

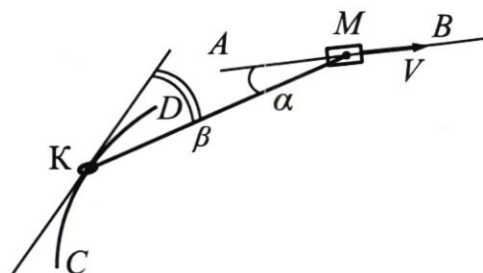
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



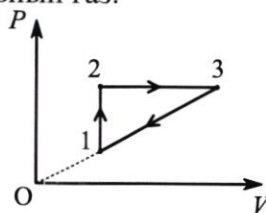
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

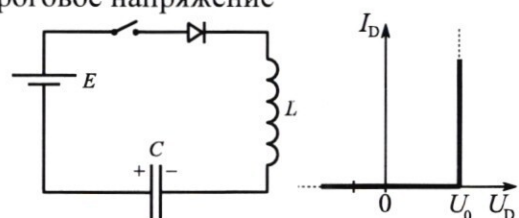
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ 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.

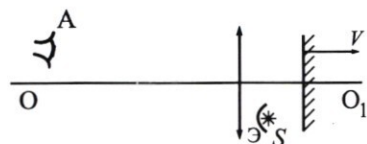


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

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

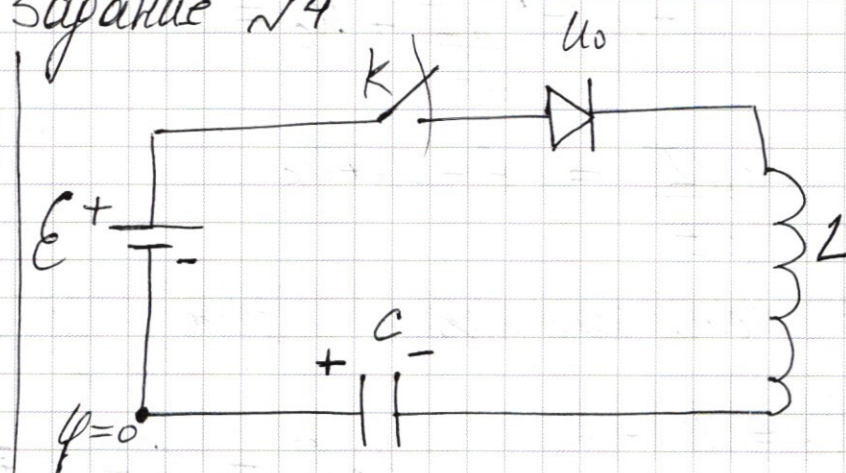
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задание №4.



$$\mathcal{E} = 6 \text{ (В)}$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ (Ф)}$$

$$U_1 = 2 \text{ (В)}$$

$$L = 0,1 \text{ (Гн)}$$

$$U_0 = 1 \text{ (В)}$$

Ключ замыкают.

а) $\frac{dI}{dt}$ - ?

б) $I_{\max}$ - ?

в) U_2 - ? на конур
(учт.)

а) выберем точку, где условно потенциал ноль.

$$1.) \mathcal{E} - U_0 - L \cdot \frac{dI}{dt} + U_1 = 0$$

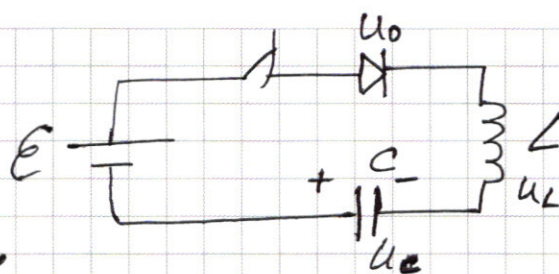
$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{-U_0 + U_1 + \mathcal{E}}{L}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E} + U_1 - U_0}{L} = \frac{6 + 2 - 1}{4 \cdot 10^{-6}} = 1,75 \cdot 10^6 \left(\frac{\text{А}}{\text{с}} \right)$$

Максимальный ток будет в установившемся состоянии, когда $\frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow U_1 = U_0$

Потра:

д.)



~~в общем виде:~~

$$E - U_0 - L \cdot \frac{dI}{dt} + U_c = 0$$

$$L \cdot \frac{dI}{dt} = E - U_0 + U_c$$

В мом. максимального тока $\frac{dI}{dt} = 0$

$U_c = -U_0$

$$U_c = -\frac{q}{C}$$

(т.к. полярность другая)

$$L \cdot \ddot{q} = E - U_0 - \frac{q}{C}$$

Но ~~ведь~~ конденсатор подключен не той полярностью, ~~и~~ он ~~будет~~ будет переполяризоваться

$$L \cdot \ddot{q} + \frac{q}{C} = E - U_0$$

$I_{\max}$ в мом. когда $U_c = 0$

это смещенные гармонич. колебания.

Выполнили пока что пункт в.). А к д.) позже вернусь. В случае (установившемся) можно приравнять $\frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow 0 = E - U_0 + U_c$.

$$|U_c| = 5(V) = U_2$$

- ро такого зарядится.
и плюс он меняет полярность.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задание №1.

$$U = 0,34 \text{ (м/с)}$$

$$m = 0,3 \text{ (кг)}$$

$$R = 0,53 \text{ (м)}$$

$$l = \frac{5R}{4}$$

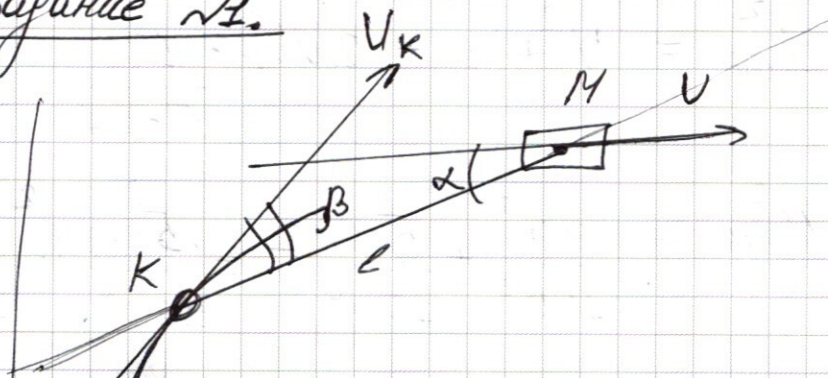
$$\cos(\alpha) = 15/17$$

$$\cos(\beta) = 3/5$$

а.) U_k - ?

б.) $U_{\text{отн}}$ - ? кольца

в.) $T_{\text{нужн}}$ - ?



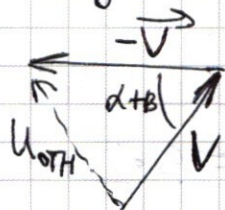
Запишем "закон сохранения"
(нить нерастяжима) на ось КМ:

$$1.) U_k \cdot \cos(\beta) = U \cos(\alpha)$$

$$U_k = \frac{U \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 5}{100} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{3}$$

$$U_k = \frac{2 \cdot 5 \cdot 5}{100} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ (м/с)}$$

г.) Перейдем в с.о. муфты (вычитаем из скор. кольца скорость муфты)



Найдем $\cos(\alpha + \beta)$:

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{17^2 - 15^2}{17^2}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin(\alpha) = \sqrt{\frac{2 \cdot 32}{17^2}} = \sqrt{\frac{64}{17^2}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin(\beta) = 0,8$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} - \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \left(9 - \frac{4 \cdot 8}{5}\right) \cdot \frac{1}{17} = \frac{45 - 32}{5 \cdot 17} = \frac{13}{5 \cdot 17}$$

$$U_{OTH}^2 = V^2 + V_k^2 - 2VV_k \cdot \frac{13}{5 \cdot 17}$$

$$U_{OTH}^2 = \frac{34^2}{100^2} + \frac{50^2}{100^2} - \frac{2 \cdot 50 \cdot 34 \cdot \frac{13}{5 \cdot 17}}{100^2}$$

$$U_{OTH}^2 = \frac{1}{100^2} \left(34^2 + 50^2 - 80 \cdot \frac{13}{17} \cdot 20 \cdot 13 \right)$$

$$U_{OTH} = \frac{1}{100} \cdot \sqrt{1348}$$

$$34^2 = 30^2 + 2 \cdot 4 \cdot 30 + 16 = 900 + 240 + 16 = 1156$$

$$50^2 = 2500$$

$$16 \cdot 13 = 2(25 + 1)(10 + 3) = 250 + 45 + 10 + 3 = 208$$

$$1156 + 2500 - 208 = 1156 + 192 = 1158 + 190 = 1348$$

1348	2
642	2
336	2
188	2
84	2
42	2
21	

$$U_{OTH} = \frac{\sqrt{26 \cdot 21}}{100} = \frac{8}{100} \cdot \sqrt{21}$$

$$\sqrt{21} \approx 4,5$$

$$U_{OTH} = \frac{9 \cdot 4}{100} = 0,36 \frac{A}{C}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~В) $v_k = 0,2 \text{ м/с}$~~

$$u_{отн} = \frac{1}{100} \sqrt{(34^2 + 50^2 - 2 \cdot 34 \cdot 50 \cdot \frac{10}{13})}$$

$$u_{отн} = \frac{1}{100} \sqrt{1156 + 2500 - 520}$$

$$u_{отн} = \frac{\sqrt{1156 + 1980}}{100} = \frac{\sqrt{1136 + 2000}}{100}$$

$$u_{отн} = \frac{\sqrt{3136}}{100}$$

$$\begin{array}{r|l} 3136 & 2 \\ 1568 & 2 \\ 784 & 2 \\ 344 & 2 \\ 172 & 2 \\ 86 & 2 \\ 43 & \end{array}$$

$$\sqrt{43} \approx 6,5$$

$$u_{отн} \approx \frac{2^3 \cdot 6,5}{100} \approx \frac{4 \cdot 13}{100} = 0,52 \text{ (м/с)} - \text{ответ}$$

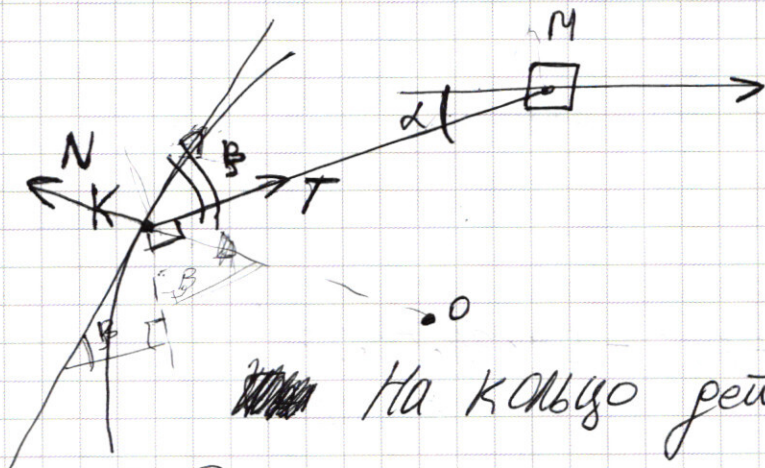
в.) $T = ?$

из колечка дует как центробежный, так и тангенц.

ускорение.

Итого найти T раса. центробежн. ускор.

Распишем все силы на К:



~~На~~ На кольцо действует сила T и N.

Важно, что если ~~перейдем в~~

Примем $T \sin(\beta) = N$

~~Перейдем в с.о. кольца. На него~~
~~действует~~

$$\frac{m_{\text{отн}}^2}{R} \cdot \frac{4}{5} = T \cos(\beta) \cdot \sin(\beta).$$

Я перешел в с.о. шурты и запишавую силу,
кот. действует на кольцо на ось KM.
(это проекция силы N: $N \cos \beta$)

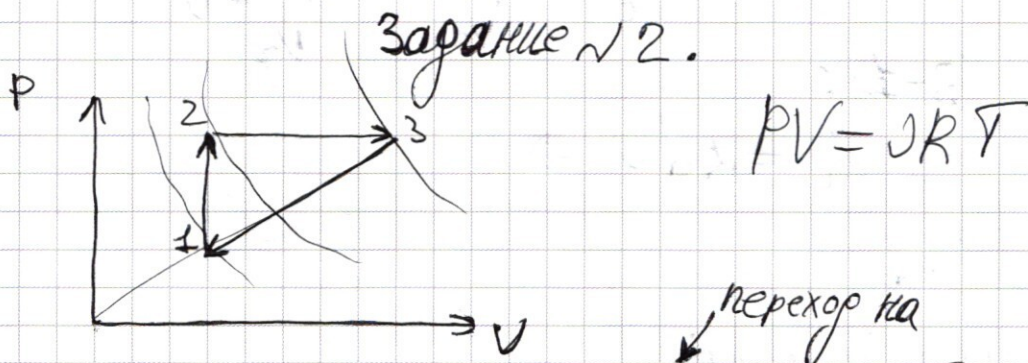
$$T = \frac{4 m_{\text{отн}}^2}{5 R \sin(\beta) \cos(\beta)} = \frac{4 \cdot 3136 \cdot 8}{100 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 53} \cdot \frac{100 \cdot 5 \cdot 8}{3 \cdot 4}$$

(т.к. в этом с.о. при $v = \text{const}$ кольцо
движется по окружности.)

$$T \approx \frac{3136 \cdot 8}{10 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 53} \approx \frac{2^6 \cdot 43}{200 \cdot 53} \approx 0,8 \cdot \frac{64}{200} = 0,8 \cdot 0,32 \approx$$

$$\approx 0,256 \text{ (H)} \approx \cancel{0,256} \text{ (H)} \quad \boxed{0,26 \text{ (H)}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Проверим шотерлы. ~~Вывод~~ Наиболее дальние шотерлы соответствует повышению темп-ры.

Тогда на (1-2) и (2-3) $T \uparrow$

1-2 - шохорный процесс:

$$C_V = \frac{3}{2} R \cdot \nu \quad (\text{т.к. } A=0; \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T)$$

(2-3) - шоварный процесс.

$$C_P = C_V + R$$

$$\Delta T \cdot C_P = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + p \cdot \Delta V = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

$$C_P = \frac{5}{2} \nu R$$

$$\frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3}$$

для $p = \text{const}$

$$p \cdot \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$PV = \nu R T$$

уравнение Менделеева-Клапейрона

2.) шоварный : $p = \text{const}$

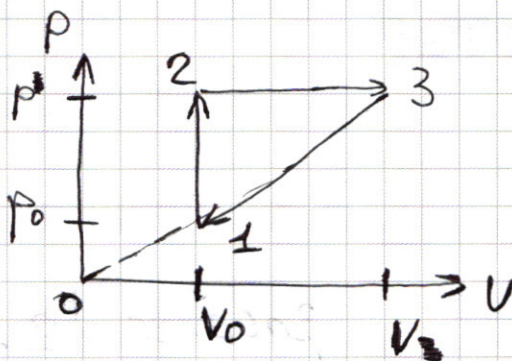
$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} p \cdot \Delta V$$

(т.к. $p \Delta V = \nu R \Delta T$ при $p = \text{const}$)

$$A = p \cdot \Delta V \Rightarrow \frac{\Delta U}{A} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{3}{2} \quad - \text{гид} (d^2)$$

б.) η - ? max.



процесс (3-1):

$$P = \alpha V \Rightarrow dP = \alpha dV \Rightarrow$$

~~$$A_{31} = \int_{V_0}^V P dV = \int_{V_0}^V \alpha V dV = \frac{\alpha}{2} (V^2 - V_0^2)$$~~

$$\frac{P_0}{V_0} = \frac{P}{V}$$

$$A_{31} = (V - V_0) \cdot \frac{(P_0 + P)}{2}$$

~~$$A_{31}$$~~
$$A_0 (\text{всего цикла}) = \frac{(P - P_0) \cdot (V - V_0)}{2}$$

$$Q_{12} = C_V \cdot (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} V_0 (P - P_0)$$

$$Q_{23} = C_P \cdot (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} P_0 \cdot (V - V_0)$$

$$\eta = \frac{A_0}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{(P - P_0) \cdot (V - V_0)}{3V_0(P - P_0) + 5P_0(V - V_0)}$$

$$\frac{1}{\eta} = \frac{3V_0(P - P_0) + 5P_0(V - V_0)}{(P - P_0)(V - V_0)} = \frac{3V_0}{V - V_0} + \frac{5P_0}{P - P_0}$$

$$\frac{1}{\eta} = \frac{3}{\frac{V}{V_0} - 1} + \frac{5}{\frac{P}{P_0} - 1} = \frac{3}{\frac{V}{V_0} - 1} + \frac{5}{\frac{P}{P_0} - 1}$$

надо это выраж. минимизировать.

из рисунка: $\frac{P_0}{V_0} = \frac{P}{V} \Rightarrow \boxed{\frac{P}{P_0} = \frac{V}{V_0}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

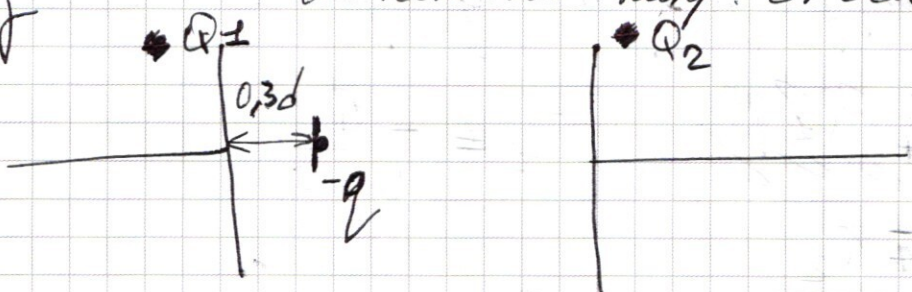
$$\frac{1}{2} = \frac{2}{1 - \frac{v}{v_0}} ; \eta > 0$$

Поэтому $\frac{1}{2} = 2 \Rightarrow \eta_{\max} = 0,5$
50%

Заранее №3.

$d; 0,3d; v_1$
 $\frac{|q|}{m} = \gamma$

Обметки крупные, чтобы
все поле было напр. от оси симметрии



Внутри конденсатора создается суперпозиция
полей:

$E = \frac{Q}{2\epsilon_0}$ (как для обычной обметки конд.)
вывод: $2SE = \frac{Q}{\epsilon_0}$

Тогда: $E_0 = - \frac{-Q_1 + Q_2}{2\epsilon_0} = \text{const.}$

$Q_1 < 0$

$F = -qE_0 = \frac{-Q_1 + Q_2 \cdot q}{2\epsilon_0}$

$A = F \cdot 0,7d.$

$$A = 0,7d \cdot q \cdot \frac{-Q_1 + Q_2}{2S\epsilon_0} = \frac{mV_1^2}{2}$$

$$\frac{7 \cdot d \cdot q}{2S\epsilon_0} \cdot \frac{Q_2 - Q_1}{2} = V_1^2$$

$$Q_2 - Q_1 = Q_0$$

Заново. Пусть $Q_1 < 0$ - заряд отриц. обкладки.
 $Q_2 > 0$ - положительн. обкл.

$$\frac{Q}{2S\epsilon_0} = E \Rightarrow |F| = \frac{Q|q|}{2S\epsilon_0}$$

На частицу зарядом $-q$ действует суперпозиция полей.

~~$$E_1 = + \frac{Q_1 + q}{2S\epsilon_0}$$~~
$$E_1 = - \frac{Q_1}{2S\epsilon_0}$$

$$E_2 = \frac{Q_2}{2S\epsilon_0}$$

$$E_0 = E_1 + E_2 = - \frac{Q_0}{2S\epsilon_0}$$

$$F = -E_0 q = \frac{Q_0 q}{2S\epsilon_0}$$

$$A = \int_0^e F \cdot d\ell$$

$$A = \frac{Q_0 q}{2S\epsilon_0} \cdot \frac{7}{10} d = \frac{mV_1^2}{2} \Rightarrow Q_0 = \frac{10mV_1^2 S\epsilon_0}{7 \cdot q \cdot d}$$

S - площадь одной обкладки.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q_0 = \frac{10}{7} \cdot \frac{V_1^2 \epsilon_0}{\gamma d}$$



Найдем время. T

$$F = \frac{q Q_0}{2 \epsilon_0} = m \ddot{x} = \text{const}$$

~~Найдем~~

$$0,2d = \frac{\ddot{x} T^2}{2} \Rightarrow T = \frac{2}{5} \frac{d \cdot 2m\epsilon_0}{q Q_0}$$

$$T^2 = \frac{4}{5} \cdot \frac{\epsilon_0 d}{\gamma} \cdot \frac{7 \gamma d}{V_1^2 \epsilon_0} = \frac{28}{5} \frac{d^2}{V_1^2}$$

$$T = \frac{2d}{V_1} \cdot \sqrt{\frac{7}{5}}$$

- по размерности сходится.

в.) На большом расстоянии ~~конденсатор~~ будет
выглядеть как точка зарядом Q_0 .

т.к. ~~время~~ частица будет лететь
ближе к конденсатору сравнительно малое время,
то будем считать конденсатор сразу вылета
частицы точечным зарядом.

КВЭ т.к. $S = \pi R^2 \Rightarrow R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$

Примем характерное расстояние, когда
можно считать за точку, $R_0 = R$.

до этого расстояния поле ~~равно~~ ~~равно~~ ~~равно~~ ординатным.

$$\frac{mV_1^2}{2} - \frac{Q_0 q}{2S\epsilon_0} \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}} - \frac{kQ_0 q}{\sqrt{\frac{S}{\pi}}} = \frac{mV_2^2}{2}$$

$\frac{kQq}{R}$ - потенциал т.е. в
точке $R = R_0 = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$

Но! если считать снаружи концен-
сатора поле ординатным, то частица на
бесконечность вообще не улетит.

Потому что снаружи ~~она~~ будет ~~концентра~~
действовать ~~электрическое~~ поле $E = \text{const}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

В момент (начальный) найдем
высоту ~~точки~~ точки изображения (глаза)
над осью OO_1 (на рис. высота H)

$$\frac{H}{d} = \frac{4h}{5F} = \frac{4}{5 \cdot 4} = \frac{1}{5} \quad \text{и} \quad \triangle \Rightarrow \frac{dH}{dd} = \left(\frac{1}{5} = \text{const} \right)$$

$$H = \frac{1}{5} d \Rightarrow dH = \frac{1}{5} dd \quad \text{ответ.}$$

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

dd — изменение
"d"

продиф. по вр: $\frac{dx}{dt} = 2V$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{d} \right) = \frac{-(dd)}{d^2 \cdot dt} = -\frac{u}{d^2}$$

$$\frac{dd}{dt} = u$$

и продиф. формулу
тонкой линзы и подставим
 $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{x}$

$$\frac{-u}{d^2} + \frac{2V \cdot 4}{5F^2} = 0 \Rightarrow u = \frac{d^2}{F^2} \cdot \frac{8V}{5}$$

т.к. я нашел: $d = 5F \Rightarrow$

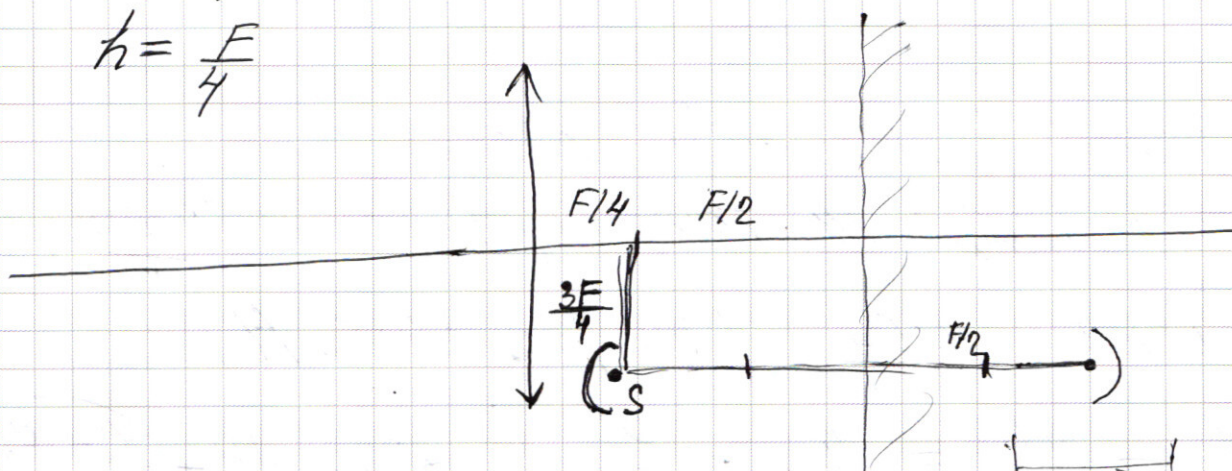
$$\Rightarrow u = \frac{25 \cdot 8}{5} V = 40V.$$

u — скор. изображения.

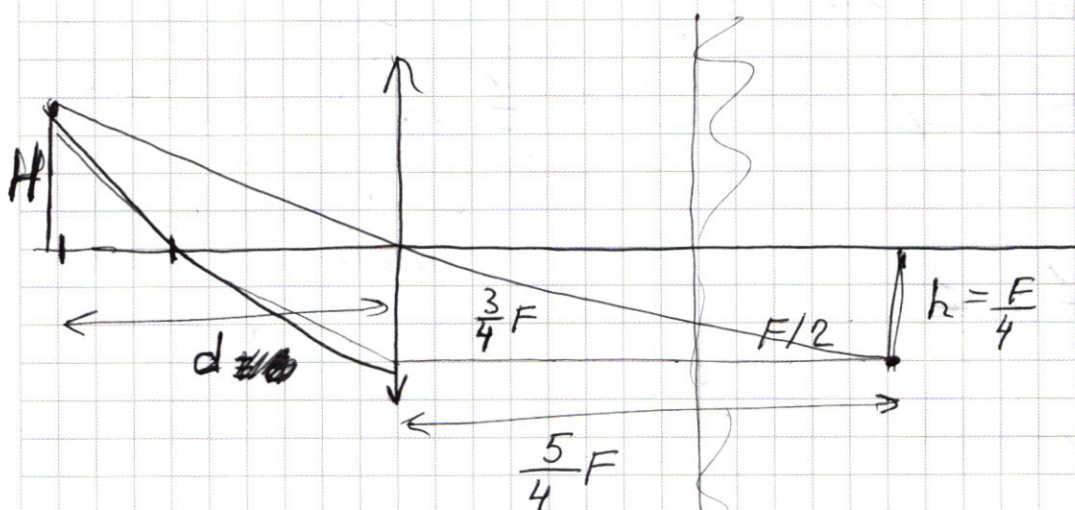
Задача №5.

$$l_1 = \frac{3}{4}F$$

$$h = \frac{F}{4}$$



удвоение
в зеркале.



ответ

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{4}{5F} \Rightarrow \frac{1}{5F} = \frac{1}{d} \Rightarrow d = 5F$$

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

$$\frac{dx}{dt} = 2V \quad (\text{т.к. убо. в зеркале тоже равный становится})$$

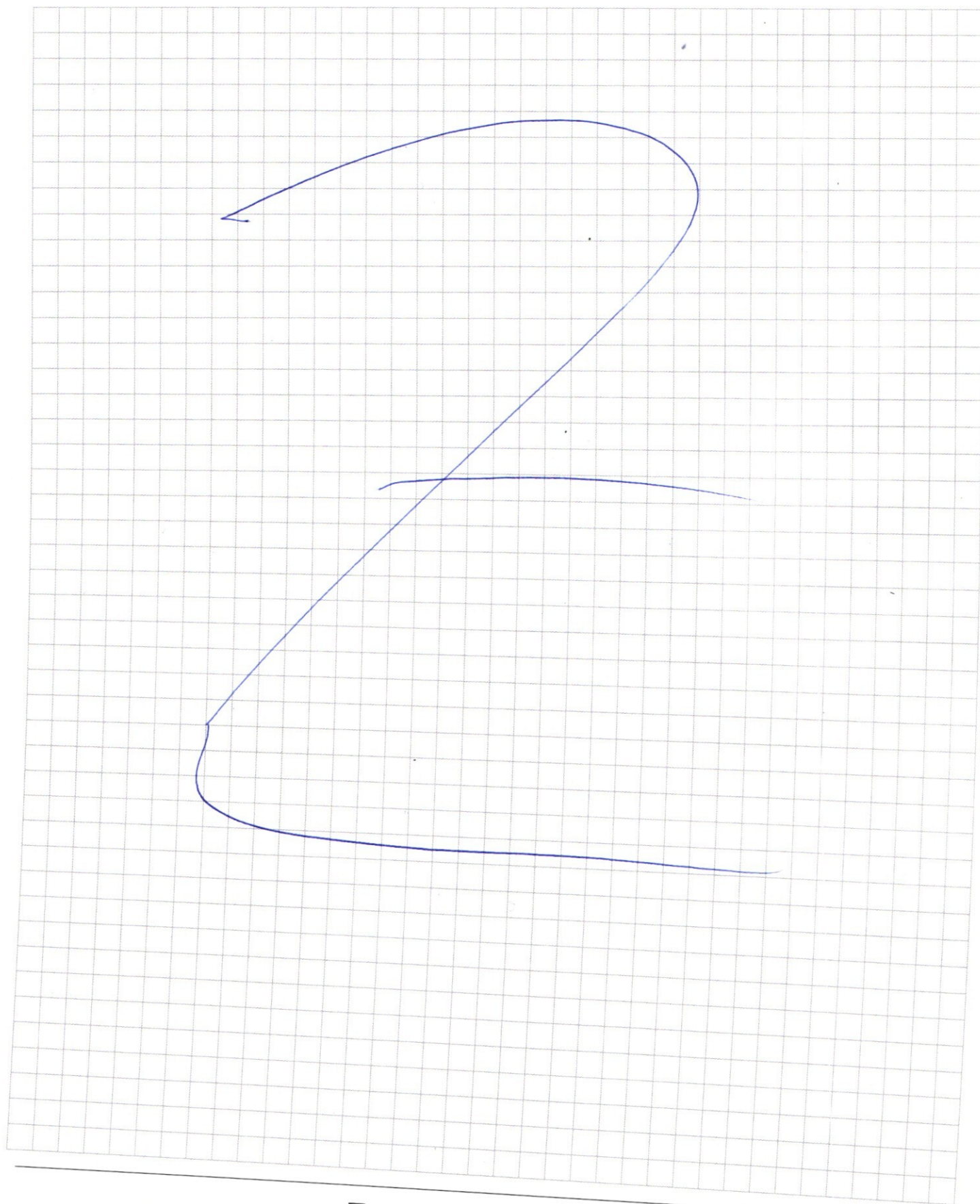
$$b = 2V + \frac{d(x)}{dt^2}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № _____
(Нумеровать только чистовики)

