

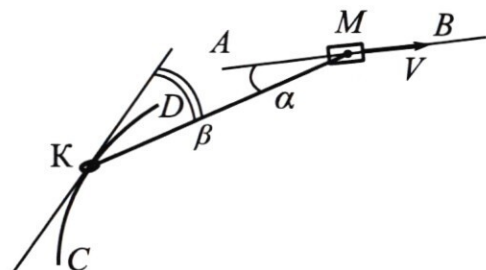
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 11-01

Класс 11

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

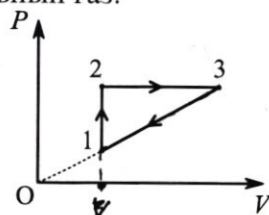
1. Муфту M двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) 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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы

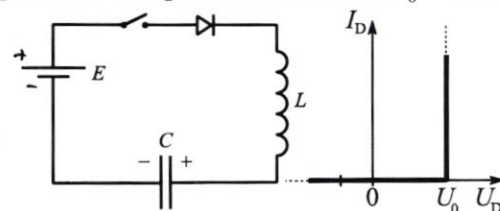
$$\frac{q}{m} = \gamma.$$

- ✓1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- ✓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 $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ 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.

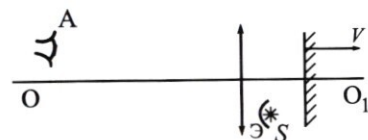


✓5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F 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

Задание №2

1) $\frac{C_{V12}}{C_{V23}} = ?$

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = ?$

3) $\eta_{\max} = ?$

Найдём температуры на
участках 1-2-3 по
закону Бойля-Мариотта.

1-2: $\frac{pV}{T} = \frac{kpV}{T_2}$

$T_2 = kT$

2-3: $\frac{kpV}{kT} = \frac{kpV}{T_3}$

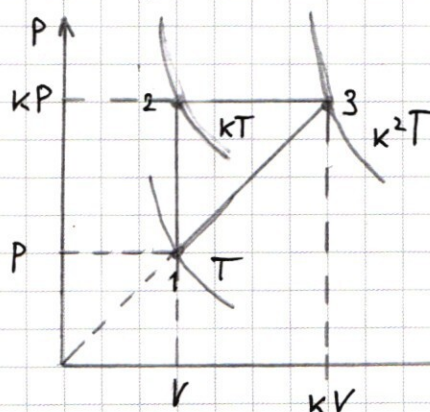
$T_3 = k^2T$

~~то~~

1) Повышение температур. происходит
на участках 1-2; 2-3.

$$\frac{C_{V12}}{C_{V23}} = \frac{Q_{12}(T_3 - T_2)}{Q_{23}(T_2 - T_1)}$$

Зная, что на участке 3-1 процесс адиабатический, то ~~то~~ объём и давление
или уменьшились в одно и то же кол-во
раз.



Запишем ~~то~~ кол-во теплоты на участках
1-2 и 2-3:

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (kT - T) = \frac{3}{2} kpV - \frac{3}{2} pV = \frac{3}{2} pV(k-1)$$

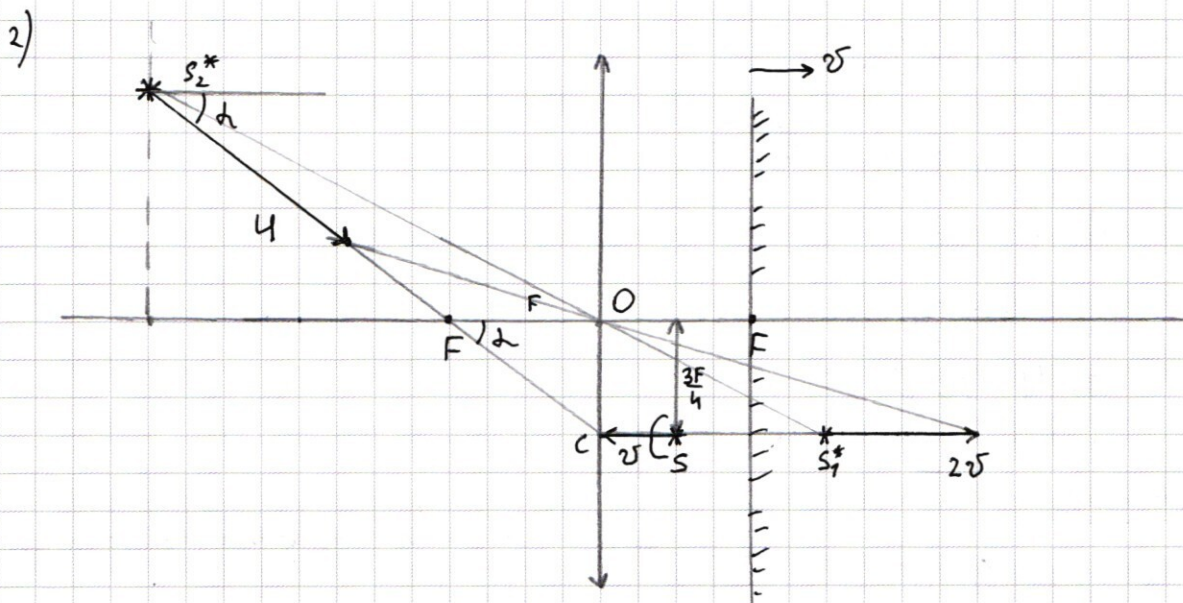
$$\begin{aligned} Q_{23} &= \frac{3}{2} \nu R (k^2T - kT) + kp(kV - V) = \\ &= \frac{3}{2} k^2pV - \frac{3}{2} kpV + k^2pV - kpV = \\ &= \frac{5}{2} k^2pV - \frac{5}{2} kpV = \frac{5}{2} kpV(k-1). \end{aligned}$$

$$\frac{C_{V12}}{C_{V23}} = \frac{\frac{3}{2} pV(k-1)(k^2T - kT)}{\frac{5}{2} kpV(k-1)(kT - T)} = \frac{3}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

его, зная, что предмет, изображение и ГОЦ лежат на одной прямой.

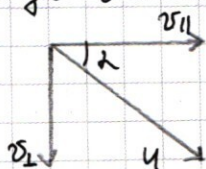
$$\frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{f} \rightarrow \underline{f = \frac{F \cdot 3F}{2(\frac{3}{2}F - F)} = 3F}$$



Перейдя в СО зеркала, предмет S будет двигаться ~~от~~ от неподвижного зеркала со скоростью v, тогда изображение S* будет двигаться от зеркала, но вправо со скоростью v. Но переключив обратно в СО земли будет ~~из~~ изображение S* двигаться влево со скоростью 2v. Построим скорость его изображения в линзе.

из $\triangle FOC$ $\left(\tan \alpha = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4} \right)$

3) Разложим скорость изображения S* на вертикальную и горизонтальную составляющую.



Продольные скорости изображений связаны с продольными скоростями предметов соотношением $\underline{v_{||} = \Gamma^2 v}$

Найдем увеличение линзы:

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{3F^2}{3F} = 2.$$

$$v'' = 4 \cdot 2v = 8v \longrightarrow$$

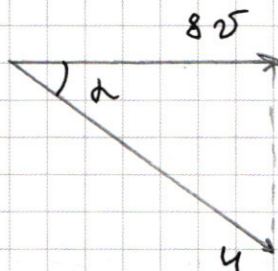
из тригонометрии:

$$\operatorname{tg}^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{9}{16} + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{25}{16} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \longrightarrow \cos^2 \alpha = \frac{16}{25}$$

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



$$8v = U \cos \alpha.$$

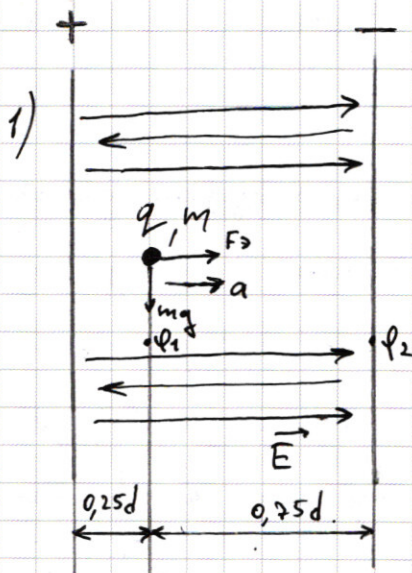
$$U = \frac{8v}{\cos \alpha}.$$

$$U = \frac{8 \cdot 25}{4} = 10v$$

- Ответ: 1) $f = 3F$
 2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$
 3) $U = 10v$.

Задача №3

- 1) $v_1 = ?$
 2) $Q = ?$
 3) $v_2 = ?$



П.к поле внутри конденсатора однородно, то ускорение a будет у частицы постоянным и внутри конденсатора она движется равноускоренно.

$$F_3 = ma$$

$$E_z q = ma$$

$$\frac{\sigma}{\epsilon_0} q = ma \longrightarrow a = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \gamma$$

из формулы для равноускоренного движения найдем σ (поверн. толщину заряда).

$$0,75d = \frac{aT^2}{2}$$

$$0,75d = \frac{\sigma \gamma T^2}{2 \epsilon_0} \longrightarrow \sigma = \frac{3 \cdot \frac{1}{2} d \epsilon_0}{\frac{1}{2} \gamma T^2}, \text{ значит } a = \frac{3 d \epsilon_0 \gamma}{2 \epsilon_0 \gamma T^2} = \frac{3}{2} \frac{d}{T^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Воспользуемся формулой для равноускоренного движения без времени.

$$0,75d = \frac{v_1^2 - 0}{2a}$$

$$\frac{3}{4}d = \frac{v_1^2}{2 \cdot \frac{d}{T^2}} \rightarrow v_1^2 = \frac{3d^2}{4T^2} \rightarrow \boxed{v_1 = \frac{3}{2} \frac{d}{T}}$$

2) ~~В~~ $\sigma = \frac{Q}{S} \rightarrow \boxed{Q = \sigma S = \frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2}}$

3) Запишем закон сохранения энергии:

• $\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2}$ (момент вылета и удара на большое расстояние)

• $\varphi_1 q = \frac{mv_1^2}{2} + \varphi_2 q$ (момент начальной и вылета).

Зная, что $(\varphi_1 - \varphi_2) = E \cdot 0,75d$. $\rightarrow$

Ответ: 1) $v_1 = \frac{3}{2} \frac{d}{T}$

2) $Q = \frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2}$

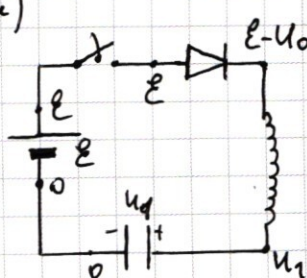
Задача 4.

ИВАН ~~договор~~ можно ~~конденсатор~~, это ~~реальный~~ идеальный конденсатор.

1) I' (график ниже)

2) $I_{max} = ?$

3) $U_2 = ?$



После замыкания тока в цепи нет, т.к. на конденсаторе ток скачком не меняется, а значит конденсатор не пропускает ток.

Восстанавливаем методом потенциалов: (см. рис).

$$U_L = L I_L' = L I'$$

$$\mathcal{E} - U_0 - U_1 = L I' \rightarrow I' = \frac{\mathcal{E} - U_0 - U_1}{L} = \frac{(9 - 5 - 1)10}{1} = 30 \frac{\text{A}}{\text{C}}$$

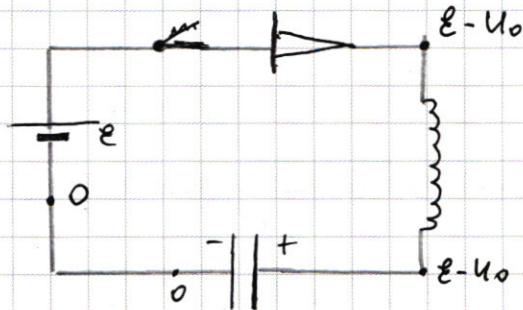
$$2) I = I_{\max} \rightarrow I' = 0 \rightarrow U_L = 0.$$

$$I_{\max} = C U_C'$$

$$I_{\max} = C \frac{\Delta U}{\Delta t} \div \Delta t$$

$$I_{\max} \Delta t = C \Delta U.$$

$$\Delta q_{\max} = C \Delta U$$

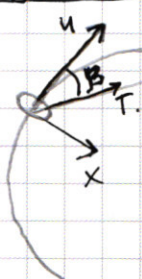


Продвижем от момента замыкания ключа, до установившегося $I_{\max}$.

$$q_{\max} = C (U_2 - U_1) = C (\mathcal{E} - U_0 - U_1)$$

$$\text{Ответ: } 1) I' = 30 \frac{\text{A}}{\text{C}}$$

Задача №1



Направим ось x в центр окружности по 23 Н .

$$T \cos(90 - \beta) = m a_y = m \frac{u^2}{R}$$

, где u - скорость колеса

T - сила натяжения нити.

Задача №2 (продолжение)

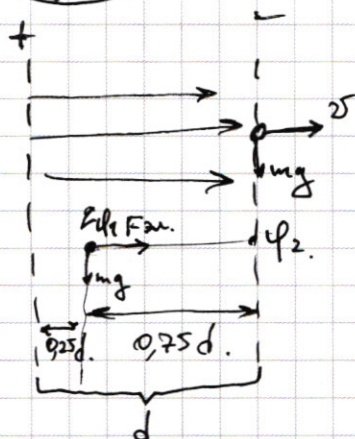
$$\eta = 1 - \frac{4k + 4}{5k + 3} \quad \text{максимальный КПД, когда } k = 0, \text{ т.е.}$$

максимальный $\rightarrow k = 3$

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{18 + 4}{18} = 1 - \frac{22}{18} = \frac{2}{9}$$

$$3) \eta_{\max} = \frac{2}{9}$$

3ag ~ 8



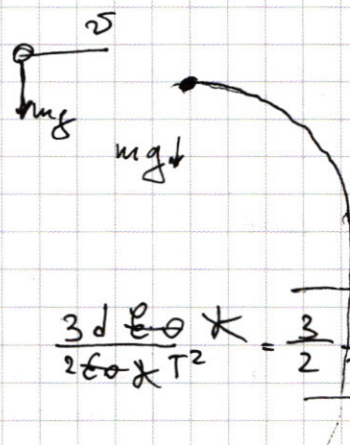
$$\frac{q}{m} = \gamma$$

$$\frac{6}{4} = \frac{3}{2}$$

$$mg - F_{ex} = ma.$$

$$Eq = ma.$$

$$\frac{101}{2\epsilon_0} q = ma.$$



$$(\varphi_1 - \varphi_2) = E \cdot d \cdot 0,75.$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{5}{4\epsilon_0} d \cdot 0,75.$$

$$\varphi_1 = \frac{3 \cdot 5 d}{4 \epsilon_0}$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 - \frac{3 \cdot 5 d}{4 \epsilon_0}.$$

$$\varphi_1 q = \frac{m v_1^2}{2} + \varphi_2 q$$

$$\varphi_1 = \frac{3}{4} E \epsilon_0 d + \varphi_2.$$

$$\left(\frac{3}{4} E \epsilon_0 d + \varphi_2 \right) q = \frac{m v_1^2}{2} + \varphi_2 q.$$

$$\varphi_1 q = \frac{m v_1^2}{2} + \varphi_2 q = \frac{m v_2^2}{2}.$$

$$(\varphi_0 - \varphi_1) + (\varphi_1 - \varphi_2) = E \epsilon_0 d.$$

$$\varphi_0 - \varphi_2$$

$$a = \frac{101}{2\epsilon_0} \gamma = \frac{3 d E_0}{2 \epsilon_0 T^2} = \frac{3}{2} \frac{d}{T^2}$$

$$0,75d = \frac{q T^2}{2}.$$

$$0,75d = \frac{5 T^2}{2 \epsilon_0} \gamma = \frac{5 T^2}{4 \epsilon_0}.$$

$$\delta = \frac{3}{4} \frac{d \cdot 4 \epsilon_0}{T^2} = \frac{3 d \epsilon_0}{T^2}$$

$$0,75d = \frac{v^2}{2a}$$

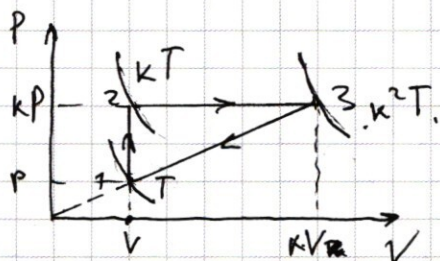
$$\frac{3}{4} d = \frac{v^2 T^2}{8 d}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{3 d^2}{4 T^2}} = \frac{3}{2} \frac{d}{T}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

max. 3 балла ~ 2.

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



1) $\frac{C_{D12}}{C_{D23}} = ?$

1-2: $Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$

2-3: $Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + kP(V_3 - V_2)$

3-1: прямая пропорциональность.

во сколько раз уменьшили p , во столько и V .

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_1 = Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + \frac{1}{2} \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot (V_3 - V_1)$$

$$= kP V \cdot \frac{3}{2} - \frac{3}{2} p V = \frac{3}{2} p V (k-1) =$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R T_3 - \frac{3}{2} \nu R T_2 + \cancel{k^2 p V} - k p V =$$

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

$$\frac{C_{D12}}{C_{D23}} = \frac{\frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}}}{\frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}}} = \frac{Q_{12} k T (k-1)}{Q_{23} T (k-1)} = \frac{Q_{12} k}{Q_{23}} = 1) \frac{pV}{T_1} = \frac{k p V}{T_2}$$

$$T_2 = k T_1$$

$$= \frac{\frac{3}{2} p V (k-1) k}{\frac{5}{2} k p V (k-1)} = \frac{3}{5} = \left(\frac{3}{5}\right) \checkmark$$

2) $\frac{k p V}{k T} = \frac{k^2 p V}{T_3}$

$$T_3 = k^2 T_1$$

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} k p V (k-1)}{k p V (k-1)} = \left(\frac{5}{2}\right) \checkmark$

3) $\eta_{\max} = ?$

$$\eta = 1 - \frac{Q^-}{Q^+} = 1 - \frac{Q_{31}}{Q_{12} + Q_{23}}$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} JR (T - \kappa^2 T) =$$

$$- \frac{3}{2} JR (\kappa^2 T - T) = \frac{p + \kappa p}{2} (\kappa V - V) =$$

$$\frac{3}{2} JR \kappa^2 T - \frac{3}{2} JR T + \left(\frac{\cancel{p\kappa V} - pV + \kappa^2 pV - \cancel{\kappa pV}}{2} \right) =$$

$$\frac{3}{2} \kappa^2 pV - \frac{3}{2} pV + \frac{\cancel{p\kappa V} - pV + \kappa^2 pV - \cancel{\kappa pV}}{2} =$$

$$\frac{3\kappa^2 pV - 3pV + \kappa^2 pV - pV}{2} = \frac{4\kappa^2 pV - 4pV}{2} = 2\kappa^2 pV - 2pV$$

$$\eta = \left[1 - \frac{2\kappa^2 pV - 2pV}{\frac{3}{2} pV (\kappa - 1) + \frac{5}{2} \kappa pV (\kappa - 1)} \right] = \frac{2pV(\kappa^2 - 1)}{\frac{1}{2} pV (\kappa - 1) (3 + 5\kappa)} = \frac{4(\kappa^2 - 1)}{(\kappa - 1)(3 + 5\kappa)}$$

$$\eta = 1 - \frac{4(\kappa^2 - 1)}{(\kappa - 1)(3 + 5\kappa)} = \frac{4(\cancel{\kappa - 1})(\kappa + 1)}{(\cancel{\kappa - 1})(3 + 5\kappa)} = \frac{4\kappa + 4}{3 + 5\kappa}$$

$$\eta^1 = 1 - \frac{4\kappa + 4}{3 + 5\kappa}$$

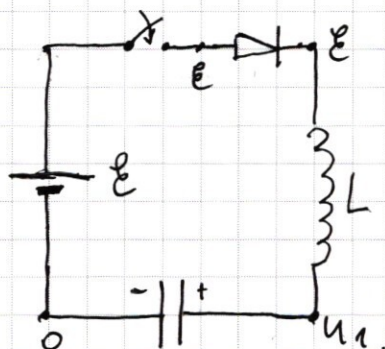
$$\frac{4\kappa + 4}{3 + 5\kappa} = \frac{4\kappa + 4}{5\kappa + 3}$$

$$1 - \frac{4\kappa + 4}{5\kappa + 3}$$

$$\eta^0 = 0 - \frac{4(5\kappa + 3) - 5(4\kappa + 4)}{(5\kappa + 3)^2} = 0$$

$$- \cancel{4} 4(5\kappa + 3) + 5(4\kappa + 4) = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



когда $U_0 > 0$ $I_D > 0$

$U = 0$

Реальный диод.

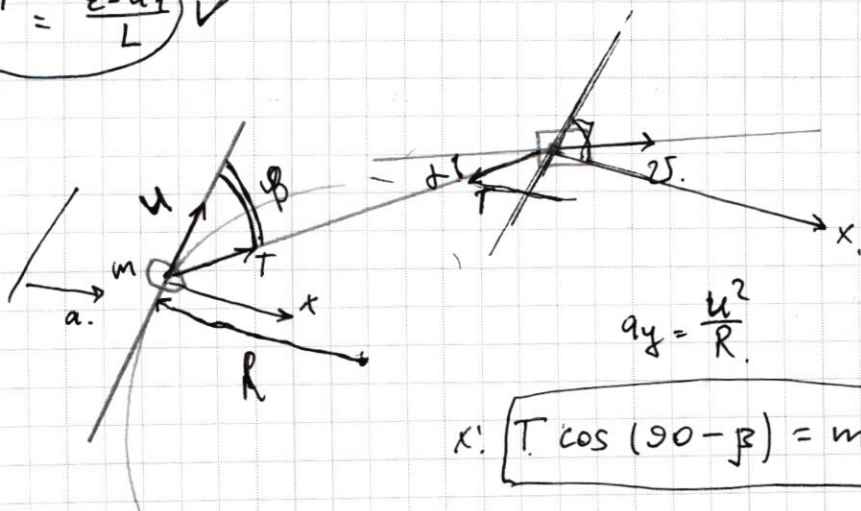
1) в нач. мом. вр. на конт $I_L = 0$

~~тогда~~ $U_C = E$

$$U_L = L I'$$

$$E - U_1 = L I'$$

$$I' = \frac{E - U_1}{L} \quad \checkmark$$



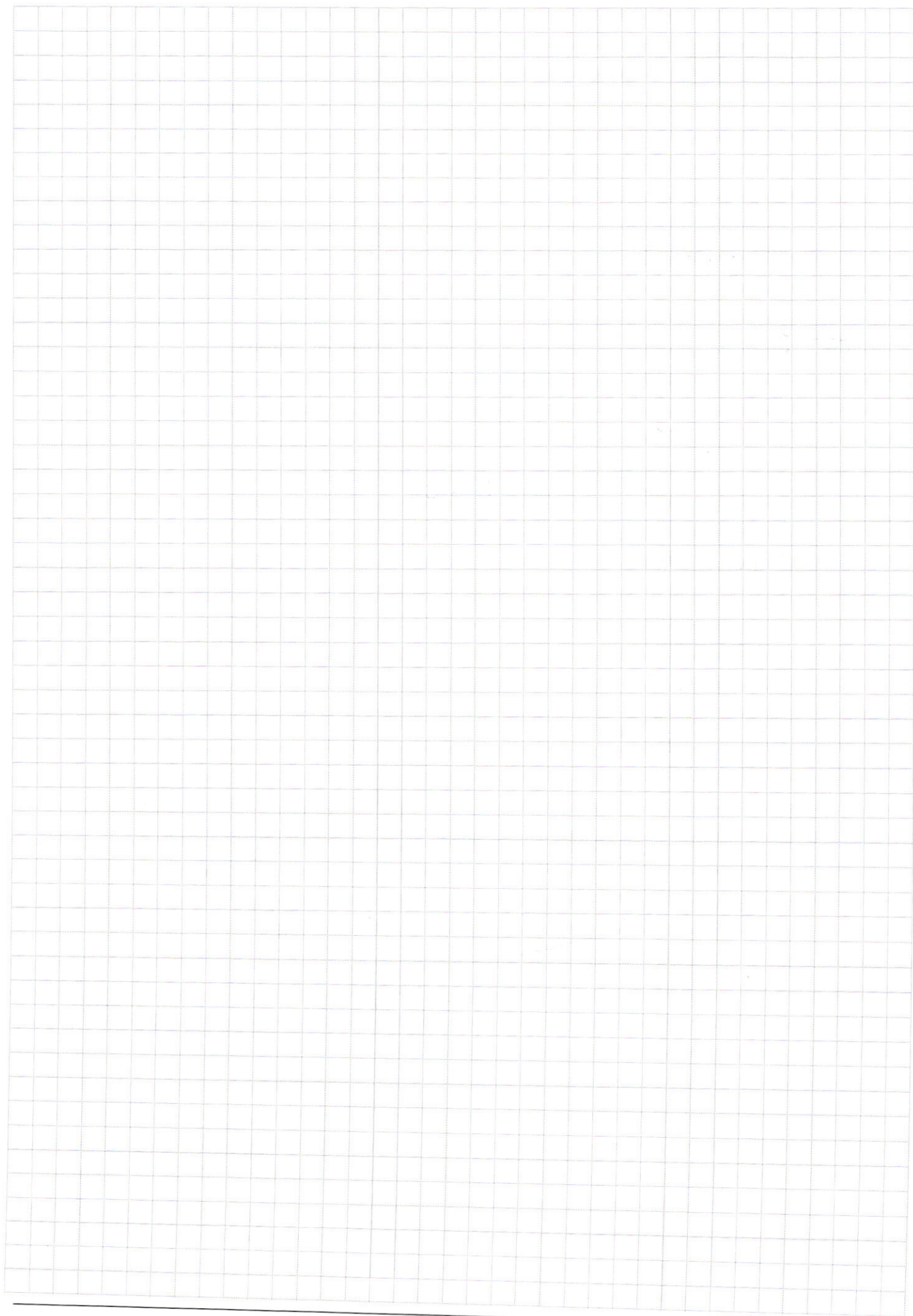
$$a_y = \frac{U^2}{R}$$

$$x: T \cos(90 - \beta) = m a_y \quad \text{кольца}$$

$$v = \omega R$$

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{4k+1}{5k+3}$$

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)