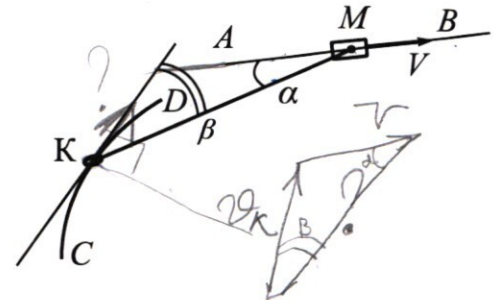


Олимпиада «Физтех» по физике, Вариант 11-01

Класс 11

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

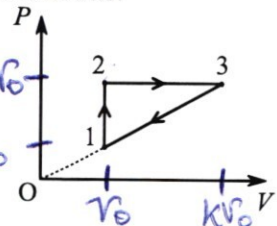
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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

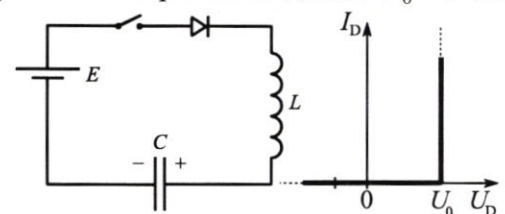
$$\frac{q}{m} = \gamma.$$

- 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.

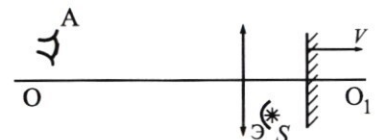
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

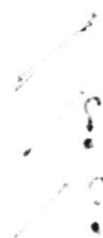
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.



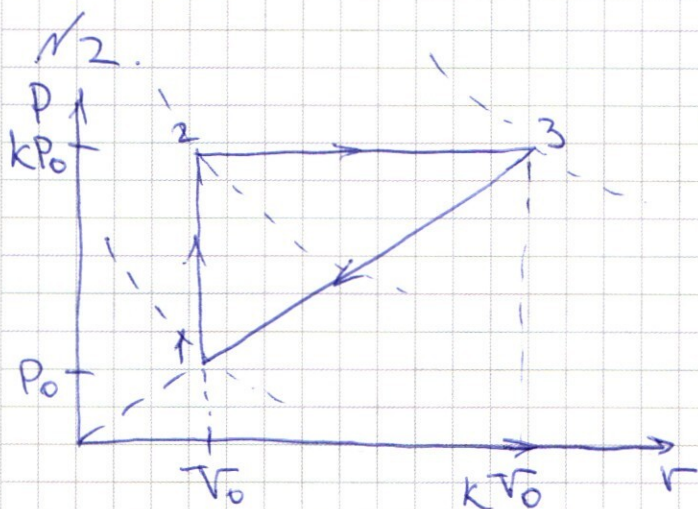
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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



т.к. точки 1 и 3
лежат на одной прямой
то пусть начальное
давление и объем в Т.1
были P_0, V_0 тогда в
Т.3 пусть это стало
 kP_0, kV_0 (с одинаковым
коэфф. т.к. на одной прямой)

Повышение температуры
пропорционально увеличению
1-2 и 2-3. Решим
~~задачу~~ 3-й термодинамики

$$1-2: Q_+ = \Delta U + A \rightarrow 0$$

$$\chi C_{12} \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \chi R \Delta T_{12}$$

$$C_{12} = \frac{3}{2} R$$

$$2-3: Q_+ = \Delta U + A$$

$$\chi C_{23} \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \chi R \Delta T_{23} + P_2 (V_3 - V_2)$$

$$\chi C_{23} \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \chi R \Delta T_{23} + \chi R (T_3 - T_2)$$

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

т.е. $\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$

Решим ~~задачу~~ 3-й термодинамики для
подобного цикла 2-3:

$$Q_+ = \Delta U + A = \frac{3}{2} \chi R \Delta T_{23} + P_2 (V_3 - V_2) =$$

$$= \frac{3}{2} \chi R \Delta T_{23} + \chi R \Delta T_{23} = \frac{5}{2} \chi R \Delta T_{23}$$

При этом работа $A = P_2 (V_3 - V_2) = \chi R \Delta T_{23}$

т.е. $\frac{Q_+}{A} = \frac{\frac{5}{2} \chi R \Delta T_{23}}{\chi R \Delta T_{23}} = \frac{5}{2}$

Решим, что такое КПД на графиках

всю цикла: $\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{\frac{1}{2} (P_2 - P_1) (V_3 - V_1)}{Q_{12} + Q_{23}} =$

$$= \frac{\frac{1}{2} (kP_0 - P_0) (kV_0 - V_0)}{\frac{3}{2} \chi R \Delta T_{12} + \frac{5}{2} \chi R \Delta T_{23}} = \frac{\frac{1}{2} (k-1)^2 V_0 P_0}{\frac{3}{2} V_0 (kP_0 - P_0) + \frac{5}{2} k P_0 (kV_0 - V_0)} =$$

$$= \frac{\frac{1}{2}(k-1)^2 \rho_0 v_0}{\frac{3}{2} \rho_0 v_0 (k-1) + \frac{5}{2} \rho_0 v_0 (k-1)k} = \frac{(k-1)^2}{(k-1)(3+5k)} = \frac{k-1}{5k+3} \text{ (E)}$$

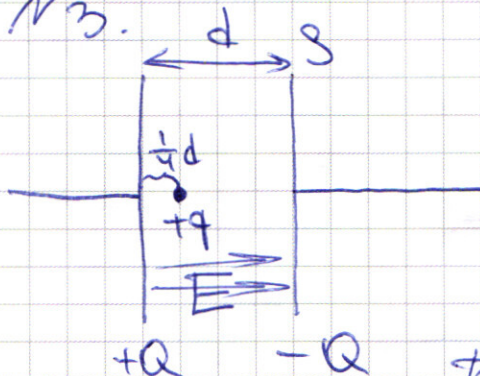
Изменим произвольно $\left(\frac{k-1}{5k+3}\right)' = \frac{5k+3-5(k-1)}{(5k+3)^2}$

$$\textcircled{E} \quad \frac{k-1}{5k+3} = \frac{\frac{1}{5}(5k+3) - 1\frac{3}{5}}{5k+3} = \frac{1}{25} - \frac{8}{5(5k+3)}$$

т.е. $\max \eta = \frac{1}{5} = 20\%$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$ 2) $\frac{5}{2}$ 3) 20%

Рз.



Напряженность поля внутри конденсатора

$$E = \chi \cdot \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{S \epsilon_0}$$

направлено от положительной обкладки конденсатора

Таким образом, положительная частица +q начнет двигаться в направлении к отрицательно заряженной обкладке, т.е. пройдет $\frac{3}{4}d$ за время T со средней скоростью $v = \frac{v_k + v_0}{2} \cdot t$

$$\frac{3}{4}d = \frac{v_k}{2} \cdot T \Rightarrow v_k = \frac{\chi}{T} \cdot \frac{3}{4}d =$$

$$= \boxed{\frac{3d}{2T}}$$

На частицу будет действовать поле $E = \frac{Q}{S \epsilon_0}$ от обкладок конденсатора, т.е.

$$E \cdot q = ma \quad \frac{Q}{S \epsilon_0} \cdot \frac{q}{m} = a \quad \frac{Q}{2S \epsilon_0} \cdot \chi = a \quad (1)$$

Ускорение a мы можем узнать

$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$ или начало координат выбрать в точке начала движения

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

$$a = \frac{\chi}{T^2} \cdot \frac{3}{4}d = \frac{3d}{2T^2} \quad (2)$$

Сравниваем a из (1) и (2): $\frac{Q \chi}{2S \epsilon_0} = \frac{3d}{2T^2} \Rightarrow$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q = \frac{3d}{2T^2} \cdot \frac{\epsilon_0 S}{\chi} = \boxed{\frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2 \chi}}$$

Ответ: 1) $\frac{3d}{2T}$

Запишем потенциальную энергию в начале и когда заряд улетит на бесконечность тоже запишем энергию. Они должны быть равны по закону сохранения энергии. Пусть Π — энергия взаимодействия ~~частиц~~ пластинок.

$$\Pi + E_{+q \cdot S_1 \cdot q} + E_{-q \cdot S_2 \cdot q} = \Pi + \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{Q}{2S\epsilon_0} \cdot \frac{1}{4}d \cdot q + \frac{Q}{2S\epsilon_0} \cdot \frac{3}{4}d \cdot q = \frac{mv^2}{2}$$

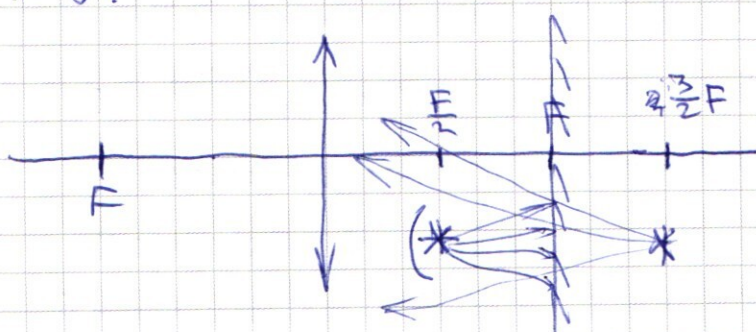
$$\frac{Qqd}{2S\epsilon_0} \left(\frac{3}{4} - \frac{1}{4} \right) = \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{Qd}{S\epsilon_0} \cdot \frac{1}{2} = v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{Qd}{2S\epsilon_0}}$$

$$= \sqrt{\frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2 \chi} \cdot \frac{d}{2S\epsilon_0}} = \sqrt{\frac{3d^2}{4T^2}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{d}{T}$$

Ответ: 1) $\frac{3d}{2T}$ 2) $\frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2 \chi}$ 3) $\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{d}{T}$

✓ 5.



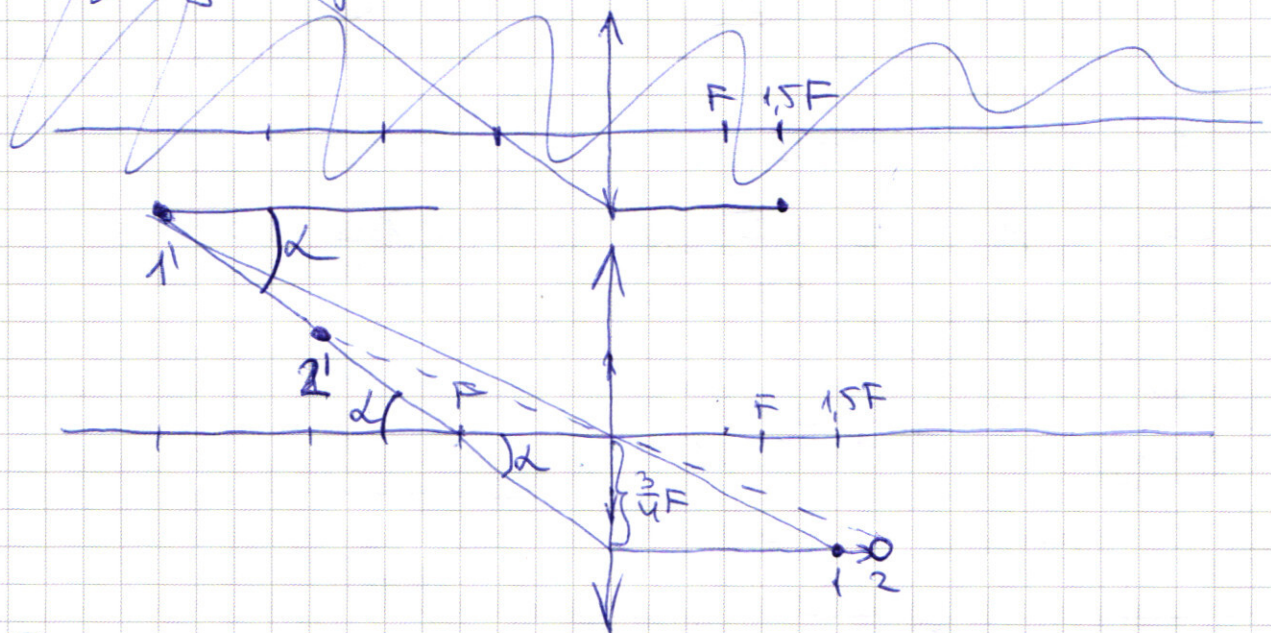
источник находится
в зеркале и оказыва-
ется на расстоянии
 $\frac{3}{2}F$ от линзы
поэтому по формуле
тонкой линзы
 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$

$$\frac{1}{1,5F} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{1}{1,5F} = \frac{1,5}{1,5F} - \frac{1}{1,5F} = \frac{0,5}{1,5F}$$

т.е. $b = \boxed{3F}$

Если зеркало движется со скоростью V , то изображение в зеркале со скоростью $2V = v$, т.е. скорость движения источника и изображения v_2'' тогда $\frac{v_2''}{v_1} = k^2 = \left(\frac{b}{a}\right)^2 = \left(\frac{3F}{\frac{3}{2}F}\right)^2 = 2^2 = 4$ т.е. $v_2'' = 4v_1 = 8V$

~~Положим скорость движения зеркал. изображения перпендикулярно оси OO' это $2v_1$~~



Заметим, что при малом перемещении "источника" из $1 \rightarrow 2$, изображение перемещается из $1' \rightarrow 2'$ по прямой, проходящей через фокус (от "источника" параллельный луч собирается изм. через фокус) т.е. Если мы будем двигать "источник" горизонтально, то эта линия всегда будет одной, т.е. по ней будет двигаться

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

изображение $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3F}{F} = \frac{3}{4}$
таким образом, можно указать полную
скорость



$$\cos \alpha = \frac{8V}{v_2}$$

$$v_2 = \frac{8V}{\cos \alpha}$$

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

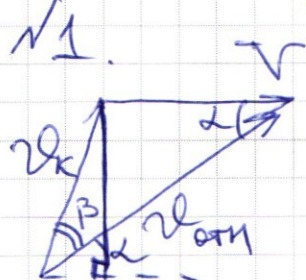
$$\frac{9}{16} + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \quad \frac{25}{16} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{16}{25} = \frac{4}{5}$$

$$\text{т. е. } v_2 = \frac{8V}{\frac{4}{5}} = 5 \cdot 2V = 10V$$

Ответ: 1) $3F$ 2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$ 3) $10V$

№1.



$$V = 68 \text{ см/с}$$

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

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

т.к. мы не знаем
полную скорость
изобразим т.к.
скоростей

по т. синусов в этом т.к.

$$\frac{V}{\sin \beta} = \frac{v_k}{\sin \alpha}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \sqrt{\frac{64}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\text{т. е. } v_k = \frac{V \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{V \cdot \frac{8}{17}}{\frac{3}{5}} = \frac{8V \cdot 5}{17 \cdot 3} = \frac{40V}{51}$$

$$= \frac{40 \cdot 68}{51} = \frac{160}{3} \text{ см/с} = 53 \frac{1}{3} \text{ см/с}$$

$v_{отн}$ можно найти по т. косинусов в этом треугольнике

$$\sin(180 - (\alpha + \beta)) = \sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta =$$

$$= \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} + \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{8 \cdot 4 + 15 \cdot 3}{17 \cdot 5} = \frac{77}{85}$$

$$v_{отн} = \sqrt{v^2 + \frac{40^2}{51^2} v^2 - 2v \cdot v \cdot \frac{40^2}{51} \cdot \frac{77}{85}} =$$

$$= \sqrt{v^2 \left(1 + \frac{40^2}{51^2} - \frac{2 \cdot 40 \cdot 77}{51 \cdot 85} \right)} =$$

$$= \sqrt{v^2 \left(1 + \frac{40^2 \cdot 15}{17^2 \cdot 3 \cdot 3} - \frac{2 \cdot 40 \cdot 77 \cdot 13}{17 \cdot 3 \cdot 17 \cdot 5} \right)} =$$

$$= \sqrt{v^2 \frac{17 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 17 \cdot 8 + 40 \cdot 40 \cdot 8 - 2 \cdot 3 \cdot 40 \cdot 77}{17^2 \cdot 3^2 \cdot 8}} =$$

$$= \frac{v}{3 \cdot 17} \sqrt{17^2 \cdot 3^2 + 40 \cdot 40 - 2 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 77}$$

$$= \frac{v}{3 \cdot 17} \sqrt{505} = \frac{4}{17 \cdot 3} \sqrt{505}$$

Ответ: 1) $\frac{40v}{51} = \frac{160}{3} \text{ см/с} = 53\frac{1}{3} \text{ см/с}$

2) $\frac{v}{3 \cdot 17} \sqrt{505} = \frac{4}{3} \sqrt{505} \text{ см/с}$

14.

~~В начальный момент времени фараон~~
~~находился в лодке на реке. Заметил з-н~~

Киртара: $E + L \dot{I} = \frac{g}{L} + U_0$

$\dot{I}$ — и есть скорость возрастания тока
после замыкания ключа

$$\dot{I} = \frac{\frac{g}{L} - E + U_0}{L} = \frac{U_1 - E + U_0}{L} = \frac{5 - 9 + 1}{0,1} = \frac{-3}{0,1} = -30$$

т. е. скорость возрастания 30 (знак означает
спад или, наоборот, возрастание)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Запишем закон Кирхгофа по второму
закону цепи:

$$\mathcal{E} + L \dot{I} = U + U_0$$

Когда ток будет максимальным, $\dot{I} = 0$
т.е. $\mathcal{E} = U + U_0$

В установившемся режиме $L \dot{I} = 0$

$$\mathcal{E} = U_2 + U_0 \Rightarrow U_2 = \mathcal{E} - U_0 = 9\text{В} - 1\text{В} = \boxed{8\text{В}}$$

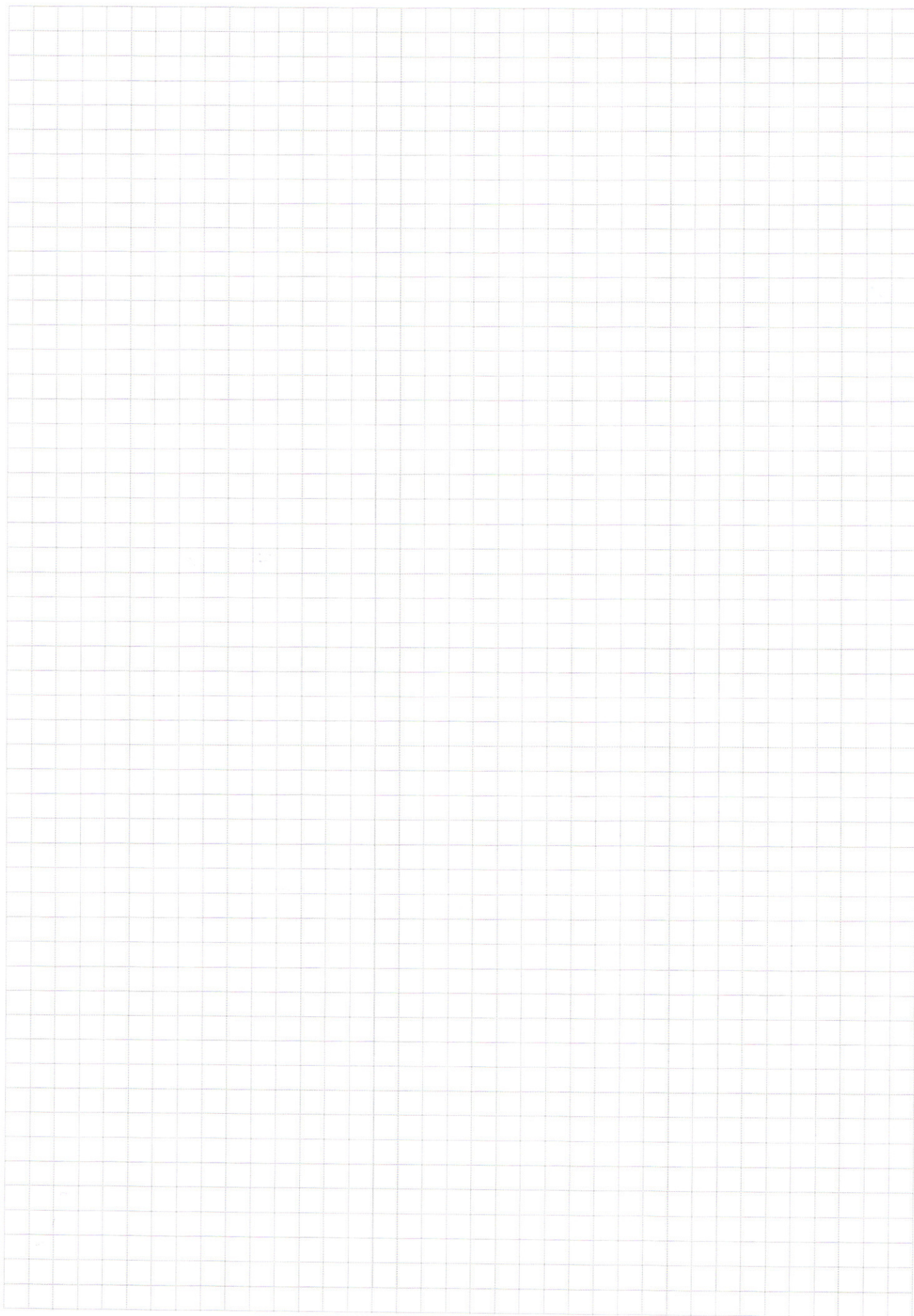
✓ 1. Прохождение
т.к. кольцо движется по окружности,
то $a_{\text{ус}} = \frac{v^2}{R}$

$$m a_{\text{ус}} = T \sin \beta$$

$$T = \frac{m a_{\text{ус}}}{\sin \beta} = \frac{m v^2}{R \sin \beta} = \frac{m 40^2 v^2}{51^2 \cdot R \sin \beta} =$$

$$= \frac{0,1 \cdot 40^2 \cdot 68^2}{10000 \cdot 1,9 \cdot \frac{3}{5}}$$

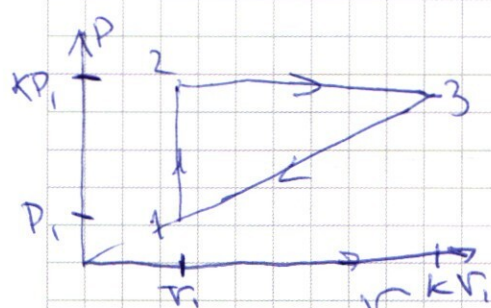
т.к. v^2 дано в см



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



a) 1-2: $Q_+ = \Delta U$
 $\cancel{X C_{V,AT}} = \frac{3}{2} \cancel{X R_{AT}}$

$$2-3: Q_+ = \Delta U + A$$

$$\cancel{X C_p \Delta T} = \frac{3}{2} \cancel{X R \Delta T} + P (V_3 - V_1)$$

$$Q = \frac{3}{2} R \Delta T + R \Delta T \quad C_D = \frac{3}{2} R + R = \frac{5}{2} R \quad \times R (T_3 - T_2)$$

$$\frac{C_T}{C_P} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{3}{5}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{\frac{5}{2} V_{R \& T}}{V_{R \& T}} = \frac{5}{2}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T} = \frac{3}{2} \sqrt{P_1 - P_2}$$

$$b) \eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{(P_1 - P_2)(T_1 - T_2)}{3.4 \times 10^4 \text{ J}}$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \sqrt{R \Delta T} = \frac{5}{2} \sqrt{P_3 - P_2}$$

$$h = \frac{A}{Q_+} = \frac{(K\tilde{V}_1 - V_1)(K\tilde{P}_1 - P_1)^{\frac{1}{2}}}{\frac{3}{2}V_1(K\tilde{P}_1 - P_1) + \frac{5}{2}(K\tilde{V}_1 - V_1)KP}$$

$$100 = \frac{(k-1) \cancel{V_1} (k-1) \cancel{P_1} \frac{1}{2}}{\frac{3}{2}(k-1) \cancel{V_1} \cancel{P_1} + \frac{5}{2}(k-1) \cancel{V_1} \cancel{P_1} k} = \frac{(k-1)^2}{3(k-1) + 5k(k-1)}$$

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

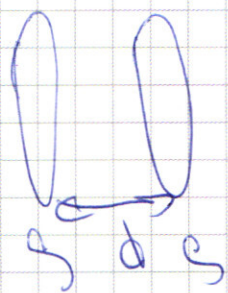
$$= \frac{1}{5} \left(\frac{(k-1)^2}{(k-1)(5k+3)} - \frac{\frac{1}{5}(k-1)}{(k-1)(5k+3)} \right) \quad \left(\frac{u}{v} \right)' = \frac{u'v - v'u}{v^2}$$

$$\frac{\frac{1}{5(k+3)} - \cancel{\frac{1}{5}} \frac{1}{5}}{5k+3} = \frac{1}{5} - \frac{1}{5}$$

$$K_q \cdot \frac{V_2}{p} = F$$

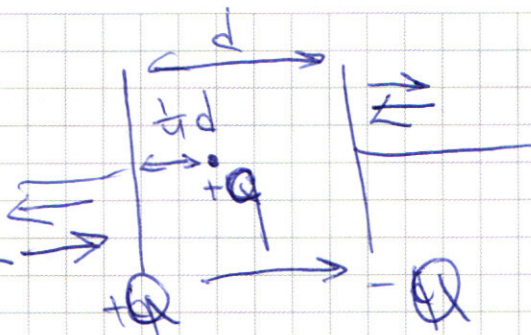
$$p_{h, \frac{1}{2}} = E_{\frac{1}{2}} \left(\frac{K_{\text{avg}}}{r} \right)$$

A hand-drawn diagram of a simple circuit on grid paper. It consists of a battery symbol (two cells) on the left, connected by a wire to a switch symbol in the middle, which is then connected to a light bulb symbol on the right. The circuit is completed by a wire connecting the bulb back to the battery.



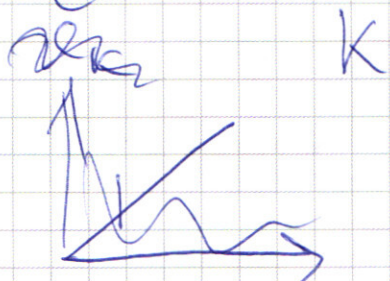
$$U = Ed$$

$$k \frac{q \cdot q}{r}$$



$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

время $\frac{3}{4}d$ за T через T движется
 $v_{\text{до}} = 0$
 $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{S\epsilon_0}$



$$Eq = ma$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot x = a$$

$$S = \frac{v_k + v_{\text{н}}}{2} \cdot T$$

$$\frac{3}{4}d = \frac{v_k}{2} T$$

$$v_k = \frac{2 \cdot 3}{T \cdot 4} d = \frac{3d}{2T}$$

$$\frac{v_k^2}{2a} = \frac{3d}{4}$$

$$a = \frac{v_k^2 \cdot 4}{6d} = \frac{3d}{4T^2} \cdot \frac{4}{2 \cdot 3 \cdot d} = \frac{3d}{2T^2}$$

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

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

$$\frac{at^2}{2} = \frac{3}{4}d$$

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

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

$$\left\{ \begin{aligned} p \frac{\partial}{\partial x} + \frac{1}{4} m \frac{\partial^2}{\partial x^2} &= \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{m}{B} \right\} \\ \frac{\partial}{\partial x} &= p \frac{\partial}{\partial x} \cdot \frac{\partial}{\partial x} - p \frac{\partial}{\partial x} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \end{aligned} \right.$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten work on graph paper showing physics calculations and diagrams.

Top Left Diagram: Two vertical parallel plates. The left plate is labeled $+Q$ and the right plate is labeled $-Q$. A point charge q is located between them at a distance $\frac{1}{4}d$ from the left plate.

Top Right Equations:

$$\frac{Q}{2\epsilon_0} \cdot \frac{1}{4}d \cdot q - \frac{Q}{2\epsilon_0} \cdot \frac{3}{4}d \cdot q =$$

$$= \frac{Q}{2\epsilon_0} \cdot d \cdot q + \frac{mv^2}{2}$$

Middle Left Diagram: A vector diagram showing a particle's trajectory. A horizontal line represents the initial path. A curved arrow indicates a deflection. A point on the trajectory is labeled $1.5 \frac{Qd}{\epsilon_0}$. Below it, $\frac{v^2}{2} = v^2$ is written.

Middle Right Equations:

$$\frac{Q}{2\epsilon_0} d q \left(\frac{1}{4} - \frac{3}{4} \right) = \frac{mv^2}{2}$$

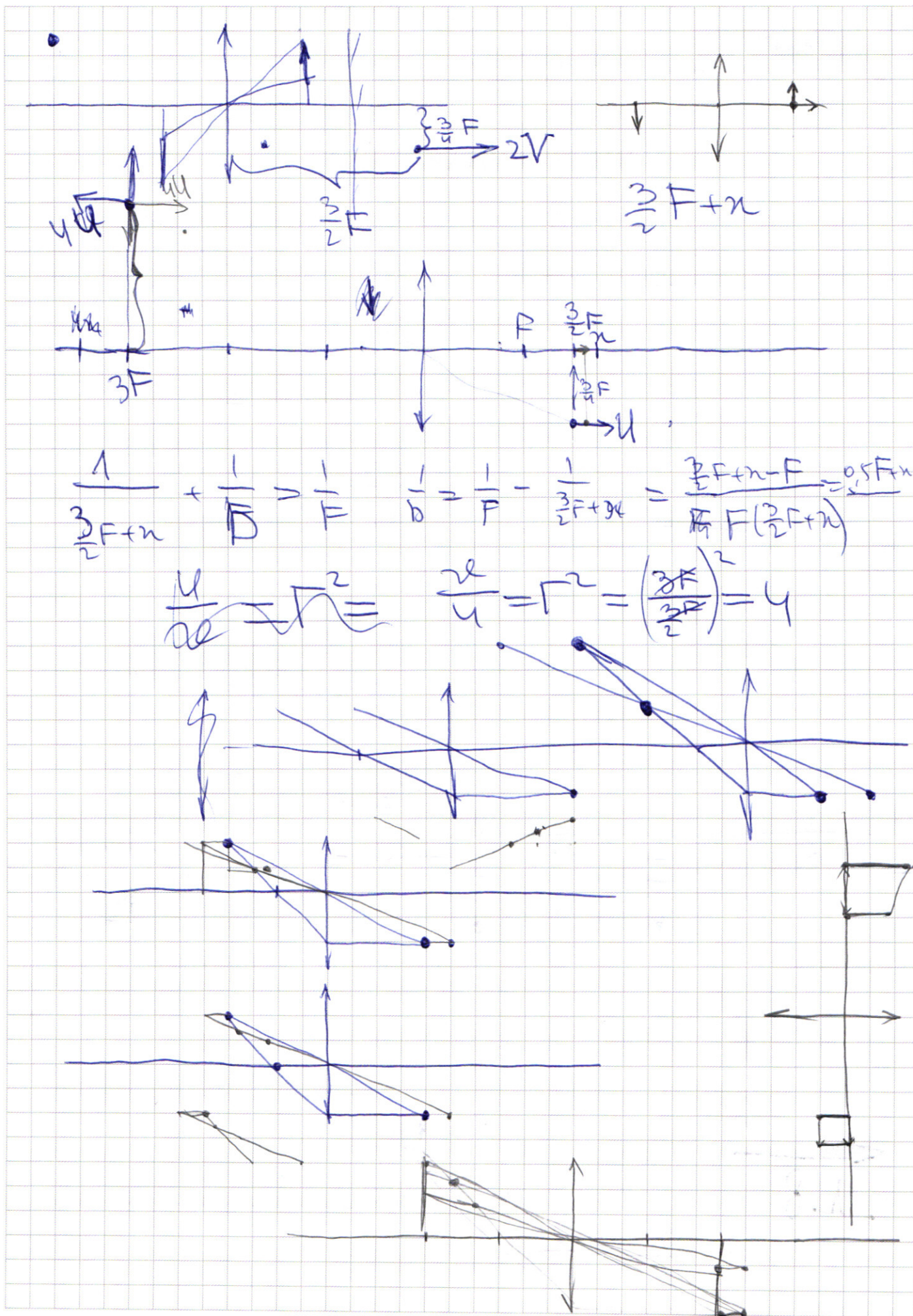
$$1.5 \frac{Qd}{\epsilon_0} = v^2$$

$$\frac{v_k - v_n}{t} = a$$

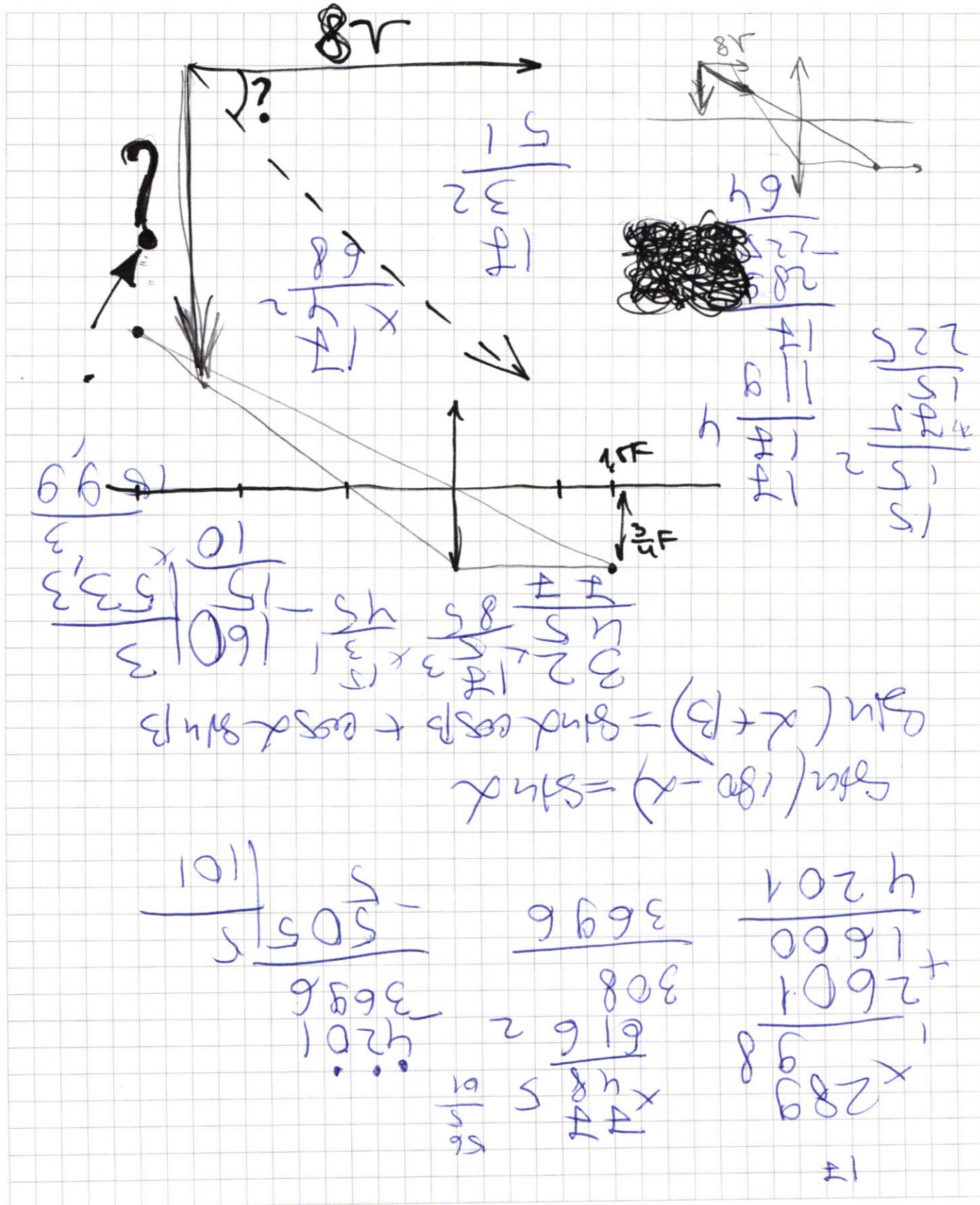
$$v_k = v_n + at$$

Bottom Left Diagram: A coordinate system with a vertical axis labeled z and a horizontal axis labeled x . A point is marked at $(0, 1.5)$. Below it, 1.5 is written.

Bottom Right Diagram: A diagram showing a particle's trajectory in a coordinate system. A horizontal line represents the initial path. A curved arrow indicates a deflection. A point on the trajectory is labeled $1.5 \frac{Qd}{\epsilon_0}$. Below it, $\frac{v^2}{2} = v^2$ is written.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\mathcal{E} + L \dot{I}$$

$$U = \frac{q}{C}$$

$$\mathcal{E} + L \dot{I} = \frac{q}{C} + U_0$$

$$\mathcal{E} + L \frac{dI}{dt}$$

$$\mathcal{E} + L \frac{d^2 q}{dt^2}$$