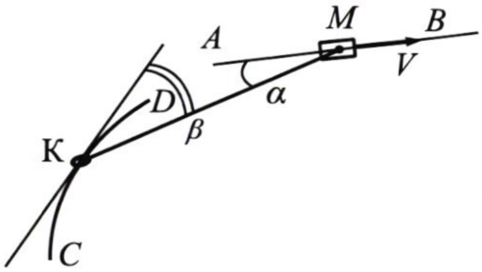
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

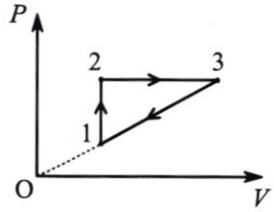
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влс

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 $\alpha(\cos\alpha = 15/17)$ с направлением движения муфты и угол $\beta(\cos\beta = 4/5)$ 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.



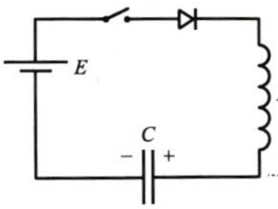
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.
2) Найти в изобарном процессе отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

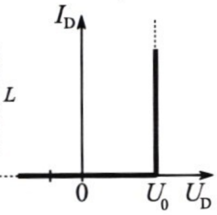
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S, расстояние между обкладками d $\left(d << \sqrt{S}\right)$. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0{,}25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\dfrac{q}{m} = \gamma$.

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.

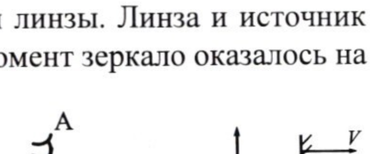
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0{,}1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 =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

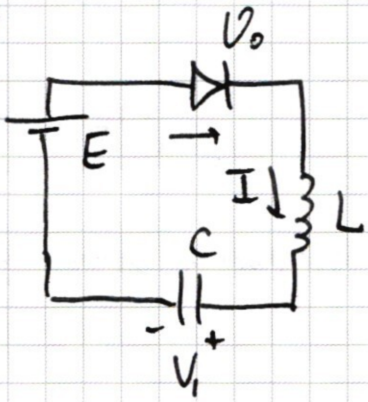


1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
3) Найти скорость изображения в этот момент.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

1)



Сразу после замыкания ключа ток пошёл по цепи $\Rightarrow$ напряжение на диоде равно U_0, так как он начал пропускать ток.

Уравнение Кирхгофа для начального момента:

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

(заряд и напряжение на C не успели поменяться), I - ток в начальный момент

$$\Rightarrow \dot{I} = \frac{E-(U_0+U_1)}{L} = \frac{9В - (1В+5В)}{0.1 \text{ Гн}} = \frac{3В}{0.1\text{ Гн}} = 30 \text{ А/с}$$

2) Пусть τ - момент, когда ток в цепи максимальный, $I(t)$ - ток в цепи в произвольный момент времени t, $q(t)$ - заряд на C в произвольный момент времени t.

$$E = U_0 + L\dot{I}(\tau) + \frac{q(\tau)}{C}$$

$\dot{I}(\tau) = 0$, т.к. ток максимальный $\Rightarrow$ $q(\tau) = C(E-U_0)$.

Изначально на конденсаторе был заряд $q_0 = CU_1$

$\Rightarrow$ через источник протёк заряд $\Delta q = q(\tau) - q_0 = C(E-U_0-U_1)$

$\Rightarrow$ источник совершил работу $A_{ист} = E\Delta q = CE(E-U_0-U_1)$

Энергия конденсатора была равна (в начальный момент)

$$W_0 = \frac{q_0^2}{2C} = \frac{CU_1^2}{2},$$

стала равна (в момент времени τ)

$$W = \frac{q^2(\tau)}{2C} = \frac{C(E-U_0)^2}{2}$$

$\Rightarrow$ Изменение энергии конденсатора равно $\Delta W = \frac{C(E-U_0)^2 - CU_1^2}{2}$

Пусть $I(\tau) = I_{max} \Rightarrow$ изменение энергии катушки равно $\frac{LI_{max}^2}{2}$

Закон сохранения энергии:

$$A_{ист} = \Delta W + \frac{LI_{max}^2}{2} \Rightarrow \frac{LI_{max}^2}{2} = CE(E-U_0-U_1) -$$

$$- \frac{C}{2}\left[(E-U_0)^2 - U_1^2\right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow LI_{max}^2 = C(2E^2 - \cancel{2EU_0} - 2EU_1 - E^2 + \cancel{2EU_0} - U_0^2 + U_1^2) =$$

$$= C(E^2 - 2EU_1 + U_1^2 - U_0^2) =$$

$$= C\left[(E-U_1)^2 - U_0^2\right]$$

$$\Rightarrow I_{max} = \sqrt{\frac{C}{L}}\sqrt{(E-U_1)^2 - U_0^2} = \sqrt{\frac{40\text{ мкФ}}{0.1\text{ Гн}}} \cdot \sqrt{16B^2 - 1B^2} =$$

$$\sqrt{4 \cdot 10^{-4}} \cdot \sqrt{15}\text{ A} = 0.02 \cdot \sqrt{15}\text{ A} \approx 0.02 \cdot 4\text{ A} = 0.08\text{ A}$$

3) Пусть q_2 – установившийся заряд на конденсаторе, t_2 – момент, когда заряд этот установился.

Найдём изменения энергий катушки и конденсатора с момента τ до момента t_2.

катушка: $\Delta W_L = 0 - \frac{LI_{max}^2}{2} = -C\left[(E-U_1)^2 - U_0^2\right]$

↑ ток $I(t_2)$ равен нулю

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

конденсатор: $\Delta W_c = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{C(E-U_0)^2}{2}$

заряд, протекший через источник, равен $\Delta q_2 = CU_2 - C(E-U_0)$

Закон сохранения энергии: $A_{ист_2} = \Delta W_L + \Delta W_C$

работа источника от τ до t_2

$$E\Delta q_2 = -C\left[(E-U_1)^2 - U_0^2\right] + \frac{1}{2}C\left[U_2^2 - (E-U_0)^2\right]$$

$$CEU_2 - CE(E-U_0) = -C\left[(E-U_1)^2 - U_0^2\right] + \frac{1}{2}C\left[U_2^2 - (E-U_0)^2\right]$$

$$EU_2 - E^2 + EU_0 = -\left[E^2 - 2EU_1 + U_1^2 - U_0^2\right] + \frac{1}{2}\left[U_2^2 - E^2 + 2EU_0 - U_0^2\right]$$

$$EU_2 \cancel{-E^2} \cancel{+EU_0} = \cancel{-E^2} + 2EU_1 - U_1^2 + U_0^2 + \frac{1}{2}U_2^2 - \frac{1}{2}E^2 \cancel{+EU_0} - \frac{1}{2}U_0^2$$

$$EU_2 = 2EU_1 - U_1^2 + U_0^2 + \frac{1}{2}U_2^2 - \frac{1}{2}E^2 - \frac{1}{2}U_0^2$$

$$2EU_2 = 4EU_1 - 2U_1^2 + U_0^2 + U_2^2 - E^2$$

$$U_2^2 - 2EU_2 + \left[4EU_1 - 2U_1^2 + U_0^2 - E^2\right] = 0$$

$$U_2^2 - 18U_2 + \left[180 - 50 + 1 - 81\right] = 0$$

$$U_2^2 - 18U_2 + 50 = 0 \qquad D = 324 - 200 = 124,\ \sqrt{D} = \sqrt{124} = 2\sqrt{31}$$

$$U_2 = \frac{18 \pm 2\sqrt{31}}{2} = (9 \pm \sqrt{31})\ В,\quad U_2 > 0 \Rightarrow U_2 = 9 + \sqrt{31}\ В \approx 14{,}64\ В$$

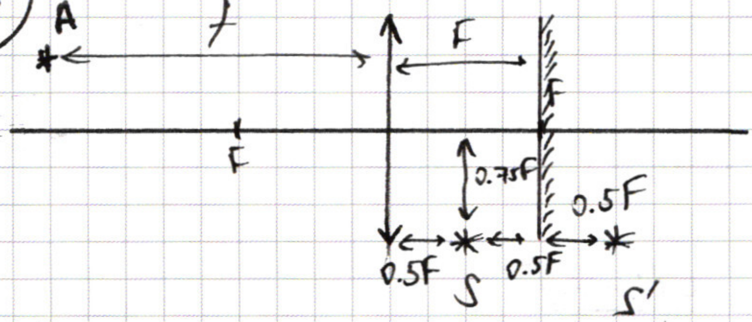
Ответ: 1) $\dot{I} = \frac{E-(U_0+U_1)}{L} = 30\ А/с$

2) $I_{max} = \sqrt{\frac{C}{L}}\sqrt{(E-U_1)^2 - U_0^2} \approx 0.08 А$

3) $U_2 = 9 + \sqrt{31} \approx 14.64 В$

№5

1)



Изображение S' предмета S в зеркале находится на таком же расстоянии от зеркала, что и S

$\Rightarrow$ расстояние d от S' до линзы равно $1.5F$

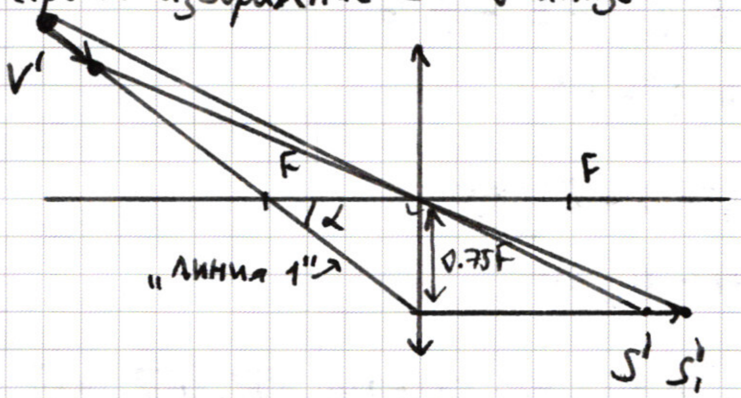
Все лучи от S идут так, как будто есть только S'

Пусть f — расстояние от A до плоскости линзы, тогда по формуле тонкой линзы

$$\cancel{\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{d}=\frac{f-F}{fF} \Rightarrow d=\frac{fF}{f-F}=\frac{1.5F^2}{0.5F}=3F}$$

$$\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f}=\frac{d-F}{dF} \Rightarrow f=\frac{dF}{d-F}=\frac{1.5F^2}{0.5F}=3F$$

2) Построим изображение S' в линзе:

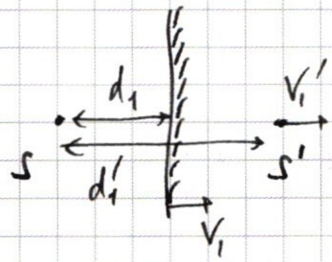


пусть S'_1 — тот же предмет, но немного смещённый вправо (зеркало едет вправо $\Rightarrow$ S' едет тоже вправо, т.к. зеркало — — середина между S и S')

Несложно видеть, что изображение всегда будет находится на линии, которая на рисунке обозначена как „линия 1". Значит скорость изображения V' будет паралельна „линии 1" $\Rightarrow$ α — угол между „линией 1" и главной оптической осью. $\alpha = \operatorname{arctg}\frac{0.75F}{F} = \operatorname{arctg}\frac{3}{4}$ (см. рис.)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Зеркало расположено посередине между S и S'.

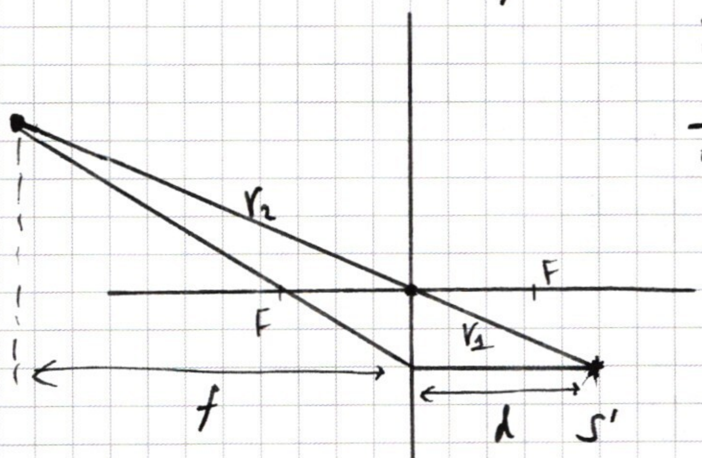


Пусть d_1 и d_1' — расстояния между S и зеркалом и S' соответственно.

$d_1' = 2d_1 \Rightarrow \dot{d}_1' = 2\dot{d}_1 \Rightarrow V_1' = 2V_1$,

поскольку S стоит

$\Rightarrow$ S' движется со скоростью $2V$

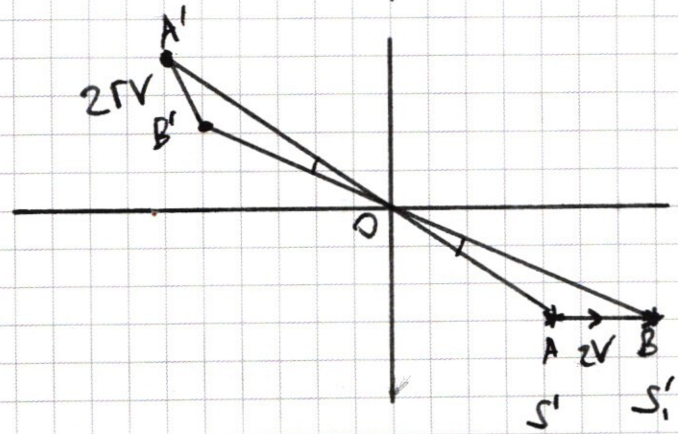


Пусть $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{3F}{1.5F} = 2$

Тогда $\frac{r_1}{r_2} = \frac{d}{f} = \frac{1}{\Gamma}$

Аналогично $\frac{OA'}{OA} = \frac{OB'}{OB} = \Gamma$

$\angle AOB = \angle A'OB'$



$\Rightarrow \Delta OAB \sim \Delta OA'B'$ с коэфф. Γ

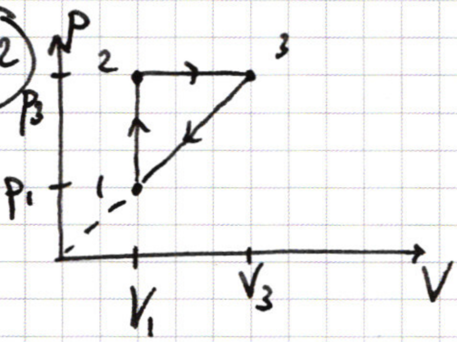
$\Rightarrow A'B' = \Gamma \cdot AB$

$\Rightarrow$ скорость изображения равна $\Gamma \cdot 2V = 2\Gamma V = 4V$

Ответ: 1) на расстоянии $3F$ 3) $4V$

2) $\alpha = \operatorname{arctg} 3/4$

№2



Обозначим давления за p_1 и p_3, а объёмы за V_1 и V_3 (см. рис)

T_1, T_2, T_3 — температуры в соответствующих точках, ν – кол-во вещества.

$\beta = p_3/p_1 = V_3/V_1$

$$\left.\begin{aligned} T_1 &= p_1V_1/\nu R \\ T_2 &= p_3V_1/\nu R \\ T_3 &= p_3V_3/\nu R \end{aligned}\right\} \Rightarrow T_1 < T_2 < T_3, \text{ т.к. } p_1 < p_3,\ V_1 < V_3$$

1) $Q_{12} = \underbrace{A_{12}}_{0} + \Delta U_{12} = \frac{3}{2}(p_3 - p_1)V_1$

$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = p_3(V_3 - V_1) + \frac{3}{2}p_3(V_3 - V_1) =$

$= \frac{5}{2}p_3(V_3 - V_1)$

Пусть $p_3 = p_1\beta$, $V_3 = V_1\beta$

$\Rightarrow \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{\frac{3}{2}p_1V_1(\beta - 1)}{\frac{5}{2}\beta p_1 \cdot V_1(\beta - 1)} = \frac{3}{5\beta}$

2) изобарный процесс — процесс $2 \to 3$

теплота, полученная газом: $Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$

работа газа: A_{23}

$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = 1 + \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = 1 + \frac{\frac{3}{2}p_3(V_3 - V_1)}{p_3(V_3 - V_1)} = \frac{5}{2} = 2.5$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Теплота, полученная газом во всём цикле равна

$$Q_H = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2}(p_3 - p_1)V_1 + \frac{5}{2}p_3(V_3 - V_1) =$$

$$= \frac{3}{2}p_1V_1(\beta-1) + \frac{5}{2}p_1V_1(\beta-1)\beta =$$

$$= p_1V_1(\beta-1)\left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2}\beta\right)$$

Работа газа за весь цикл равна

$$A = \frac{1}{2}(p_3 - p_1)(V_3 - V_1) = \frac{1}{2}p_1(\beta-1)\cdot V_1(\beta-1) =$$

$$= \frac{1}{2}p_1V_1(\beta-1)^2$$

КПД цикла равно

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{\frac{1}{2}p_1V_1(\beta-1)^2}{p_1V_1(\beta-1)\left(\frac{3}{2}+\frac{5}{2}\beta\right)} = \frac{\beta-1}{3+5\beta} = \frac{\beta-1}{5\beta+3} =$$

$$= \frac{\beta + \frac{3}{5} - \cancel{\beta} - 8/5}{5\beta+3} = \frac{\frac{1}{5}(5\beta+3)}{5\beta+3} - \frac{8}{5}\cdot\frac{1}{5\beta+3} =$$

$$= \frac{1}{5} - \frac{8}{5}\cdot\frac{1}{5\beta+3} < \frac{1}{5}$$

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

1) Теплота, полученная в 1-2:

$$Q_{12} = \underbrace{A_{12}}_{0} + \Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R\left(T_2 - T_1\right)$$

— " — в $2 \to 3$:

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = p_3(V_3 - V_1) + \frac{3}{2}\nu R\left(T_3 - T_2\right) =$$

$$= \nu R(T_3 - T_2) + \frac{3}{2}\nu R\left(T_3 - T_2\right) =$$

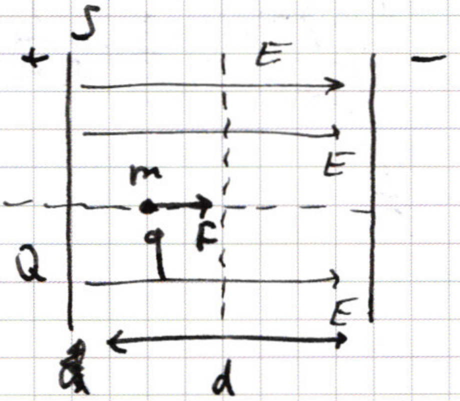
$$= \frac{5}{2}\nu R\left(T_3 - T_2\right)$$

Молярные теплоемкости:

$$\left.\begin{aligned} C_{12} &= \frac{Q_{12}}{\nu(T_2 - T_1)} = \frac{3}{2}R \\ C_{23} &= \frac{Q_{23}}{\nu(T_3 - T_2)} = \frac{5}{2}R \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5} = 0.6$$

<u>Ответ:</u> 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = 0.6$ 2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = 2.5$ 3) $\eta_{max} = 20\%$.

№3



На частицу, пока она находится в конденсаторе, действует постоянная сила $F = qE$, где $E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}$ — поле конденсатора

$F = const \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{\gamma Q}{\varepsilon_0 S} = const$ — ускорение частицы

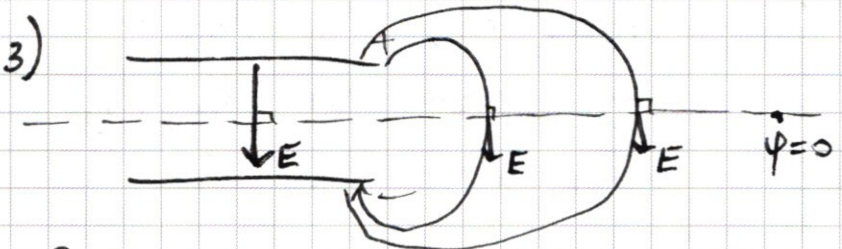
За время T частица прошла путь $\frac{3}{4}d$

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

$\Rightarrow \frac{\gamma Q}{\varepsilon_0 S} = \frac{3}{2}\cdot\frac{d}{T^2} \Rightarrow \boxed{Q = \frac{3}{2}\cdot\frac{\varepsilon_0 S d}{\gamma T^2}}$

Начальная скорость $=0 \Rightarrow \boxed{V_1 = aT = \frac{3}{2}\cdot\frac{d}{T}}$

3)



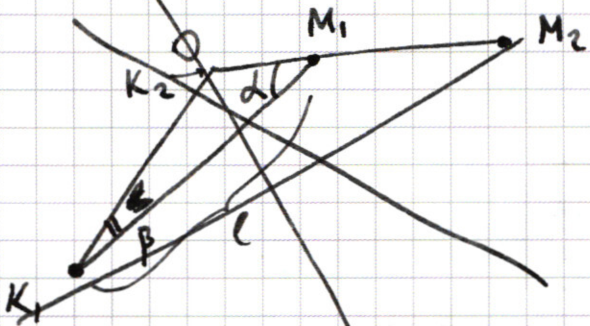
Заметим, что на ~~[illegible]~~ оси симметрии (в силу симметрии) поле перпендикулярно ей. $\Rightarrow$ это прямая равных потенциалов. На бесконечности $\varphi=0 \Rightarrow$ Внутри конденсаторе в середине тоже $\varphi=0$. Разность потенциалов пластин равна $Ed =$
$= \frac{Q}{\varepsilon_0 S}\cdot d = \frac{3}{2}\cdot\frac{d^2}{\gamma T^2} \Rightarrow$ потенциал положительной

пластины равен $\varphi_+ = \frac{1}{2}Ed = \frac{3}{4}\cdot\frac{d^2}{\gamma T^2}$, отрицательной —

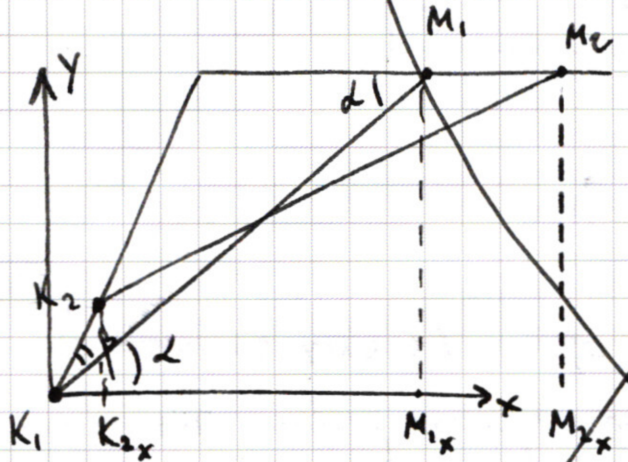
— $\varphi_- = -\frac{1}{2}Ed$.

Поскольку частица находится изначально ~~н~~ посередине между положительной пластиной и серединой конденсатора, она находится в точке с потенциалом $\varphi_0 = \frac{\varphi_+ + 0}{2} = \frac{3}{8}\cdot\frac{d^2}{\gamma T^2}$

№1 Можно считать, что за бесконечно малые промежутки времени кольцо K двигается так, как будто оно двигается по касательной а не по окружности. ~~Пусть O – т. пересечения касательной и прямой AB.~~



Пусть кольцо переместилось из K_1 в K_2, а муфта — из M_1 в M_2. Введём ось Ox так, что $K_1 \in Ox$ и $M_1M_2 \parallel Ox$. (см. рис.) Пусть K_{2x}, M_{1x}, M_{2x} — проекции точек K_2, M_1, M_2 на ось Ox.



~~Длина нити не меняется:~~ $\cancel{l^2 = K_1M_{1x}^2 + M_1M_x^2}$

$$\cancel{l^2 = K_{2x}M_{2x}^2 + (M_1M_{x_1} - K_2K_{2x})^2}$$

$$\cancel{K_1M_{1x}^2 = l^2\cos^2\alpha}, \quad \cancel{M_1M_{1x}^2 = l^2\sin^2\alpha}$$

$$\cancel{K_{2x}M_{2x}}$$

l_x – проекция l на Ox, l_y – на Oy.

Пусть муфта прошла бесконечно малое расстояние $M_1M_2 = v\,dt$

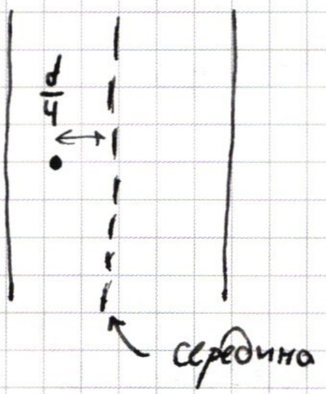
$\Rightarrow$ l_x увеличилась на $M_1M_2 - K_1K_2\cos(\alpha+\beta)$

$\Rightarrow$ l_y уменьшилась на $K_2K_{2x} = K_1K_2\sin(\alpha+\beta)$

☐ черновик ☑ чистовик Страница №__
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Значит, частица, проходя путь от начальной точки до бесконечности, пройдёт от потенциала $\varphi_0 = \frac{3}{8} \cdot \frac{d^2}{\gamma T^2}$ до потенциала 0 (ноль). Значит скорость на бесконечности будет такой же, как в середине конденсатора



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

$$\Rightarrow E_{кин} = \frac{m v_2^2}{2} = q\Delta\varphi = q\varphi_0$$

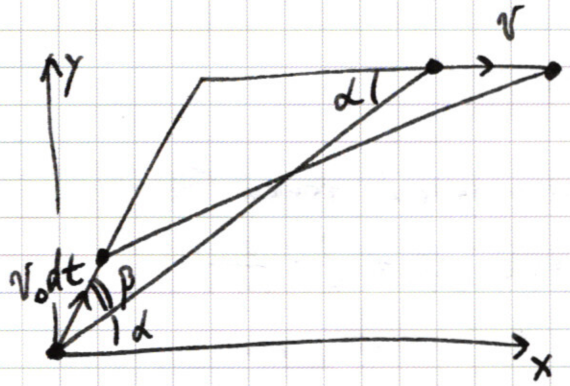
$$\Rightarrow v_2^2 = \frac{2q\varphi_0}{m} = 2\gamma \cdot \frac{3}{8} \cdot \frac{d^2}{\gamma T^2} = \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{d}{T}\right)^2$$

$$\Rightarrow v_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{d}{T}$$

Ответ: 1) $V_1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{d}{T}$ 3) $v_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{d}{T}$

2) $Q = \frac{3}{2} \cdot \frac{\varepsilon_0 S d}{\gamma T^2}$

№1 Пусть муфта прошла расстояние Vdt, а кольцо $- dx$.
$dx = V_0 dt$, V_0 - скорость кольца.



Введем оси $Ox \parallel \vec{V}$ из начального положения кольца.

Проекция нити на Ox вначале: $l_x = l\cos\alpha$

в конце: $l_x + Vdt - V_0 dt\cos(\alpha+\beta)$

Проекция на O_y в начале: $l_y = l\sin\alpha$

в конце: $l_y - V_0 dt\sin(\alpha+\beta)$

$$l^2 = l_x^2 + l_y^2 = \left(l_x + Vdt - V_0 dt\cos(\alpha+\beta)\right)^2 + \left(l_y - V_0 dt\sin(\alpha+\beta)\right)^2$$

Делим на $(dt)^2$. Константы обнуляются

$$\cancel{0 = 0 + \frac{V}{dt}2}$$

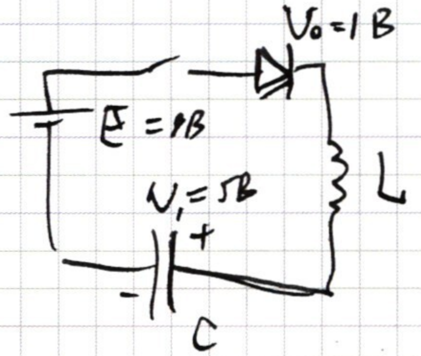
$$0 = \left(0 + V - V_0\cos(\alpha+\beta)\right)^2 + \left(0 - V_0\sin(\alpha+\beta)\right)^2$$

$$V^2 - \cancel{V} - 2VV_0\cos(\alpha+\beta) + V_0^2 = 0$$

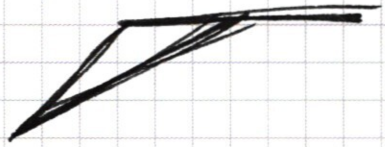
$$V_0^2 - 2VV_0\cos(\alpha+\beta) + V^2 = 0$$

отсюда находится V_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



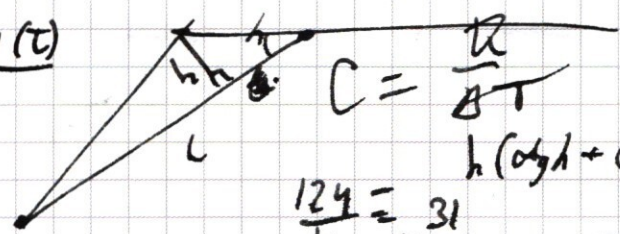
$E = L\dot{I} + \frac{q}{C}$



$L\dot{I} = 0 \Rightarrow E = \frac{q(\tau)}{C}$

$V_L(0) = 3$ В $\Rightarrow \dot{I}(0) = \frac{3\text{ В}}{0.1\text{ Гн}} = 30\ \frac{А}{с}$

$E = V_0 + V_c(\tau) \Rightarrow$ $q(\tau)$



$C = \frac{R}{\Delta T}$

$h(ctg\alpha + ctg\beta) = l$

$A_{нм} = \left(0 - \frac{LI_m^2}{2}\right) +$

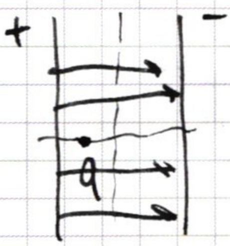
$\frac{124}{4} = 31$

$\boxed{h = \frac{l}{ctg\alpha + ctg\beta}}$

$18^2 = (9 \cdot 2)^2 = 31 \cdot 4 = 324$

$\times 18$
18
144
$+18$
324

$CV_1 \quad CV_2$



$EC(V_2 - V_1) = \frac{CV_2^2}{2} - \frac{CV_1^2}{2}$

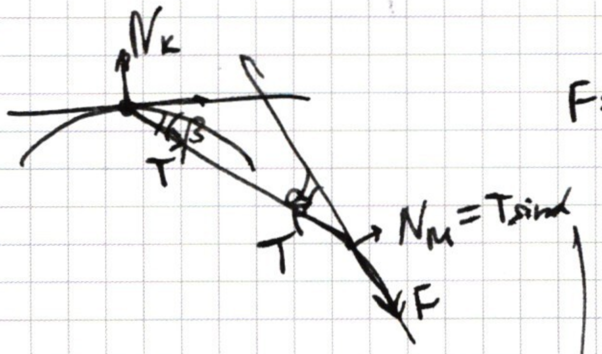
$E \cancel{(V_2 - V_1)} = \frac{(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)}{2}$

$2E = V_2 + V_1$

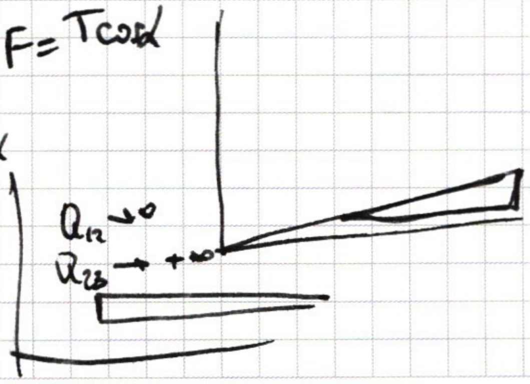
$\sqrt{31} \approx \sqrt{32} = 4\sqrt{2}$

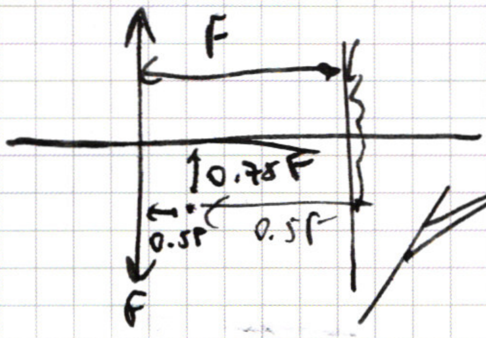
$= 4 \cdot 1,41$

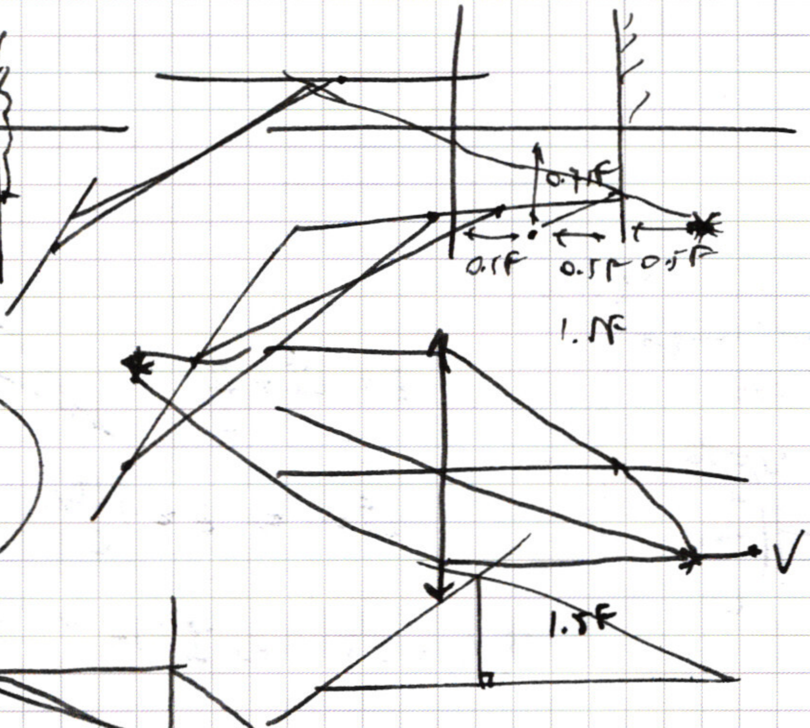
$5,64$

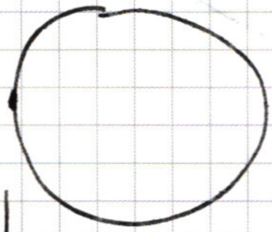


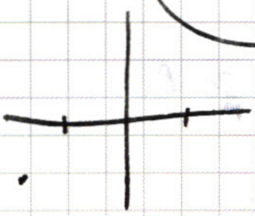
$F = T\cos\alpha$

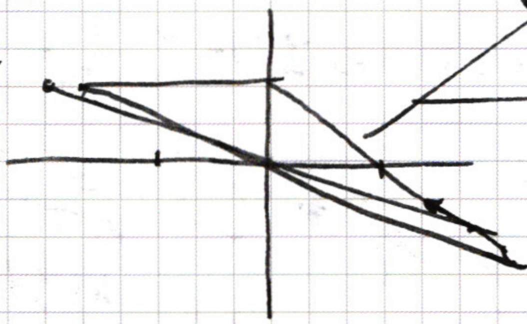




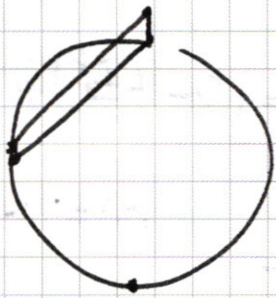








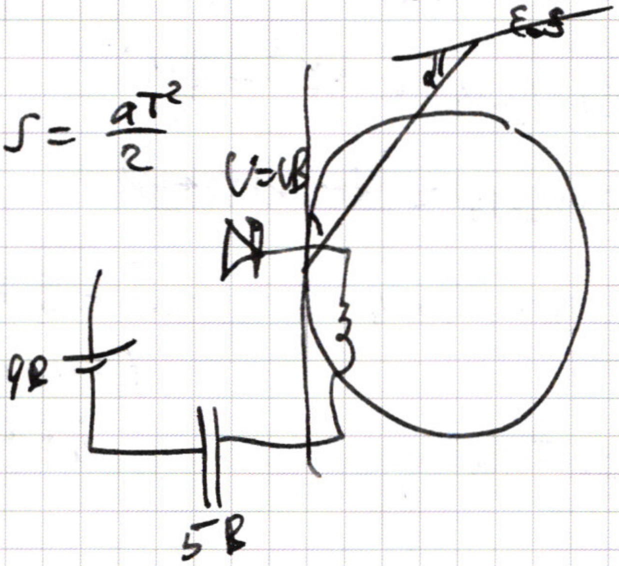
CV_1

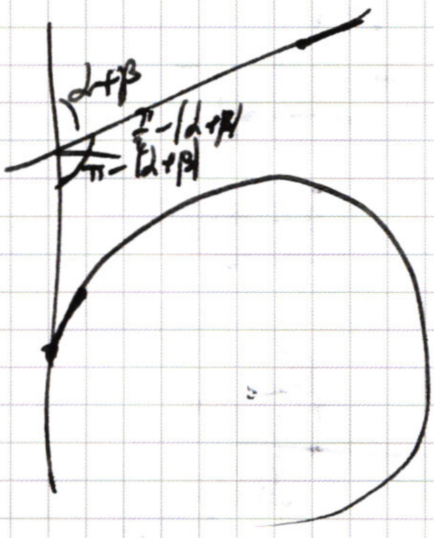


$$F = qE = \frac{qQ}{\varepsilon_0 S}$$

$$a = \frac{qQ}{\varepsilon_0 S}$$

$$S = \frac{aT^2}{2}$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Длина нити не меняется:

$$l^2 = l_x^2 + l_y^2 = (l_x + Vdt - K_1K_2\cos(\alpha+\beta))^2 + (l_y - K_1K_2\sin(\alpha+\beta))^2$$

здесь l_x и l_y – проекции в нач. момент времени.

Пусть $K_1K_2 = dx$ – бесконечно малое расстояние, которое прошло кольцо. $l_x = l\cos\alpha$, $l_y = l\sin\alpha$

$$0 = V^2d^2t^2 + d^2x^2\cos^2(\alpha+\beta) + 2l_xVdt - 2l_x dx\cos(\alpha+\beta) - 2Vdt\,dx\cos(\alpha+\beta) - 2l_y dx\sin(\alpha+\beta) + d^2x\sin^2(\alpha+\beta)$$

$$V^2d^2t^2 + d^2x^2 + 2l_xVdt = 2l_x dx\cos(\alpha+\beta) + 2Vdt\,dx\cos(\alpha+\beta) + 2l_y dx\sin(\alpha+\beta)$$

$$V^2d^2t^2 + d^2x^2 + 2lVdt\cos\alpha = 2l\,dx\cos\alpha\cos(\alpha+\beta) + 2Vdt\,dx\cos(\alpha+\beta) + 2l\,dx\sin\alpha\sin(\alpha+\beta)$$

Делим на d^2t^2:

$$V^2 + \frac{d^2x^2}{dt^2} + \frac{2lV\cos\alpha}{dt} \to 0 = \frac{2l\frac{dx}{dt}\cos\alpha\cos(\alpha+\beta)}{dt} \to 0 + 2V\frac{dx}{dt}\cos(\alpha+\beta) + 2l\frac{dx/dt}{dt}\sin\alpha\sin(\alpha+\beta) \to 0$$

производная константы равна 0

$$V^2 + \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = 2V\frac{dx}{dt}\cos(\alpha+\beta)$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

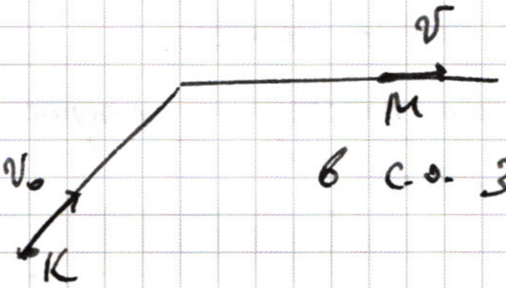
~~Заметим, что~~ $\cancel{\frac{dx}{dt} = v_к}$ ~~— скорость кольца~~

$$\cancel{v^2 + v_к^2 = 2vv_к\cos(\alpha+\beta)}$$

$$\cancel{v_к^2 - 2v_к v\cos(\alpha+\beta) + v^2 = 0}$$

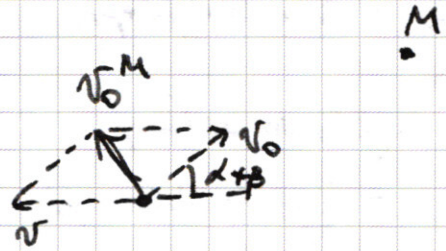
$$\cancel{D = 4v^2\cos^2(\alpha+\beta)}$$

2)



в с.о. земли

в с.о. муфты :



$$\cancel{(v_0^M)^2 = (v_0\cos\alpha - v)^2 + (v_0\sin\alpha)^2 =}$$

$$\cancel{= v_0^2 - 2vv_0\cos\alpha + v^2}$$

$$(v_0^M)^2 = (v_0\cos(\alpha+\beta) - v)^2 + (v_0\sin(\alpha+\beta))^2 =$$

$$= v_0^2 - 2vv_0\cos(\alpha+\beta) + v^2$$

$$\Rightarrow v_0^M = \sqrt{v_0^2 - 2vv_0\cos(\alpha+\beta) + v^2}$$

3) $T\sin\beta = mv_0^2/R$ — центростремительное ускорение