

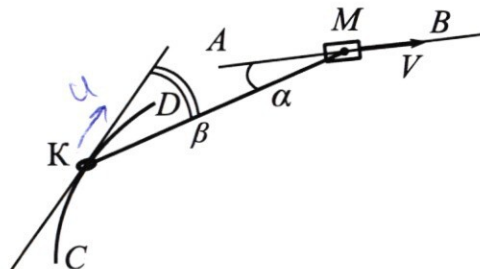
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

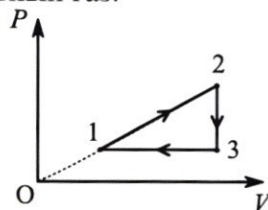
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной 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?

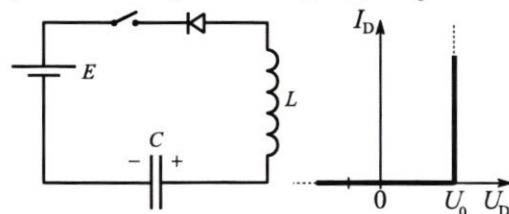
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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.

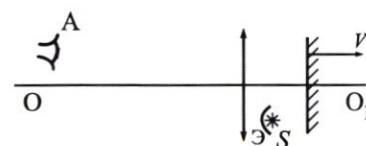


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

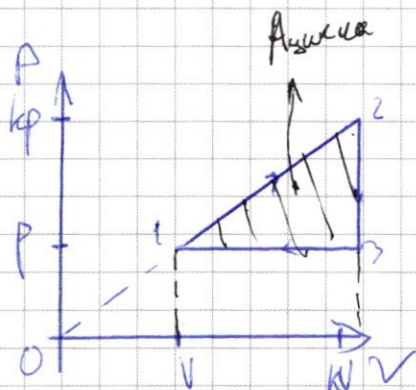
- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



№2

1) Газ одноатомный $\Rightarrow$

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

- $C_{31} = C_P = \frac{5}{2}R$

2) Процесс 1-2: $P = \alpha V$,
 $\alpha = \text{const}$

$\Rightarrow C_{12} = C_V + 0,5R =$

Получение Γ происходит

на участках 2-3 и 3-1

$$\boxed{\frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3}}$$

3) $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$, где • $Q_{12} = \nu C_{12} \Delta T_{12}$

т.е. $\nu \cdot 2R \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + A_{12}$ • $\Delta U_{12} = \nu C_V \Delta T_{12}$

$$A_{12} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{3}{1}}$$

4) Пусть $V_1 = V$, $P_1 = P$; тогда если $V_2 = kV$, то

$$P_2 = kP$$

$$\bullet \left(\eta = \frac{A_{\text{цикла}}}{Q_{\text{нагр.}}} = \frac{S_{\text{цикла}}}{Q_{12}} = \frac{S_{\text{цикла}}}{4 A_{12}} \right)$$

- $S_{\text{цикла}} = \frac{1}{2} (kP - P)(kV - V)$

- $4 A_{12} = 4 \cdot \frac{kP + P}{2} (kV - V) = 2 (kP + P)(kV - V)$

Тогда $\eta = \frac{\frac{1}{2}(kp-p)(kV-V)}{2(kp+p)(kV-V)} = \frac{1}{4} \cdot \frac{k-1}{k+1}$

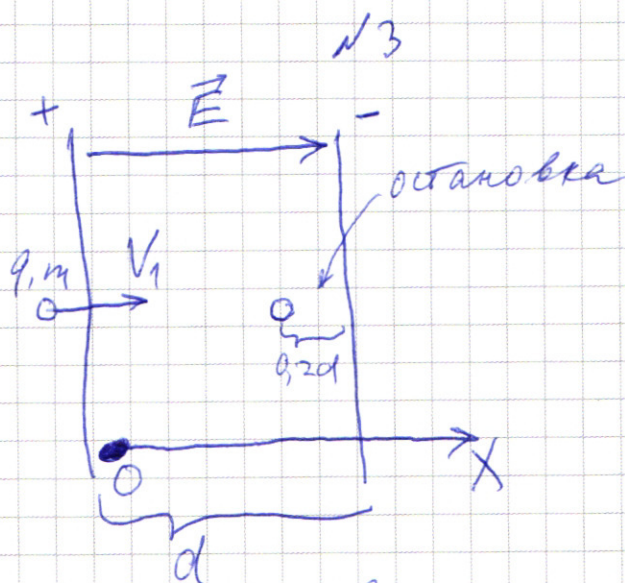
Умножим ф-у на:

$$f(k) = \frac{k-1}{k+1} = 1 - \frac{2}{k+1} < 1$$

$$f(k) \rightarrow 1, \text{ при } k \rightarrow \infty$$

$$\Rightarrow \eta_{\max} = \frac{1}{4} = 25\%$$

Отв: 1) $\frac{5}{3}$
2) 3
3) 25%



1) На заряд действует сила $F_z = E \cdot |q|$,
где $E = U/d$

2) по зак. об измен. кин. энергии:

$$A_{F_z} = \frac{m \cdot 0^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2}, \text{ где } A_{F_z} = -F_z \cdot q \cdot d = -\frac{U}{d} \cdot |q| \cdot 0,8d = -\frac{m v_1^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$0,8 \cdot U \cdot |q| = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\boxed{\frac{|q|}{m} = \frac{v_1^2}{1,6 U}}$$

- 3) На частицу действует постоянная сила
 $\Rightarrow$ она обладает пост. ускорением.

$$m a_x = -F_z$$

$$\boxed{a_x = -\frac{F_z}{m} = -\frac{U \cdot |q|}{d \cdot m} = -\frac{U}{d} \cdot \frac{v_1^2}{1,6 U} = -\frac{v_1^2}{1,6 d}}$$

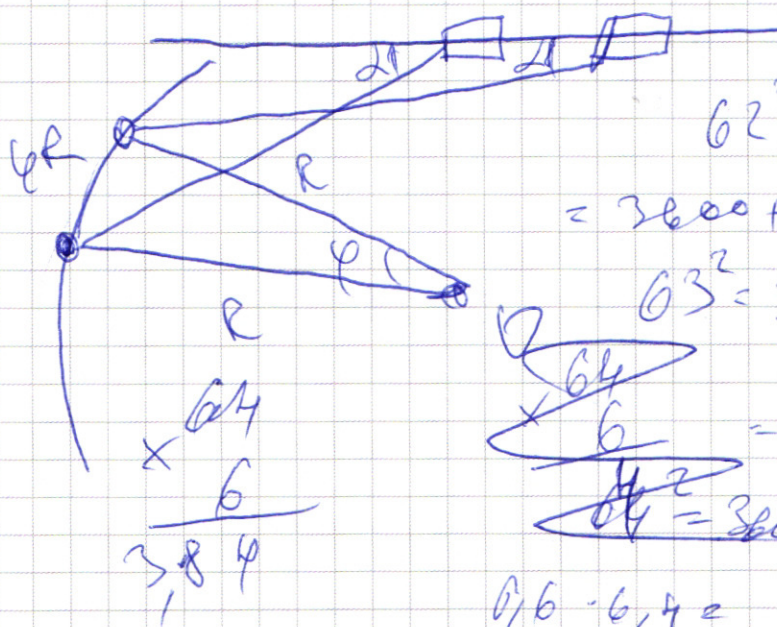
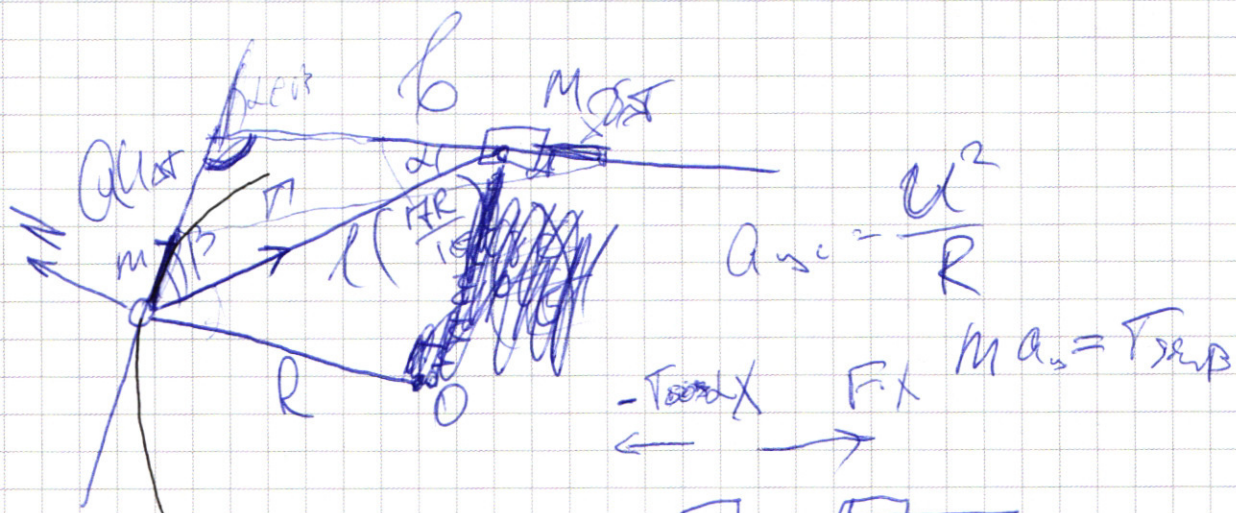
4) $x = x_0 + v_{0x} T + \frac{a_x T^2}{2}$, где $x = x_0 = 0$
 $0 = \cancel{v_1 T} - \frac{v_1^2 T^2}{1,6 d \cdot 2} \quad | : v_1 T$ $v_{0x} = v_1$

$$\frac{v_1 T}{3,2 d} = 1 \Rightarrow \boxed{T = \frac{3,2 d}{v_1}}$$

- 5) Вне конденсатора электрического поля нет.
 $\Rightarrow$ на частицу не действуют силы
 $\Rightarrow \boxed{v_0 = v_1}$

Ответ:

- 1) $\frac{|q|}{m} = \frac{v_1^2}{1,6 U}$
- 2) $T = \frac{3,2 d}{v_1}$
- 3) $v_0 = v_1$



$$62^2 =$$

$$= 3600 +$$

$$63^2 = 3600 + 360$$

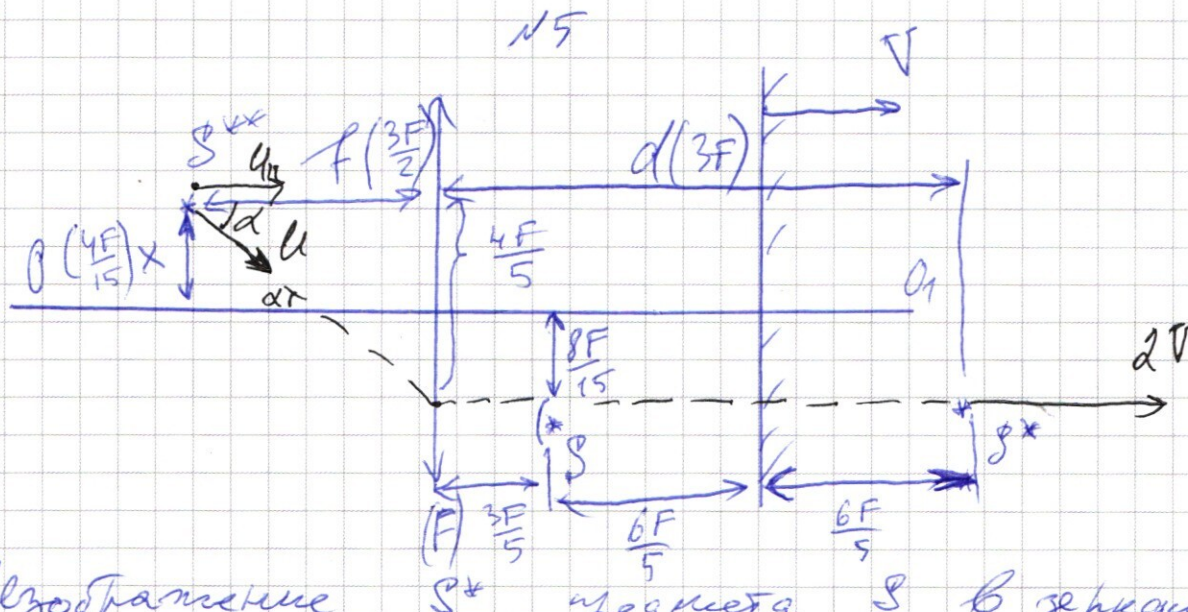
$$+ 9 =$$

$$= 3969$$

$$64^2 = 3600 + 480 + 16$$

$$6,6 - 6,4 =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



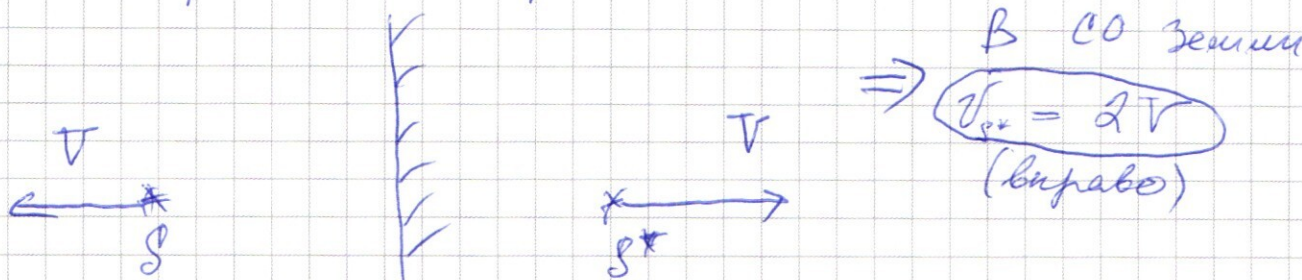
1) • Изображение находится на расст. $\frac{6F}{5}$ от зеркала

• S^* явл. действительным предметом для линзы
 $d = \frac{3F}{5} + \frac{6F}{5} + \frac{6F}{5} = 3F > F \Rightarrow$ изображение в линзе действ.

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

$$\frac{1}{3F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{3F}{2} \quad \vee \quad \left(F = \frac{f}{d} = \frac{1}{2} \right)$$

2) В со зеркала скорости предмета и изображения равны:



В со зеркала
 $\Rightarrow v_{S^*} = 2V$
 (выраво)

3) • Найдем раст. от изображения S^{**} до
оси OO_1 :

$$\frac{X \cdot 15}{8F} = \Gamma = \frac{1}{2} \Rightarrow X = \frac{4F}{15}$$

• В со линзы скорости предмета и
изображения пересекаются на линзе.

$$\Rightarrow \boxed{\operatorname{tg} \alpha = \frac{4F/5}{3F/2} = \frac{8}{15}} \quad (\text{видно из рисунка})$$

4) • Продольная составляющая скорости

$$\boxed{U_{||} = U \cos \alpha = \frac{15}{17} U}$$

$$\bullet \frac{U_{||}}{2V} = \Gamma^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow U_{||} = \frac{V}{2}$$

$$\Rightarrow \boxed{U = \frac{17}{15} U_{||} = \frac{17}{15} \cdot \frac{V}{2} = \frac{17V}{30}}$$

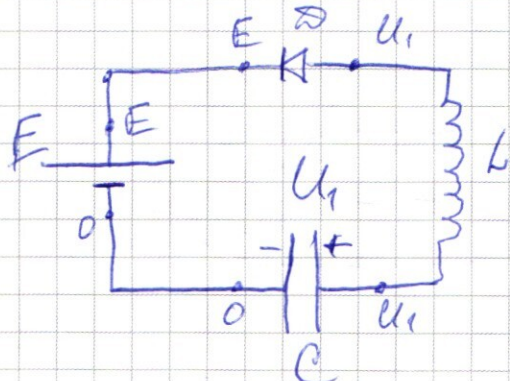
Ответ: 1) $\frac{3F}{2}$
2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}$
3) $U = \frac{17V}{30}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

1) Предположим, что сразу после
замык. ключа K диод D закрыт;
тогда $U_D < U_0$, $I_D = 0$

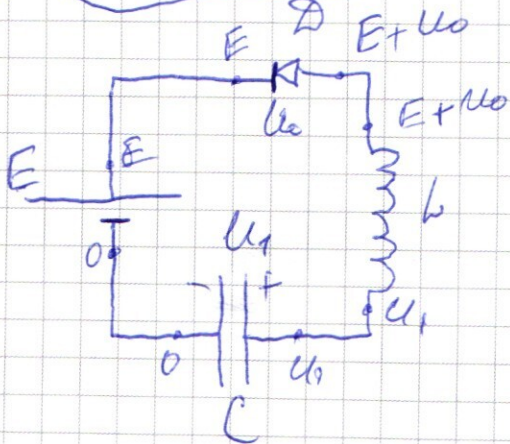
Но если диод не пропускает ток, то
 $I' = 0$ (т.к. $I = 0 = \text{const}$) $\Rightarrow U_L = 0$.



Используем
метод потенциалов
(здесь и далее)

$U_D = U_C - E = 3\text{В} > U_0 \Rightarrow$ предположение
неверно,
и диод открыт

2) $U_D = U_0$ ($t = 0$)



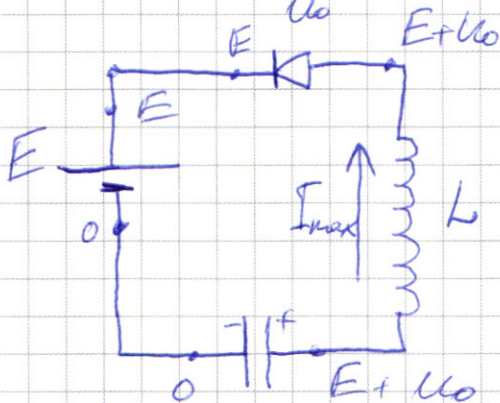
$$U_L = U_C - (E + U_0) = 2\text{В}$$

$$U_L = L \cdot I'$$

$$I' = \frac{U_L}{L} = \frac{2}{0.4} = 5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

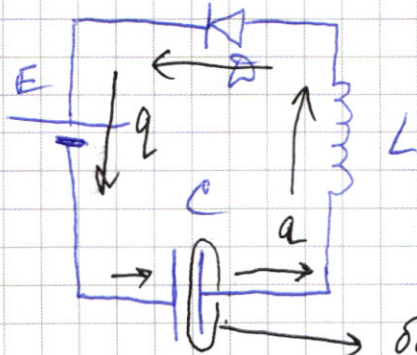
3) Если ток максимален, то $I' = 0$
 $\Rightarrow U_C(t) = 0$

Рассмотрим цепь в этот момент:
 $(t = \tau)$



$$U_C(t) = E + U_0$$

4) Рассмотрим обратное зарядка:



$$q = C(U_1 - E - U_0)$$

$$\Rightarrow A_{\text{ист}} = -Eq = -CE(U_1 - E - U_0)$$

$$\text{был} + CU_1, \\ \text{стал} + C(E + U_0)$$

5) Рассмотрим процесс от 0 до τ :

$$W(0) = \frac{CU_1^2}{2}$$

$$W(\tau) = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} + \frac{C(E + U_0)^2}{2}$$

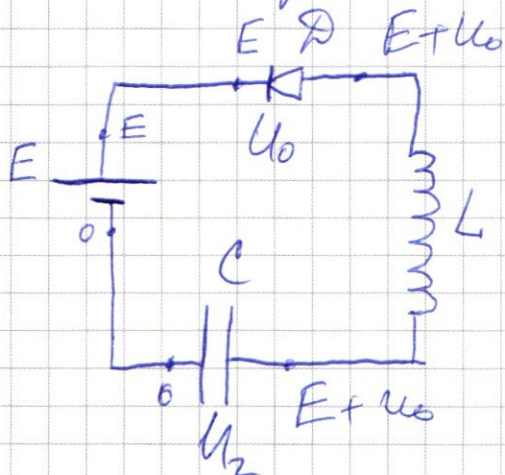
$$\text{ЗЗЭ: } A_{\text{ист}} = W(\tau) - W(0) + Q \\ -CE(U_1 - E - U_0) = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} + \frac{C(E + U_0)^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$\Rightarrow I_{\text{max}} \approx 14 \text{ мА}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

б) В установившемся состоянии $I_L = 0$
 $\Rightarrow U_L = 0$

Рассмотрим цепь при $t = t_{уст}$:

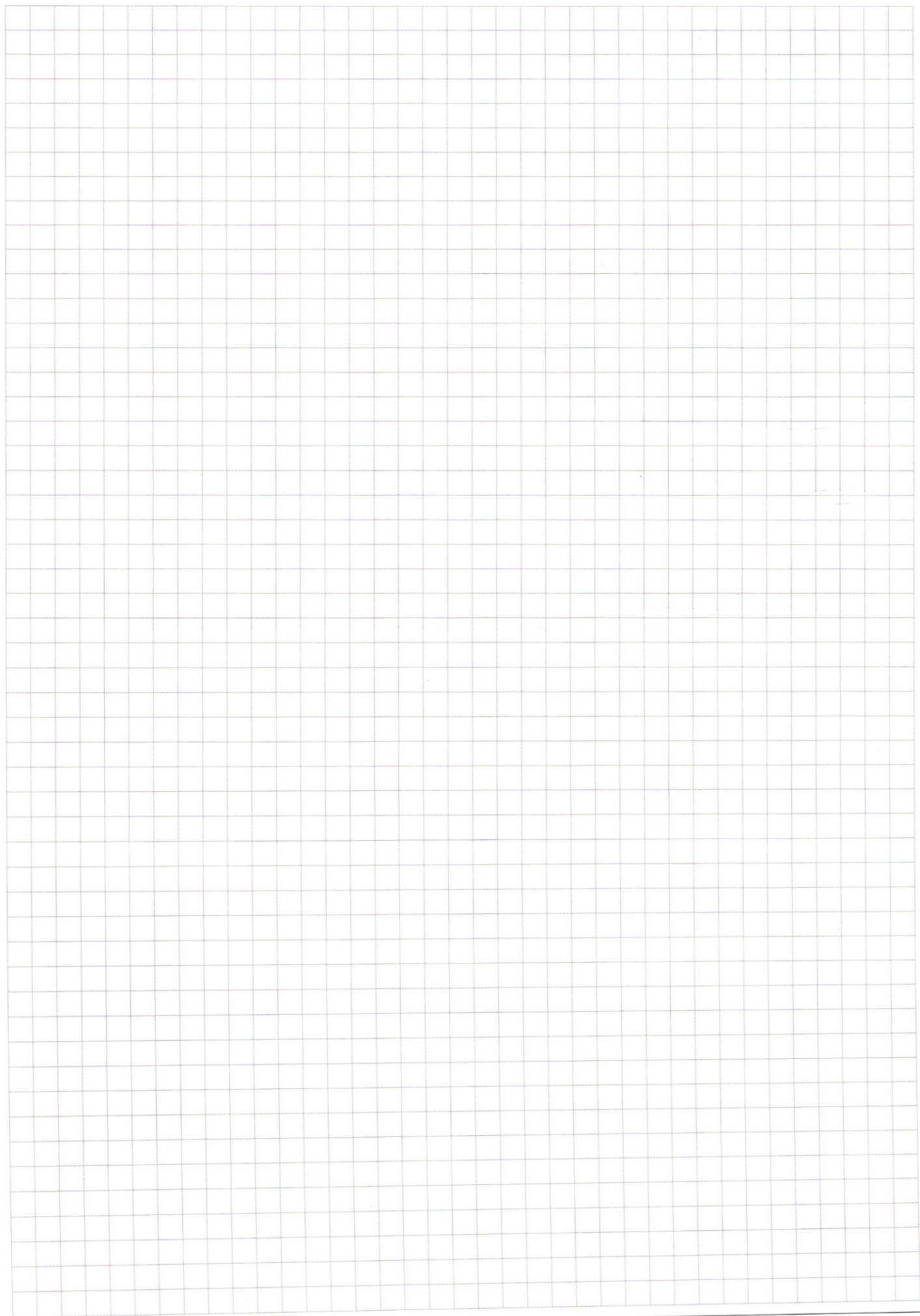


$$U_2 = E + U_0 = 7 \text{ В}$$

Ответ: 1) $I'(0) = \frac{5 \text{ А}}{с}$

2) $I_{\max} = 14 \text{ мА}$

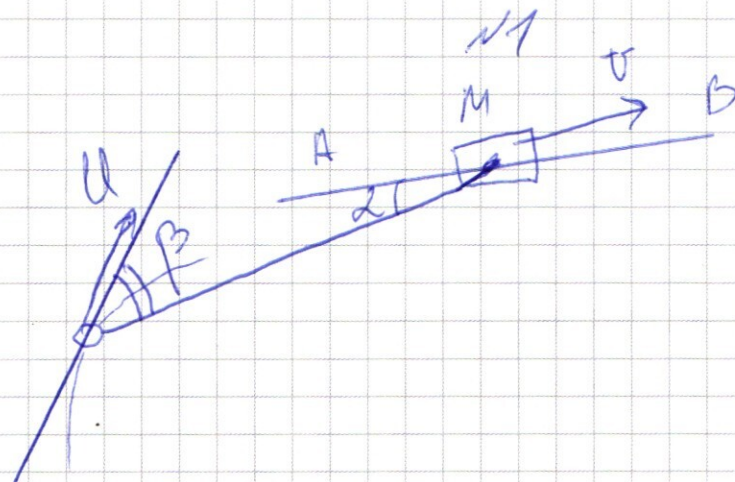
3) $U_2 = 7 \text{ В}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



- 1) Проекции скоростей U и V на AB одинаковы:

$$V \cos \alpha = U \cos \beta \Rightarrow U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{V \cdot \frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = 1,7V \approx \underline{\underline{3,4 \text{ м/с}}}$$

- 2) По ЗСС:

$$\vec{U} = \vec{V} + \vec{V}_{отн}$$



по Г. кос-сов:

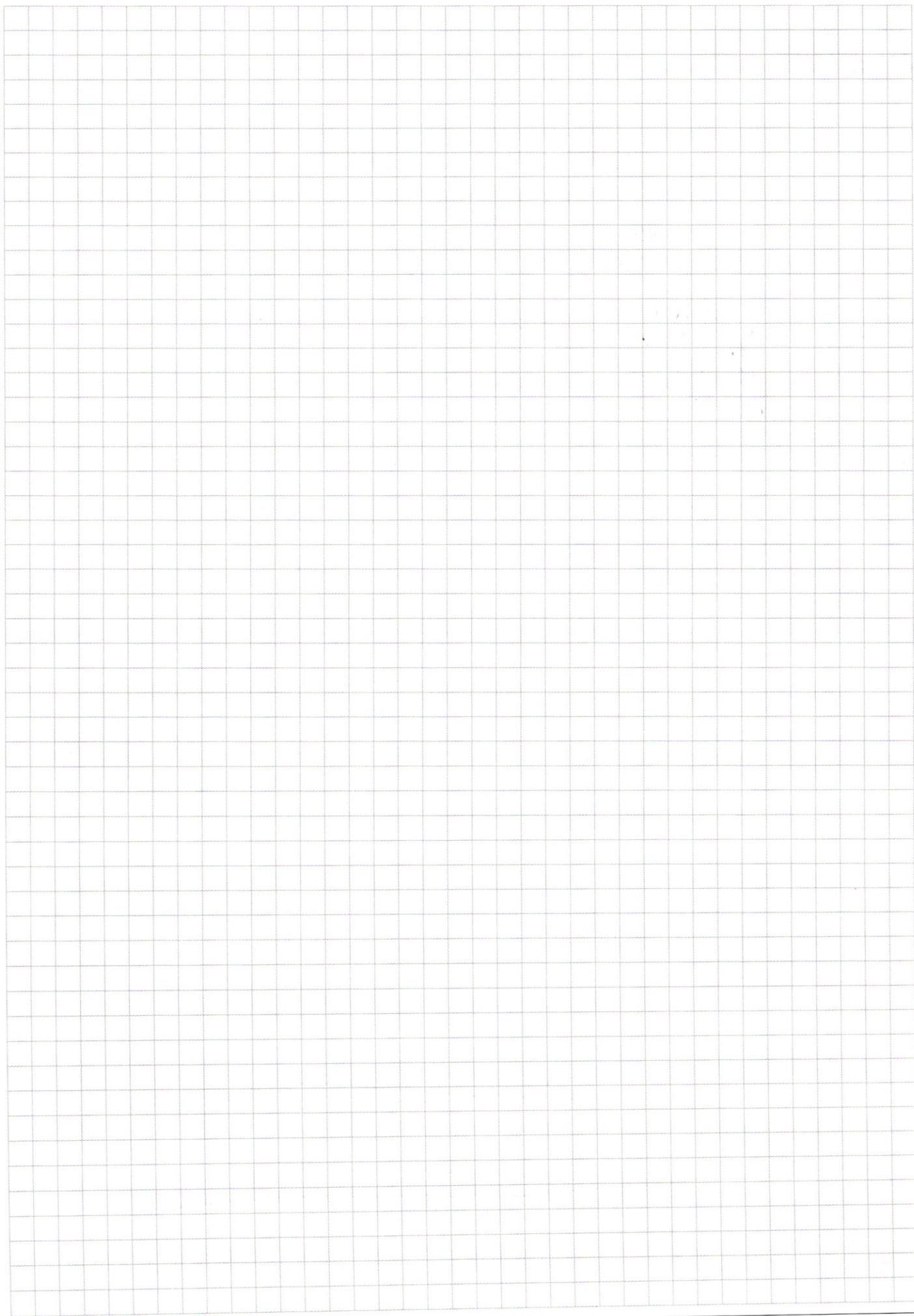
$$\begin{cases} V_{отн}^2 = U^2 + V^2 - 2UV \cdot \cos(\alpha + \beta) \\ U = 1,7V \\ \cos(\alpha + \beta) = -\frac{1}{17} \end{cases}$$

$$V_{отн} = 0,3V\sqrt{41} = \underline{\underline{3,84 \text{ м/с}}}$$

Ответ:

1) $U = 1,7V = 3,4 \text{ м/с}$

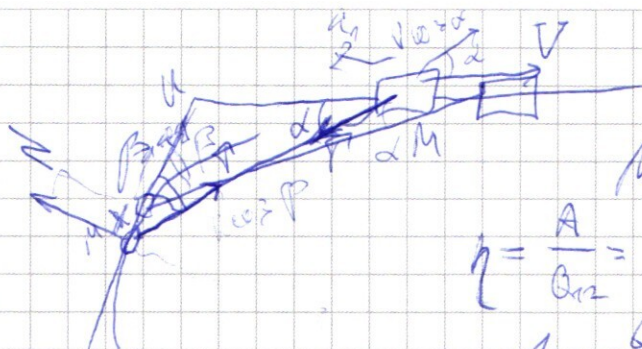
2) $V_{отн} = 0,3V\sqrt{41} \approx 3,84 \text{ м/с}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\eta = \frac{A}{Q_{12}}$$

$$= 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$= 1 + \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 + \frac{\partial U(kT - k^2T) + \partial U(T)}{\partial U(k^2T - T)}$$

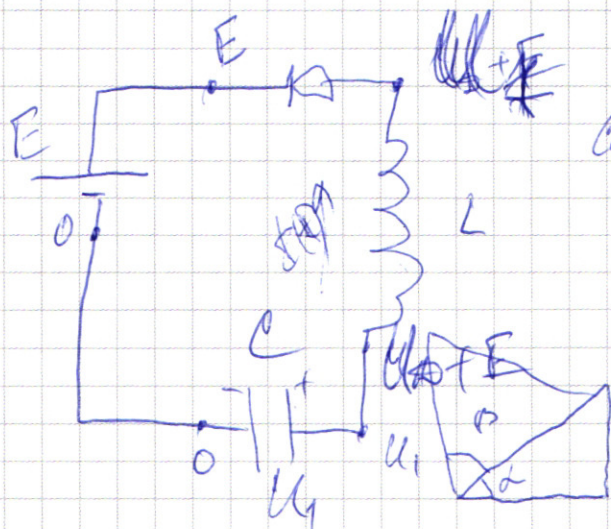
$$= 1 + \frac{\partial U(kT - k^2T) + \partial U(T)}{\partial U(k^2T - T)}$$

$$= 1 + \frac{\partial U(T - k^2T) + \partial U(k^2T - T) + \frac{1}{2}\partial R(k^2T - T)}{\partial U(k^2T - T)}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{A}{\frac{1}{2}A_2} =$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2}(kp - p)(kv - v)}{\frac{1}{2}(kp - p)(kv - v)} = \frac{1}{4} \frac{kp - p}{kp + p} = \frac{1}{4} \frac{k - 1}{k + 1}$$

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

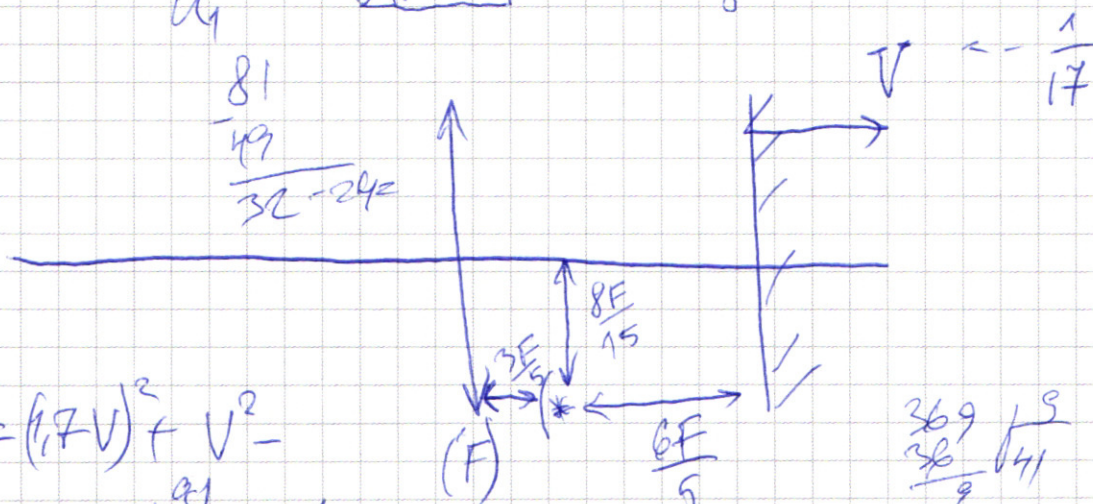


$$U_0 = I > 0$$

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

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

$$= \frac{40 - 45}{5 \cdot 17} = \frac{-5}{5 \cdot 17}$$



$$U_{\text{отг}}^2 = (1,7V)^2 + V^2 -$$

$$+ 2 \cdot 1,7V \cdot V \cdot \frac{1}{17}$$

$$U^2 = 2,89V^2 + V^2 - 0,2V^2$$

$$V^2 = 3,89V^2 - 0,2V^2 =$$

$$= 3,69V^2$$

$$-C \cdot b(z) = X + \frac{C(49)}{2} - \frac{C \cdot 81}{2}$$

$$X = \left(\frac{81}{2} - \frac{49}{2} - \frac{24}{2} \right) \cdot C \cdot z$$

$$\frac{8}{2} = 4C = 4 \cdot 10 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{LI^2}{2} = 60 \cdot 10^{-6}$$

$$I^2 = 2 \cdot 10^{-4}$$

$$I = \sqrt{2} \cdot 10^{-2} = 1,41 \cdot 10^{-2}$$