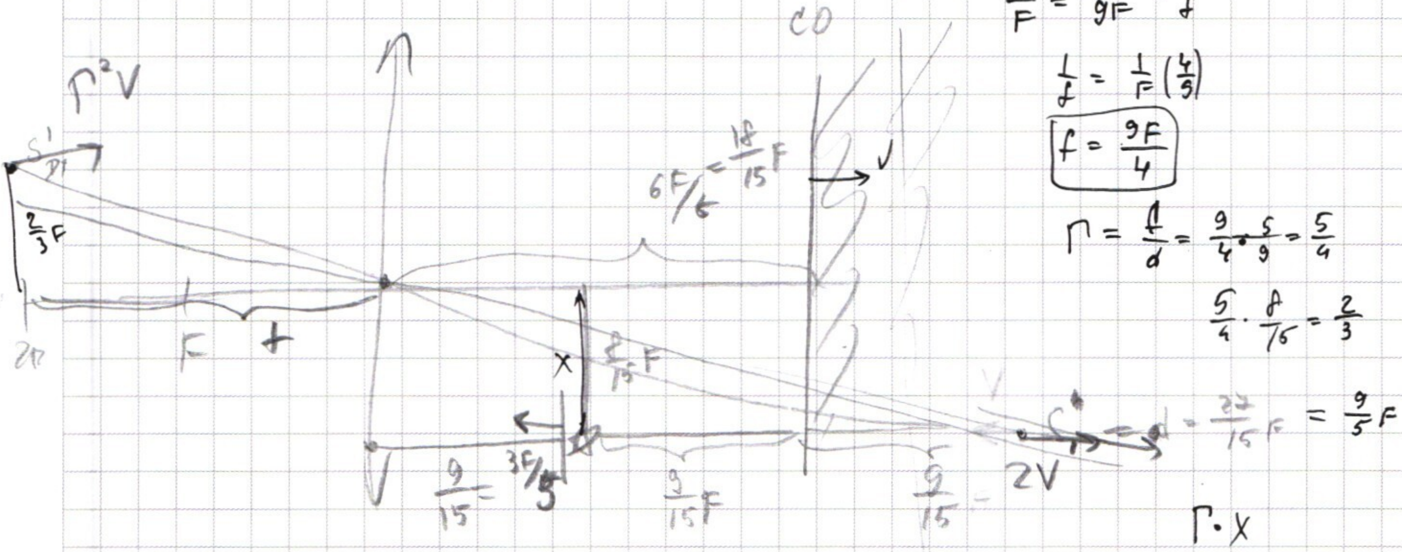
$$\frac{1}{F} = \frac{5}{9F} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F}\left(\frac{4}{9}\right)$$

$$\boxed{f = \frac{9F}{4}}$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{9}{4}\cdot\frac{5}{9} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{5}{4}\cdot\frac{8}{15} = \frac{2}{3}$$

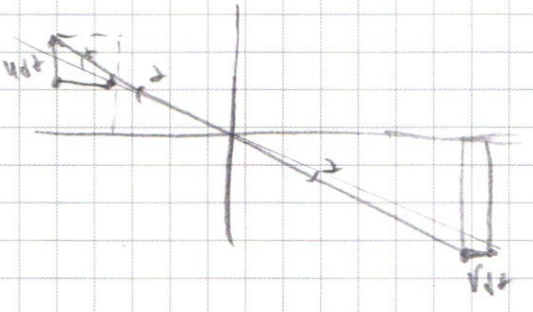


$\Gamma \cdot X$

$\Delta S_п = 2Vt$

$$\Gamma = \frac{F}{d-F}$$

$$Y = X\frac{F}{d-F}$$

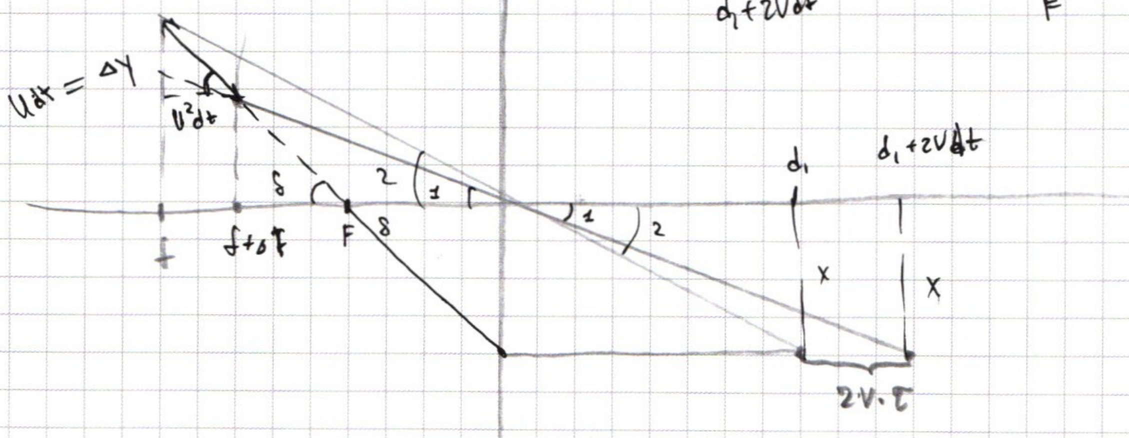


$$\boxed{\alpha = \frac{X}{d-F}} =$$

$$tg\alpha = \frac{u_\perp}{u_\parallel}$$

$$tg\,1 = \frac{X}{d_1 + 2Vdt} =$$

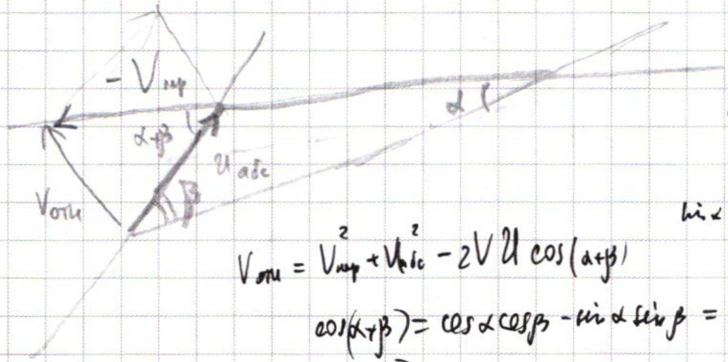
$$\frac{X}{F} = \frac{\Delta Y = udt}{F \cdot F}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА




$$+\begin{array}{r}389\\52\\\hline 441\end{array}$$

$25-16=3$

$289-64=225$

$21\cdot20=420+21$

$\sin\alpha=\sqrt{1-\frac{16}{25}}=\frac{3}{5}$

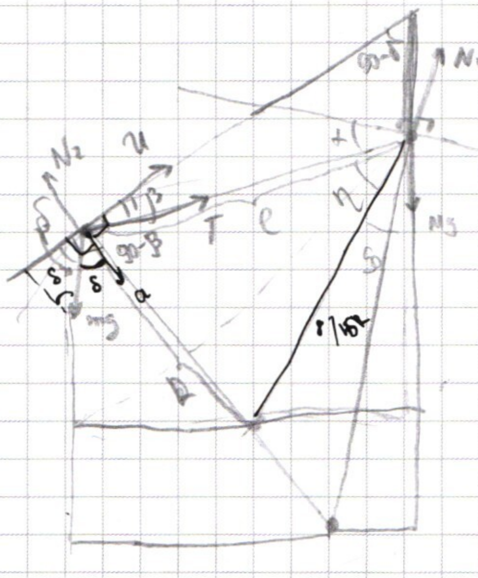
$45-32=13$

$$V_{отн}^2=V_{пер}^2+V_{абс}^2-2VU\cos(\alpha+\beta)$$

$$\cos(\alpha+\beta)=\cos\alpha\cos\beta-\sin\alpha\sin\beta=\frac{4}{5}\cdot\frac{8}{17}-\frac{3}{5}\cdot\frac{15}{17}=\frac{32-45}{5\cdot17}=-\frac{13}{85}$$

$$V_{отн}=\sqrt{\frac{2\cdot13}{\cancel{85}\,5}\cdot2\cdot\frac{\cancel{17}}{5}+4+\frac{17\cdot17}{5\cdot5}}=\sqrt{\frac{52+100+289}{25}}=\frac{21}{5}=4{,}2$$

$(20-3)^2=400+9-120=289$




$\omega r=\omega L=V$

$$\frac{U}{V}=\frac{R}{L}$$

$$\sqrt{R^2+l^2-2Rl\sin\beta}=\sqrt{R^2+\frac{289}{225}R^2-\cancel{2R^2\cdot\frac{17}{15}\cdot\frac{15}{17}}}=R\sqrt{\frac{225+289-2\cdot225}{225}}=\frac{8}{15}R$$

$$\cancel{\frac{17}{5\cdot2}=\frac{R\cdot15}{8R}}$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

$$\eta = \frac{A_\Sigma}{Q_н} = \frac{A_{12}+A_{31}}{Q_{12}} = \frac{\frac{1}{2}(p_2V_2-p_1V_1) - (V_2-V_1)\cdot p_1}{2(p_2V_2-p_1V_1)} = \frac{1}{4} - \frac{p_1(V_2-V_1)}{2(p_2V_2-p_1V_1)} = \frac{p_1\cancel{(V_2-V_1)}}{2\alpha\cancel{(V_2-V_1)}(V_1+V_2)}$$

$$\frac{1}{4} - \frac{p_1}{2(V_1+V_2)\alpha} = \frac{V_1}{2(V_1+V_2)} \qquad \boxed{\frac{1}{4} - \frac{V_1}{2(V_1+V_2)}}$$

$V_1 =$

$Q_{23} < 0 \quad Q_{31} < 0$

$$(U_2-U_1) + (U_3-U_2) + (U_1-U_3) = 0$$

$Q_{31} = \frac{5}{2} \qquad Q_{23} = \frac{3}{2}$

$\frac{5}{3} \quad \frac{3}{5}Q \qquad Q_{23} + \frac{3}{5}Q_{31} = \frac{3}{4}Q_{12}$

$Q = 2 \quad \frac{3}{2} \quad \frac{2^2}{3} =$

$$\frac{Q_н - Q_х}{Q_н} = \frac{Q_{12} - (Q_{31}+Q_{23})}{Q_{12}} = \frac{Q_{23} + \frac{3}{5}Q_{31} - (Q_{31}+Q_{23})}{Q_{23}+\frac{3}{5}Q_{31}}$$

$$\frac{\frac{4}{3}Q_{23} + \frac{4}{5}Q_{31} - Q_{31} - Q_{23}}{\frac{4}{3}Q_{23} + \frac{4}{5}Q_{31}} = 1 - \frac{Q_{31}+Q_{23}}{\frac{4}{3}Q_{23}+\frac{4}{5}Q_{31}}$$

$$1 - \frac{15}{4}\,\frac{Q_{31}+Q_{23}}{5Q_{23}+3Q_{31}} =$$

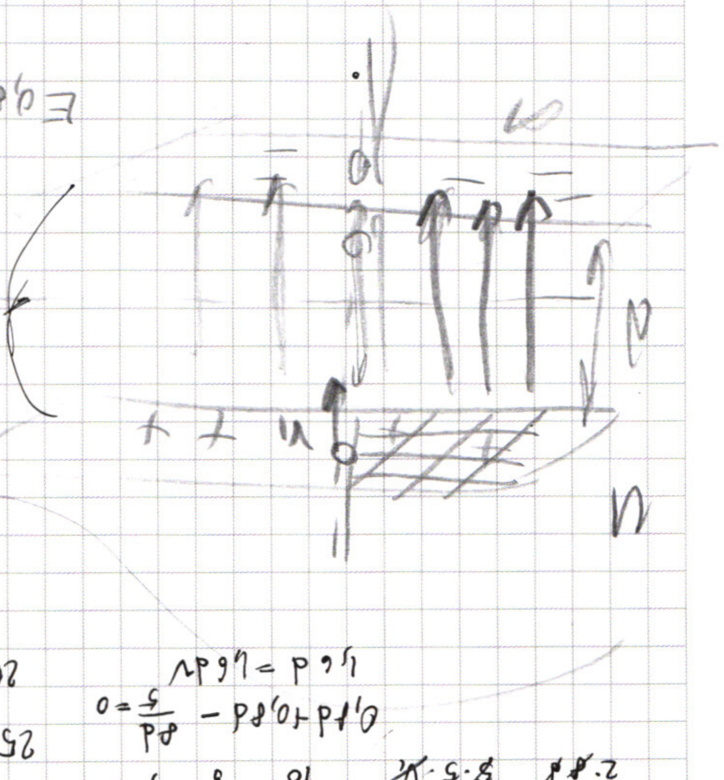
$108 - 81 =$

$28 - 1 = 27$

$u_c = \frac{6 \pm \sqrt{36-27}}{}$

$u_c = 6 \pm 3$

$u_c = 3 \quad u_c = 9$



$$\frac{3\cdot 8}{5\cdot 17} = \frac{5\cdot 64}{25\cdot 289}$$

черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)