

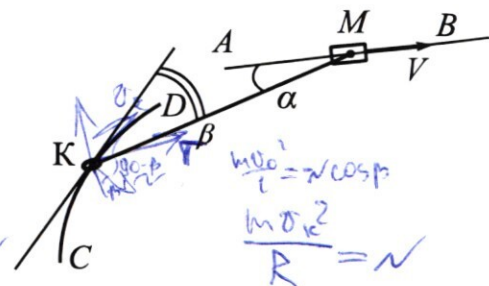
Олимпиада «Физтех» по физике,

Вариант 11-03

Класс 11

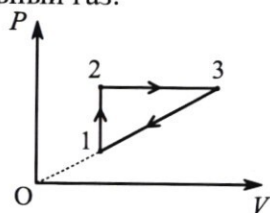
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в

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.



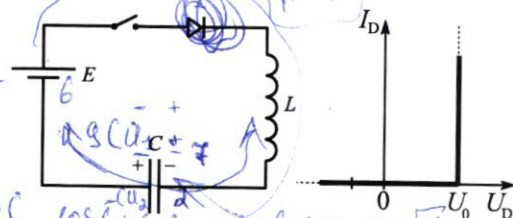
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица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

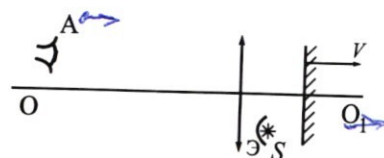
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.



$$1 - \frac{275}{258} \quad \frac{64}{258} \quad \frac{8}{14} = \sin \alpha$$

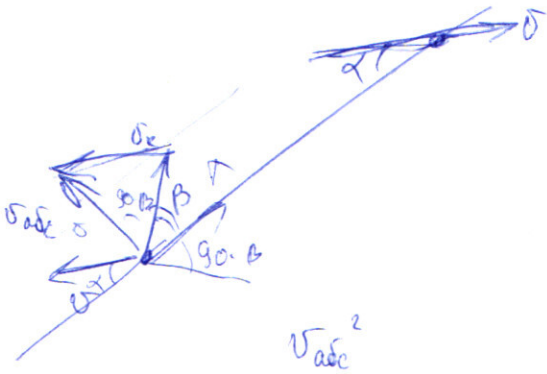
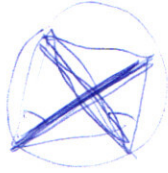
$$\frac{34}{814}$$



$$\frac{160}{-}$$

$$\Gamma = \frac{f + 160h}{d + 208t}$$

$$O_y =$$



$$m \frac{v_k^2}{R} = \Gamma \sin \alpha$$



$$\frac{m v_a^2}{\frac{5}{4} R} = \Gamma$$

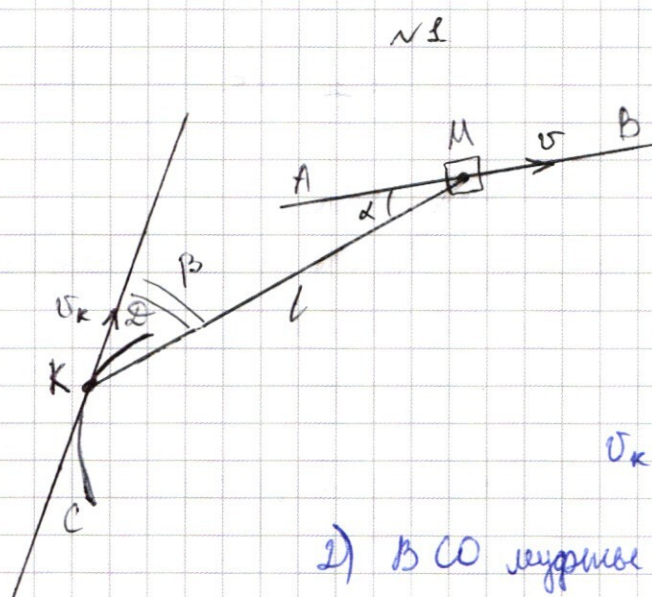
$$\sin \alpha = 0.8$$

$$\frac{v_k^2}{v_a^2} \cdot \frac{4}{5} = \sin \alpha$$

$$v_a = v_k$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Минус



1) Усл. неразрывности
тока:

$v \cos \alpha = v_k \cos \beta$, где v_k - скорость
кабеля в данной точке.

$$v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{34 \cdot \frac{15}{17}}{\frac{3}{5}} = 50 \text{ см/с.}$$

2) В СО муфта:



1	3
34	56
134	156
136	336
102	780
1256	3536

$$\cos \beta = 0,6 \quad \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\sin \beta = 0,8 \quad \sin \alpha = \frac{8}{17}$$

2.1.1

$v_{\text{абс}}$ - скорость кабеля в СО муфта.
 $v_{\text{абс}} \perp KM$, т.к. в СО муфта кабель движется
по окр-ти.

$$v_{\text{абс}} = \frac{v_k}{\sin \beta} = \frac{50}{0,8} = \frac{250}{8} = \frac{125}{4} = 31,25 \text{ м/с.}$$

$$v_o^2 = v_k^2 + v^2 - 2v_kv \cos(\alpha + \beta). \text{ - Т. косинусов.}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{15}{17} \cdot \frac{6}{10} - \frac{8}{17} \cdot \frac{8}{17} = \frac{26}{170} = \frac{13}{85}.$$

$$v_o^2 = 50^2 + 34^2 - 2 \cdot 50 \cdot 34 \cdot \frac{13}{85} = 2500 + 1156 - 520 = 3656 - 520 = 3136.$$

$$v_o = \sqrt{3136} = 56 \text{ см/с.}$$

$$3) \text{ } \frac{m v_o^2}{2} = T \sin \beta.$$

$$3) \frac{mv_0^2}{R} - \frac{mv_0^2 \sin \theta}{R} = \frac{mv_0^2}{R}$$

В CD мифы π з. н.:

$$\frac{mv_0^2}{R} = \frac{mv_0^2 \cos(\theta_0 - \theta)}{R} + T \sin^2 \theta$$

Запишем π з. н. для CD з. н.



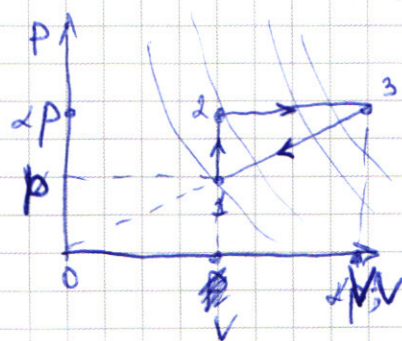
$$\frac{mv_0^2}{R} = \frac{mv_0^2 \cos \theta}{R}$$

$$\frac{mv_0^2}{R} = T \sin \theta - \frac{mv_0^2}{R} \sin \theta$$

$$\frac{mv_0^2}{R} = T \sin \theta - \frac{mv_0^2}{R} \sin \theta$$

$$\frac{mv_0^2}{R} = T \sin \theta - \frac{mv_0^2}{R} \sin \theta \Rightarrow \text{см. продолжение на стр. 9}$$

и 2



3) Характеристические изотермы.
Температура T только на участках 1-2
и 2-3.

с) $\Delta T_1 = \frac{3}{2} (2PV - PV)$ (2 з. термодин. для 1-2)
и аналогично для 2-3.

$$\Delta T_1 = 2PV - PV.$$

$$\Delta T_1 = \frac{3}{2} \Delta T_1$$

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

Аналогично для 2-3:

$$\Delta T_2 = \frac{3}{2} (2^2 PV - 2PV) + 2P \cdot (2V - V)$$

$$2^2 PV - 2PV = \Delta T_2$$

$$\Delta T_2 = \frac{3}{2} \Delta T_2 R + \Delta T_2$$

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

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

$$2) \Delta U_{23} = \frac{3}{2} (2^2 PV - 2PV)$$

$$A_{23} = 2P \cdot (2V - V)$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} PV (2^2 - 2)$$

$$A_{23} = PV (2^2 - 2)$$

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

$$3) \eta = \frac{A}{Q^+}$$

$$A = \frac{(2P - P) \cdot (2V - V)}{2} = \frac{PV}{2} (2 - 1)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Q^* - только на участках 1-2 и 2-3.

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (\alpha pV - pV) + 0 = \frac{3}{2} pV (\alpha - 1).$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} (\alpha^2 pV - \alpha pV) + \alpha p (\alpha V - V) = \frac{3}{2} pV (\alpha^2 - \alpha) + pV (\alpha^2 - \alpha) = \frac{5}{2} pV \alpha (\alpha - 1).$$

$$\eta = \frac{A}{Q^*} = \frac{A}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{\frac{pV}{2} (\alpha - 1)^2}{\frac{3}{2} pV (\alpha - 1) + \frac{5}{2} pV \alpha (\alpha - 1)} = \frac{pV (\alpha - 1)}{3pV + 5pV\alpha} = \frac{\alpha - 1}{3 + 5\alpha} = 0,2 = \frac{1,6}{3 + 5\alpha} =$$

$$= 0,2 - \frac{1,6}{3 + 5\alpha}$$

$$\text{При } \alpha \rightarrow \infty$$

$$\eta \rightarrow 0,2.$$

Ответ:

- 1) $\frac{5}{3}$
- 2) $\frac{3}{2}$
- 3) $\eta_{\max} = 0,2.$

~~$\eta = 0$ при max.~~

~~$(\alpha - 1) \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} (5\alpha + 3) = 0.$~~

~~$5\alpha - 5 \cdot 5\alpha + 3 = 0.$~~

~~$10\alpha = 2.$~~

~~$\alpha = 0,2.$~~

~~$\frac{\alpha - 1}{3 + 5\alpha} = \frac{0,2 - 1}{3 + 5 \cdot 0,2} = \frac{-0,8}{3 + 2,5} = \frac{-0,8}{5,5} = -0,145$~~

~ 4

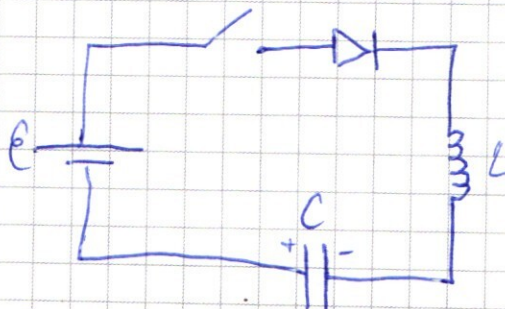
1) Диод открывается т.к.

$$\mathcal{E} + U_L > U_0.$$

Тогда напряжение на конденсаторе:

$$\mathcal{E}_L = \mathcal{E} + U_L - U_0 = \mathcal{E}.$$

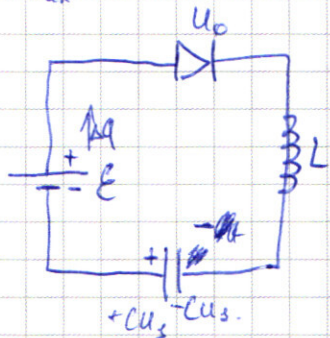
$$\mathcal{E}_L = - \frac{L dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = - \frac{\mathcal{E}_L}{L}, \text{ знак "-" показывает, что ток возрастает.}$$



тает в противоположном направлении.

$$\left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{\mathcal{E}_L}{L} = \frac{7}{0,2} = 70 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$$

2) $I_{\max} \rightarrow dI_{\max} = 0 \Rightarrow \mathcal{E}_L = 0.$



$$\mathcal{E} + U_0 = U_C = 7\text{В.}$$

На конденсаторе был заряд.

$$q_s = CU_s.$$

А стал:

$$q_2 = CU_C. \quad U_C - \text{напряжение конденсатора при } I_{\max}.$$

Значит протек:

$$\Delta q = CU_s + CU_C = CU_s - (-CU_C).$$

ЗСЖ:

$$\mathcal{E} \Delta q = \frac{CU_C^2}{2} - \frac{CU_s^2}{2} + \frac{LI_{\max}^2}{2}$$

$$2\mathcal{E} \Delta q = CU_C^2 - CU_s^2 + LI_{\max}^2$$

$$2\mathcal{E} C(U_s + \mathcal{E} + U_0) = C(\mathcal{E} + U_0)^2 - CU_s^2 + LI_{\max}^2.$$

$$2CE(U_s + \mathcal{E} + U_0) - C(\mathcal{E} + U_0)^2 + CU_s^2 = LI_{\max}^2.$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{2CE(U_s + \mathcal{E} + U_0) - C(\mathcal{E} + U_0)^2 + CU_s^2}{L}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 63 \cdot 40 \cdot 10^{-6} - 49C + 4C}{L}} = \sqrt{\frac{63C}{L}} = \sqrt{\frac{63 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}{0,2}} \approx 8 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 16 \cdot 10^{-2} \text{ А} =$$

$$= 160 \text{ мА.}$$

3) Найдем $U_{\max} = U_2$, т.к. заметил направление тока ~~поменяется~~, но ~~не подействует~~ и ~~останется~~ U_2 . ~~После~~ U_2 ток поменял ~~назад~~, но ~~назад~~ U_2 ~~останется~~ U_2 .

$$\mathcal{E}(\Delta q) = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_s^2}{2}.$$

$$q_s = CU_s.$$

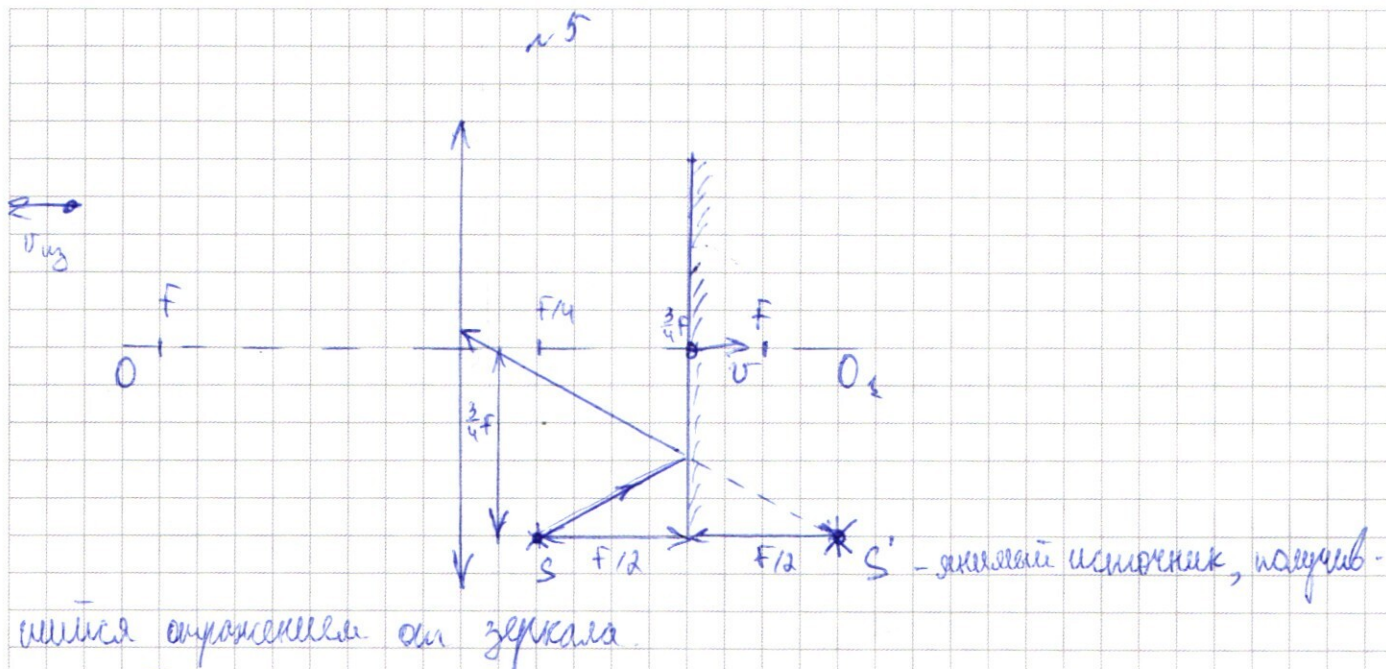
$$q = CU_s + CU_2.$$

$$\mathcal{E}(CU_s + CU_2) = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_s^2}{2}.$$

$$2\mathcal{E}U_s + 2\mathcal{E}U_2 = U_2^2 - U_s^2$$

$$2\mathcal{E}(U_s + U_2) = (U_2 + U_s)(U_2 - U_s) \text{ и останется } U_2.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Ок будет находится на расстоянии $\frac{5}{4} F$.

$$1) \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{s}$$

$$\frac{l}{f} = \frac{l}{\frac{5}{4}f} + \frac{l}{f}$$

$$\frac{1}{5f} = \frac{1}{f}$$

$$f = 5 \text{ Hz}$$

2) Перейдем в СО зеркала.
 $S \leftarrow v$ Тогда $S' \rightarrow v$.
 Тогда S' с v вырвется.
 Перейдем обратно в
 СО земли. Тогда
 S' движется вправо.
 с $2v$.

~~Ans. $\pi, x, r = \frac{f}{d} = \frac{2f}{2d} = 4$~~

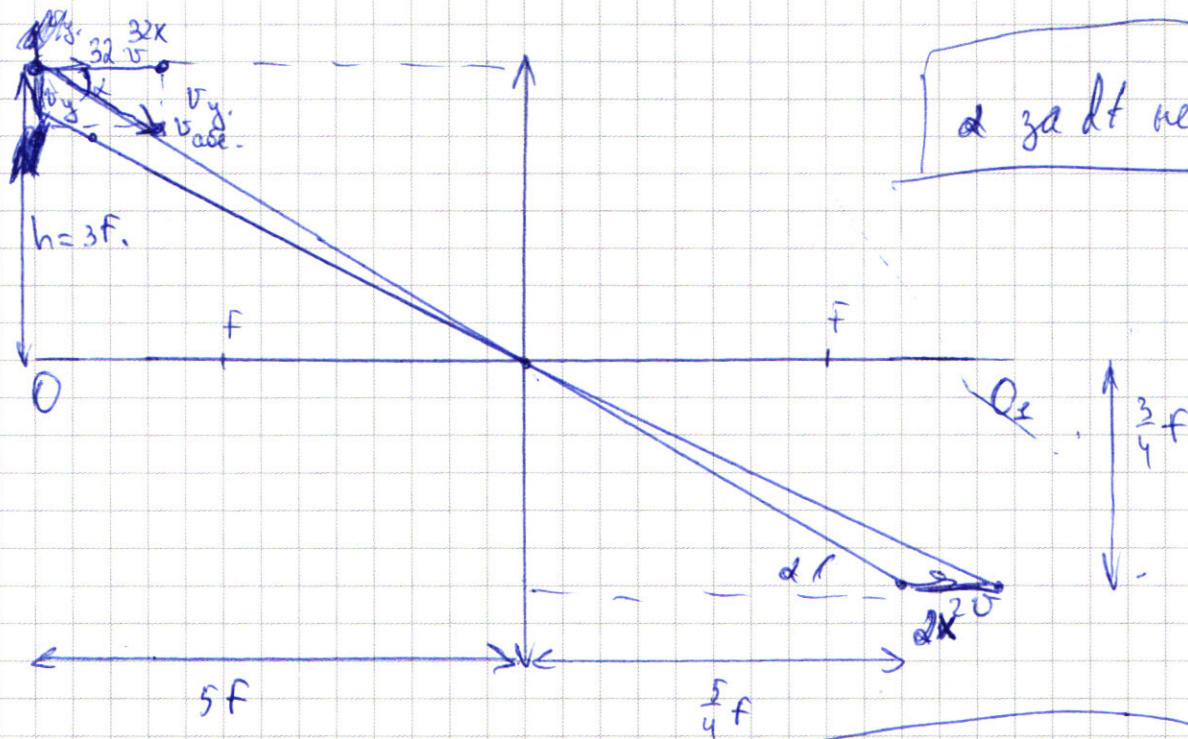
П.к. $P = \frac{f}{a} = 4$, то
скорость поперечная.

равна:

$$\sigma_{uz} = 20 \cdot 17^2 = 320.$$

~~изображения будут равны:~~

$$v_{xy} = \frac{1}{2} \frac{dv}{dx} = \frac{3}{2} v$$



α за dt не изменяется.

~~$p = \frac{p}{f} = \frac{p}{h} + \frac{p}{d}$~~
 ~~$h = \frac{1}{4} f \cdot \Gamma = 3f$~~
 ~~$\frac{p}{f} = \frac{p}{h} + \frac{p}{d}$~~
 ~~$\frac{1}{f} = \frac{1}{h} + \frac{1}{d}$~~
 ~~$\frac{1}{f} = \frac{1}{3f} + \frac{1}{d}$~~
 ~~$\frac{1}{f} - \frac{1}{3f} = \frac{1}{d}$~~
 ~~$\frac{2}{3f} = \frac{1}{d}$~~
 ~~$d = \frac{3}{2} f$~~
 ~~$f d = v t + f d$~~
 ~~$2v dt + 32v dt + f d = 32v dt + f d + 5f \cdot 32v dt$~~
 ~~$2v dt + 32v dt = 32v dt + 5f \cdot 32v dt$~~
 ~~$2v + 32v = 32v + 5f \cdot 32v$~~
 ~~$2 + 32 = 32 + 5f \cdot 32$~~
 ~~$d + f^2 d = \dots$~~

$\tan \alpha = \frac{\frac{3}{4} f}{\frac{5}{4} f} = \frac{3}{5}$
 $\tan \alpha = v_y / 32v$
 $\alpha = \arctg(\frac{3}{5})$

$v_y = 32v \cdot \tan \alpha = 0,6 \cdot 32v = 19,2v$

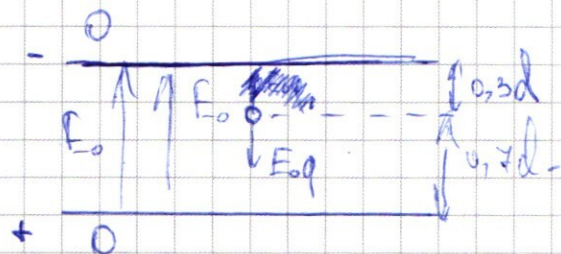
$\tan \alpha = \frac{3}{5} = \frac{v_y dt}{32v dt} = \frac{v_y}{32v}$

$v_{acc} = \sqrt{v_y^2 + (32v)^2} = \sqrt{(19,2v)^2 + (32v)^2} = v \sqrt{19,2^2 + 32^2} = \frac{6}{5} \cdot 32v = \frac{192}{5} v = 38,4v$

Ответ: 3) $f = 5f$; $\alpha = \arctg(\frac{3}{5})$; $v_{acc} = 38,4v$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~ 3



$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \text{ — от одной пластинки.}$$

От двух:

$$E_0 = 2E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}.$$

Запишем II з. Н:

$$ma = E_0 q.$$

$$a = \frac{E_0 q}{m} = E_0 \gamma.$$

~~Всё~~

~~$$0,2d = 0,8d$$~~

$$0,2d = \frac{v_z^2}{2 \cdot E_0 q / m}$$

~~$$\frac{1,4d E_0 q}{m} = 0,2d \frac{v_z^2}{E_0 q} = v_z^2$$~~

$$\frac{E_0 q}{m} = \frac{v_z^2}{1,4d}$$

~~$$\frac{dm}{E_0 q} = \frac{v_z}{a}$$~~

$$1) \quad 0,2d = \frac{aT^2}{2}$$

$$\frac{0,4dm}{E_0 q} = T^2.$$

~~$$\frac{2 \cdot 0,2^2}{7} = T^2$$~~

$$\frac{0,4d \cdot 1,4d}{5_s^2} = T^2.$$

$$\frac{14 d^2}{25 v_s^2} = T^2.$$

$$T = \frac{d}{50_s} \sqrt{14}$$

$$\frac{14 \cdot 2}{10 \cdot 5} = \frac{28}{50} = \frac{14}{25}.$$

$$\frac{v_z^2}{2a} = 0,2d.$$

$$a = \frac{v_z^2}{1,4d} = E_0 \gamma.$$

$$E_0 = \frac{v_z^2}{1,4d \gamma}.$$

$$2) \quad E_0 = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

$$Q = E_0 2\epsilon_0 S = \frac{2v_z^2}{1,4d \gamma} \epsilon_0 S = \frac{v_z^2 \epsilon_0 S}{0,7d \gamma}.$$

3) После выхода капли из конденсатора напряженность поля уменьшается. Значит сила действующая на заряд тоже уменьшается.

Значит ~~заряд~~ ~~даже~~ заряд движется с v_2 а на него не действует сила $a=0$. Следовательно, скорость заряда на бесконечности останется такой же.

$$v_2 = v_3.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$-\frac{mv_0^2}{l \sin \beta} + \frac{T}{\sin \beta} = \sqrt{}$$

$$\frac{mv_k^2}{R} = T \sin \beta - \frac{T}{\sin \beta} + \frac{mv_0^2}{l \sin \beta}$$

$$\frac{mv_k^2}{R} \sin \beta = T(\sin^2 \beta - 1) + \frac{mv_0^2}{l} \sin \beta$$

-cos²β.

$$\frac{mv_0^2}{l} = \frac{mv_k^2}{R} \sin \beta + T \cos^2 \beta$$

$$\frac{4mv_0^2}{5R} - \frac{4mv_k^2}{5R} = T \cdot 0,36$$

$$\frac{4m}{5R} (v_0^2 - v_k^2) = T \cdot \frac{9}{255}$$

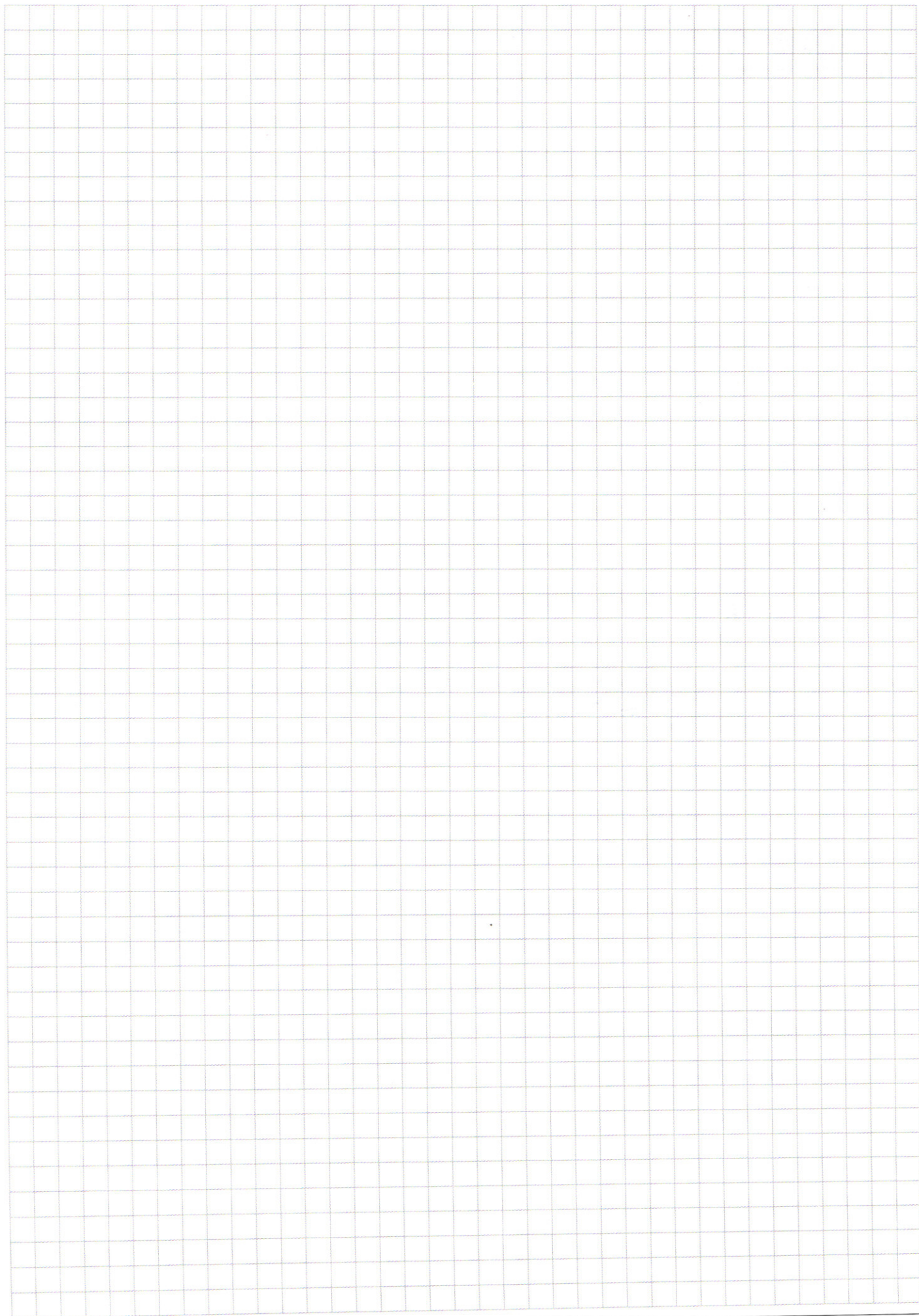
$$\frac{20m}{9R} (v_0^2 - v_k^2) = T$$

$$T = \frac{20 \cdot 0,3}{9 \cdot 0,53} \cdot (56^2 - 50^2) = \frac{6}{9 \cdot 0,53} \cdot (6 \cdot 106) = \frac{200 \cdot 2}{\cancel{600} \cdot \cancel{6} \cdot \cancel{2} \cdot \cancel{53}} = 800 \text{ Н.}$$

Ответ: $v_k = 50 \text{ м/с.}$

$v_0 = 56 \text{ м/с.}$

$T = 800 \text{ Н.}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)