

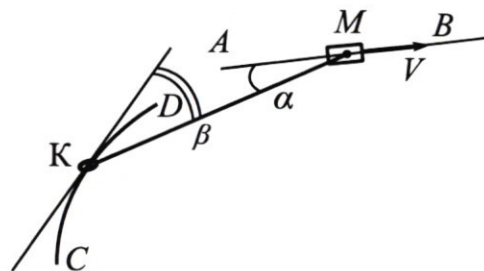
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-03

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без

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.



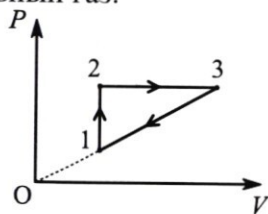
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 $\frac{|q|}{m} = \gamma$. *площадь обкладок S*

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.

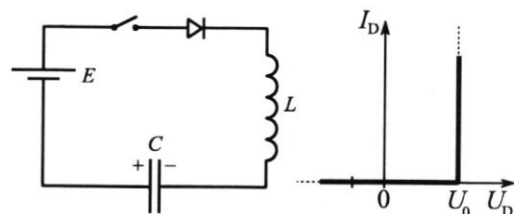
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

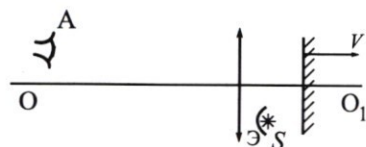


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

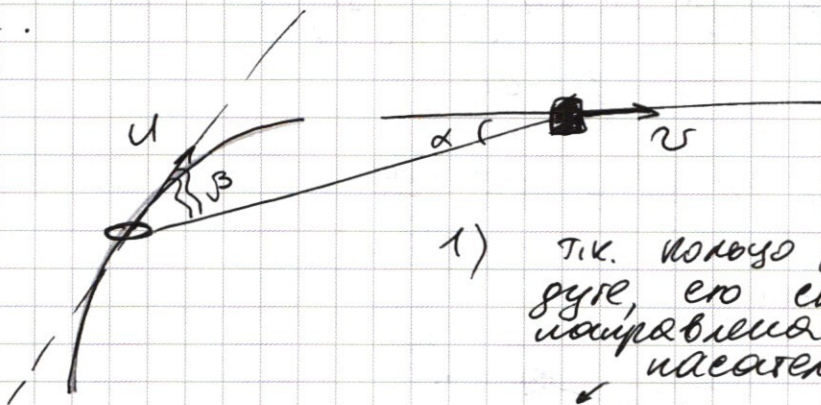
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. 1.



1) т.к. кольцо движется по дуге, его скорость всегда направлена к ней по касательной

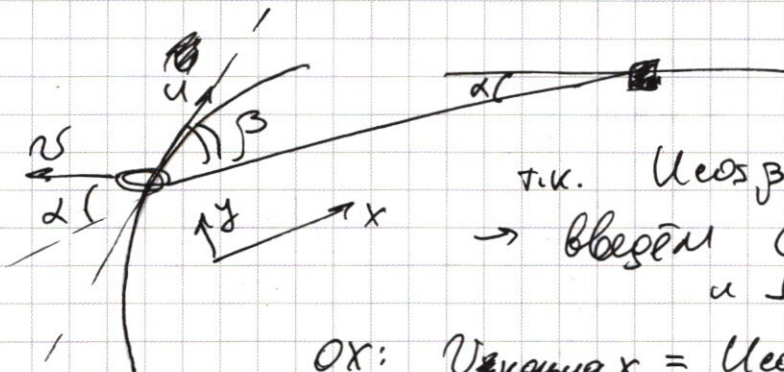
т.к. цепь натянута, запишем на ней равенство

$$U \cos \beta = V \cos \alpha \rightarrow U = \frac{V \cdot \cos \alpha}{\cos \beta}$$

↑
скорость кольца

$$U = 34 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right) \cdot \frac{15 \cdot 5}{17.3} = 2.5 \cdot 5 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right) = 10 \cdot 5 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right) = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

2) следим в СО муфты → добавл. скорости муфты ~~состав~~ противн. ей



т.к. $U \cos \beta = V \cos \alpha$ (по вышес.) → введем СК вдоль цепи и $\perp$ но ей

$$OX: V_{\text{кольца } x} = U \cos \beta - V \cos \alpha = 0$$

(отн. муфты)

$$OY: V_{\text{кольца } y} = U \sin \beta + V \sin \alpha$$

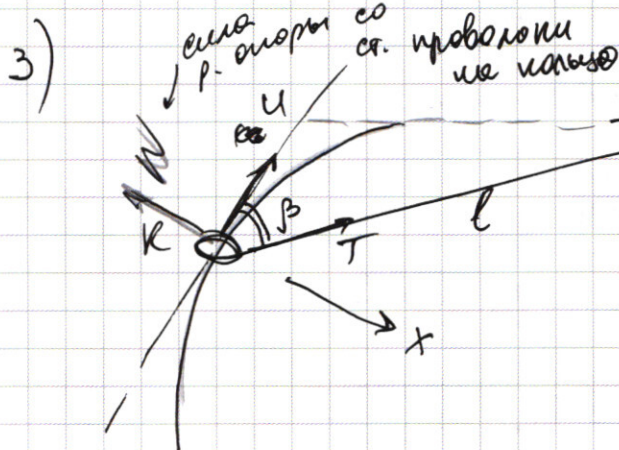
(отн. муфты)

$$V_{\text{кольца отн. муфты}} = \sqrt{V_{\text{кольца } x}^2 + V_{\text{кольца } y}^2} = \sqrt{U^2 \sin^2 \beta + (U \sin \beta + V \sin \alpha)^2}$$

(к ~~см~~/м)

$$v_{\text{рез}} = 340 + 50$$

$$\begin{aligned} v_{\text{рез}} &= 34 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \sqrt{1 - \frac{15^2}{17^2}} + 50 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \sqrt{1 - \frac{3^2}{5^2}} = \\ &= 34 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\frac{(17-15)(17+15)}{17^2}} + 50 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{4}{5} = \\ &= 40 \frac{\text{см}}{\text{с}} + 34 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 32}{17^2}} = \\ &= 40 \frac{\text{см}}{\text{с}} + 34 \cdot \frac{8}{17} \frac{\text{см}}{\text{с}} = \\ &= 40 \frac{\text{см}}{\text{с}} + 16 \frac{\text{см}}{\text{с}} = \underline{\underline{56 \frac{\text{см}}{\text{с}}}} \end{aligned}$$



- 1) сила ильв
известна, ирает,
направления →
→ Т орисанов и в т. М,
и в т. К
и нап. внутрь

2) Изм. Изготова на кольцо:

ОХ : $T \sin \beta = m a_y$
 ОХ нап. ↓ нап. кольца
 в этот момент ↑ центр. ускорение кольца

$$T \sin \beta = m \frac{v^2}{R}$$

$$T = \frac{m v^2}{R \sin \beta}$$

$$T = \frac{0,3 \text{ кг} \cdot (50 \frac{\text{см}}{\text{с}})^2}{53 \text{ см} \cdot \frac{4}{5}} = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 50}{53 \cdot 4} \text{ Н} =$$

$$= \frac{6 \cdot 0,3 \cdot 5 \cdot 0,5 \cdot 1}{0,53 \cdot \frac{4}{5}} =$$

$$= \frac{0,3 \cdot 5 \cdot \frac{3}{4}}{8 \cdot 0,53} = \frac{1,15}{4,24} \text{ Н} \approx 0,305 \text{ Н}$$

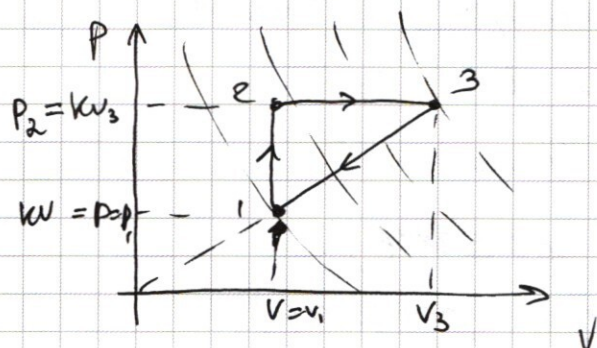
Ответ: 1) $50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$; 2) $56 \frac{\text{см}}{\text{с}}$; ~~3) $3 \frac{\text{см}}{\text{с}}$~~

$$\begin{array}{r} 150 \overline{) 424} \\ 0 \overline{) 0,305} \\ \hline 1500 \\ - 1272 \\ \hline 2280 \\ - 2120 \\ \hline 160 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

- пусть в т. 1 в-во имело объем V_1 и давл. P_1 ,
- т.к. P_1 и T_3 лежат на прямой пропорц., то
если коэф. K , то $P_1 = KV_1 \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ в т. 3 $(V_3; KV_3)$
- в т. 2 $(V_1; KV_3)$ т.к. процессы 2-3 изобарный $\Rightarrow$
 $\rightarrow P_2 = P_3$



1) повышение T
происходит на участках
1-2 и 2-3

в этом нетрудно убедиться,
проведя несколько
изотерм -

- перекор на более
высокую изотерму в проц.
1-2 и 2-3

Итак, для ^{всех} процессов $P_2 = P_3$

$$\begin{aligned} 1-2: \quad \int C_{12} \cdot (T_2 - T_1) &= \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \quad (\text{изохора}) \\ 2-3: \quad \int C_{23} \cdot (T_3 - T_2) &= \frac{5}{2} (P_3 V_3 - P_2 V_2) \quad (\text{изобара}) \\ 3-1: \quad \int C_{31} \cdot (T_1 - T_3) &= \frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_3 V_3) + \frac{1}{2} (V_3 - V_1) (P_1 + P_3) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \int C_{12} \cdot \left(\frac{P_2 V_2}{\frac{3}{2} R} - \frac{P_1 V_1}{\frac{3}{2} R} \right) = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \\ \int C_{23} \cdot \frac{1}{\frac{5}{2} R} (P_3 V_3 - P_2 V_2) = \frac{5}{2} (P_3 V_3 - P_2 V_2) \end{cases}$$

• молярная теплоемкость изохоры = $\frac{3}{2} R = \frac{5}{2} R$
изобары = $\frac{5}{2} R = \frac{7}{2} R$

! 1-2 изох.
2-3 изоб.

$\rightarrow C = \text{const}$
(полиатомная)

$$\boxed{\frac{C_V}{C_P} = \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}}$$

2) изобарный процесс:

есть также T_1 :

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

$$Q_{23} = P_3 V_3 - P_2 V_2 + \frac{i}{2} (T_3 - T_2)$$

$$Q_{23} = P_3 V_3 - P_2 V_2 + \frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_2 V_2)$$

видно, что $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} A_{23}$

3) • КПД_{max} - КПД цикла Карно

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}}$$

$T_{\min}$ - min температура за цикл

$T_{\max}$ - max температура за цикл

- если посмотр. на график $P(V)$, то трудно увидеть, что $T_{\max} = T_3$ (на наивысш. ~~давлении~~ изотерме), а $T_{\min} = T_1$ (на низш. изотерме)

• 3-й Мерзлеева - Клапейрона для

г. 1 и г. 3 и г. 2:

$$\begin{cases} P_1 V_1 = 2RT_1 \\ P_2 V_2 = 2RT_2 \\ P_3 V_3 = 2RT_3 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} kV_1^2 = 2RT_1 \\ kV_3^2 \cdot V_1 = 2RT_2 \\ kV_3^2 \cdot V_3 = 2RT_3 \end{cases}$$

получим, что:

$$\frac{T_1}{T_3} = \frac{kV_1^2}{kV_3^2} = \frac{V_1^2}{V_3^2}$$

найдем $\frac{V_1}{V_3}$

т.к. $\eta_{\max}$, то $\frac{T_{\min}}{T_{\max}} \rightarrow \min \Rightarrow \frac{V_1}{V_3} \rightarrow \min$

$$\left(\frac{V_1}{V_3} \right)^2 \rightarrow \min$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{A_{\text{пол}}}{Q_+} = \frac{\frac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_3 - V_2)}{Q_{12} + Q_{13}} = \\&= \frac{\frac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_3 - V_1)}{\frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{5}{2}(P_3 V_3 - P_1 V_1)} = \\&= \frac{(kV_3 - kV_1)(V_3 - V_1)}{3kV_1(V_3 - V_1) + 5(kV_3^2 - kV_1^2)} = \\&= \frac{k(V_3 - V_1)^2}{3kV_1(V_3 - V_1) + 5k(\frac{1}{2}V_3 - V_1)(V_3 + V_1)} = \\&= \frac{V_3 - V_1}{3V_1 + 5(V_3 + V_1)} = \frac{V_3 - V_1}{8V_1 + 5V_3}\end{aligned}$$

найдем максимум этой функции:

$$\eta'_{V_1} = \frac{-1(8V_1 + 5V_3) - 8(V_3 - V_1)}{(8V_1 + 5V_3)^2}$$

$$\eta'_{V_1} = 0 \Leftrightarrow -8V_3 + 8V_1 - 5V_3 = 0$$

$$\eta'_{V_3} = \frac{8V_1 + 5V_3 - 5(V_3 - V_1)}{(8V_1 + 5V_3)^2}$$

$$\eta'_{V_3} = 0 \Leftrightarrow 8V_1 + 5V_3 - 5V_3 + 5V_1 = 0$$

$$V_1 = 0$$

(находим V_3
при фикс. V_1)

$$\eta_{\max} = \frac{V_3}{5V_3} = \frac{1}{5} = \underline{\underline{20\%}}$$

1^о п.3 продолжение:

Из-и Ньютона на ОХ: $T \sin \beta - N = m \frac{v^2}{R}$

(из колесо)

на ОУ:

$T \cos \beta = m a_r$

↑
тангенциальное
ускорение
колеса

найдём отношение a_c и $a_{\text{полн}}$:

$a_{\text{полн}}$ направлено вдоль цепи,
т.к. в ИСО муфта ~~тоже~~ колесо равномерно
вращается по окружности

$$a_{\text{полн}} = \frac{(v_{\text{км}})^2}{l} \rightarrow a_c = a_{\text{полн}} \cos \beta = \frac{(v_{\text{км}})^2}{l} \cos \beta$$

~~Мне нужно~~

$$T \cos \beta = m \frac{(v_{\text{км}})^2}{l} \cos \beta$$

$$T = m \left(\frac{v_{\text{км}}}{l} \right)^2$$

$$T = \frac{\left(0,56 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2}{\frac{5 \cdot 0,53}{4} \text{ м}} \cdot 0,3 \text{ кг} =$$

$$= \frac{0,56 \cdot 0,56 \cdot 0,3 \cdot 4}{5 \cdot 0,53} = \frac{0,56 \cdot 0,56 \cdot 0,3 \cdot 0,8}{0,53} =$$

$$= \frac{0,56 \cdot 0,56}{0,53} \cdot 0,24 \approx$$

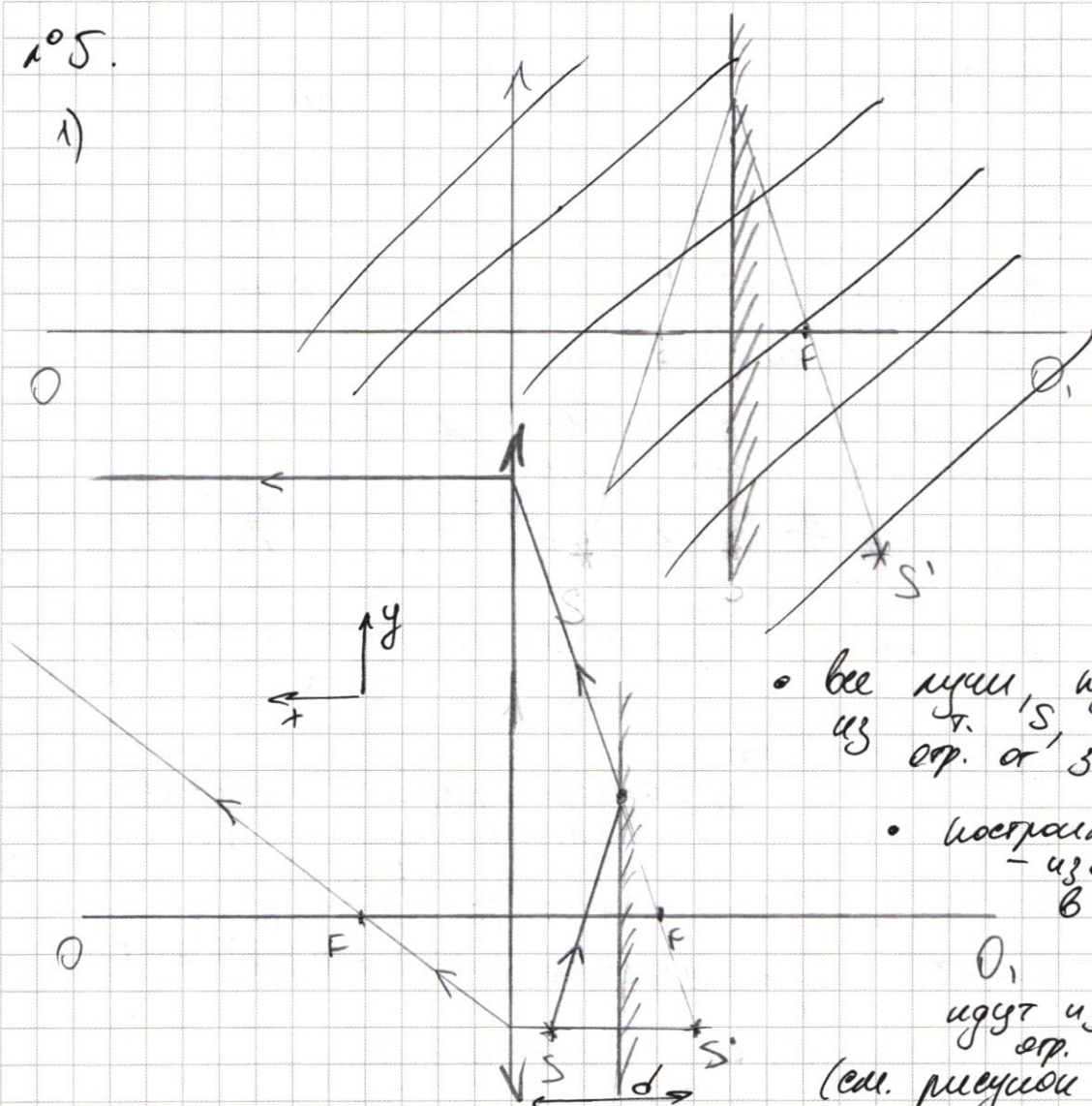
$$\approx 0,075264 \cdot 2 \approx \underline{\underline{0,15 \text{ Н}}}$$

$$\begin{array}{r} + 56 \\ + 56 \\ \hline + 336 \\ 180 \\ \hline 3136 \\ \times 24 \\ \hline + 12544 \\ 6272 \\ \hline 75264 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5.

1)



• все лучи, выходящие из оп. от зеркала

• построили S' - изобр. т. S в зеркале

O_1 лучи идут из S' , не от зеркала (см. рисунок слева)

• S' - предмет, расп. на $d = \frac{3}{4}F + (\frac{3}{4}F - \frac{1}{4}F) = \frac{3}{4}F + \frac{F}{2} = \frac{5}{4}F$

(d - расп. между S' и линзой)

• ф-ла тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{4}{5F}$$

↑
положительное значение f - положение изображения

$$f = \frac{\frac{5}{4}F \cdot F}{\frac{5}{4}F - F} = \frac{\frac{5F^2}{4}}{\frac{F}{4}} = \underline{\underline{5F}}$$

~~Вопрос~~

2) 1) $f = \frac{Fd}{d-F}$

~~Вопрос~~

изобр. движется по x и по y , причем
высота изобр. = H

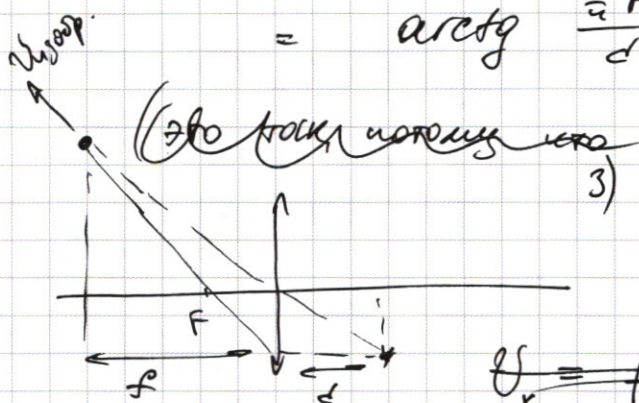
$$\frac{H}{\frac{3}{4}F} = \frac{f}{d} = \frac{F}{d-F} \rightarrow \underline{\underline{H = \frac{\frac{3}{4}F^2}{d-F}}}$$

(увеличение длины)

угол, под кот. напр. в данный момент
скорость изобр. равен

$$\arctg \frac{H}{f} = \arctg \frac{\frac{3}{4}F^2}{d-F} \cdot \frac{d-F}{Fd} =$$

$$= \arctg \frac{\frac{3}{4}F}{d} = \arctg \frac{\frac{3}{4}F}{\frac{5}{4}F} = \underline{\underline{\arctg \frac{3}{5}}}$$



3) найдем призонт. скорость
изображения v_x

$$f(t) = \frac{Fd(t)}{d(t) - F}$$

$$v_x = f'(t) = \frac{Fd'(t) - Fd(t) \cdot d'(t)}{(d(t) - F)^2}$$

$$|v_x| = |f'(t)| = \left| \frac{Fd'(t)(d(t) - F) - Fd(t) \cdot d'(t)}{(d(t) - F)^2} \right| =$$

$$= \frac{F^2 d'(t)}{(d(t) - F)^2} = \frac{F^2 v}{\frac{F^2}{416}} = \underline{\underline{16v}} \Rightarrow$$

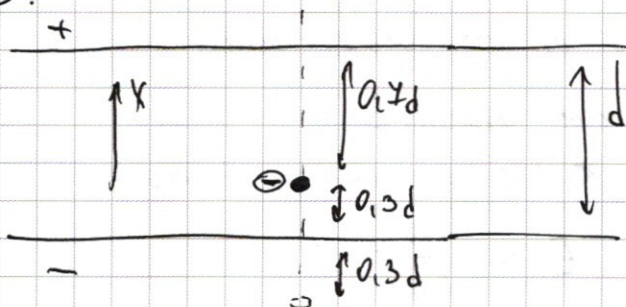
$$\Rightarrow v_{\text{полн}} = v_x \cos(\arctg \frac{3}{5}) =$$

$$= 16v \cdot \sqrt{\frac{1}{(\frac{3}{5})^2 + 1}} = 16v \cdot \sqrt{\frac{25}{34}} = \frac{5 \cdot 16v}{\sqrt{34}} =$$

$$= \frac{5 \cdot 16v \cdot \sqrt{34}}{34} = \frac{5 \cdot 8v \cdot \sqrt{34}}{17} = \underline{\underline{\frac{40\sqrt{34}v}{17}}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

103.



всем. методом эквивал.,
чтобы найти силу
со стороны обкладок
на частицу

⊖ : на частицу
действует
такой же по
заряду заряд q (отриц.)
расч. на $2 \cdot 0.3d = 0.6d$ от частицы

⊕ аналогично — на частицу
действ. такой же по заряду, но плоскост.,
заряд q на расч.

$0.4d \cdot 2 = 1.4d$ от частицы

$$F = \frac{kq^2}{(0.6d)^2} + \frac{kq^2}{(1.4d)^2} = \frac{kq^2}{d^2} \left(\frac{1}{0.36} + \frac{1}{1.96} \right) =$$

сила на заряд
со ст. обкладок

$$= \frac{kq^2}{d^2} \cdot 2$$

↑
шестой коэф-т

Из закона на Ох:

$$F = ma$$

$$\frac{kq^2}{d^2} \cdot 2 = ma$$

вылетает со скоростью $v_1 \rightarrow$

$$\rightarrow 0.4d = \frac{v_1^2}{2a}$$

(полетел
до конца)
↑
ускорение частицы

$$a = \frac{v_1^2}{1.4d}$$

(из кинематики)

найдем
T

$$0.4d = \frac{aT^2}{2}$$

(иначе, скорости нет)

$$T = \sqrt{\frac{0.4d}{a}} = \sqrt{\frac{0.4d \cdot 1.4d}{v_1^2}} = \frac{d}{v_1} \sqrt{0.4 \cdot 1.4}$$

$$T = \frac{d}{v_1 \sqrt{0.04 \cdot 1.4}} = \frac{d}{v_1 \sqrt{0.04 \cdot 1.4}} = \frac{0.02d \cdot \sqrt{1.4}}{v_1}$$

~~В~~

2)

$$F = EQ$$

сила, действ. на заряд со ст. групп. поле
по т. Гаусса E пластины площ. $S =$
 $= \frac{Q}{2\epsilon_0 S} \rightarrow$ т.к. у конденсатора
2 пластины, то $E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$

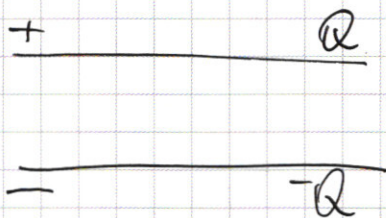
Из-и Ньютона $F = ma$
(ОХ)

$$\frac{Qq}{\epsilon_0 S} = ma$$

$$Q = \frac{m \cdot a \cdot \epsilon_0 S}{q}$$

$$Q = \gamma \frac{v_1^2}{a \cdot 1.4d} \cdot \epsilon_0 S$$

3) частица на бесконечности от конденсатора



$\ominus \bullet$

↓
потенциал
отч.
от
системы
0

ЗСР:

$$\frac{mv_2^2}{2} = 0 \Rightarrow \underline{v_2 = 0}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

104.

- 1) сразу после замыкания ключа
с ~~кон~~ конденсатора ещё не успеет ~~перезарядиться~~
заряд $\rightarrow U_c = 2B = U_1$

2 правило Кирхгофа / не / кирхгоф:

$$\mathcal{E} = L \dot{I} + U_1 + U_0$$

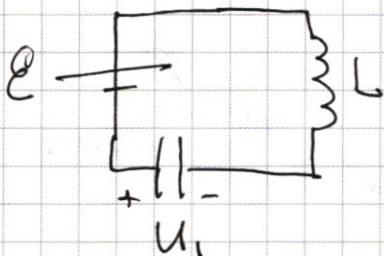
(так будет верно, как)

сразу после замыкания ключа ($U_{на \text{ с.}} = U_0$)

Правило Кирхгофа:

$$\mathcal{E} = L \dot{I} + U_1 + U_0$$

или
открыт



$$\dot{I} = \frac{\mathcal{E} - U_1 - U_0}{L}$$

$$\dot{I} = \frac{2B}{0,1 \text{ Гн}} = 370 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

- 2) $U_{max} = ?$

в обратную сторону диод не пропускает ток $\rightarrow$
 $\rightarrow$ конденсатор только разряжается

$$Q_0 = CU_1 = 80 \text{ мкКл}$$

нач. заряд конденсатора

когда на диоде станет падать меньше 1В,
он перестанет пропускать ток

запишем ЗСЭ:

$$\frac{CU_1^2}{2} + \mathcal{E}\Delta q = \frac{LY^2}{2} + \frac{(CU_1 - \Delta q)^2}{2C}$$

Δq — перенесенная зарядка ~~на~~ с конденсатора

$$\mathcal{E}\Delta q = \frac{LY^2}{2} - U_1\Delta q + \frac{\Delta q^2}{2C}$$

$$\frac{LY^2}{2} = (\mathcal{E} + U_1)\Delta q - \frac{\Delta q^2}{2C}$$

~~Умножим~~

~~Сложим~~

$$LY' + U_0 + U_c = \mathcal{E}$$

$$Y' = \frac{\mathcal{E} - U_0 - U_c}{L} \rightarrow Y' = 0 \text{ при } \mathcal{E} = U_0 + U_c$$

($Y_{\max}$)

$$\Leftarrow U_c = \mathcal{E} - U_0 = 5\text{В}$$

~~$$\frac{CU_1^2}{2} + \mathcal{E}\Delta q + \frac{LY^2}{2} +$$~~

$$CU_1 - \Delta q = CU_c$$

$$\rightarrow \Delta q < 0 \Rightarrow \emptyset$$

такого
не может
быть

$Y_{\max}$ не достигается
в процессе
разрядки



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

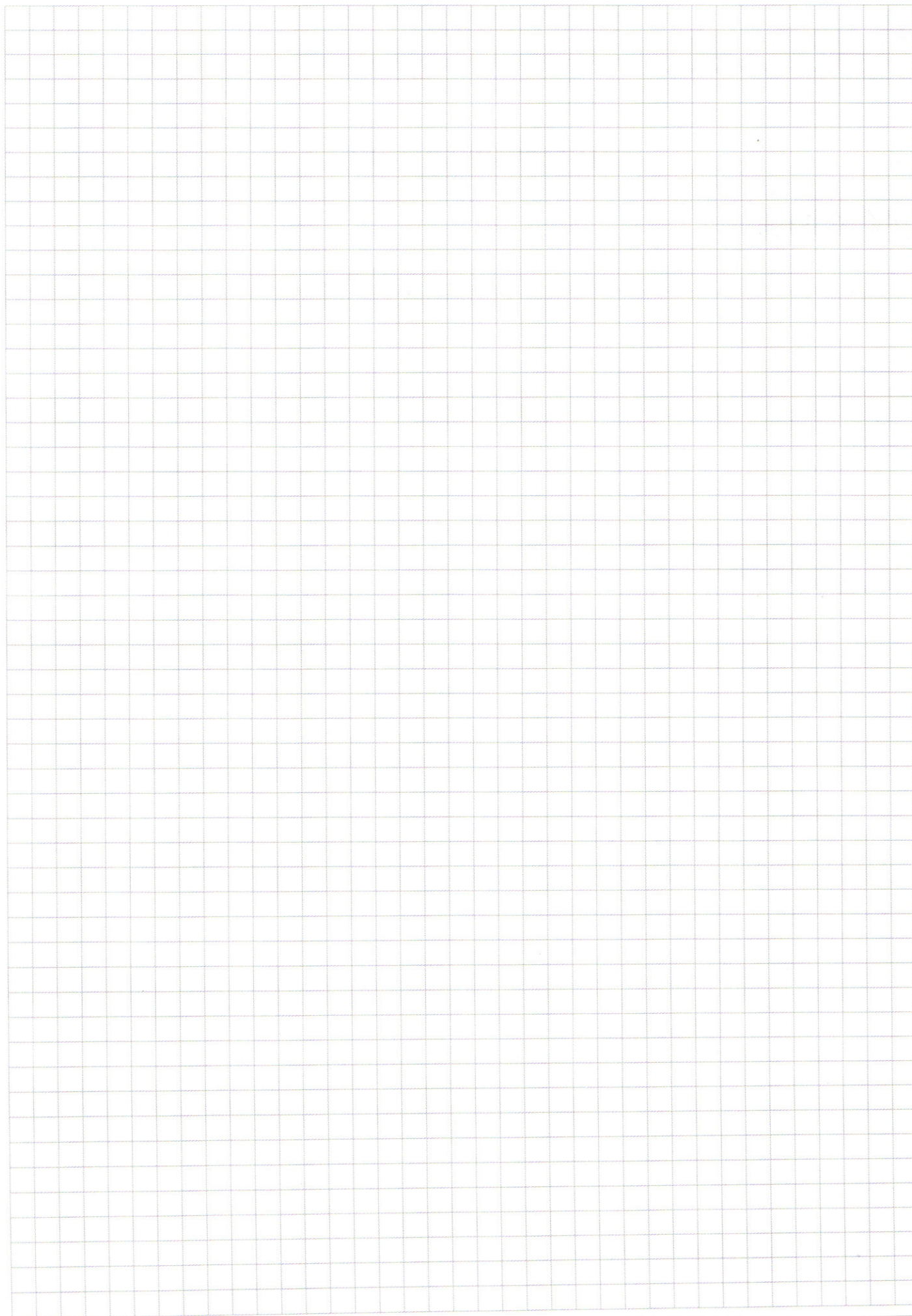
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

А.А. В.В.В.

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)