

Олимпиада «Физтех» по физике, (

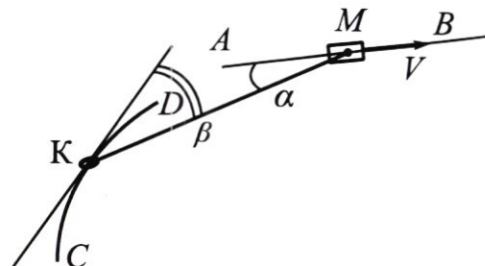
Вариант 11-01

Класс 11

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

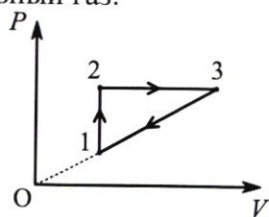
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной 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.



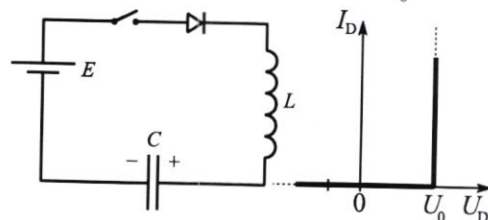
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица 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.

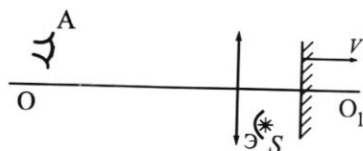
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

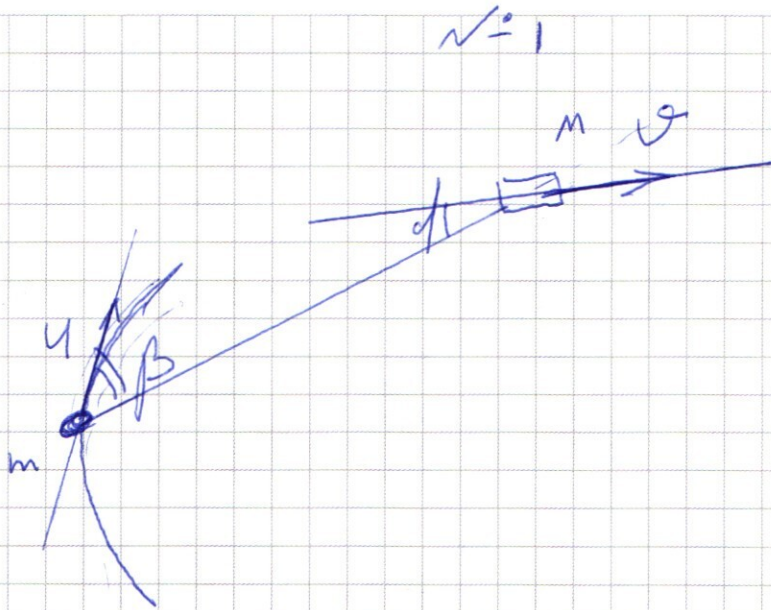


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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



Дано
 $v = 68 \frac{\text{см}}{\text{с}}$
 $m = 0,1 \text{ кг}$
 $R = 1,9 \text{ м}$
 $l = \frac{5R}{3}$
 $\cos \alpha = \frac{15}{17}$
 $\cos \beta = \frac{4}{5}$
 $h = ?$
 $U_{\text{отн}} = ?$
 $T = ?$

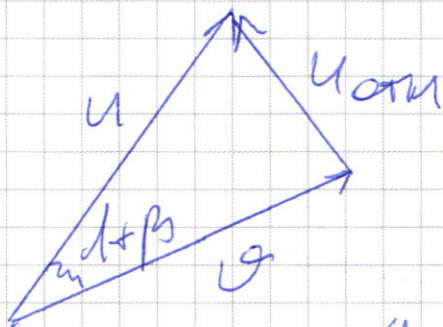
- 1) Пусть U - скорость кривоизгиба.
 Тогда в силу неразрывности
 нити: $U \cdot \cos \beta = v \cdot \cos \alpha$

$$U = v \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{\frac{15}{17}}{\frac{4}{5}} = 68 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 75 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

- 2) Перейдём к ИСО связанную с
 муфтой. Тогда v - переносная
 скорость, U - абсолютная скорость,
 $U_{\text{отн}}$ - относительная
 по 3-му сложению скоростей
~~Уравнение~~ $\vec{U} = \vec{v} + \vec{U}_{\text{отн}}$

№1 (продолжение)

по теореме кос:



$$u_{отн}^2 = u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)$$

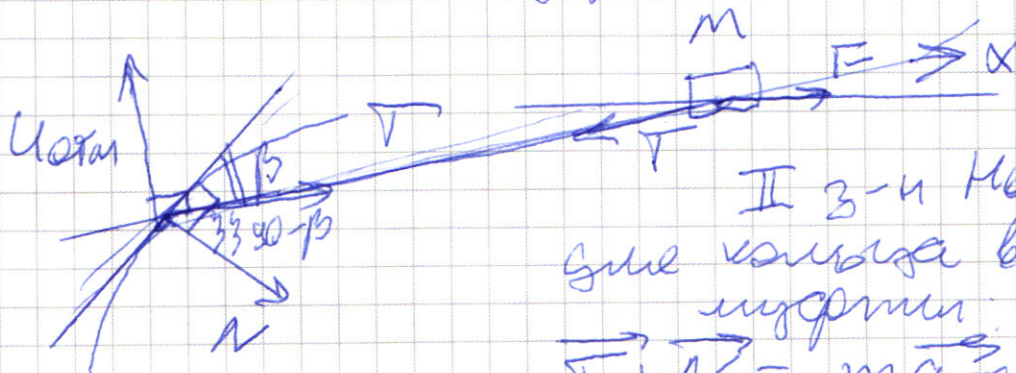
$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

$$= \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{36}{17 \cdot 5}$$

$$u_{отн}^2 = 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{36}{17 \cdot 5}$$

$$u_{отн}^2 = 5929 \Rightarrow \boxed{u_{отн} = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}}$$

3) В СО шарики кинуты движущиеся по окружности относительно друг друга



II 3-й Нютона
для шарика в СО
шарика:

$$\vec{T} + \vec{N} = m \vec{a}_{отн}$$

$$\text{ок: } T + N \cos(90 - \beta) = m \frac{u_{отн}^2}{r}$$

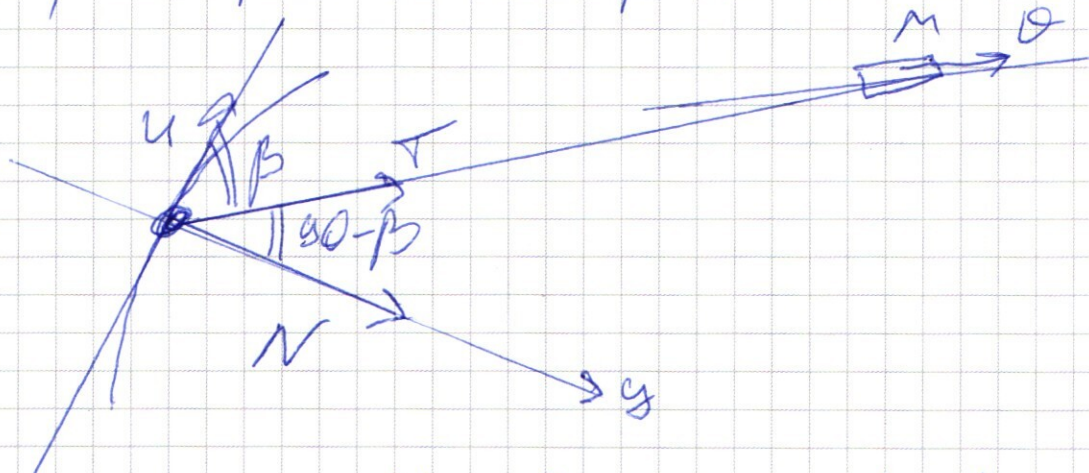
$$T + N \sin \beta = m \cdot \frac{u_{отн}^2}{r}$$

СМОТРЕТЬ СЛЕДУЮЩИЙ ЛИСТ

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 (продолжение)

4) Вернёмся обратно в СО Земли



И 3-й закон Ньютона для центра б СО Земли

$$\vec{T} + \vec{N} = m \vec{a}$$

$$\text{по: } T \cos(90^\circ - \beta) + N = m \cdot a$$

$$T \sin \beta + N = m \cdot \frac{u^2}{R}$$

$$5) \begin{cases} T + N \sin \beta = m \cdot \frac{u \omega m}{L} \\ T \sin \beta + N = m \frac{u^2}{R} \rightarrow N = m \frac{u^2}{R} - T \sin \beta \end{cases}$$

$$T + \left(m \frac{u^2}{R} - T \sin \beta \right) \sin \beta = m \frac{u \omega m}{L}$$

$$T (1 - \sin^2 \beta) = m \left(\frac{u \omega m}{L} - \frac{u^2}{R} \sin \beta \right)$$

$$T \cos^2 \beta = m \left(\frac{u \omega m}{\frac{5R}{3}} - \frac{u^2}{R} \frac{3}{5} \right)$$

№1 (профизсеение)

$$T \cos^2 \beta = \frac{3m}{5R} \cdot \text{эфф.} \cdot (u_{\text{отн}}^2 - u^2)$$

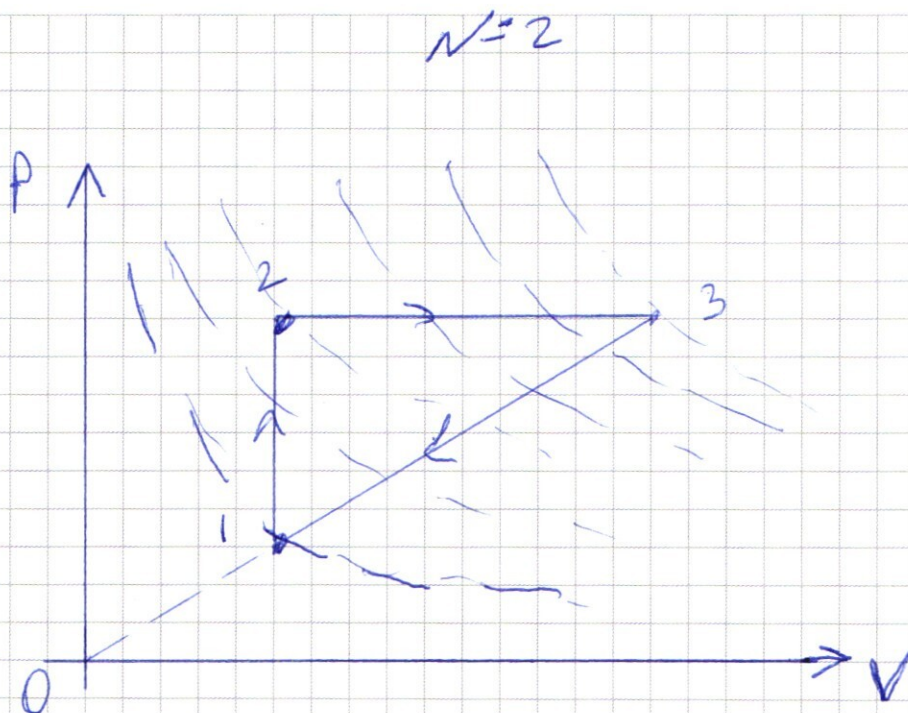
$$T = \frac{3m}{5R \cos^2 \beta} \cdot (u_{\text{отн}}^2 - u^2)$$

$$T = \frac{3 \cdot 0,1 \text{ кг}}{5 \cdot 1,9 \text{ м} \cdot \frac{16}{25}} \cdot \left(\left(0,77 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2 - \left(0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2 \right)$$

$$T = \frac{5 \cdot 3 \cdot 0,1 \text{ кг}}{1,9 \cdot 16} \cdot (0,77 - 0,75)(0,77 + 0,75)$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{15 \cdot 0,1 \text{ кг}}{1,9 \text{ м} \cdot 16} \cdot 0,02 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 1,52 \frac{\text{м}}{\text{с}} = \\ &= \frac{1,5}{16} \cdot 0,02 = 0,8 = 1,5 \cdot \frac{0,016}{16} = \\ &= 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 1,5 \text{ мН} \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{C_{12}}{C_{23}} - ?$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} - ?$$

$$\eta_{\text{max}} - ?$$

1) Температура газа повышается на участках 1-2 и 2-3, т.к. в этих процессах мы переходим с более низкой температуры на более высокую

2) 1-2: $\delta Q_{12} = dU_{12} + \delta A_{12}$ $\delta A_{12} = p dV$
 $\delta Q_{12} = dU_{12}$ т.к. $V = \text{const}$, то $dV = 0 \Rightarrow \delta A_{12} = 0$
 $dQ_{12} = \frac{3}{2} \nu R dT$
 $C_{12} \cdot V \cdot dT = \frac{3}{2} \nu R dT$
 $C_{12} = \frac{3}{2} R = \text{const}$

№2 (продолжение)

$$2-3: \Delta Q_{23} = \Delta U_{23} + \Delta A_{23}$$

$$C_{23} \sqrt{dT} = \frac{3}{2} \sqrt{R} dT + p dV$$

$$p = \text{const} \Rightarrow p dV = \sqrt{R} dT$$

$$C_{23} \sqrt{dT} = \frac{3}{2} \sqrt{R} dT + \sqrt{R} dT$$

$$C_{23} = \frac{5}{2} R = \text{const}$$

$$\boxed{\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}}$$

Т.к. $C_{23} = \text{const}$, верно, что:

~~$$C_{23} \Delta T_{23} \sqrt{V} = \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T_{23} + p_{23} \Delta V$$~~

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T_{23} + p_{23} \Delta V_{23}$$

$$p_{23} V_2 = \sqrt{R} T_2$$

$$p_{23} V_3 = \sqrt{R} T_3 \Rightarrow \sqrt{R} \Delta T_{23} = p_{23} \Delta V_{23}$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} p_{23} \Delta V_{23} + p_{23} \Delta V_{23}$$

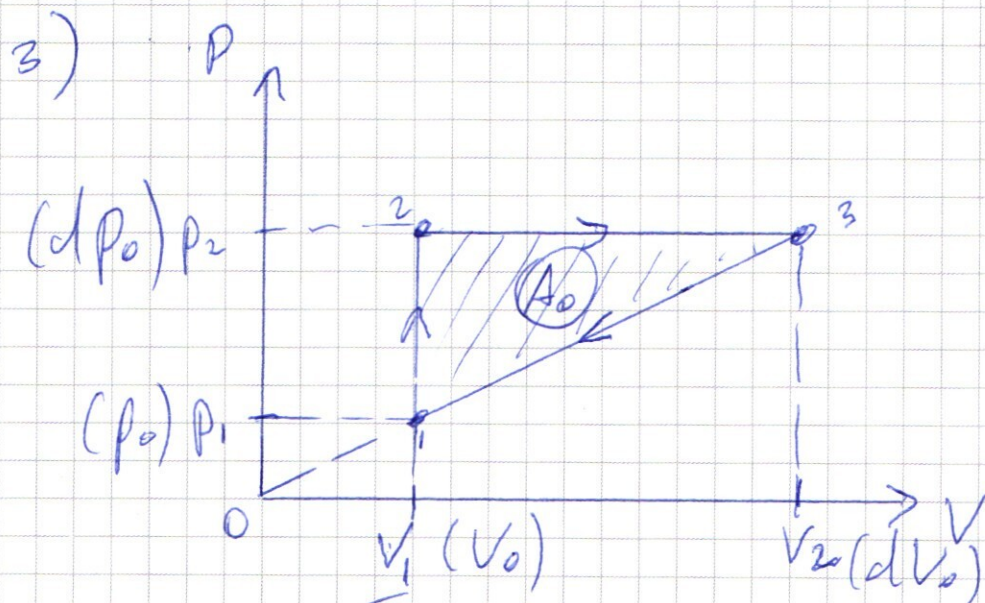
$$Q_{23} = \frac{5}{2} A_{23}$$

$$\boxed{\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2}}$$

СМОТРЕТЬ
СЛЕДУЮЩИЙ
ЛИСТ

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (продолжение)



из условия изохорности:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_1}{P_2} \Rightarrow \begin{aligned} V_1 &= V_0, & V_2 &= dV_0 \\ P_1 &= P_0, & P_2 &= dP_0 \end{aligned}$$

Две изохоры:

$$\eta = \frac{A_0}{Q_{12}}$$

A_0 — работа изохорности на 123

$$A_0 = \frac{(dP_0 - P_0)(dV_0 - V_0)}{2} =$$

$$Q_{12} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{P_0 V_0 (d-1)^2}{2}$$

$$\begin{aligned} Q_{12} &= \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} = \frac{3}{2} V_0 (dP_0 - P_0) = \\ &= \frac{3}{2} P_0 V_0 (d-1) \end{aligned}$$

№2 (использование)

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

$$Q_{23} = \frac{5}{2} d p_0 (d V_0 - V_0) = \\ = \frac{5}{2} d p_0 V_0 (d-1)$$

$$Q_H = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} p_0 V_0 (d-1) + \\ + \frac{5}{2} p_0 V_0 d (d-1)$$

$$Q_H = \frac{p_0 V_0}{2} (d-1) (3 + 5d)$$

$$\eta = \frac{A_0}{Q_H} = \frac{\frac{p_0 V_0}{2} \cdot (d-1)^2}{\frac{p_0 V_0}{2} \cdot (d-1) (3 + 5d)}$$

$$\eta(d) = \eta = \frac{(d-1)}{3 + 5d}$$

$$\eta'(d) = \frac{(d-1)^2 (3+5d) - (3+5d)^2 (d-1)}{(3+5d)^2}$$

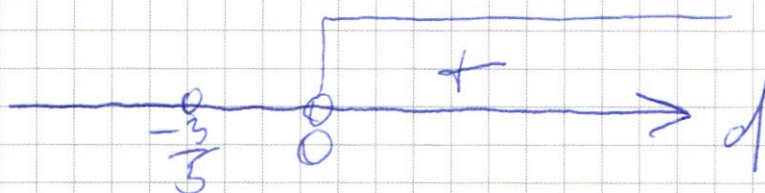
$$\eta'(d) = \frac{1 \cdot (3+5d) - 5 \cdot (d-1)}{(3+5d)^2}$$

СМОТРЕТЬ
СЛЕДУЮЩИЙ
ЛИСТ

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

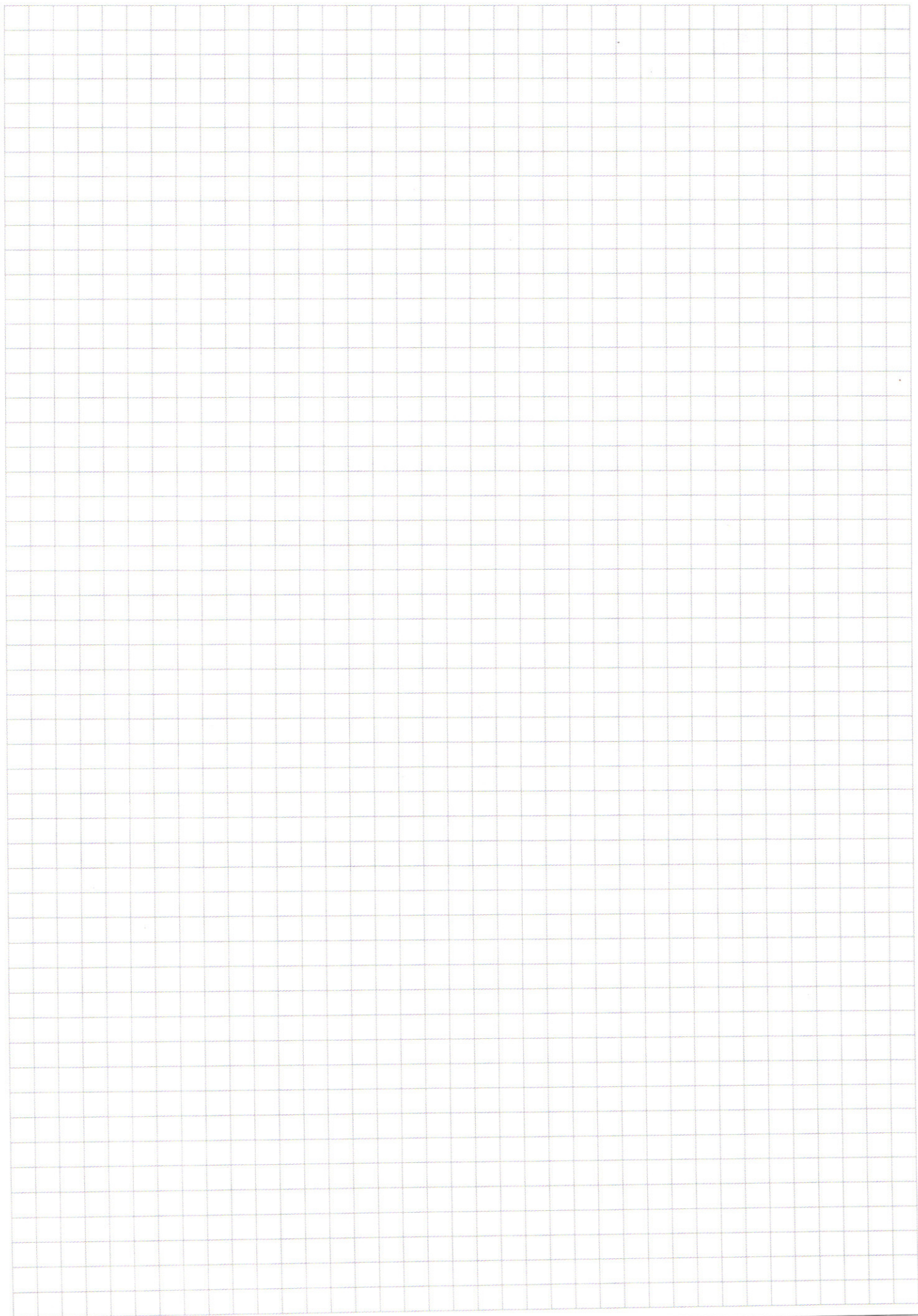
 $N=2$ (критерий)

$$\eta^3(d) = \frac{3 + 5d - 5d + 5}{(3 + 5d)^2} = \frac{8}{(3 + 5d)^2}$$



$$\Downarrow$$
$$\eta(d) = \eta_{\max} \text{ при } d \rightarrow \infty$$

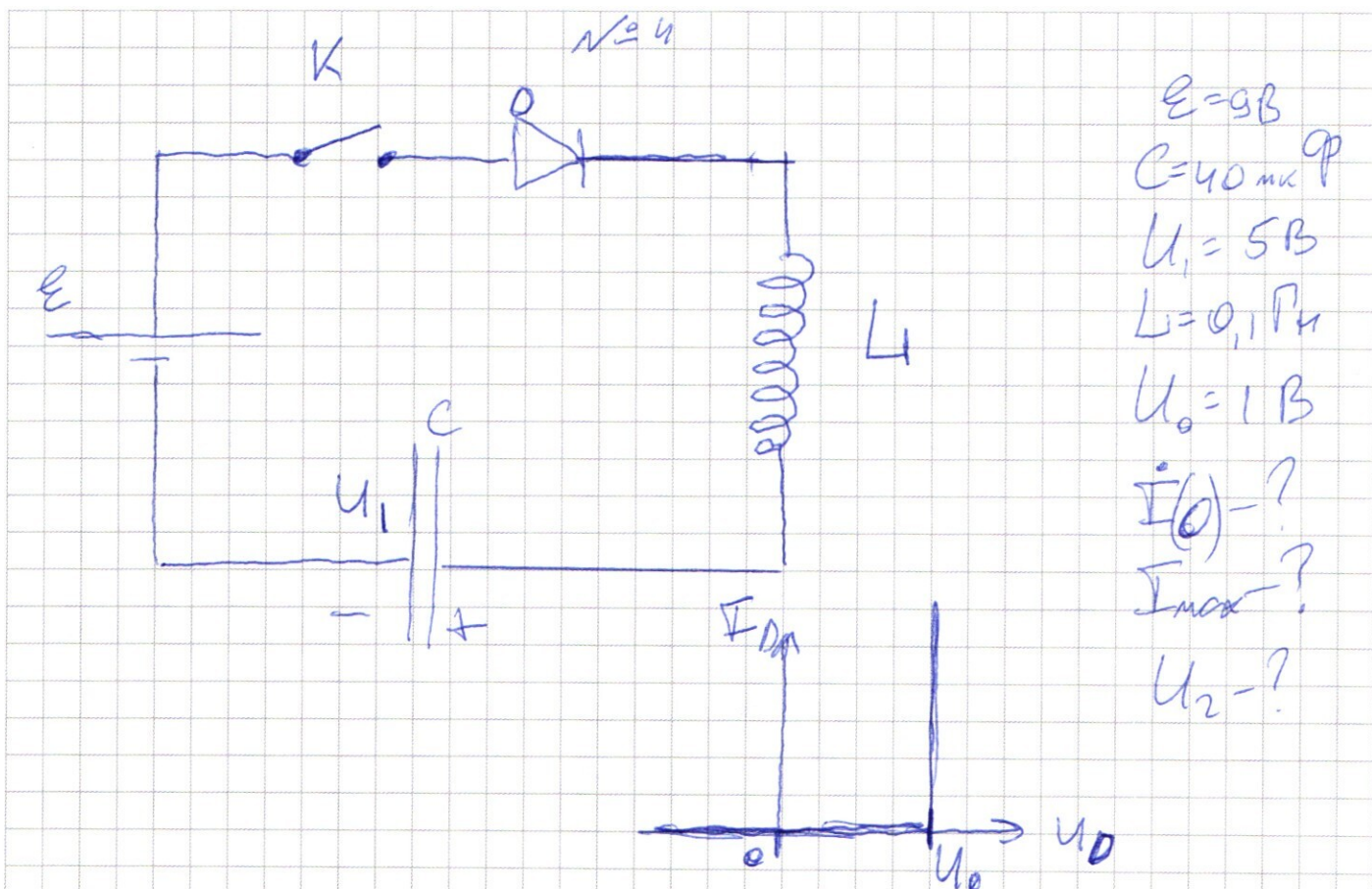
$$\eta_{\max} = \lim_{d \rightarrow \infty} \frac{d-1}{3+5d} = \lim_{d \rightarrow \infty} \frac{1 - \frac{1}{d}}{\frac{3}{d} + 5} =$$
$$= \frac{1}{5} \Rightarrow \boxed{\eta_{\max} = 0,2 = 20\%}$$



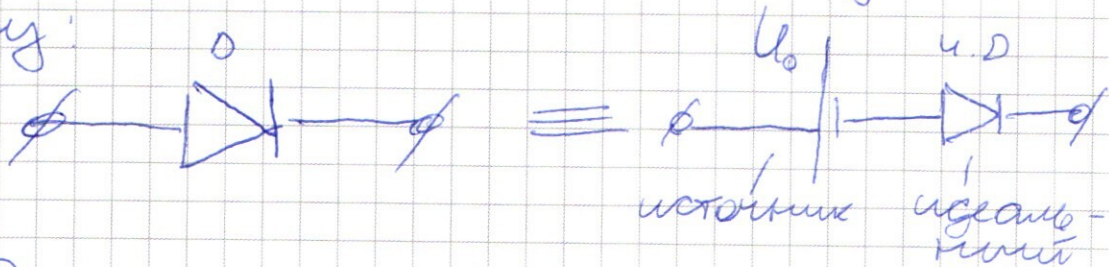
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

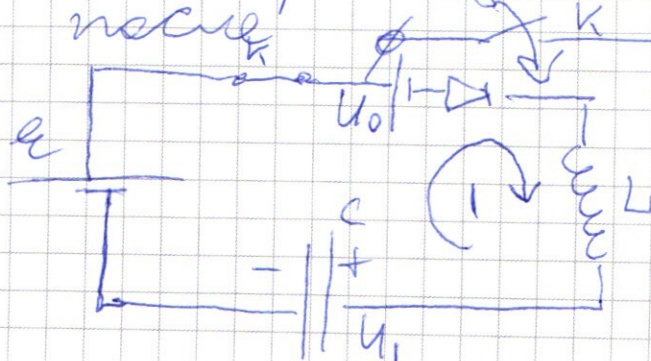
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Составить эквивалентную заме-
ну:



3) Рассмотрим цепь сразу ($t=0$)



заряд на конден-
саторе скач-
ком не изме-
няется
ток через катуш-
ку скачком не
изменяется

№ 4 (продолжение)

по 2-му 3-му Кирхгофа:

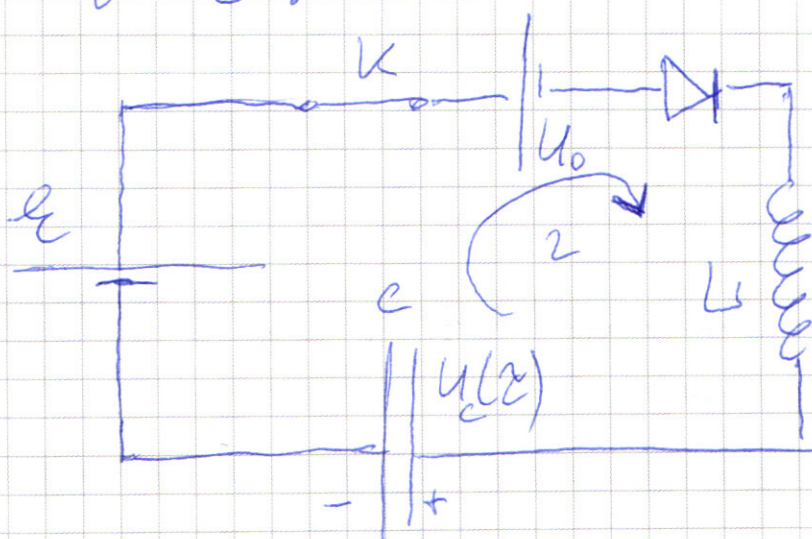
$$(1): \mathcal{E} - U_1 - U_0 = U_L(0)$$

$$\mathcal{E} - U_1 - U_0 = L I(0)$$

$$I(0) = \frac{\mathcal{E} - U_1 - U_0}{L} = \frac{9\text{В} - 5\text{В} - 1\text{В}}{0,1\text{Гн}} = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) Рассмотрим цепь, когда $I = I_{\text{max}}$
 $t = \tau$:

$$I = I_{\text{max}} \Rightarrow \dot{I}_L(t=0) \Rightarrow U_L(\tau) = 0$$



по 2-му 3-му Кирхгофа: $= 0$

$$\mathcal{E} - U_0 - U_C(\tau) = U_L(\tau)$$

$$U_C(\tau) = \mathcal{E} - U_0 = 9\text{В} - 1\text{В} = 8\text{В}$$

3) Запишем ЗС $\Rightarrow$ где идет от $t=0$ до $t = \tau$:

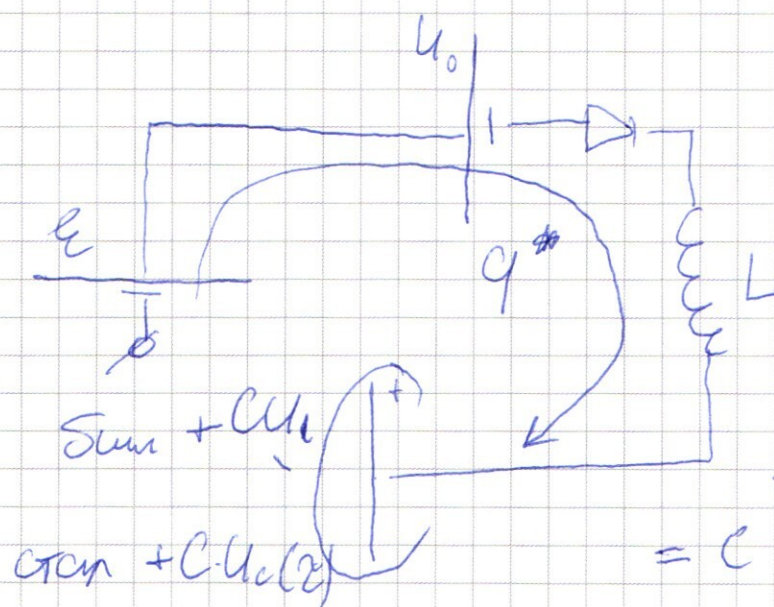
$$A_E + A_0 = \Delta W_C + \Delta W_L$$

СМОТРЕТЬ СЛЕДУЮЩИЙ ЛИСТ

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)

№ 4 (продолжение)



q_i^* — протекший заряд
от $t=0$ до $t=\tau$

$$q_i^* = C U_C(\tau) - C U_1 = \\ = C (U_C(\tau) - U_1) = \\ = C (E - U_0 - U_1)$$

$$\Delta W_E = + E \cdot q_i^* \quad \Delta W_{U_0} = - U_0 \cdot q_i^*$$

$$\Delta W_C = W_C(\tau) - W_C(0) = \frac{C \cdot U_C^2(\tau)}{2} - \\ - \frac{C \cdot U_1^2}{2} = \frac{C}{2} (U_C^2(\tau) - U_1^2)$$

$$\Delta W_L = W_L(\tau) - W_L(0) = \frac{L I_{max}^2}{2} - 0$$

подставим величины в ЗСЭ

$$E \cdot q_i^* - U_0 \cdot q_i^* = \frac{C}{2} (U_C^2(\tau) - U_1^2) + \frac{L I_{max}^2}{2}$$

$$q_i^* (E - U_0) = \frac{C}{2} (U_C^2(\tau) - U_1^2) + \frac{L I_{max}^2}{2}$$

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

$N=4$ (програмирование)

$$C(E-U_0)^2 - CU_1(E-U_0) = \\ = \frac{C}{2}(E-U_0)^2 - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2}$$

$$\frac{C(E-U_0)^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2} - CU_1(E-U_0) = \frac{LI_{max}^2}{2}$$

$$LI_{max}^2 = C(E-U_0)^2 + U_1^2 - 2U_1(E-U_0)$$

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

$$I_{max} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1} ((9-1)^2 + 5^2 - 2 \cdot 5(9-1))}$$

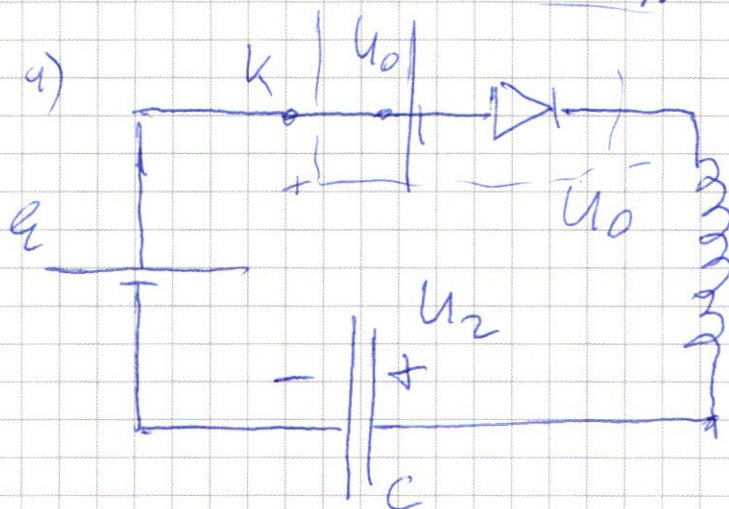
$$I_{max} = \sqrt{40 \cdot 10^{-5} (64 + 25 - 80)}$$

$$I_{max} = \sqrt{4 \cdot 10^{-4} \cdot 9} = 6 \cdot 10^{-2} A = 60 mA$$

4) Рассчитаем время, в установившемся режиме $t = t_{уст}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N=4 (продолжение)



Установка в режим $\rightarrow$

$$U_C = U_L = \text{const}$$

$$I_L = 0 \Rightarrow U_L = 0$$

Дугой замкнем.

$$E = U_0 + U_2$$

затем $t=0$ до $t=t_{\text{замк}}$

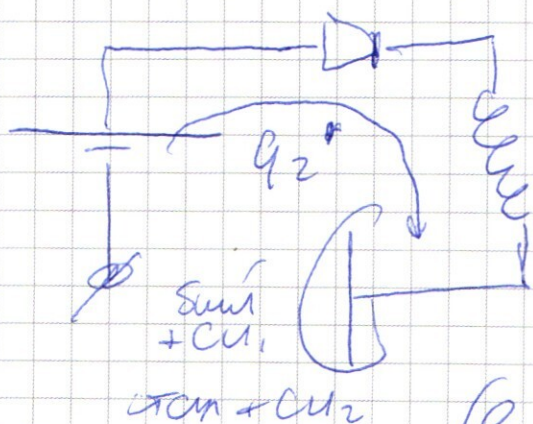
$$A_E + A_0 = \Delta W_C + \Delta W_L$$

$$q_2^* = C U_2 - C U_1 = C(U_2 - U_1)$$

$$A_E = q_2^* \cdot E$$

$$A_0 = -q_2^* \cdot U_0$$

дуга совершает работу по перемещению заряда от отриц.



$$q_2^* E - q_2^* U_0 = \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} + 0$$

$$(E - U_0) q_2^* = \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$C(E - U_0)(U_2 - U_1) = \frac{C}{2}(U_2^2 - U_1^2)$$

$$(E - U_0)(U_2 - U_1) = \frac{1}{2}(U_2 - U_1)(U_2 + U_1)$$

№4 (продолжение)

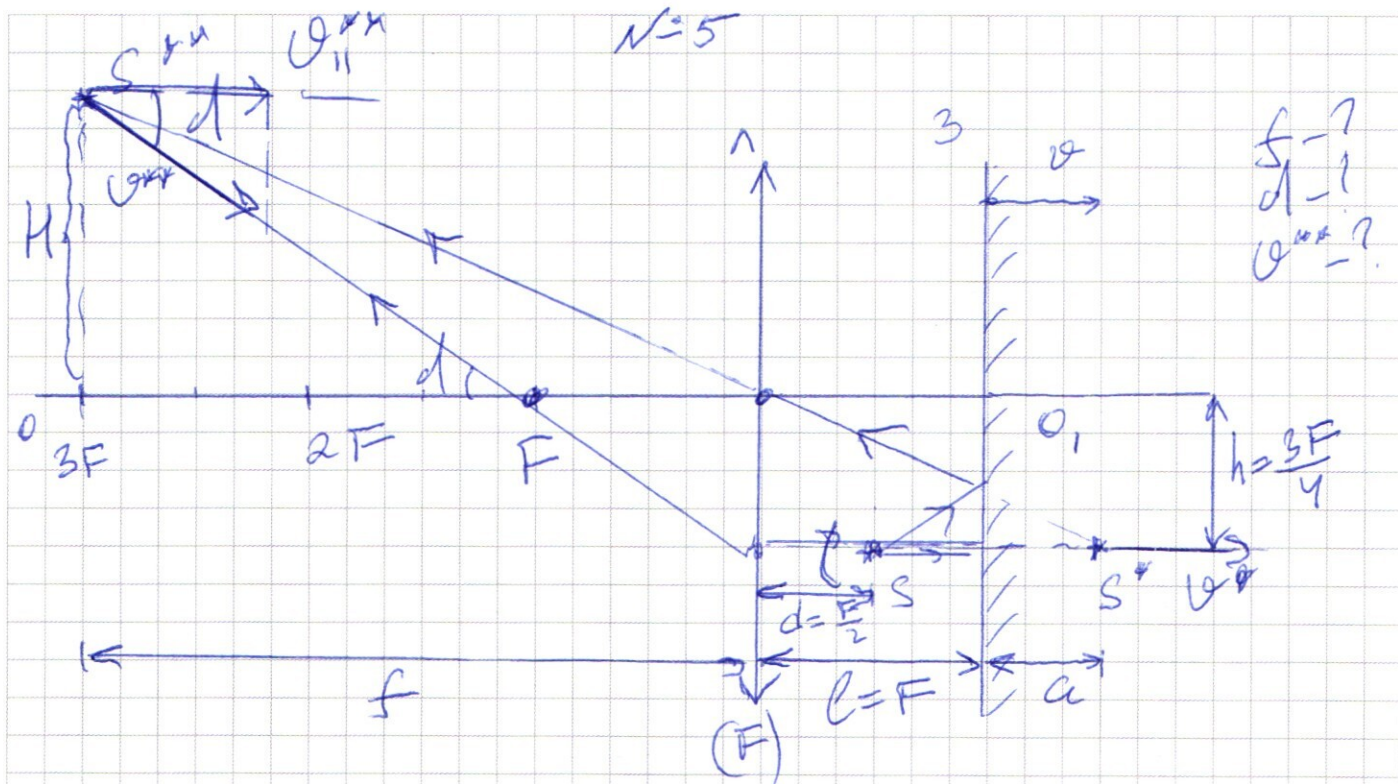
$U_2 = U_1$ - начальный ток, поступающий на вх. клем

$$U - U_0 = \frac{1}{2} (U_2 + U_1)$$

$$U_2 = 2(U - U_0) - U_1$$

$$U_2 = 2 \cdot (9 - 1) - 5 = 2 \cdot 8 - 5 = 11 \text{ В}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



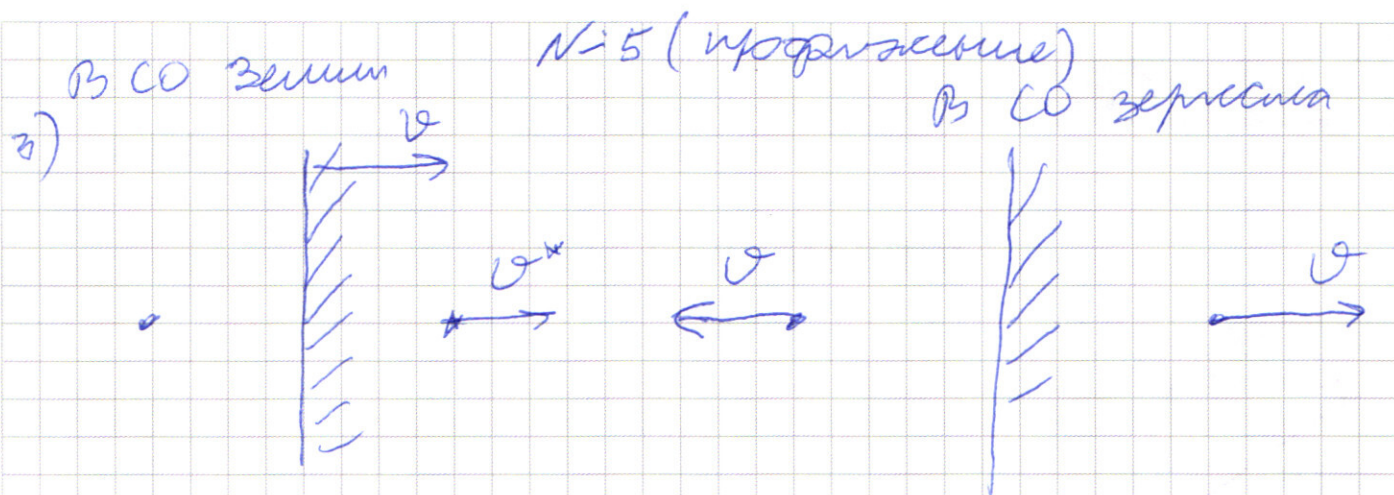
1) S^* - изображение действительного предмета S в зеркале $\Rightarrow a = l - d$
 $\Gamma_3 = 1$
 $= F - \frac{F}{2} - \frac{F}{2}$

2) S^* - действительный предмет для собирающей линзы $\Rightarrow S^*$ - его действительное изображение, т.к. $a + l > F$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a+l} + \frac{1}{f} \quad \left| \quad \frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{f} \right.$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{F}{2} + F} + \frac{1}{f} \quad \left| \quad \boxed{f = 3F} \right.$$

$$\Gamma_1 = \frac{f}{a+l} = \frac{3F}{\frac{3F}{2}} = 2$$



$$v^* = v + v = 2v$$

4) $\mu = \Gamma_{\text{погружения}} \cdot h = \Gamma_3 \cdot \Gamma_1 \cdot h = 1.2 \cdot h = 2h$
 $\mu = 2h$

$$\operatorname{tg} d = \frac{\mu}{f - F} = \frac{2h}{3F - F} = \frac{2 \cdot \frac{3F}{4}}{3F - F} = \frac{\frac{3F}{2}}{2F} = \frac{3}{4}$$

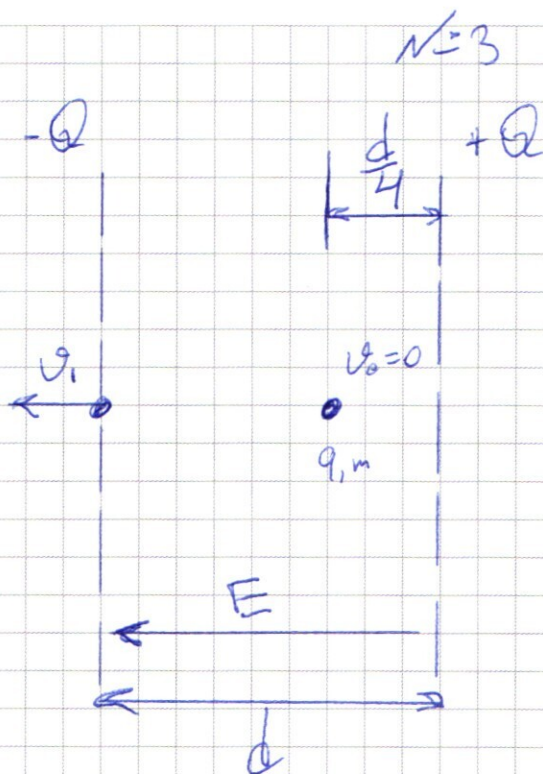
$$\boxed{d = \arctg \frac{3}{4}} \Rightarrow \cos d = \frac{4}{5}$$

5) $\mathcal{G}_{11}^* = \cancel{\Gamma_1^2 \cdot v^{**}}$ $\Gamma_1^2 \cdot v^{**} = \Gamma_1^2 \cdot v^* =$
 $= 4 \cdot v^*$

$$v^{**} = \frac{\mathcal{G}_{11}^*}{\cos d} = \frac{4 \cdot v^*}{\frac{4}{5}} = 5 v^*$$

$$\boxed{v^{**} = 5 \cdot 2v = 10v}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

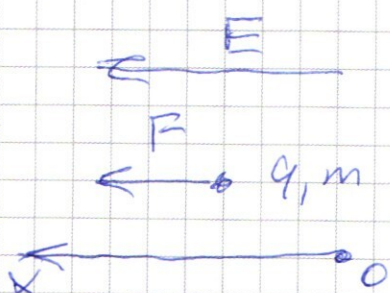


Даны
 S, d
 $\frac{q}{m} = ?$
 $v_1 = ?$
 $Q = ?$
 $v_2 = ?$

1) $d \ll \sqrt{S} \Rightarrow$ электростатическое поле внутри конденсатора можно считать однородным

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \quad \left(\text{т.к. } \vec{E} = \vec{E}_{+q} + \vec{E}_{-q} \right. \\ \left. |\vec{E}_{+q}| = |\vec{E}_{-q}| = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} \right)$$

2)



Равнодействующая сил, производящих изменение скорости

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\text{ок: } F = ma$$

$$Eq = ma$$

$a = \frac{q}{m} E = \text{const} \Rightarrow$ движение
из вершины параболы при p/y функци-
онно.

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

$$\frac{3d}{4} = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow a = \frac{3d}{2T^2}$$

$$U_1 = U_0 + aT = aT = \frac{3d}{2T^2} \cdot T = \frac{3d}{2T}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \frac{q}{m} E \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \frac{3d}{2T^2} \end{array} \right.$$

$$\frac{q}{m} E = \frac{3d}{2T^2}$$

$$\frac{q}{m} \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{3d}{2T^2}$$

$$Q = \frac{3d}{2T^2} \cdot \frac{m}{q} \epsilon_0 S = \frac{3d}{2T^2} \frac{\epsilon_0 S}{\gamma}$$

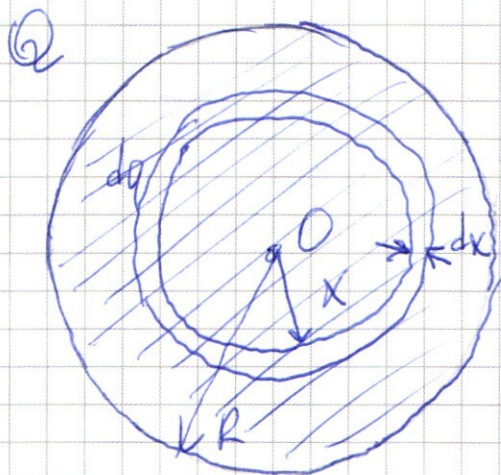
3) Рассчитать одну из пластин
конденсатора

СМОТРЕТЬ СЛЕДУЮЩИЙ ЛИСТ

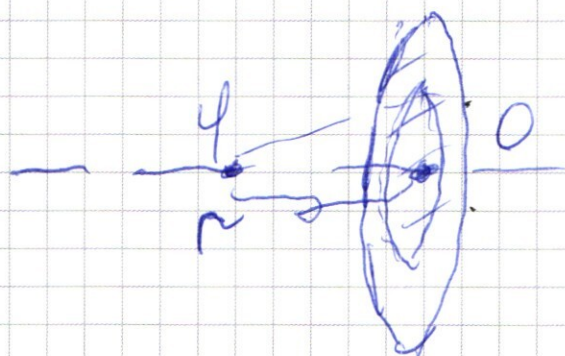
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N: 3 (продолжение)

Вид сверху



Вид сбоку



$$\frac{Q}{\pi R^2} = \frac{dq}{\pi x \cdot dx}$$

$$dq = x dx \cdot \frac{Q}{R^2}$$

$$\varphi_{\text{кольца}} = \sum d\varphi$$

$$\varphi_{\text{кольца}} = \sum \frac{k \cdot dq_k}{\sqrt{r^2 + x^2}}$$

$$\varphi_{\text{кольца}} = \frac{k \cdot q_k}{\sqrt{r^2 + x^2}}$$

$$\varphi_{\text{кольца}} = \frac{k \cdot dQ}{\sqrt{r^2 + x^2}}$$

$$q_k = dQ$$

$$\varphi_{\text{диска}} = \sum \varphi_{\text{кольца}}$$

$$\varphi_{\text{диска}} = \sum k \frac{dQ}{\sqrt{r^2 + x^2}}$$

СМОТРЕТЬ
СРЕДНИЙ
ЛИСТ

$N=3$ (пропорционально)

$$\varphi_{\text{гуска}} = k \cdot \sum \frac{x \cdot dx \cdot \frac{Q}{R^2}}{\sqrt{r^2 + x^2}}$$

$$\varphi_{\text{гуска}} = \frac{kQ}{R^2} \sum \frac{x \cdot dx}{\sqrt{r^2 + x^2}}$$

$$\varphi_{\text{гуска}} = \frac{kQ}{R^2} \sum \frac{dx}{\sqrt{\left(\frac{r}{x}\right)^2 + 1}}$$

На близком расстоянии ($r \ll R$)

$$\varphi_{\text{гуска}} = \frac{kQ}{R^2} \sum \frac{x \cdot dx}{\sqrt{r^2 + x^2}}$$

$$\varphi_{\text{гуска}} = \frac{kQ}{R^2} \cdot \sum dx = \frac{kQ}{R}$$

при $r \gg R$

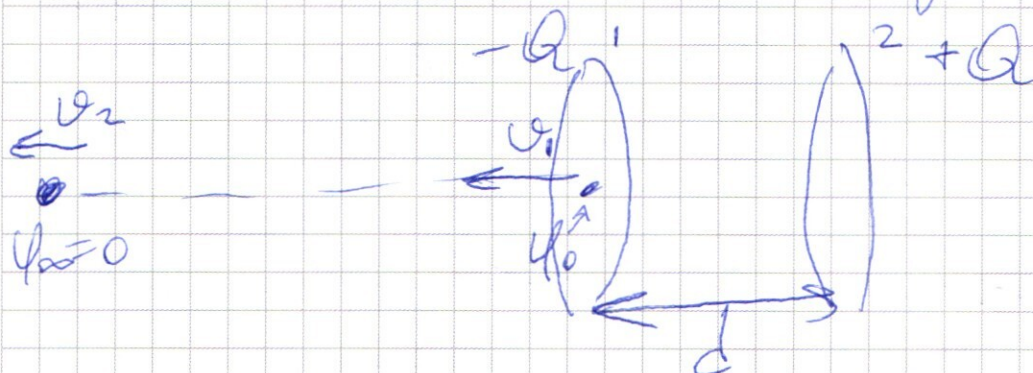
$$\varphi_{\text{гуска}} = \frac{kQ}{R^2} \sum \frac{x \cdot dx}{\sqrt{r^2 + x^2}}$$

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{гуска}} &= \frac{kQ}{R^2} \sum \frac{x \cdot dx}{r} = \\ &= \frac{kQ}{R^2} \cdot \frac{1}{r} \int_0^R = \frac{kQ}{R^2} \frac{1}{r} \left(\frac{R^2}{2} - 0 \right) = \\ &= \frac{kQ}{2R} \end{aligned}$$

СМОТРЕТЬ СЛЕДУЮЩИЙ
ЛИСТ

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 (продолжение)



Возьмем ЗСЭ от частицы от источника, когда она только покинула источник, от частицы, когда она оказалась на ∞ :

$$q \cdot \varphi_0 = \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + 0$$

$$\varphi_0 = \varphi_1 + \varphi_2$$

$$\varphi_2 = \varphi_{\text{гуски}}(d) = \frac{kQ}{R^2} \int_0^R \frac{x dx}{\sqrt{d^2 + x^2}}$$

$$\varphi_1 = -\frac{kQ}{R} = \varphi_{\text{гуски}}(0)$$

$$\varphi_0 = \frac{kQ}{R} \left(\frac{1}{R} \int_0^R \frac{x dx}{\sqrt{d^2 + x^2}} - 1 \right)$$

$$U_2 = \sqrt{U_1^2 + \frac{2q\varphi_0}{m}}$$

$$U_2 = \sqrt{U_1^2 + 2\gamma\varphi_0}$$

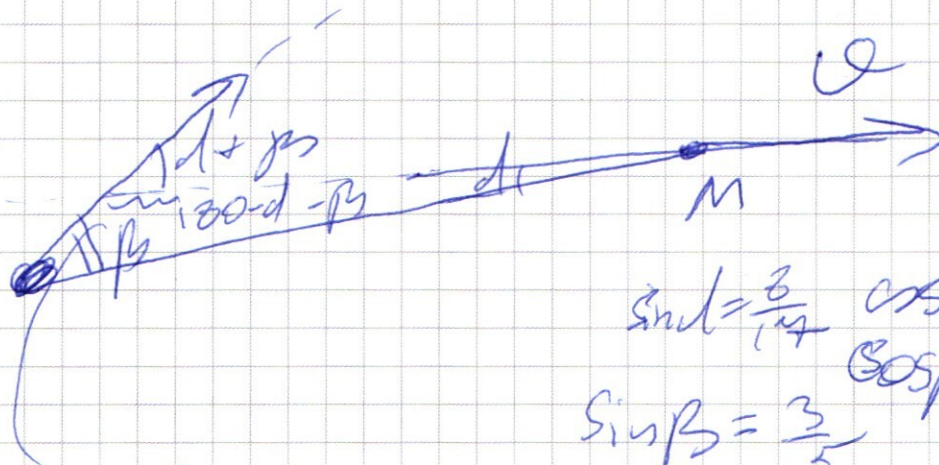
$$U_2 = \sqrt{\frac{9d^2}{4T^2} + 2\gamma \frac{kQ}{R} \left(\frac{1}{R} \int_0^R \frac{x dx}{\sqrt{x^2 + d^2}} \right)}$$

$$S = \pi R^2 \Rightarrow R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$$U_2 = \sqrt{\frac{9d^2}{4T^2} + 2\gamma \frac{kQ}{\sqrt{\frac{S}{\pi}}} \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{S}{\pi}}} \int_0^{\sqrt{\frac{S}{\pi}}} \frac{x dx}{\sqrt{x^2 + d^2}} \right)}$$

$$U_2 = \sqrt{\frac{9d^2}{4T^2} + 2\gamma \frac{kQ}{\sqrt{\frac{S}{\pi}}} \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{S}{\pi}}} \int_0^{\sqrt{\frac{S}{\pi}}} \frac{x dx}{\sqrt{x^2 + d^2}} \right)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\sin \alpha = \frac{3}{17} \quad \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\sin \beta = \frac{3}{5} \quad \cos \beta = \frac{4}{5}$$

$$\begin{array}{r} \times 68 \\ 68 \\ \hline 544 \\ 408 \\ \hline 4624 \end{array}$$

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

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

$$= \frac{60 - 9}{17 \cdot 5} = \frac{51}{85}$$

$$\begin{array}{r} \times 45 \\ 45 \\ \hline 345 \\ 525 \\ \hline 5625 \end{array}$$

$$u_{\text{отн}}^2 = u^2 + v^2 - 2uv \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

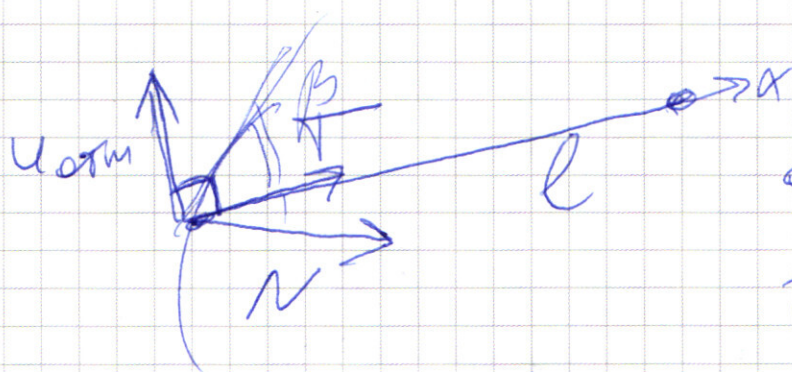
$$u_{\text{отн}}^2 = 45^2 + 68^2 - 2 \cdot 45 \cdot 68 \cdot \frac{51}{85}$$

$$u_{\text{отн}}^2 = 45^2 + 68^2 - \frac{2 \cdot 15 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 4 \cdot 36}{17 \cdot 5}$$

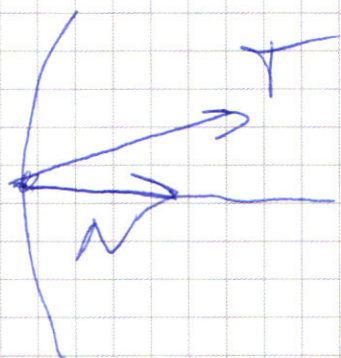
$$u_{\text{отн}}^2 = 45^2 + 68^2 - 60 \cdot 42$$

$$\begin{array}{r} 45^2 \\ 2025 \\ \hline 68^2 \\ 4624 \\ \hline 6649 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 60 \cdot 42 \\ 2520 \\ \hline 6649 - 2520 \\ 4129 \end{array}$$



$$ок: T + N \cos(90 - \beta) = m \frac{v_{\text{норм}}^2}{R}$$



$$v_{\text{норм}} = 77$$

$$5625 + 4624 - 4320 = \frac{m \omega^2}{2}$$

$$= 5625 + 304 =$$

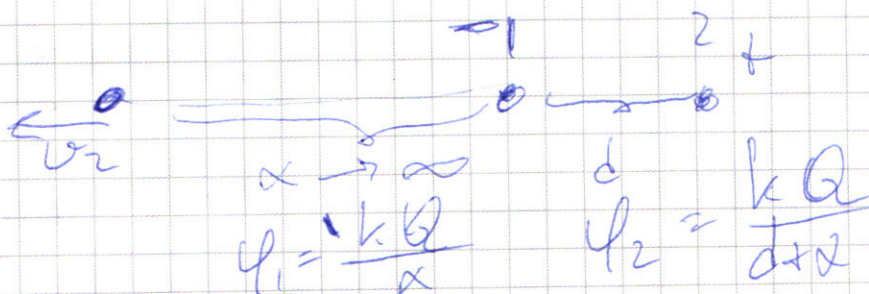
$$= 5929$$

$$15219$$

$$\frac{m(g+dv)^2}{2} - \frac{m \omega^2}{2} = -\frac{kQq}{x^2} d \cdot q$$

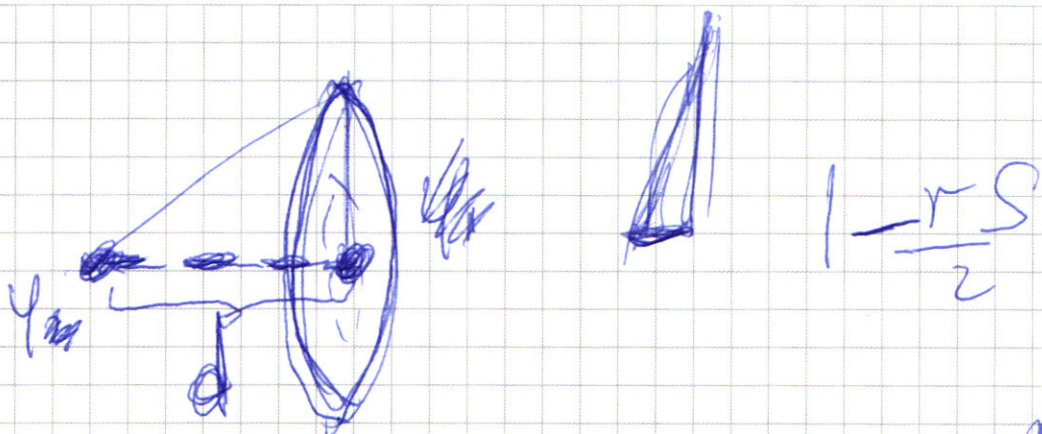
$$16 \cdot 10^{-3} = 0,016$$

$$\begin{array}{r} 77 \\ \times 77 \\ \hline 539 \\ 539 \\ \hline 5929 \end{array}$$



$$U_1 + U_2 = \frac{kQ}{d+x} - \frac{kQ}{x} = \frac{kQd}{x^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{kQ}{r^2} \left(\sum \frac{k dx}{\sqrt{r^2 + x^2}} \right)$$

$$r = d$$

$$\frac{kQ}{r^2} \frac{dx}{\sqrt{\left(\frac{r}{x}\right)^2 + 1}} = \frac{kQ}{r^2} \frac{dx}{1 + \frac{r^2}{x^2}}$$

$$\begin{aligned} \varphi_k &= \frac{kQ}{r^2} - \frac{kQ}{r^2} \sum \frac{x dx}{\sqrt{r^2 + x^2}} \\ &= \frac{kQ}{r^2} = \sum \frac{R \sqrt{r^2 + x^2} - x dx}{R x - x dx} \end{aligned}$$

