

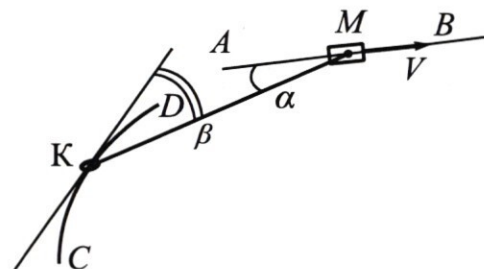
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

Вариант 11-04

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

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K 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.



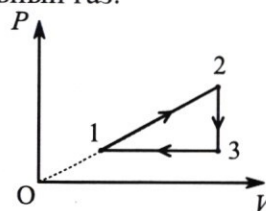
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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?

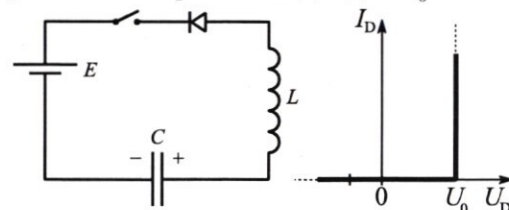
3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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.

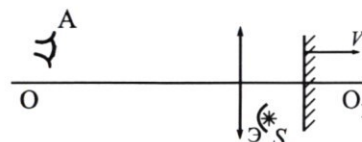


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

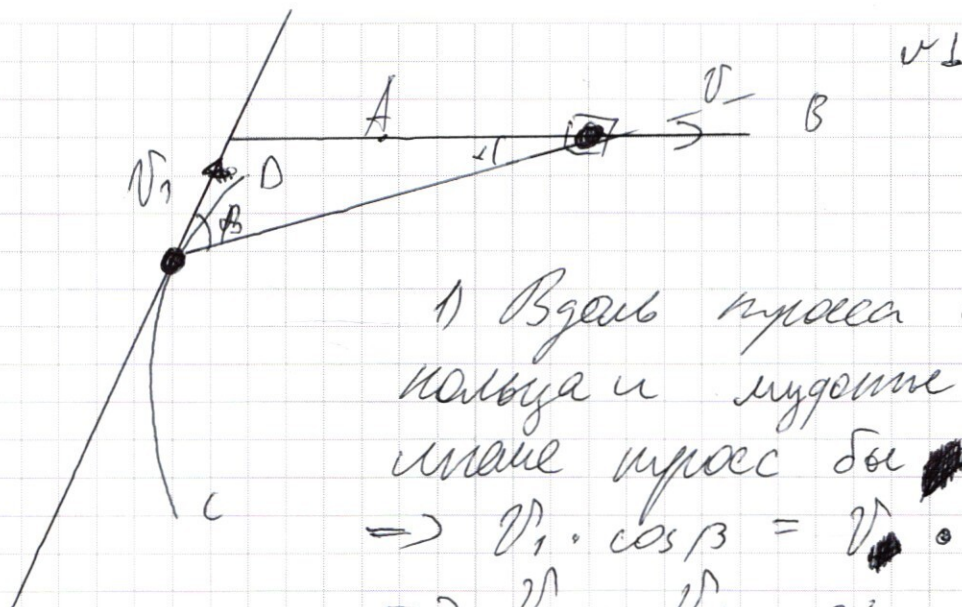
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



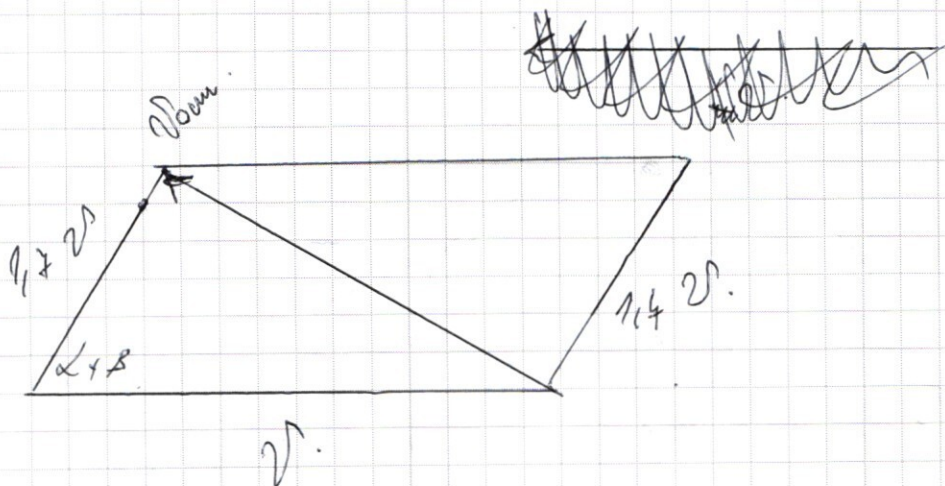
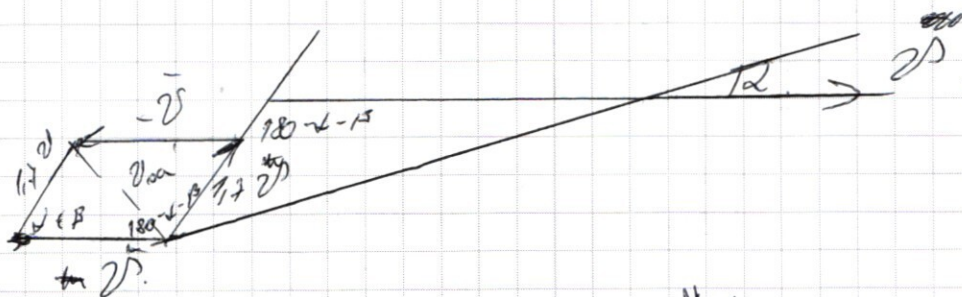
1) Возьмём проекции скорости
набыва и модули равные,
маленькое проекция бы ~~порывалась~~

$$\Rightarrow v_1 \cdot \cos \beta = v \cdot \cos \alpha$$

$$\Rightarrow v_1 = \frac{v \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} = v \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{14}{8}$$

$$= 1,7 v = 3,4 \text{ м/с. (16)}$$

2)



по теореме косинусов:

$$V_{\text{пол}}^2 = V^2 + 2,89 V^2 - 2 \cdot 1,7 V^2 \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

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

$$\cos \alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{14} \Rightarrow \sin \beta = \frac{75}{14}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{14} - \frac{3}{5} \cdot \frac{75}{14} = \frac{32 - 45}{85} = -\frac{13}{85}$$

$$V_{\text{пол}}^2 = 3,89 V^2 + 3,4 V^2 \cdot \frac{13}{85}$$

$$V_{\text{пол}} = V \sqrt{3,89 + 3,4 \cdot \frac{13}{85}}$$

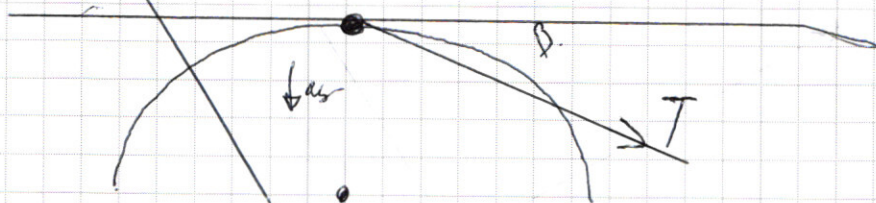
$$V_{\text{пол}} = V \cdot \sqrt{3,89 + \frac{3,4 \cdot 13}{85}}$$

$$= 20 \sqrt{3,89 + \frac{3,4 \cdot 13}{85}} \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (26)$$

Ответ: 1) 3,4 м/с.

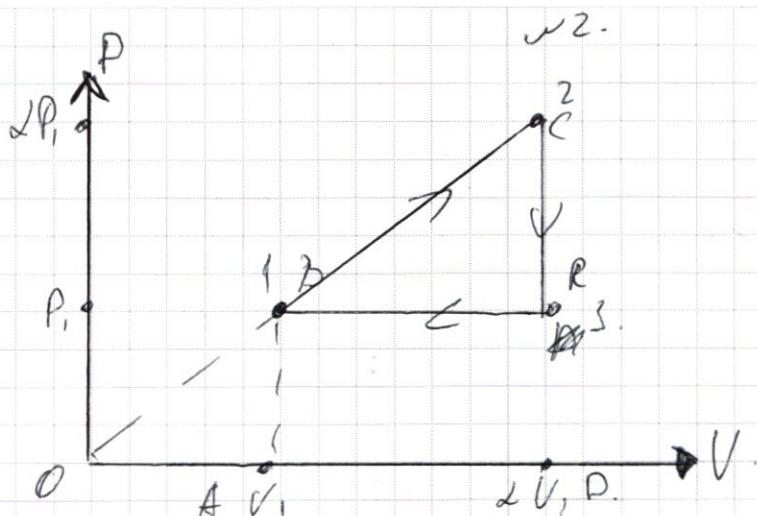
$$2) 2 \cdot \sqrt{3,89 + \frac{3,4 \cdot 13}{85}}$$

3) ~~Заменить надо.~~



$$23\text{к}: T \cdot \sin \beta = m \cdot \frac{V_1^2}{R} \Rightarrow T = \frac{m V_1^2}{R \cdot \sin \beta}.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\dot{C} = 3.$$

1) Стоимости температуры процессам
на участках 2-3 и 3-1

Участок 2-3 изохора $\Rightarrow C_{23} = C_V = \frac{3}{2}R$

Участок 3-1 изобара $\Rightarrow C_{31} = C_P = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3}.$$

2) Так как 1-2 процесс адиабатический P от V
то $P_2 = 2P_1$ $V_2 = 2V_1 \Rightarrow$
то Менделеев-Клапейрон:

$$P_1 \cdot V_1 = \nu R T_1$$

$$2P_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 = 4 \cdot T_1$$

Работа равна площади под графиком
 $\Rightarrow A_{12} = S_{\text{всего}} \text{ под графиком процесса}$
 $\Rightarrow$ Из работы стало как 4.

$$S_{OAB} = \frac{1}{2} V_1 \cdot P_1 \cdot \left| \begin{array}{l} \Rightarrow A_{12} = \frac{1}{2} V_1 \cdot P_1 \cdot \alpha^2 - \frac{1}{2} V_1 P_1 \\ S_{OAB} = \frac{1}{2} V_1 \cdot P_1 \cdot \alpha^2 \end{array} \right.$$

$$= \frac{1}{2} V_1 P_1 (\alpha^2 - 1)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} DR(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} P_1 V_1 (\alpha^2 - 1)$$

$$A = \frac{1}{2} V_1 P_1 (\alpha^2 - 1) \Rightarrow \frac{\Delta U}{A} = \frac{\frac{3}{2} P_1 V_1 (\alpha^2 - 1)}{\frac{1}{2} V_1 P_1 (\alpha^2 - 1)} = 3 \quad (26)$$

$$3) \quad \eta = \frac{A_n}{Q_H} = \frac{S_{BCP}}{A_n + \Delta U_{12}}$$

$$S_{BCP} = P_1 (\alpha - 1) \cdot V_1 (\alpha - 1) \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} P_1 V_1 (\alpha - 1)^2$$

$$\Delta U + A = \frac{3}{2} P_1 V_1 (\alpha^2 - 1) + \frac{1}{2} P_1 V_1 (\alpha^2 - 1)$$

$$\frac{S_{BCP}}{\Delta U + A} = \frac{\frac{1}{2} P_1 V_1 (\alpha - 1)^2}{\frac{3}{2} P_1 V_1 (\alpha^2 - 1) + \frac{1}{2} P_1 V_1 (\alpha^2 - 1)} = \frac{(\alpha - 1)^2}{2(\alpha^2 - 1)} = \frac{(\alpha - 1)^2}{2(\alpha - 1)(\alpha + 1)} = \frac{\alpha - 1}{2(\alpha + 1)}$$

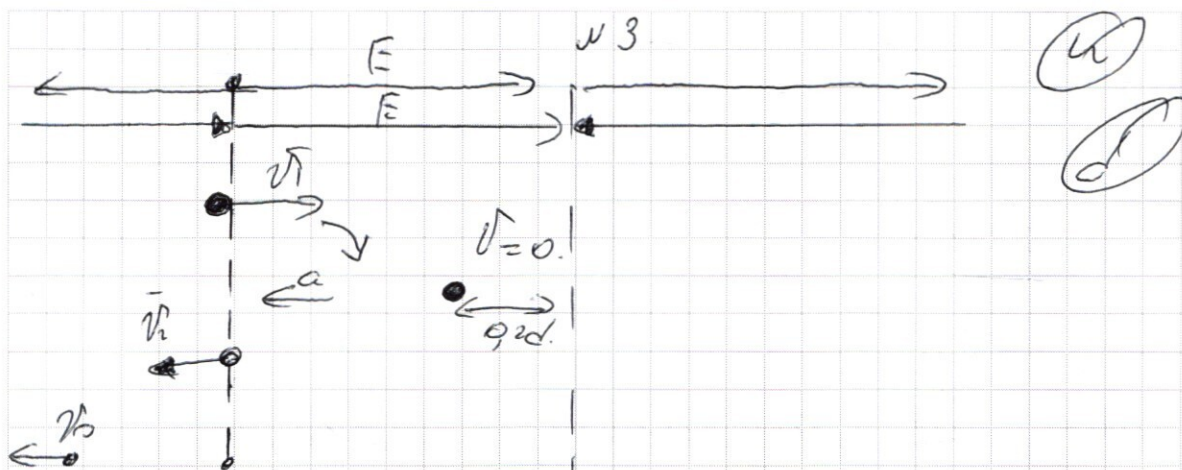
приминаем наибольшее значение
при $\alpha = 1 \Rightarrow \eta =$

$$\frac{S_{BCP}}{\Delta U + A} = \frac{\frac{1}{2} P_1 V_1 (\alpha - 1)^2}{2 P_1 V_1 (\alpha^2 - 1)} = \frac{1}{4} \frac{(\alpha - 1)(\alpha - 1)}{(\alpha - 1)(\alpha + 1)} = \frac{1}{4} \frac{(\alpha - 1)}{(\alpha + 1)}$$

$$\text{при } \alpha \rightarrow \infty \quad \eta \Rightarrow \frac{1}{4} \Rightarrow \eta_{\max} = \frac{1}{4} = 25\%$$

Ответ: 1) $\frac{5}{3}$ 2) $\frac{\Delta U}{A} = 3$ 3) $\eta_{\max} = \frac{1}{4} (25\%)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Вне конденсатора нет перпендикулярности
меридианов поля

2) При этом заряд останавливается по
правую сторону отрывающегося, а левую
положительная.

$$3) \varphi_A - \varphi_C = U \Rightarrow E_{\text{avg}} = \frac{U}{d}; \quad \varphi_A - \varphi_B = E_{\text{avg}} \cdot 0,5d = 0,5U$$

$$\text{По ЗСЭ: } \frac{mv_1^2}{2} + (\varphi_A - \varphi_B) \cdot q = 0 \quad (\text{из } A \text{ в } B)$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = -(\varphi_A - \varphi_B) \cdot q; \quad \frac{mv_1^2}{2} = -0,5U \cdot q$$

$$\frac{|q|}{m} = \frac{v_1^2}{1,6U} \quad (q < 0)$$

$$4) m \cdot \bar{a} = \vec{E} \cdot q \Rightarrow \bar{a} = \frac{\vec{E} \cdot q}{m} = -E \cdot \frac{|q|}{m}$$

$$|a| = \frac{E \cdot |q|}{m}$$

$$\text{По ЗСЭ: из } (A \text{ в } A): \frac{mv_1^2}{2} + U \cdot q = \frac{mv_2^2}{2} + U \cdot q$$

$$\Rightarrow v_1 = v_2 \Rightarrow \Delta v = 2v_1$$

так как скорости направлены в разные стороны.

$$\Rightarrow \Delta v = a \cdot T$$

$$2v_1 = \frac{Eq}{m} \cdot T \Rightarrow T = \frac{2v_1 m}{Eq} = \frac{d \cdot 36 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^{-18}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 1.6 \cdot 10^{-17}}$$

$$\Rightarrow T = \frac{3.2 \cdot 10^{-16}}{1.6 \cdot 10^{-17}}$$

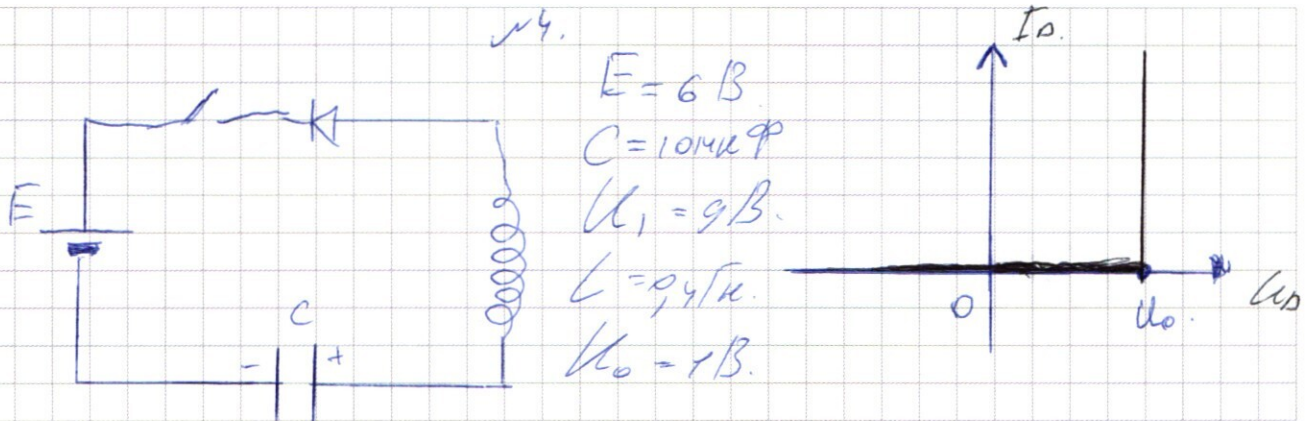
5) Так как в конденсаторе поле направлено на заряд q действующая сила $\Rightarrow$ во скорости сокращение по модулю и направлению $\Rightarrow v_0 = v_1 - v_1$

Ответ: 1) $\frac{v_1^2}{1.6 \cdot 10^{-17}}$

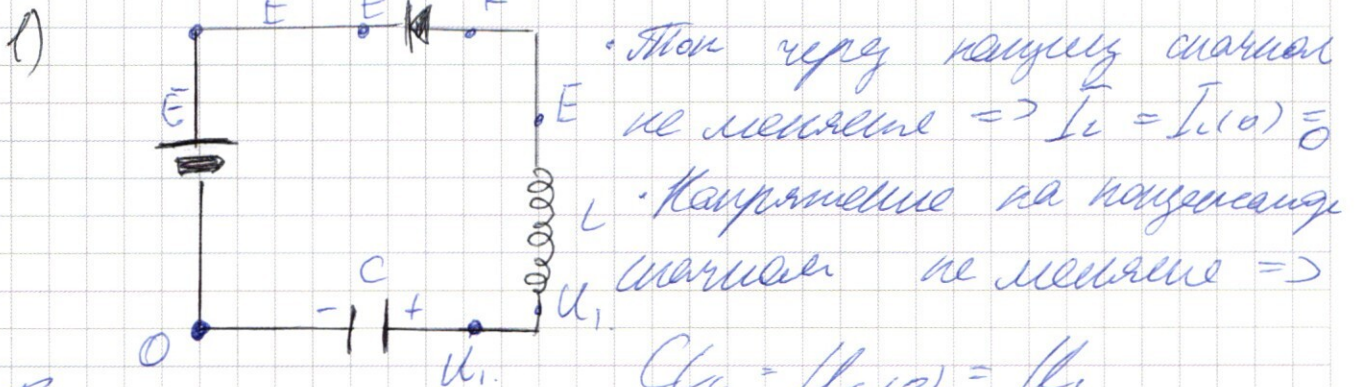
2) $\frac{3.2 \cdot 10^{-16}}{1.6 \cdot 10^{-17}}$

3) $|v_0| = |v_1|$
 $\vec{v}_0 = -\vec{v}_1$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



сразу после замыкания ключа.



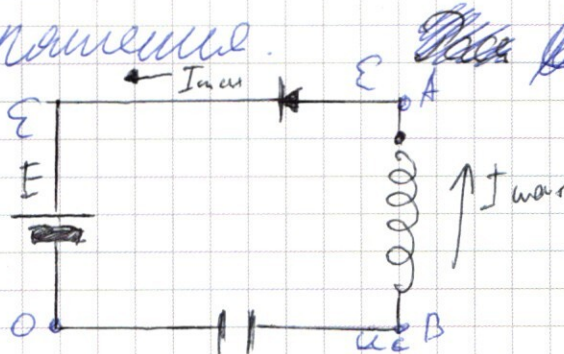
Вспомогательным методом уравнений поперечного сечения.

• Вручную не учесть ток $\Rightarrow$ не влиять на напряжение.

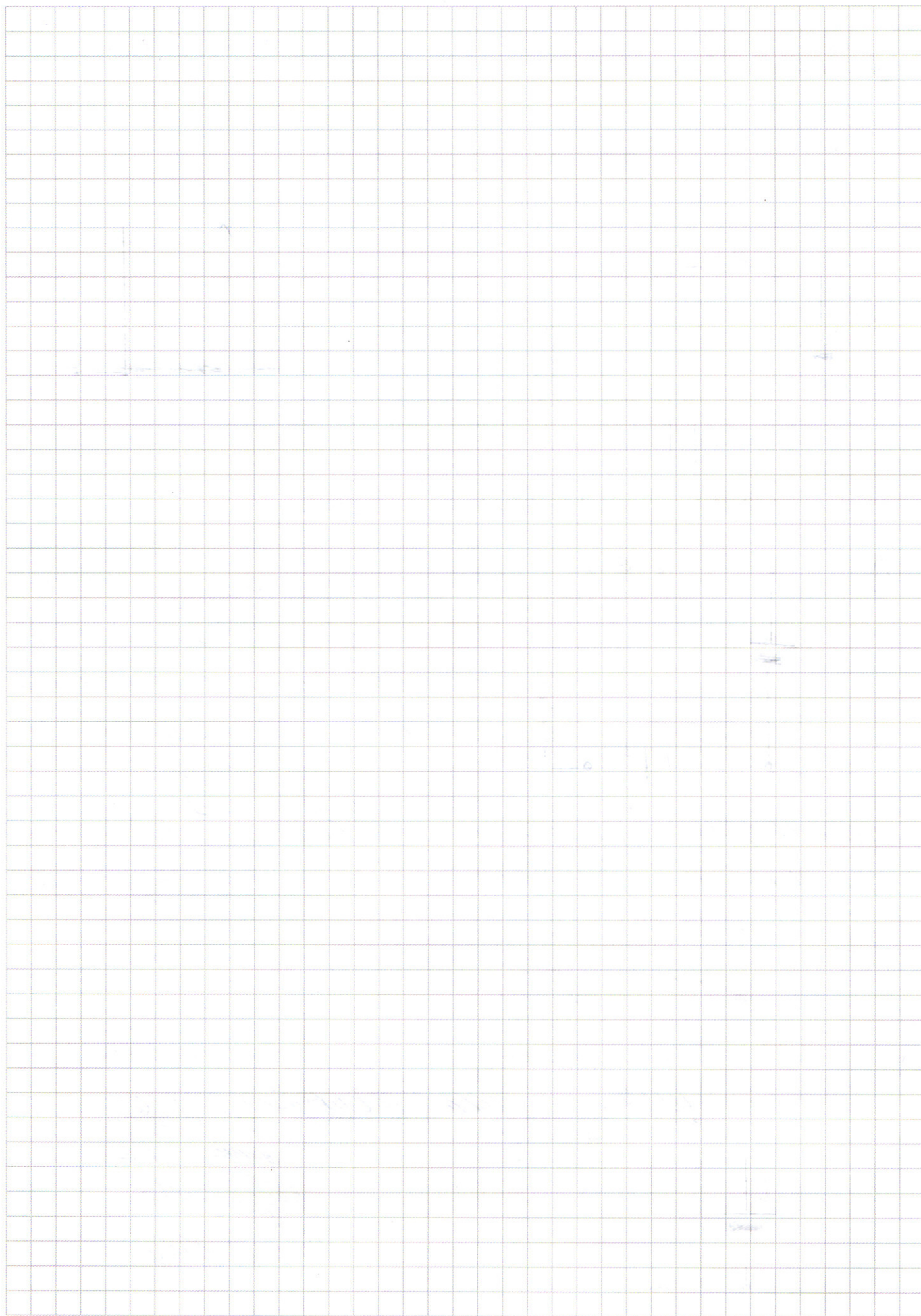
$$U_C = U_1 - E = 3\text{ В}$$

$$U_L = L \cdot I' \quad I' = \frac{U_C}{L} = \frac{U_1 - E}{L} = \frac{3\text{ В}}{0,4\text{ Гн}} = \frac{30}{4} = 7,5\text{ А}$$

2) Если ток I_{max} то на катушке нет напряжения.



Эта работа была
сделана
вручную
и
сделана.



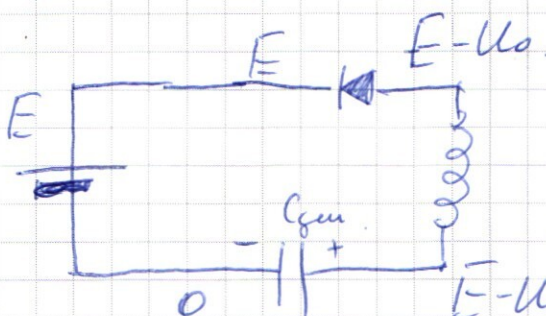
☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~$$\begin{array}{r} 94 \cdot 14 \cdot 4 \cdot 14 \\ \hline 13 \cdot 15 \end{array}$$~~

Если замыкаем много в единичном
решении пока нет $\Rightarrow U_1 = 0$.



Ушаков М. П.

Мног. значений параметров
 $\Rightarrow$ $U_{сгн} = E - U_0 = 5B$.

Antwort: 1) $7,5 \cdot \left(\frac{U_1 - E}{L} \right)$ 2) $15 \cdot 10^{-3} \text{ A}$

3) ~~U_1~~ = $U_2 = E - U_0 = 5 \text{ V}$.

Если задано, что $U_A = U_B = 0$ (или 0).

тогда $U_A^* = E$

распишем закон сохранения энергии
 до: $-C \cdot U$
 после: $-C \cdot E$

$$\Delta q = -C \cdot E + C \cdot U = C \cdot (U - E) = C \cdot 3B$$

$$\Delta E = -C \cdot 3B = -EC \cdot (U - E)$$

$$W_{1c} = \frac{CU^2}{2} \quad W_{2c} = \frac{CE^2}{2}$$

$$-EC \cdot (U - E) = \frac{CE^2}{2} - \frac{CU^2}{2} + L I_{ac}^2$$

$$L I_{max}^2 = -2EC(U - E) - CE^2 + CU^2$$

$$L I_{max}^2 = (-2EU + 2E^2 - E^2 + U^2)$$

$$L I_{max}^2 = C \cdot (-2 \cdot 6 \cdot 9 + 2 \cdot 36 - 36 + 81)$$

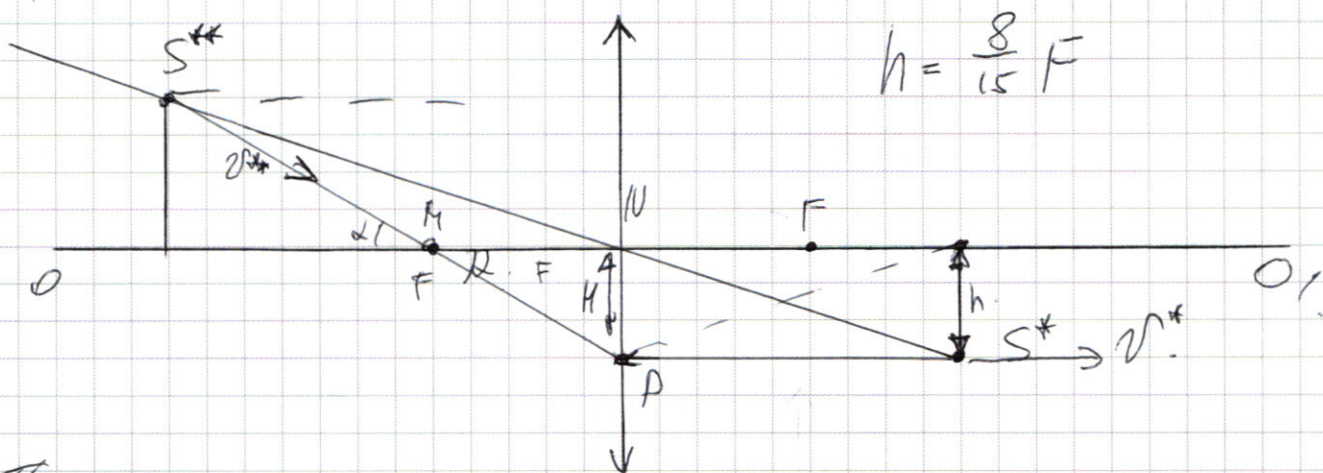
$$I_{max}^2 = \frac{C}{L} \cdot (36 + 81 - 108) = \frac{C}{L} \cdot 9B^2$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot 3 = 3 \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-6}}{0,4}} = 3 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$$

$$= 15 \cdot 10^{-3} A = 15 \mu A$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





По формуле тонкой линзы:

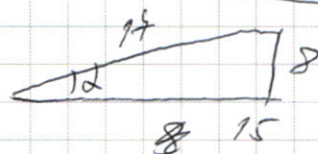
$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{f} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{F} - \frac{5}{9F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{9-5}{9F} \Rightarrow f = \frac{9F}{4} \quad (16)$$

Линии спорной прецессии и изображение пересекаться на тонкой линзе (26)

$$\text{Из } \triangle MNP : \tan \alpha = \frac{8}{15} F \Rightarrow \alpha = \arctan \frac{8}{15}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} = \frac{\frac{9}{7} F}{\frac{9}{5} F} = \frac{5}{4}$$



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

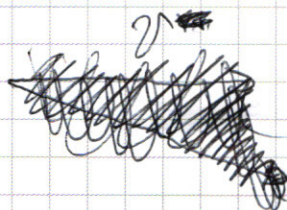
$$v^{**} \cdot \cos \alpha = v^* \cdot f^2$$

$$v^{**} = \frac{v^* \cdot f^2}{\cos \alpha}$$

$$v^{**} \cdot \frac{15}{17} = v^* \cdot \frac{25}{16}$$

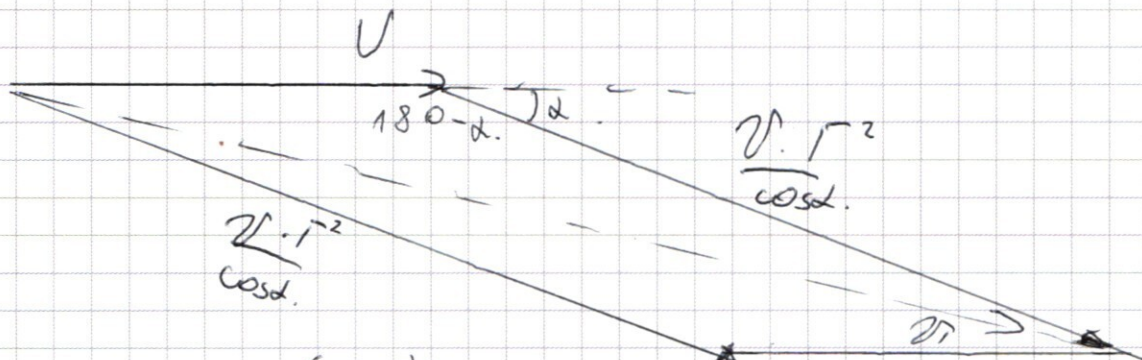
$$v^{**} = \frac{25}{16} \cdot \frac{15}{17} = \frac{85}{48} v^*$$

Поча в CD змми



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

В СО земл. $\vec{V} = \vec{V}_{\text{отн}} + \vec{V}_{\text{перенос}}$



$$V_1^2 = V^2 + \left(\frac{V_0 F}{\cos \alpha}\right)^2 + 2V \cdot \frac{F}{\cos \alpha} \cdot \cos \alpha \quad (\cos(180-\alpha) = -\cos \alpha)$$

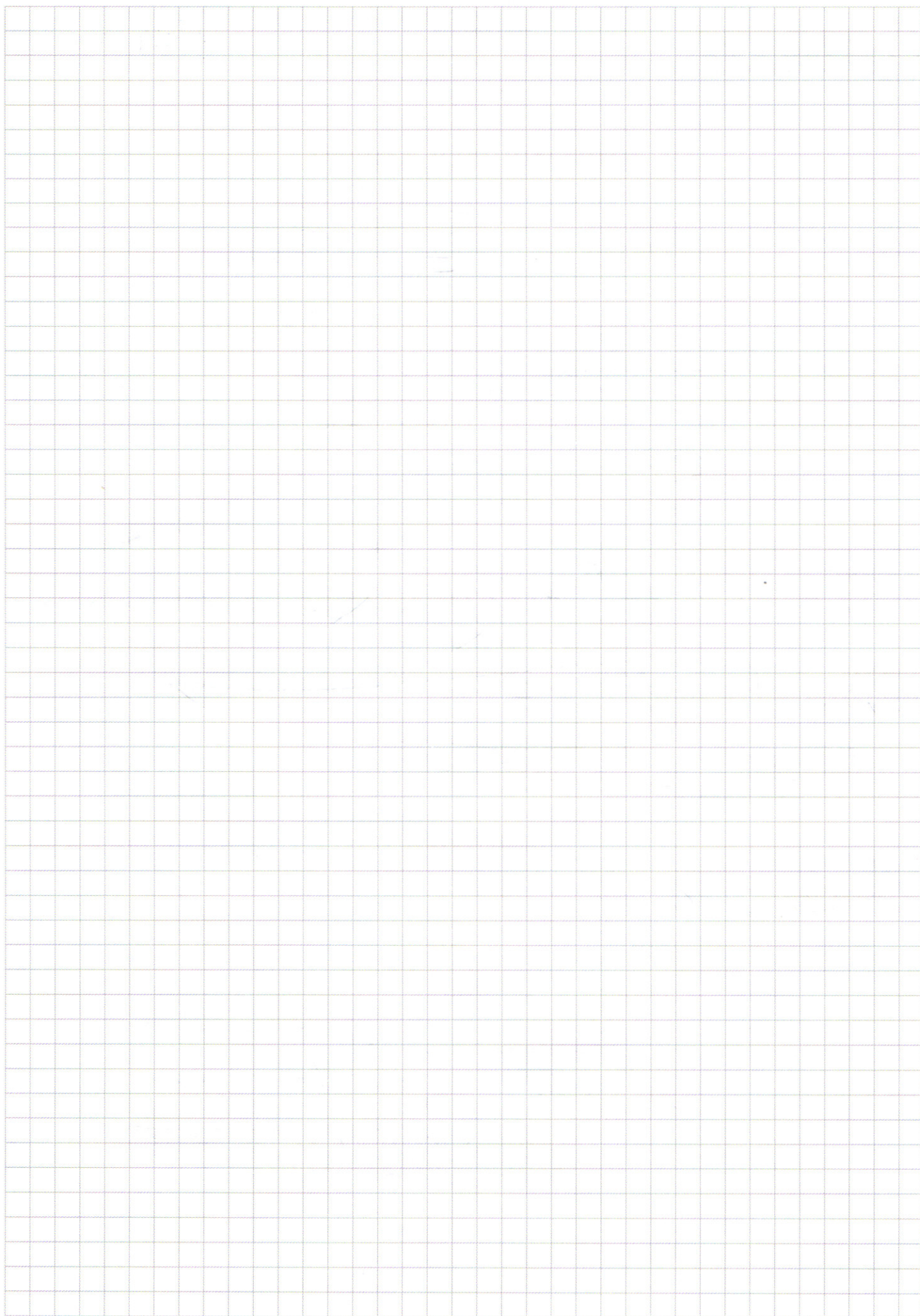
$$V_1 = \sqrt{V^2 + \left(\frac{85}{48}V\right)^2 + \frac{50}{16}V^2}$$

$$V_1 = V \sqrt{1 + \left(\frac{85}{48}\right)^2 + \frac{50}{16}}$$

Ответ: 1) $\frac{9F}{4}$

2) $\tan \alpha = \frac{8}{15}$

3) ~~.....~~ $V_1 = V \sqrt{1 + \left(\frac{85}{48}\right)^2 + \frac{50}{16}}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



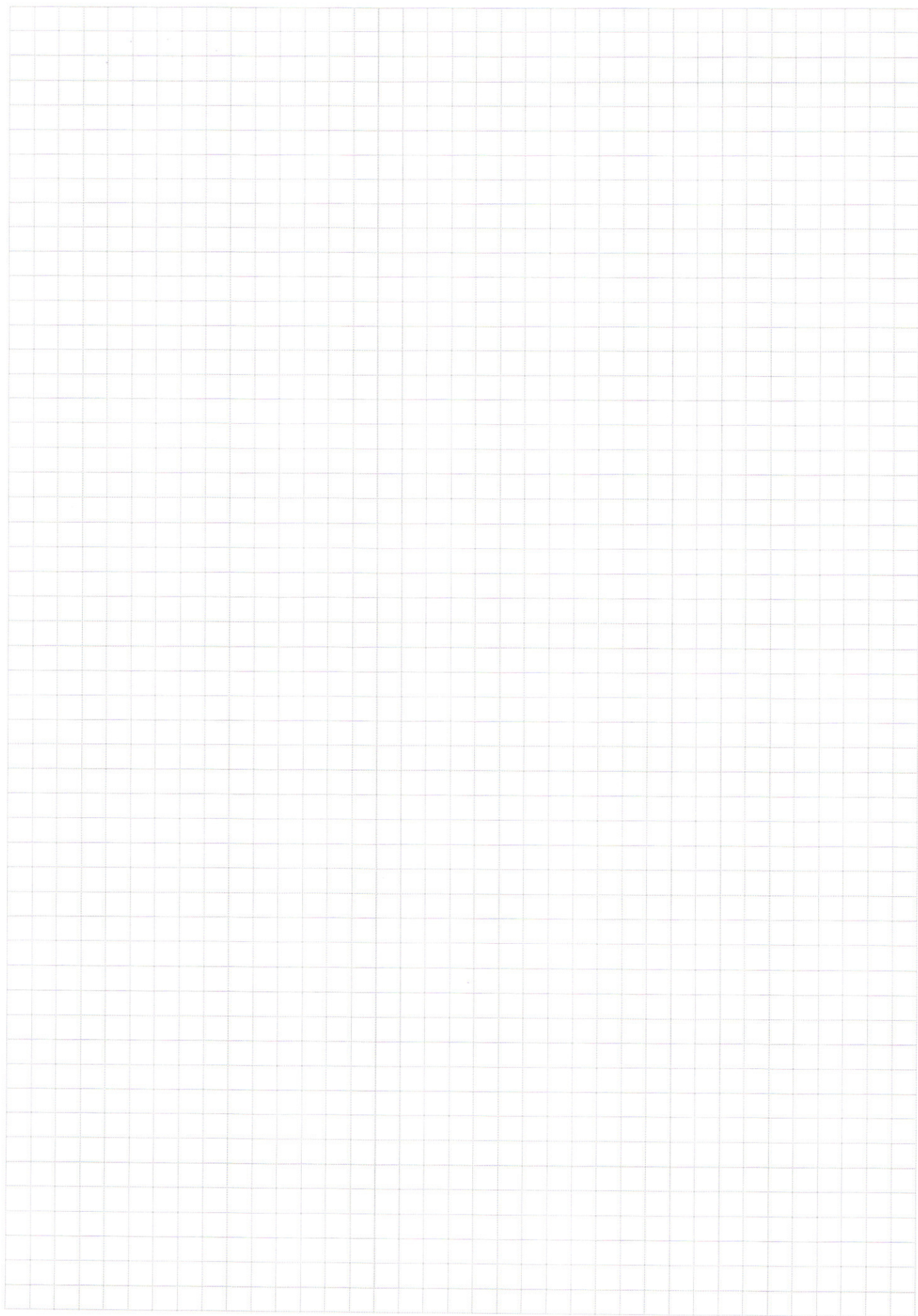
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ____
(Нумеровать только чистовики)



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $y = \frac{qU}{m} - ?$

2) $T_{выл} - ?$

3) $v_0 - ?$

1) Напряженность электрического поля E есть только внутри конденсатора. Так как заряд останавливается, то правая обкладка заряжена отрицательно, а левая положительно.

3) Так как вне конденсатора поля нет, то при полёте к левой обкладке частица имеет скорость v_1 . $12 \cdot 9 = 90 + 18$

4) $U_A - U_C = U \Rightarrow E = \frac{U}{l}$

$U_A - U_B = E \cdot 0,8l = 0,8U$

По ЗСЭ: $\frac{mv_1^2}{2} + (U_A - U_C) \cdot q = 0$ ($U_C \neq 0$)

$\frac{mv_1^2}{2} = - (U_A - U_C) \cdot q$

$\frac{mv_1^2}{2} = -0,8U \cdot q \Rightarrow y = \frac{qU}{m} = \frac{v_1^2}{2 \cdot 0,8U} = \frac{v_1^2}{1,6U}$

$$5) m \cdot \bar{a} = \bar{E} \cdot q \Rightarrow a = -\frac{E \cdot q}{m}$$

$$m a = -E \cdot q$$

$$a = -\frac{E \cdot q}{m}$$

~~Второй закон Ньютона:~~

По ЗСЗ из (АВА)

$$m \frac{v_1^2}{2} + U \cdot q = m \frac{v_2^2}{2} + U \cdot q \Rightarrow |v_1| = |v_2|$$

$$v_2 = -v_1$$

$$v_2 = v_1 + a \cdot T$$

$$2v_1 = a \cdot T$$

$$2v_1 = -a \cdot T$$

$$2 \cdot v_1 = \frac{E \cdot q}{m} \cdot T$$

$$2 \cdot v_1 = E \cdot \frac{v_1}{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot T \Rightarrow T = \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{E \cdot v_1} = \frac{3,2 \cdot 10^{-19}}{E \cdot v_1}$$

$$= \frac{3,2 \cdot 10^{-19}}{v_1^2}$$

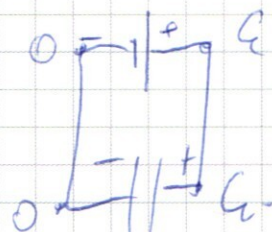
$$36 + 31 = \frac{117}{10}$$

6) ~~по ЗСЗ: $U \cdot q = U \cdot q$~~

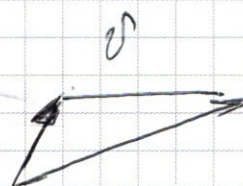
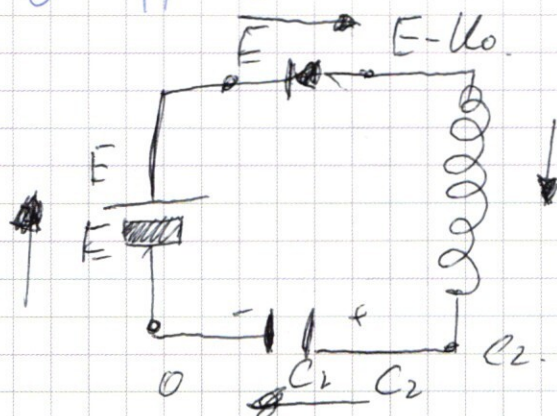
6) ~~так как поле конденсатора равно нулю по направлению (или нет) и заряд не меняется (или нет) $\Rightarrow v_0 = v_2 = -v_1$~~

$$\frac{10}{9,5} = \frac{100}{95} = \frac{25}{10} = 2,5$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$E - U_0 = C_{e2}$$



$$215 + 64 = 289$$

$$150 + 85 + 48$$

$$2 \cdot 35 + 48 = \frac{283}{48}$$

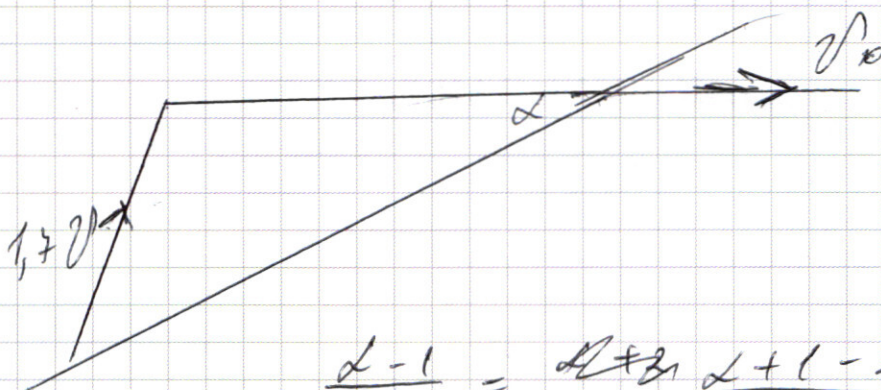
$$\frac{x+1}{x-1} = \frac{x-1+2}{x-1} = 1 + \frac{2}{x-1}$$

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

$$\frac{x+1}{x-1} = \frac{x-1+2}{x-1} = \left(1 + \frac{2}{x-1}\right)'$$

$$0 + \frac{-2}{(x-1)^2}$$

$$V_{\text{out}} = V^2 + 2,89 V^2 - 2 \cdot 1,7 V^2 \cdot \cos 2.$$



$$\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} = \frac{\alpha + 1 - 2}{\alpha + 1} =$$

$$\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}$$



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

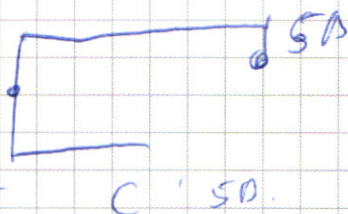
$$\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} =$$

$$\alpha = 2 = \frac{1}{3}$$

$$\alpha = 3 = \frac{2}{3}$$

$$\alpha = 4 = \frac{3}{3}$$

$$\frac{V \cdot 1^{-2}}{\cos \alpha} = \frac{V \cdot \frac{5}{9} \cdot \frac{5}{9} \cdot 1,7}{15} = V \cdot \frac{35 \cdot 1,7}{16 \cdot 3}$$



$$= \frac{35}{16}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$I_{\text{сн}}' = 3,85 \sqrt{r} \cdot \frac{3,4 \cdot 113}{85} \sqrt{r}$$