

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2020

Класс 11

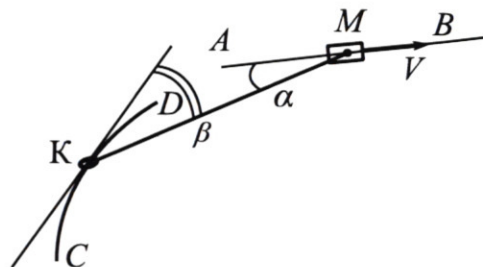
Вариант 11-04

Шифр Q.55

(заполняется секретарём)

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложенного задания не проверяются.

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.



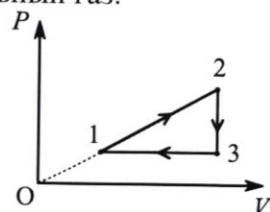
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

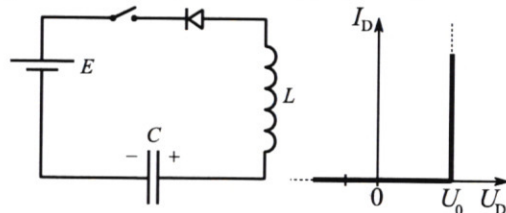
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

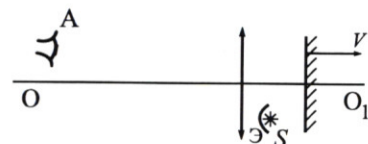


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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



4) ЗС →

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + W_k$$

$$m v_0^2 = m v_1^2 + 2 W_k$$

$$m v_0^2 = m v_1^2 + 2 E q d$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 2 E d q$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 2 u y$$

$$v_0 = \sqrt{v_1^2 + 2 u y}$$

$$W = \frac{k q_1 q_2}{z}$$

$$E = \frac{k q}{z^2}; \frac{U}{k \lambda}$$

$$F = \frac{k q q_1}{z}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{q u_1}{L} \cdot \frac{U \cdot m z}{k \lambda^2}$$

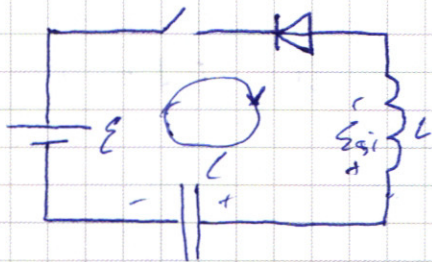
$$\frac{U}{k \lambda} \cdot k \lambda$$

$$E q d$$

$$U d = E d^2$$

$$A \cdot \frac{k \lambda}{k \lambda} = \frac{q u_1}{k \lambda} \cdot \frac{m z}{k \lambda} = \frac{u \cdot m}{k \lambda}$$

U H



Дано: $\begin{matrix} E \\ C \\ U_1 \\ L \end{matrix}$

$$1) E + E_{is} = U_1$$

$$E_{is} = U_1 - E$$

$$E_{is} = L I' t$$

$$I'(t) = \frac{U_1 - E}{L}$$

$$q = C U_1$$

$$2) L I^2 + A u$$

$$\Delta W_{Lr} + \Delta W_C = A_{\text{ист}}.$$

$$\frac{L I_m^2}{2} + \left(0 - \frac{C U_1^2}{2}\right) = - q E$$

$$L I_m^2 = C U_1^2 - C U_1 E$$

$$I_m^2 = \frac{U_1 (C U_1 - C E)}{L}$$

$$I_m = \sqrt{\frac{C U_1 (U_1 - E)}{L}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T_2 > T_3 - T_1$$

$$T_2 = T_3 - T_1$$

$$\frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{\frac{m^2}{c^2}}{B} = \frac{\frac{m^2}{c^2} \cdot k_1}{m \cdot k_2 \cdot \frac{m}{c^2}}$$

$$B \cdot A = \Delta m$$

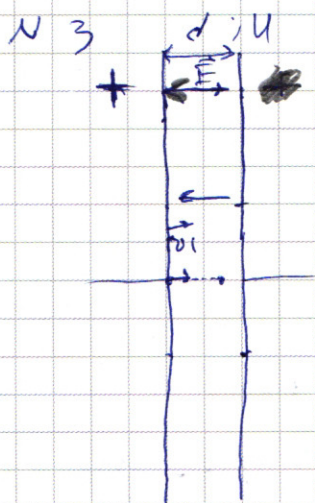
$$B \cdot A$$

$$B \cdot \frac{\Delta m}{k_1}$$

$$\Delta m = \frac{m}{c} \cdot u$$

4

$$\frac{15}{15}$$



$$1) m_0 = F_k$$

$$ma = 18E$$

$$ma = \frac{p}{d}$$

$$y = \frac{ad}{u}$$

$$2) v_1^2 = 2 a \frac{8}{10} d$$

$$v_1^2 = \frac{8}{5} ad \Rightarrow a = \frac{5v_1^2}{8d} \Rightarrow$$

$$y = \frac{5v_1^2}{8d} \cdot \frac{d}{u} = \frac{5v_1^2}{8u}$$

$$3) 0,8d = 0 + 0 + \frac{aT^2}{2}$$

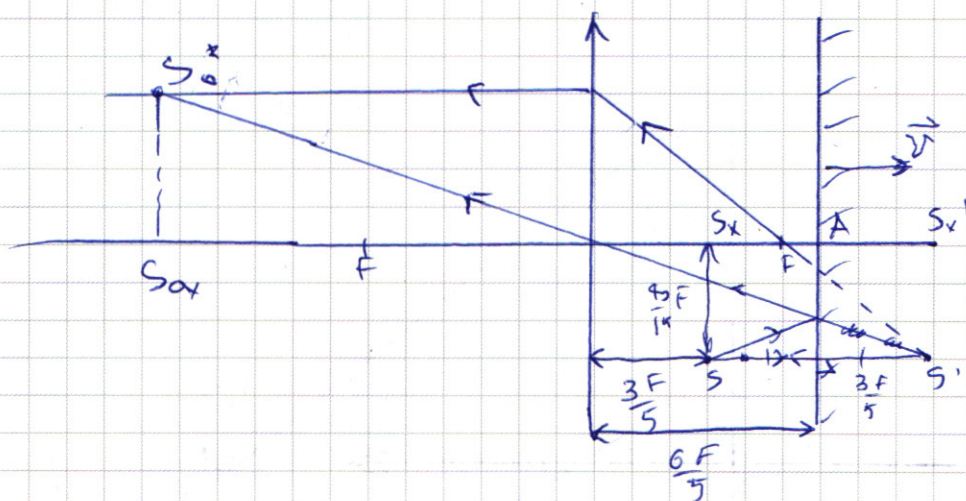
$$\frac{8}{10} d = \frac{5v_1^2}{8d} \cdot \frac{T^2}{2} = \frac{64}{25} \frac{d^4}{v_1^2} = \frac{T^2}{2} \Rightarrow T = \frac{8d}{5v_1}$$

№ 5 см рис. ниже

Найти: f - ?

1) Построим изображение точки S в зеркале пользуясь тем, что оно дает минное симметричное отн. плоскости зеркала изображение. Пользуясь симметрией получим, что $AS_x' = \frac{3}{5}F = (\frac{6}{5}F - \frac{3}{5}F) \Rightarrow OS_x' = \frac{6+3}{5}F = \frac{9}{5}F$

2) Построим изображение S' в линзе даваемое линзой. Это будет S_{ox} . S_{ox} 0 - ?



3) По ф-ле тонкой линзы

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

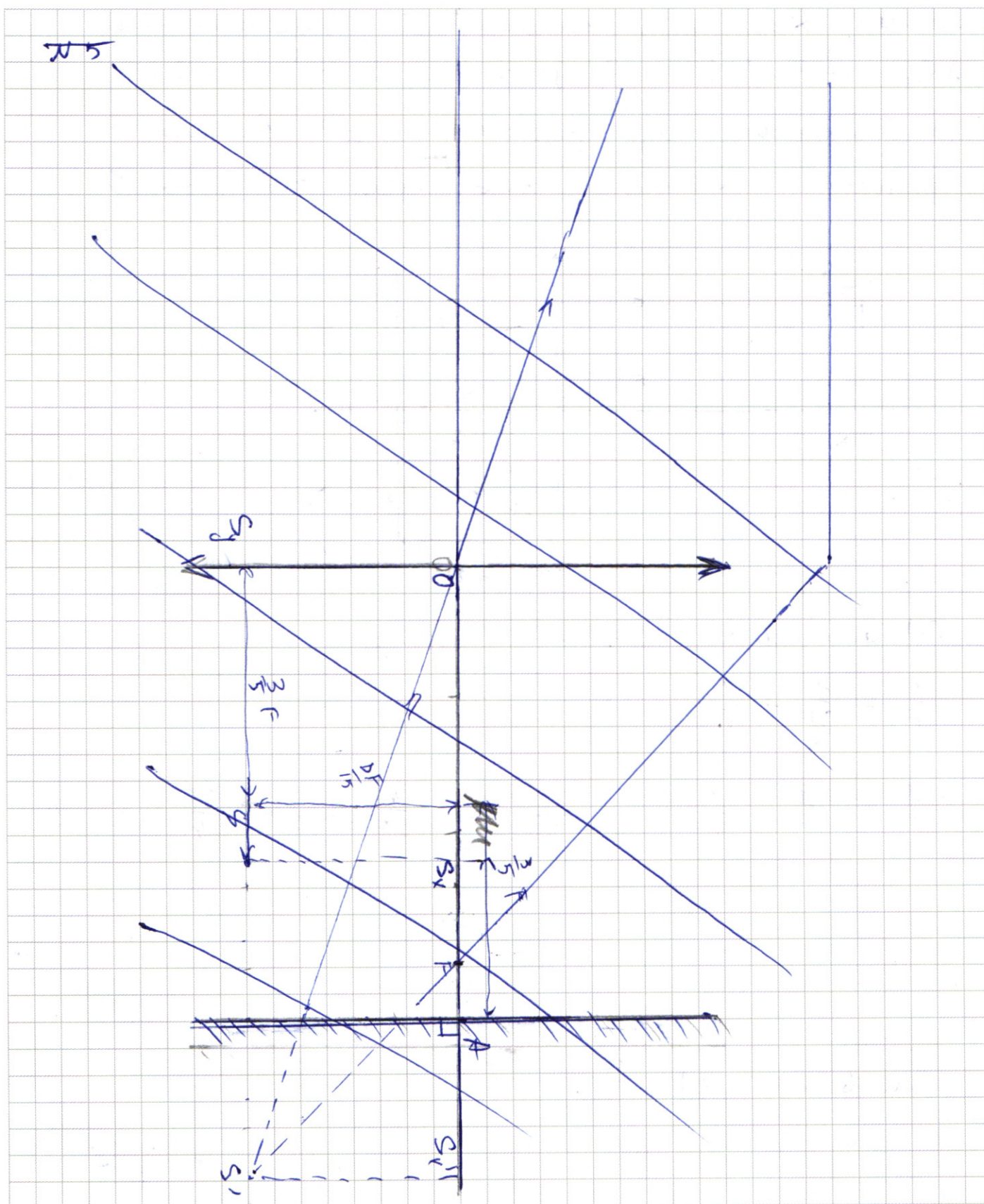
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f} - \frac{1}{\frac{9F}{5}} = \frac{9-5}{9F} = \frac{4}{9F} \Rightarrow f = \frac{9F}{4} = S_{ox} 0$$

Ответ: 1) $f = \frac{9F}{4}$

ШИФР

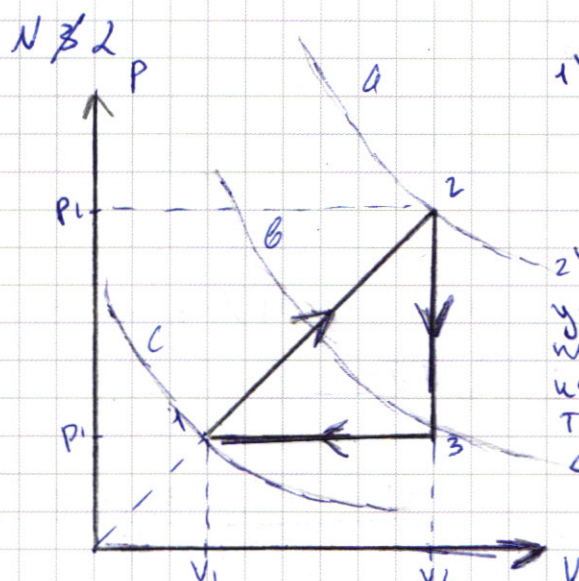
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Flavine:



- 1) T_1 - температура в состоянии 1
 T_2 --- в состоянии 2
 T_3 --- в состоянии 3
 ϑ - кон-во в-ва и ОГ
- 2) Проведём семейство изобар и изотерм, так как при задании изобары от начала координат, получим, что $T_2 > T_3 > T_1 \Rightarrow \Delta T_{23} < 0$; $\Delta T_{31} < 0$
 $\Delta T_{12} > 0$

- [illegible]

$$Q_{23} = C_{23} \Delta T_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} \quad (1\text{-й закон термодинамики})$$

0 И23 - изменение внутренней энергии ЦОГ в процессе 1-3

$$\Delta U_{31} = \dots - 3-1$$
 $\Delta U_{12} = \dots$

ЧЗЗ' - работа газа в процессе 2-3

$$A_{31} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$\Delta L' = \dots - \dots - \dots - \dots - \dots$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} nR (T_3 - T_2)$$

$$A_{23}' = 0, m \cdot x, v = \text{const}$$

$$\Delta U_{21} = \frac{3}{2} n R (T_3 - T_2) ; \quad \text{und } z_1' = \frac{1}{2} p_1 (V_1 - V_2), \text{ genau}$$

уравнение менделеев-клепейрона ($p_1 V_1 = DRT_1$) получим

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = n R T_2$$

$$p_1 v_2 = 0.1273$$

[illegible]

$$\alpha_{31}' = \frac{1}{2} \partial R (T_1 - T_3)$$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$; $A_{12} = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$ и эквив. процесс.
Ванье процессом газа $\Rightarrow \nu_{12} = \frac{1}{2} \nu R \ln T_2$

$$Q_{23} = C_{23} \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \Delta T_{23} \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2} \text{ J/K}$$

$$Q_{31} = C_{31} \Delta T_{31} = \frac{5}{2} R \Delta T_{31} \Rightarrow C_{31} = \frac{5}{2} R \Rightarrow \frac{C_{31}}{C_{31}} = \frac{5}{2}$$

$$4) \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}'} = \frac{\frac{3}{2} DR \Delta T_{21}}{\frac{1}{2} DR \Delta T_{21}} = 3$$

$$5) \text{ КПД цикла } \eta = \frac{A_{\text{цикла}}}{Q_H} = 1 + \frac{Q_X}{Q_H} = \frac{Q_H + Q_X}{Q_H}$$

$$Q_X = Q_{23} + Q_{31}, \quad Q_H = Q_{12} \Rightarrow$$

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}}; \text{ учит., что 1-й закон термодинамики}$$

$$\eta = (\Delta U_{12} + A_{12}' + (\Delta U_{23} + A_{23}') + \Delta U_{31} + A_{31}') / (\Delta U_{12} + A_{12}') =$$

$$= \frac{\frac{3}{2} DR \Delta T_{21} + \frac{1}{2} DR \Delta T_{12} + \frac{3}{2} DR \Delta T_{23} + \frac{5}{2} DR \Delta T_{31}}{2 DR \Delta T_{21}} =$$

$$= \frac{4 \Delta T_{21} + 3 \Delta T_{23} + 5 \Delta T_{31}}{4 \Delta T_{21}} = \frac{4 T_2 - 4 T_1 + 3 T_3 - 3 T_2 + 5 T_1}{4 T_2 - 4 T_1} =$$

$$= \frac{T_2 + T_1 - 2 T_3}{4 T_2 - 4 T_1} = \frac{T_2 - T_1 + 2 T_1 - 2 T_3}{4 T_2 - 4 T_1} = \frac{1}{4} + \frac{T_1 - T_3}{4(T_2 - T_1)}$$

$$= \frac{1}{4} - \frac{T_3 - T_1}{4(T_2 - T_1)}, \quad T_3 > T_1, \quad T_2 > T_1 \Rightarrow \eta_{\text{max}} \leq \frac{1}{4}$$

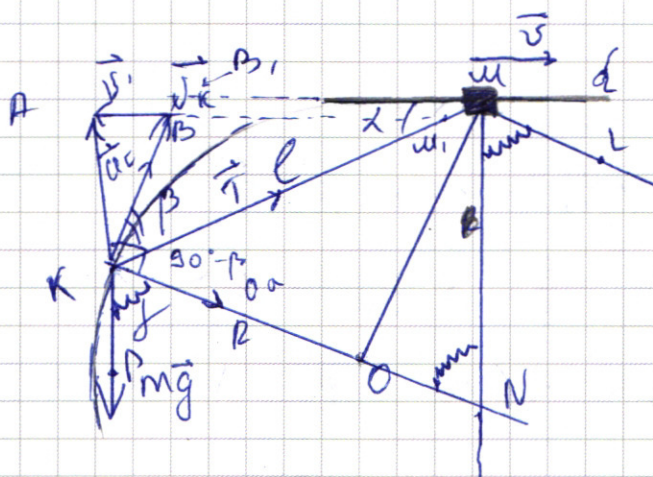
$$\Rightarrow \eta < \frac{1}{4}; \quad \eta < 25\%$$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$
 2) 3
 3) 25%.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

Найти: 1. v_k
2. v_{km}
3.



1) Поскольку скорости
материальной точки, ~~и~~ ~~материальной~~
а троса ~~материальной~~ по тросу
скоростей конца и матери-
на ось троса одинаковы

$$v_k \cos \beta = v \cos \alpha$$

$$v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot \frac{4}{5} \frac{m}{c}}{\frac{5}{17}} = \frac{17}{5} \frac{m}{c} = 3,4 \frac{m}{c}$$

2) Проведем B_1M и B_1M (B_1 - т. перес. v_k с прямой d).
 $\angle KB_1M = \angle KB_1M = 180^\circ - \beta - \alpha$

Примем в систему отсчета, связанную
с материальной. $\vec{v}_{km} = \vec{v}_{k3} + \vec{v}_{m3} = \vec{v}_{k3} - \vec{v}_{m3} = \vec{v}_k - \vec{v}$

По т. косинусов

$$v_{km}^2 = v_k^2 + v^2 - 2v_k v \cos \angle KB_1M, \angle KB_1M = 180^\circ - \angle KB_1M = 180^\circ - 180^\circ + \beta + \alpha = \beta + \alpha \Rightarrow$$

$$v_{km} = \sqrt{v_k^2 + v^2 - 2v_k v \cos (\alpha + \beta)}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{3}{5}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{15}{17}$$

$$\cos (\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = -\frac{13}{85} \Rightarrow$$

$$v_{km} = \sqrt{4 + 11,56 + 2 \cdot \frac{17}{5} \cdot 2} = \sqrt{15,56} \frac{m}{c}$$

3) По двум заданым кольцам

$m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a}$. Спроецируем на ось ОК

ОК: $mg \cos \gamma + T \cos (90^\circ - \beta) = m a_n$
 норм. ускорение

$$a_n = \frac{v_n^2}{R}$$

По т. кос. о кмо

$$OM^2: c^2 + R^2 - 2cR \cos (90^\circ - \beta) =$$

$$= c^2 + R^2 - 2cn \cdot \frac{15}{17} = R^2 \left(\left(\frac{17}{15} \right)^2 + 1 - 2 \cdot \frac{17}{15} \cdot \frac{15}{17} \right) =$$

$$= R^2 \left(\frac{17^2}{15^2} - 1 \right) = R^2 \frac{8^2}{15^2} \Rightarrow OM = \frac{R \cdot 8}{15} = \frac{8R}{15}$$

$$\angle KMN = 360^\circ - 90^\circ - 90^\circ - (180^\circ - \beta - \alpha) = \beta + \alpha$$

($\angle$ кр. кр.)

$$\angle KMN = \angle KMP \text{ (при || прямых)} \Rightarrow$$

$$\gamma = \beta + \alpha \Rightarrow$$

$$mg \cos (\beta + \alpha) + T \cos (90^\circ - \beta) = m \frac{v_n^2}{R}$$

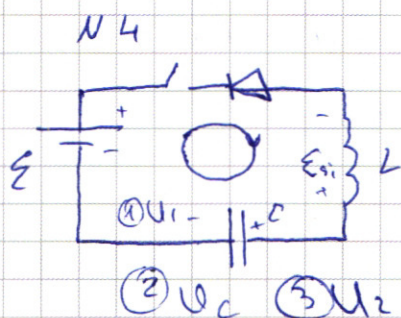
$$T = \frac{m \frac{v^2 \cos^2 \alpha}{R \cos^2 \beta} - mg \cos (\beta + \alpha)}{\cos (90^\circ - \beta)}$$

Ответ: 1) $v_n = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $v_{\text{км}} = \sqrt{v_c^2 + v^2 - 2v v_c \cos (\alpha + \beta)} = \sqrt{11,56} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

3) $T = \frac{m \frac{v^2 \cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} - mg \cos (\beta + \alpha)}{\cos (90^\circ - \beta)}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано:

ε
 C
 U_1
 L
 U_2

Найти: $I'(t)$; I_{mo} ; U_2

1) По закону Кирхгофа для $\varepsilon - C - L - \varepsilon$
в момент замыкания ключа ($i = 0$)
 $\varepsilon + \varepsilon_{si} = U_2$, где ε_{si} — ЭДС самоиндукции катушки,
к-я возникает за счет уменьшения силы тока в ней
 $\varepsilon_{si} = L I'(t) \Rightarrow$

$$\varepsilon_{si} = U_2 - \varepsilon \Rightarrow L I'(t) = U_2 - \varepsilon \Rightarrow I'(t) = \frac{U_2 - \varepsilon}{L}$$

2) По закону Кирхгофа, когда сила
тока максимальна: $\varepsilon = U_0 + U_C$; $U_C = \varepsilon - U_0 \Rightarrow$

По закону сохранения энергии

$$\Delta W_L + \Delta W_C = A_{источника}$$

$$\Delta W_L = \frac{L I_{mo}^2}{2} - 0 = \frac{L I_{mo}^2}{2}; \quad \Delta W_C = \frac{C(\varepsilon - U_0)^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$A_{источника} = \Delta \Phi \varepsilon = (-[C U_1 - C(\varepsilon - U_0)]) \varepsilon \Rightarrow$$

$$L I_{mo}^2 = C U_1^2 - C(\varepsilon - U_0)^2 - C U_1 \varepsilon + C \varepsilon (\varepsilon - U_0)$$

$$I_{mo} = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \sqrt{U_1^2 - (\varepsilon - U_0)^2 - U_1 \varepsilon + \varepsilon (\varepsilon - U_0)}$$

3) После замыкания ключа конденсатор начнет разряжаться, ~~до тех пор, пока~~
~~небав~~ ток пойдет против заданной стрелки
 и колебаний не будет. Заряд, прошедший
 через источник $q_1 = C(U_2 - U_1) = C(U_2 - U_0)$

По закону сохранения энергии

$$\frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_2^2}{2} = (U_2 - U_0)C\varepsilon$$

$$CU_1^2 - CU_2^2 = CU_2\varepsilon - CU_0\varepsilon$$

$$CU_2^2 + CU_2 + (CU_1^2 + CU_0\varepsilon) = 0$$

$$D = (\varepsilon)^2 + C(CU_1^2 + CU_0\varepsilon) = -C^2(\varepsilon^2 + U_1^2 + U_0\varepsilon)$$

$$U_{21} = \frac{-C\varepsilon + C\sqrt{\varepsilon^2 + U_1^2 + U_0\varepsilon}}{2C} = (\sqrt{\varepsilon^2 + U_1^2 + U_0\varepsilon} - \varepsilon) / 2$$

$$U_{22} = \frac{-C\varepsilon - C\sqrt{\varepsilon^2 + U_1^2 + U_0\varepsilon}}{2C} \quad \text{с.о.}$$

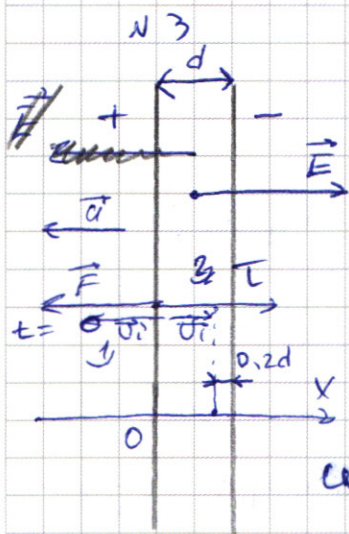
Ответ: 1) $I'(t) = \frac{U_1 - \varepsilon}{L}$

2) $I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C}{L}} \sqrt{U_1^2 - (\varepsilon - U_1)^2} = \sqrt{U_1\varepsilon + \varepsilon(\varepsilon - U_0)}$

3) $U_2 = \frac{\sqrt{\varepsilon^2 + U_1^2 + U_0\varepsilon} - \varepsilon}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Найти: t ? ; γ ? ; γ ?



1) E - напряженность электростатического поля, создаваемого конденсатором внутри. Показем её направление (см. рис.).

2) Когда частица входит в конденсатор на неё начинают действовать силы $\vec{F} \uparrow \vec{E}$, т.к. заряд частицы < 0

3) Это значит что для частицы (учит. что сила тяжести ее пренебрежимо мала)

$$\begin{aligned} m\vec{a} &= \vec{F} \Rightarrow -ma = -F \Rightarrow F = ma; F = |q|E \\ \Rightarrow |q|E &= ma. \text{ Это поле конденсатора равно по величине в полупространстве, что } U = Ed \Rightarrow E = \frac{U}{d} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{|q|U}{d} &= ma \Rightarrow \gamma = \frac{ad}{U} \quad (1) \end{aligned}$$

4) Воспользуемся этим кинематическим уравнением

$$v_x^2 - v_{0x}^2 = 2a_x S_x \quad \text{В момент остановки } \underline{v_x = 0}$$

$$v_x = 0; v_{0x} = v_0; a_x = -a; S_x = d - 0,2d = 0,8d \Rightarrow$$

$$-v_0^2 = -2a \cdot \frac{4}{5}d \Rightarrow a = \frac{5v_0^2}{8d} \quad (1)$$

$$\gamma = \frac{5v_0^2}{8d} \cdot \frac{d}{U} = \frac{5v_0^2}{8U} \quad (2)$$

$$[\gamma] = \frac{\frac{m^2}{c^2}}{B} = \frac{\frac{m^2}{c^2}}{\frac{Jm}{kA}} = \frac{\frac{m^2}{c^2} \cdot kA}{\frac{m \cdot H}{c}} = \frac{\frac{m}{c^2} \cdot kA}{\frac{kA \cdot m}{c^2}} = \frac{kA}{kA}$$

5) Найдем отсюда с помощью 2, воспользуемся этим кинематическим уравнением

$$S/x = v_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \quad \begin{aligned} x_0 &= \frac{4}{5}d \\ t_2 &= 0; \\ v_{0x} &= 0 \end{aligned} \quad t_3 = T - \text{в этот момент}$$

$$0 = \frac{4}{5}d + 0 - \frac{aT^2}{2}$$

$$\frac{qT^2}{2} = \frac{4}{5}d$$

$$T^2 = \frac{8}{5}d \cdot \frac{1}{g} \leftarrow (2)$$

$$T^2 = \frac{8}{5}d \cdot \frac{8d}{5v_1^2}$$

$$T = \frac{8d}{5v_1}$$

б) В момент, когда скорость частицы v_1 её энергия $E_k = \frac{mv_1^2}{2} + qEd = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{qUd}{d} = \frac{mv_1^2}{2} + qU$ равна

На большом расстоянии от конденсатора энергии частицы в поле конденсатора будут пренебрежимо малы $\Rightarrow$ по закону сохранения энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + qU$$

$$v_0^2 = v_1^2 + \frac{2q}{m}U = v_1^2 - \frac{2|q|}{m}U$$

$$v_0 = \sqrt{v_1^2 - 2qU}$$

$$[v_0] = \sqrt{\left(\frac{m}{c}\right)^2 - \frac{m}{m} \cdot B} = \sqrt{\left(\frac{m}{c}\right)^2 - \frac{m}{m} \cdot \frac{Bm}{m}} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{m}{c}\right)^2 - \frac{m \cdot m}{m}} = \sqrt{\left(\frac{m}{c}\right)^2 - \frac{m^2}{m}} =$$

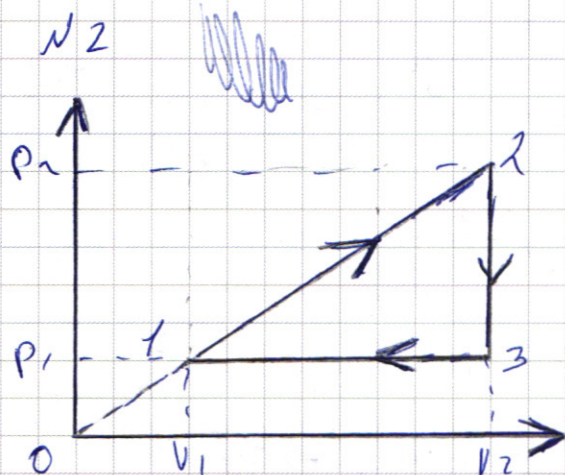
$$= \frac{m}{c}$$

Ответ: 1) $y = \frac{5v_1^2}{8g}$

2) $T = \frac{8d}{5v_1}$

3) $v_0 = \sqrt{v_1^2 - 2qU}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) $T_2 > T_1$

$T_2 > T_3 > T_1$

$\Delta T_{23} < 0 \Rightarrow \frac{C_{23}}{C_{31}}$

$\Delta T_{31} < 0$

$\Delta T_{12} > 0$

2) $Q_{23} = C_{23} \Delta T_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$

$Q_{31} = C_{31} \Delta T_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{31}$

$C_{23} \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2} R \Rightarrow \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$

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

3) $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{21} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$

$A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \Rightarrow Q_{12} = 2 \nu R \Delta T_{12}$

$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 3$

4) $\eta = 1 + \frac{Q_k}{Q_n} = \frac{A}{Q_n} = \frac{Q_k - |Q_x|}{Q_n} = \frac{Q_k + Q_x}{Q_n} = 1 - \frac{|Q_x|}{Q_n}$

$\eta = 1 + \frac{Q_k}{Q_n} = 1 + \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 - \frac{\frac{3}{2} \Delta T_{23} + \frac{5}{2} \Delta T_{31}}{2 \Delta T_{12}}$

$\eta = \frac{2 T_2 - 2 T_1 - \frac{3}{2} (T_3 - T_2) - \frac{5}{2} (T_1 - T_3)}{2 (T_2 - T_1)}$

$= \frac{4 T_2 - 4 T_1 - 3 T_3 + 3 T_2 - 5 T_1 + 5 T_3}{4 T_2 - 4 T_1} = \frac{7 T_2 - 9 T_1 + 2 T_3}{4 T_2 - 4 T_1}$

$\Rightarrow \frac{7 T_2 - 9 T_1 + 2 T_3}{4 T_2 - 4 T_1} = \eta_{\max} \quad \eta' = 0 \text{ при } T_2$

$$\eta' = \frac{7(T_2) - 4T_1}{16T_1^2} = 0$$

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

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

$$7T_2 - 9T_1 + 1T_3 = \min$$

$$\frac{4(7T_2 - 9T_1 + 2T_3) + 0}{16T_1^2} = 0$$

$$1 + \frac{3(T_3 - T_2) + 5(T_1 - T_3)}{4(T_2 - T_1)}$$

$$28T_2 - 36T_1 + 8T_3$$

$$28T_2 = 36T_1 - 8T_3$$

$$T_2 = \frac{9T_1 - 2T_3}{7}$$

$$= 1 + \frac{5T_1 - 3T_2 - 2T_3}{4T_2 - 4T_1}$$

$$= 1 - \frac{3}{4} + \frac{2T_1 - 2T_3}{4T_2 - 4T_1}$$

$$\eta = \frac{7(T_2 - T_1) - 2T_2 + 2T_3}{4(T_2 - T_1)} = \frac{7}{4} + \frac{-2T_2 + 2T_3}{4T_2 - 4T_1}$$

$$= \frac{7}{4} + \frac{2(T_3 - T_1)}{4T_2 - 4T_1} = \frac{7}{4} + \frac{T_3 - T_1}{2(T_2 - T_1)}$$

$$\eta' = -\frac{2(T_3 - T_1)}{T_2^2} = 0$$

~~Итого~~

$$\eta = \frac{2 \cdot 0T_1 + \frac{3}{2} \cdot 0T_2 + \frac{5}{2} \cdot 0T_3}{2 \cdot 0T_1} = 2(T_2 - T_1) + \frac{3}{2}(T_3 - T_1)$$

$$+ \frac{5(T_3 - T_1)}{2(T_2 - T_1)} = \frac{4T_2 - 4T_1 + 3T_3 - 3T_2 + 5T_3 - 5T_1}{4T_2 - 4T_1}$$

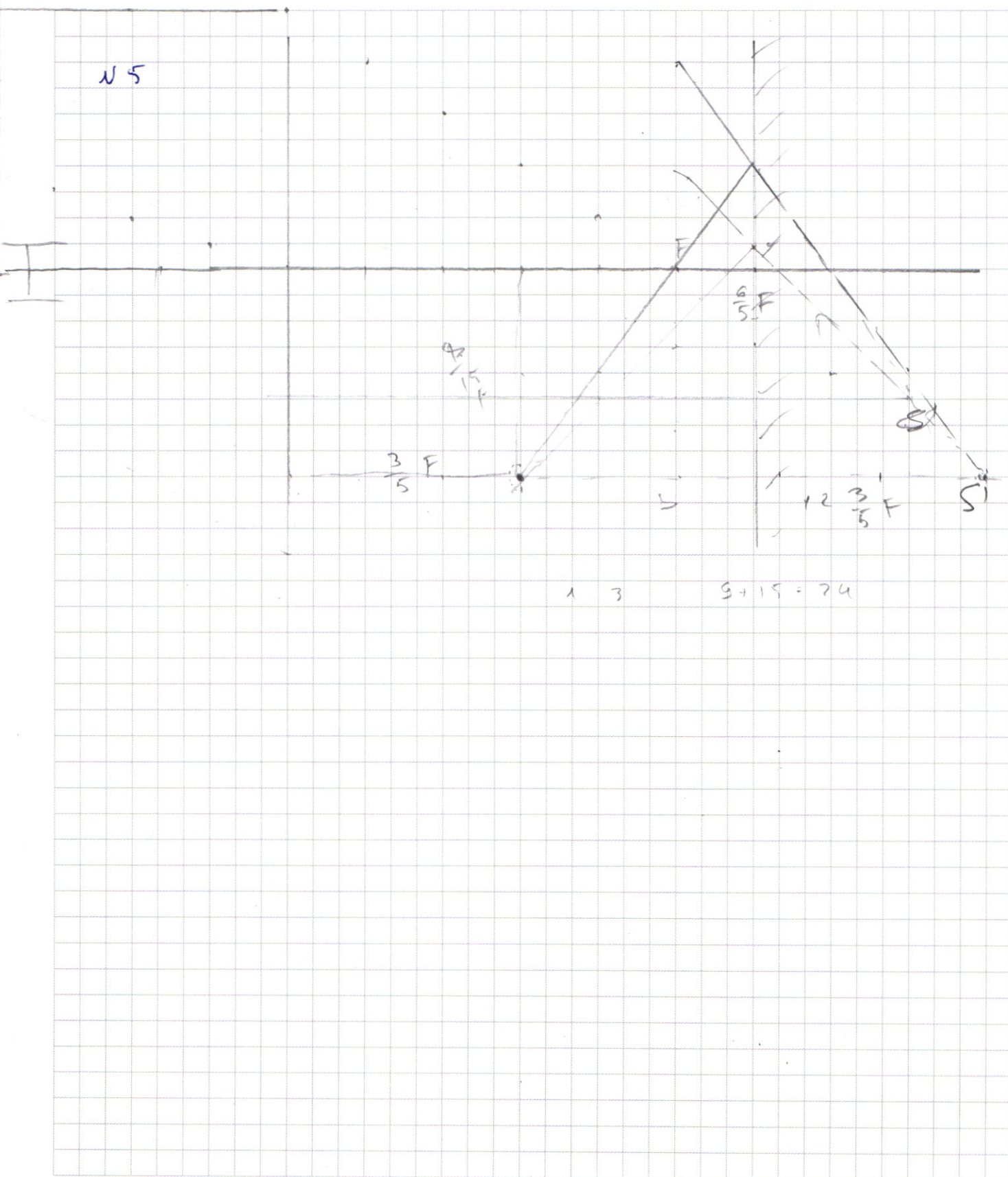
$$= \frac{T_2 - 9T_1 + 8T_3}{4(T_2 - T_1)} = \frac{T_2 - T_1 + 8T_3 - 8T_1}{4T_2 - 4T_1}$$

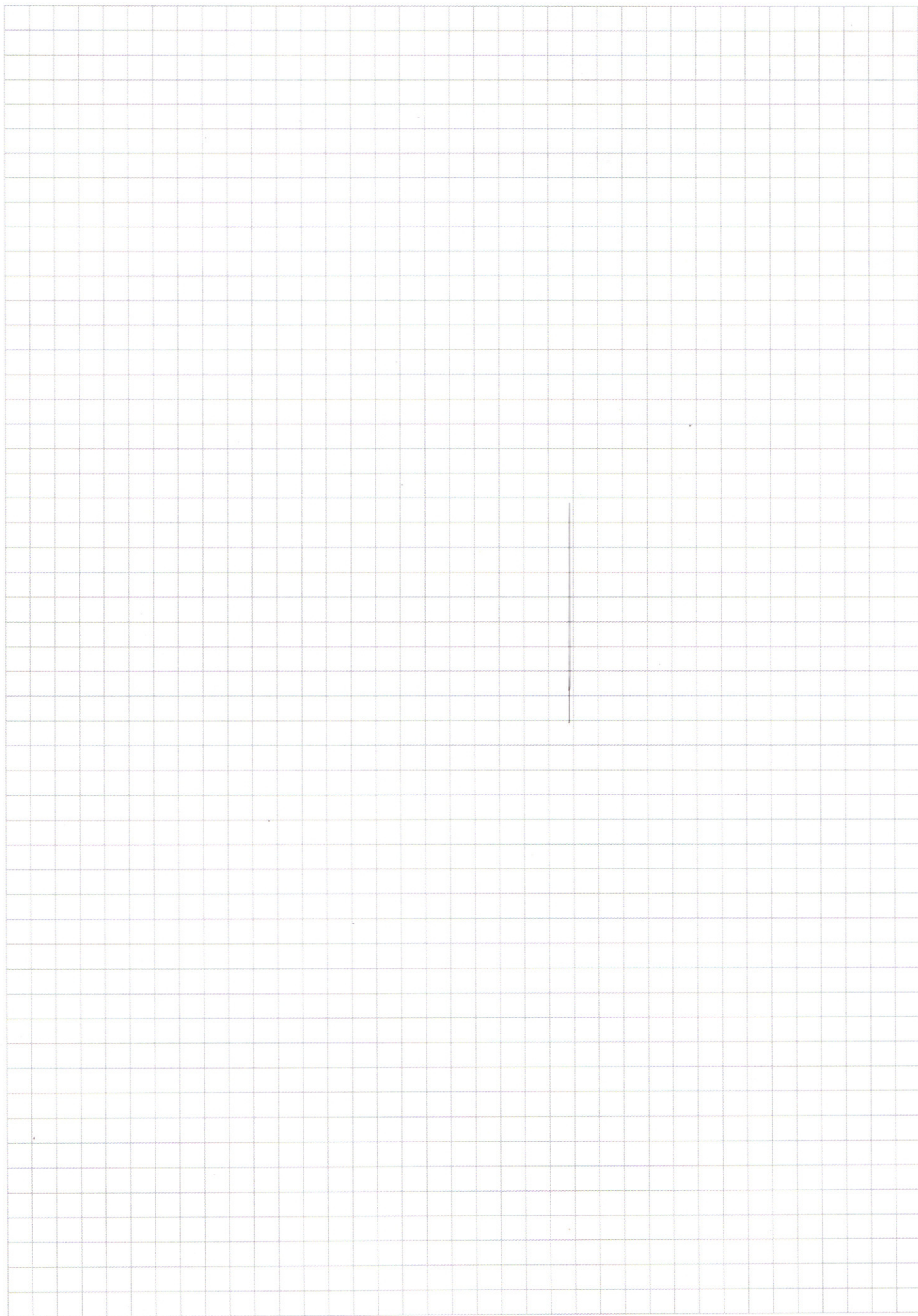
$$= \frac{1}{4} + \frac{2T_3 - 2T_1}{T_2 - T_1} = \frac{1}{4} + \frac{2T_3}{T_{21}} = \frac{1}{4} + \frac{2T_3}{T_{21}}$$

$$= \frac{1}{4} - \frac{2T_3}{T_{21}} \min \quad \eta' = 0 \quad \frac{2T_3}{T_{21}} \leq \frac{1}{4}$$

$$8T_3 - 8T_1 \leq T_2 - T_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





☐ 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)»

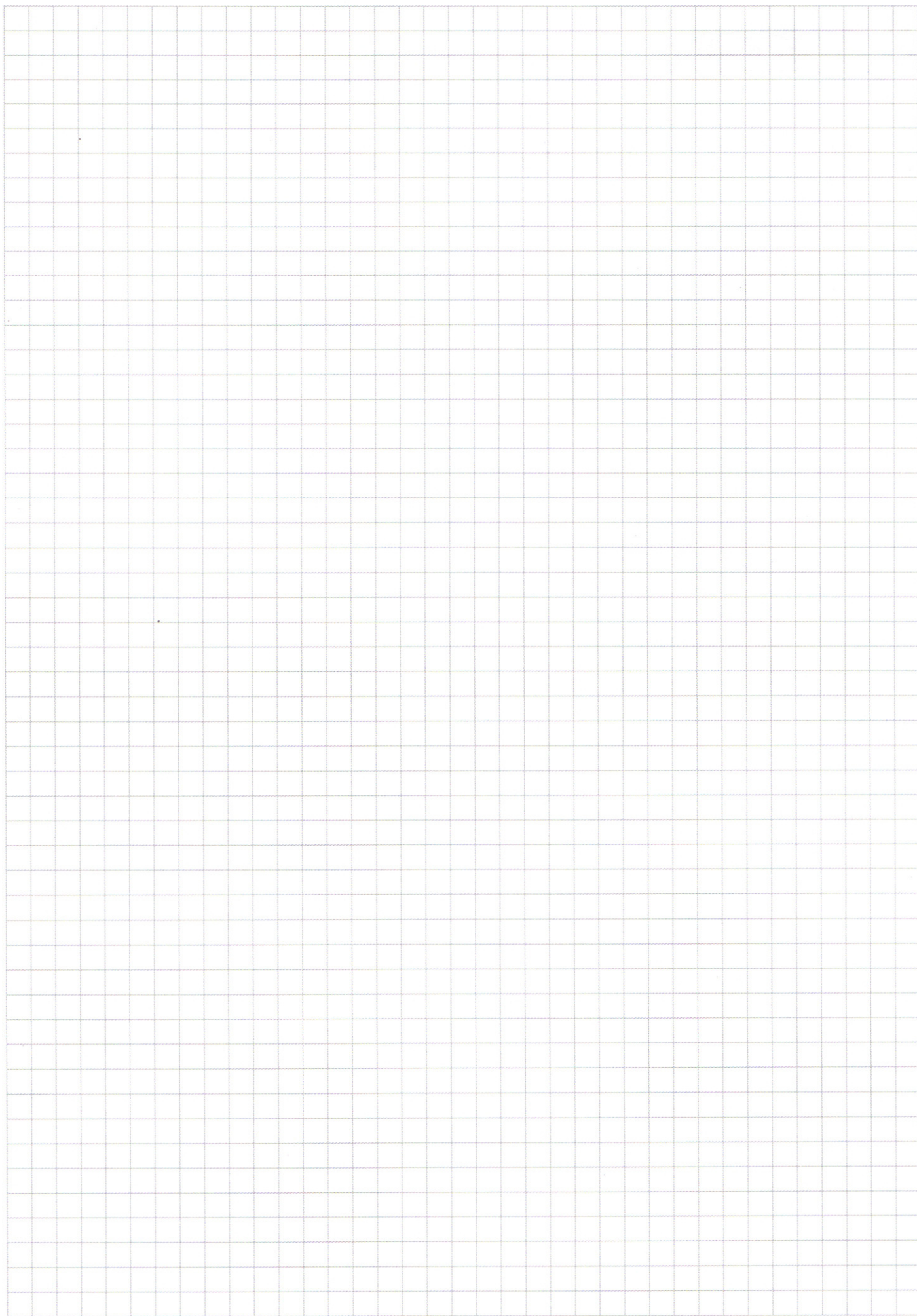
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

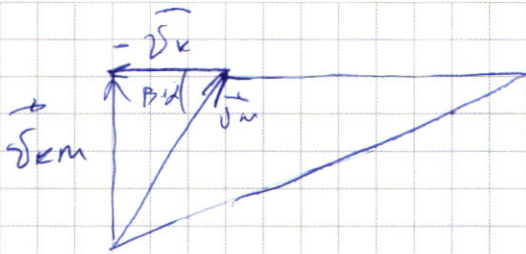
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



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

$$\begin{array}{r} 289 \\ 4 \\ \hline 1156 \end{array}$$

$$289 - 64 = 225$$

$$v_{mk}^2 = v_m^2 + v_k^2 - 2 v_m v_k \cos(\alpha + \beta)$$

$$v_{mk} = \sqrt{v_m^2 + v_k^2 - 2 v_m v_k \cdot \left(\underbrace{\cos \alpha}_{\frac{4}{5}} \underbrace{\cos \beta}_{\frac{8}{17}} - \underbrace{\sin \alpha}_{\frac{3}{5}} \underbrace{\sin \beta}_{\frac{15}{17}} \right)}$$

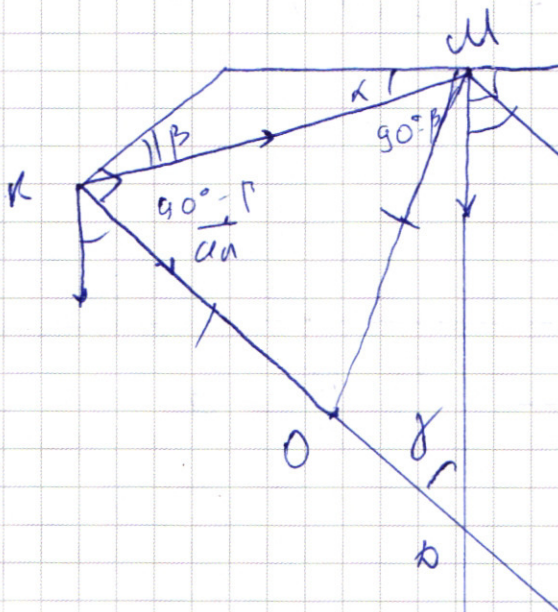
$$\frac{32 - 45}{85} = -\frac{13}{85}$$

$$v_{mk} = \sqrt{v_m^2 + v_k^2 + \frac{13 \cdot 2}{85} v_m v_k} = \sqrt{v_m^2 + v_k^2 + \frac{26}{15} v_m v_k}$$

$$= \sqrt{4 + \left(\frac{17}{5}\right)^2 + 0,26} = \sqrt{4 + \frac{289}{25} + 0,26} =$$

$$= \sqrt{4 + 11,56 + 0,26} = \sqrt{15,82}$$

3)



$$\angle M D = 90^\circ - 90^\circ + \beta - \alpha =$$

$$= \beta - \alpha$$

$$\gamma = 180^\circ - 90^\circ + \beta - \beta + \alpha =$$

$$= \alpha + 90^\circ$$

$$T \cos(90^\circ - \beta) + mg(\cos 90^\circ + \alpha) = \frac{m v^2}{R}$$

$$T = \frac{\frac{m v^2}{R} - mg \cos(90^\circ + \alpha)}{\cos(90^\circ - \beta)} = \frac{\frac{m v^2}{R} + mg \sin \alpha}{\sin \beta}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

04

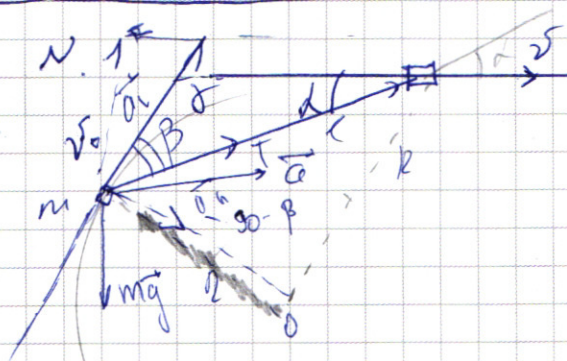
31 После замкнутия ключа зарядит ток, конденсатор начнет разряжаться до тех пор, пока левая обкладка не зарядится так. Конденсатор не будет

$$\frac{C\varphi_2^2}{2} - \frac{C\varphi_1^2}{2} = A$$

$$C\varphi_2^2 = C\varphi_1^2 + 2A$$

$$C\varphi_2^2 = C\varphi_1^2 + (-2C\varphi_1)\varepsilon$$

$$\varphi_2 = \sqrt{\varphi_1^2 - 2\varphi_1\varepsilon} = \sqrt{\varphi_1(\varphi_1 - 2\varepsilon)}$$



$$1) \frac{v_0^2}{R} = a_n$$

$$v \cos \alpha = v_n \cos \beta$$

$$v_n = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{8/5}{3/4} = \frac{32}{15}$$

$$3, 4 \frac{m}{s}$$

$$1) \vec{v}_{km} = \vec{v}_{kz} - \vec{v}_{zm} = \vec{v}_{kz} - \vec{v}_z$$

$$\gamma = 180^\circ - \beta - \alpha \Rightarrow 180^\circ - \gamma = \beta + \alpha$$