

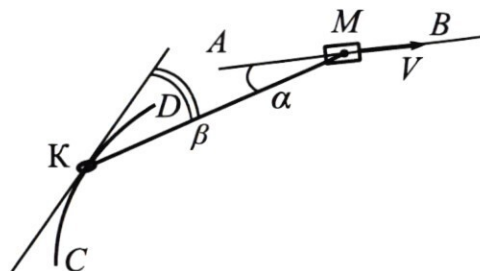
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

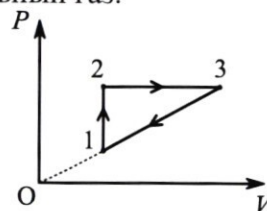
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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

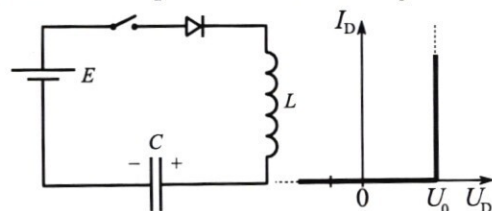
- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

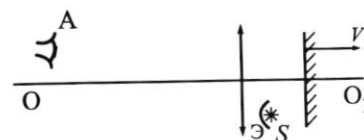
Ключ замыкают.

- 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.



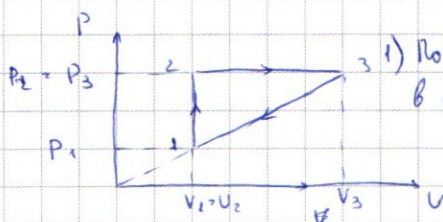
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. $L=3$

1) $\frac{C_p}{C_v} = ?$

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = ?$

3) $\eta = ?$



1) Повышение температуры происходит в процессах 1-2 и 2-3.

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} \quad V = \text{const} \Rightarrow A_{12} = 0$$

$$C_v \Delta T = \frac{3}{2} \Delta T + 0$$

$$C_v = \frac{3}{2} R$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} \quad p = \text{const} \Rightarrow A_{23} = p \Delta V; \quad p \Delta V = \Delta T$$

$$C_p \Delta T' = \frac{3}{2} \Delta T' + p \Delta V = \frac{3}{2} \Delta T' + \Delta T'$$

$$C_p = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_v}{C_p} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = 0,6$$

2) $p = \text{const}$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} \Delta T' + p \Delta V = \frac{3}{2} p \Delta V + p \Delta V = \frac{5}{2} p \Delta V$$

$$A_{23} = p \Delta V$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} p \Delta V}{p \Delta V} = 2,5$$

3) $\eta = \frac{A}{Q_H}$

A численно равно площади фигуры внутри цикла

$$A = \frac{1}{2} (V_3 - V_1) (P_3 - P_1)$$

$$P_1 = 2 U_1$$

$$P_3 = 2 U_3$$

$$A = \frac{1}{2} (P_3 V_3 - P_3 V_1 - P_1 V_3 + P_1 V_1) = \frac{1}{2} (2 U_3^2 - 2 U_3 U_1 - 2 U_1 V_3 + 2 U_1^2) = \frac{1}{2} 2 (U_3 - U_1)^2$$

$$Q_H = Q_{12} + Q_{23}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} (p_3 V_1 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} V_1 (\Delta U_3 - \Delta U_1) = \frac{3}{2} \Delta U_1 (U_3 - U_1)$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_3 V_1) + p_3 (V_3 - V_1) = \frac{5}{2} p_3 (V_3 - V_1) = \frac{5}{2} \Delta U_3 (U_3 - U_1)$$

$$Q_H = \frac{3}{2} \Delta U_1 (U_3 - U_1) + \frac{5}{2} \Delta U_3 (U_3 - U_1) = \frac{\Delta U_1 (U_3 - U_1)}{2} (3U_1 + 5U_3)$$

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{\frac{1}{2} \Delta U_1 (U_3 - U_1)}{\frac{\Delta U_1 (U_3 - U_1)}{2} (3U_1 + 5U_3)} = \frac{U_3 - U_1}{3U_1 + 5U_3}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{\frac{1}{2} \Delta U_1 (U_3 - U_1)}{\frac{1}{2} \Delta U_1 (U_3 - U_1) (3U_1 + 5U_3)} = \frac{U_3 - U_1}{3U_1 + 5U_3}$$

$$U_3 = n U_1$$

$$\eta = \frac{n U_1 - U_1}{3U_1 + 5n U_1} = \frac{n-1}{5n+3}$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \eta = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{n-1}{5n+3} \right) = \frac{1}{5}$$

$$\eta_H = 20\%$$

Ответ: 1) $C_V = 0,6 R$; 2) $Q_{23} = 2,5 A_{23}$; 3) $\eta_H = 20\%$.

5. Дано:

Решение:

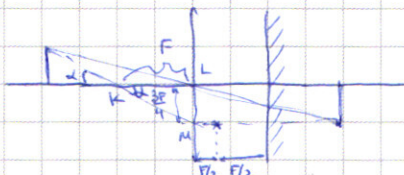
F

U

1) F - ?

2) d - ?

3) U - ?



1) Изображение источника в зеркале будет на расстоянии $d = \frac{3F}{2}$ от линзы и будет являться для линзы источником.

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

$$F = \frac{F d}{d - F} = \frac{F \cdot \frac{3}{2} F}{\frac{3}{2} F - F} = 3F$$

2) Изображение источника в зеркале будет двигаться параллельно оси $OO_1 \Rightarrow$ высота предмета для линзы не меняется и будет и изображение будет двигаться вдоль луча, проходящего через фокус линзы.

$$\text{Из } \triangle KLM: \tan \alpha = \frac{\frac{3F}{4}}{F} = \frac{3}{4}$$

$$3) U_x = \Gamma^2 U'_x$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Если мига сдвинется на расстояние x , то изображение предмета сдвинется на $2x \Rightarrow v'_x = 2v$

$$u_x = u \cos \alpha$$

$$u \cos \alpha = \Gamma^2 \cdot 2v$$

$$u = \frac{2v \Gamma^2}{\cos \alpha} = \frac{2v}{\cos \alpha} \left(\frac{F}{d} \right)^2 = \frac{2v}{\cos \alpha} \left(\frac{3F \cdot 2}{3F \cdot 2} \right)^2 = \frac{8v}{4} = 10v$$

Ответ: 1) $F = 3F$; 2) $\alpha = \frac{3}{4}$; 3) $u = 10v$.

4. Дано:

Решение:

$$E = 9B$$

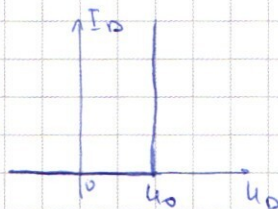
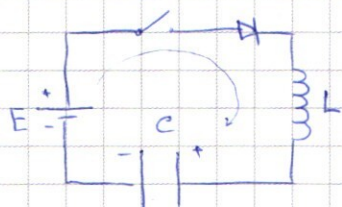
$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 5B$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_2 = 1B$$

$$1) \frac{dI}{dt} = ?$$



$$2) I_m = ?$$

$$3) U_2 = ?$$

$$1) E + E_{is} = U_1$$

$$E - \frac{L dI}{dt} = U_1$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{E + U_1}{L} = \frac{9B + 5B}{0,1 \text{ Гн}} = 140 \text{ А/с}$$

1) Сразу после замыкания ключа напряжение на диоде не достигнет порогового значения $\Rightarrow$ ток через него не потечет.

$$\frac{dI}{dt} = 0$$

$$2) I_m \Rightarrow \frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow U' = -E$$

$$E + E_{is} = U_1$$

$$E_{is} = - \frac{L dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{E + U_1}{L}$$

$$A_{\text{изл}} + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{CU_1'^2}{2}$$

$$E(C(E - U_1) + \frac{CU_1'^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{CU_1'^2}{2}$$

$$I_m = \sqrt{\frac{C}{L} (E - U_2)} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}}{0,1 \text{ Гн}} (9B - 5B)} = 0,08 \text{ А}$$

$$3) \text{ В установившемся режиме } U_L = 0 \Rightarrow U_2 = E = 9B$$

Ответ: 1) $\frac{dI}{dt} = 0$; 2) $I_m = 0,08 \text{ А}$; $U_2 = 9B$

3. Дано:

S
 d
 T

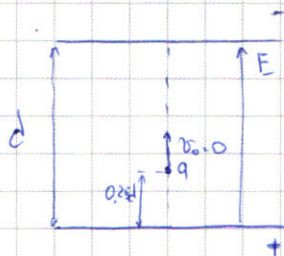
$$\gamma = \frac{q}{m}$$

1) v_1 - ?

2) Q - ?

3) v_2 - ?

Решение:



1) $A_3 = \Delta E_k$

$$qE(d - 0,25d) = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_2 = \sqrt{1,5 \gamma E d}$$

$$ma = Eq \Rightarrow a = \frac{Eq}{m} = \frac{E}{\gamma}$$

$$v_1 = v_0 + at = at = \frac{ET}{\gamma}$$

$$1,5 \gamma E d = \frac{E^2 T^2}{\gamma^2}$$

$$E = \frac{1,5 \gamma^3 d}{T^2}$$

$$v_1 = \frac{1,5 \gamma^2 d}{T}$$

2) $E = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q}{2S\epsilon_0} \Rightarrow Q = 2S\epsilon_0 E = \frac{3 \gamma^3 d S \epsilon_0}{T^2}$

3) Снаружи конденсатора эл. поле нет, поэтому скорости после вылета не изменятся и будут.

Ответ: 1) $v_1 = \frac{1,5 \gamma^2 d}{T}$; 2) $Q = \frac{3 \gamma^3 d S \epsilon_0}{T^2}$; 3) $v_2 = v_1$.

1. Дано:

$m = 0,1 \text{ кг}$

$R = 1,9 \text{ м}$

$l = \frac{5R}{3}$

$\cos \alpha = \frac{16}{17}$

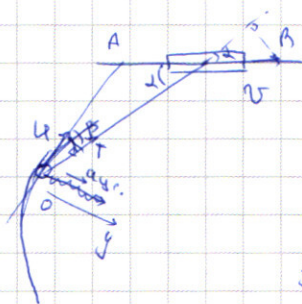
$\cos \beta = \frac{4}{5}$

1) u - ?

2) $u_{\text{нел}}$ - ?

3) T - ?

Решение:



1) $u \cos \beta = v \cos \alpha$

$$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \text{ м/с} \cdot \frac{16}{17}}{4/5} = 75 \text{ м/с}$$

3) По 2-му з. к.:

$q: m a_{\text{нел}} = T \sin \beta$

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

$$T = \frac{mu^2}{R \sin \beta} = \frac{0,1 \text{ кг} \cdot (75 \cdot 10^{-2})^2}{1,9 \text{ м} \cdot 3} \cdot 5 \approx 0,5 \text{ Н}$$

2) $\vec{u}_{\text{нел}} = \vec{u} - \vec{v}$

Ответ: 1) $u = 75 \text{ м/с}$; 3) $T \approx 0,5 \text{ Н}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5.

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

$$\frac{2}{3F} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{3}{3F} - \frac{2}{3F} - \frac{1}{3F}$$

$$\sqrt{F^2 + \frac{9F^2}{16}} = \frac{5}{4}F$$

1) $f = 3F$

$$\frac{x}{v} = \frac{2x}{v_1}$$

$$V_1 = 2V$$

$$U_x = F^2 V_x$$

$$u_x = u \cos \alpha$$

$$v_x = 2v$$

$$\Gamma = \frac{F}{d} = \frac{3F}{3F} \cdot 2 = 2$$

$$u \cos \alpha = 2v \cdot r^2$$

$$3) u = \frac{25 \cdot 5^2}{\cos 4} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 4}{4} \cdot 5 = 105$$

$$2) \quad \sin \alpha = \frac{3}{4}$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{3}{4}\right)$$

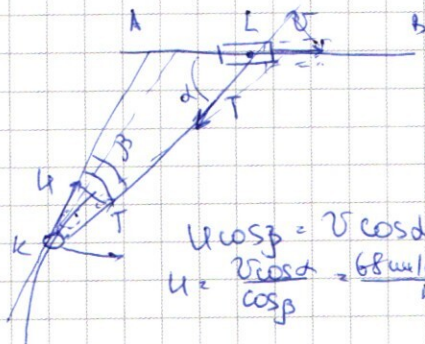
$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 170 \\ \hline 289 \end{array}$$

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

$$\sin \beta = \frac{3}{5}$$

1.



$$m_{y,c} = T \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = T \sin \beta$$

Qy.c. $2 \times \frac{4}{12}$

$$\frac{mu^2}{D} = T \sin \beta$$

$$\therefore T = \frac{mv^2}{R \sin \theta} = \frac{0.1 \cdot (3 \cdot 10^2)^2}{1.9 \cdot \frac{3}{5}}$$

$$12 \cos 30^\circ = 25 \cos \alpha$$

$$u = \frac{v_{\text{wind}}}{\cos \beta} = \frac{68 \text{ m/s} \cdot \frac{1}{15}}{\frac{1}{5}} = 228 \text{ m/s}$$

$$\sin(\beta + d) = \sin\beta\cos d + \sin d\cos\beta =$$

$$= \frac{3}{8} \cdot \frac{15}{17} + \frac{1}{17} \cdot \frac{4}{5} = \frac{5 \cdot 9}{17 \cdot 5} + \frac{32}{17 \cdot 5} = \frac{77}{105}$$

$$\frac{e}{\sin(\pi - (\beta + \alpha))} = \frac{AL}{\sin \beta}$$

$$\frac{r}{\sin(\beta + d)} = \frac{AL}{\sin \beta}$$

$$\frac{8R}{8.77} \cdot 105 = \frac{AL}{8} \cdot 5 = \frac{8 \cdot 10^{-4}}{19 \cdot 8} \cdot 5 = \frac{15}{19} \cdot 10^{-4}$$

$$A_L = \frac{105}{77} R$$

$$4. \text{ p) } E + \mathcal{E}_{\text{is}} = U, \text{ ~~тогда~~}$$

$$E - \frac{L dI}{dt} = U, \text{ ~~тогда~~}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{E + U_1}{L} = \frac{9\text{В} + 5\text{В}}{0,1\text{Гн}} = 140 \text{ А/с}$$

$$2) \Rightarrow U_1 \frac{dI}{dt} = 0 \quad U' = -E$$

$$A_{\text{max}} + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{CU'^2}{2}$$

$$E(C\mathcal{E} - C U_1) + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{CU'^2}{2}$$

$$2C\mathcal{E}^2 - 2C\mathcal{E}U_1 + CU_1^2 = LI_m^2 + \text{~~тогда~~ } C\mathcal{E}^2$$

$$C(\mathcal{E}^2 - 2\mathcal{E}U_1 + U_1^2) = LI_m^2$$

$$C(\mathcal{E} - U_1)^2 = LI_m^2$$

$$I_m = \sqrt{\frac{C}{L}} (\mathcal{E} - U_1) = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{10^{-1}\text{Гн}}} (9\text{В} - 5\text{В}) = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 4 = 0,08 \text{ А}$$

$$3) \quad \mathcal{E} = U_0 + U_2 \quad U_2 = \mathcal{E} - U_0 = 8\text{В}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

повышении T : 1-2 и 2-3

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$ $U = \text{const}$
 $C_V \Delta T = \frac{3}{2} \Delta T R$ $C_V = \frac{3}{2} R$
 $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$
 $C_P \Delta T' = \frac{3}{2} \Delta T' R + p \Delta V$
 $C_P \Delta T' = \frac{3}{2} \Delta T' R + \Delta R \Delta T'$
 $C_P = \frac{5}{2} R$
 1) $\frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3}$
 2) $P = \text{const}$
 $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = ?$ $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} p \Delta V + p \Delta V = \frac{5}{2} p \Delta V$
 $A_{23} = p \Delta V$
 $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} p \Delta V}{p \Delta V} = \frac{5}{2}$
 3) $\eta = \frac{A}{Q_H}$
 $A = \frac{1}{2} (V_3 - V_1) (P_3 - P_1) =$
 $P_1 V_1 = \frac{3}{2} R T_1 = \frac{3}{2} M V_1^2$
 $P_2 V_2 = \frac{3}{2} R T_2 = \frac{3}{2} M V_2^2$
 $P_3 V_3 = \frac{3}{2} R T_3 = \frac{3}{2} M V_3^2$
 $\frac{T_3}{T_1} = \frac{V_3^2}{V_1^2}$
 $A = \frac{1}{2} (V_3 P_3 - P_3 V_1 - P_1 V_3 + P_1 V_1) = \frac{1}{2} (P_3 V_3 + P_1 V_1 - 2 P_1 V_3)$
 $Q_H = Q_{12} + Q_{23}$
 $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} (P_3 V_1 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} V_1 (P_3 - P_1)$
 $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_3 V_1) + P_3 (V_3 - V_1) = \frac{5}{2} P_3 (V_3 - V_1)$
 $Q_H = \frac{3}{2} V_1 P_3 - \frac{3}{2} V_1 P_1 + \frac{5}{2} P_3 V_3 - \frac{5}{2} P_3 V_1 = \frac{5}{2} P_3 V_3 - \frac{3}{2} P_1 V_1 - P_3 V_1$

56255
193
5
104

$$P_1 = dV_1 \quad V_3 = nV_1$$

$$P_3 = dV_3$$

$$5n^2 - 12n - 3 = 0$$

$$0 = 4 + 60 = 64$$

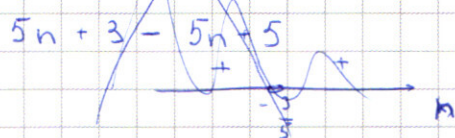
$$b_{12} = \frac{2}{b} \neq 1$$

$$\frac{1}{10} \times -0,6$$

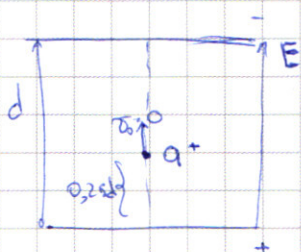
$$e_i = \frac{A_i}{B_i}$$

$\eta = 20\%$

$$\left(\frac{A}{Q_n}\right)' = \frac{5n+3 - (n-1) \cdot 5}{(5n+3)^2} = 0$$



3.



$$2) A_n = \Delta E_k$$

$$qE(d - 0,25d) = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\sqrt{x E \cdot 0,75 d \cdot 2} = 25,$$

$$\sigma_c = \sqrt{1,5 \times E d}$$

$$2) \quad ma = Eq$$

$$v_1 = aT = \frac{ME}{Q} T = \frac{ET}{\lambda}$$

$$1,5 \text{ f } E d = \frac{E^2 T^2}{f^2}$$

$$E = \frac{1,5 \times 3}{f_2} d$$

$$\epsilon = \frac{\tau}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{2SE_0}$$

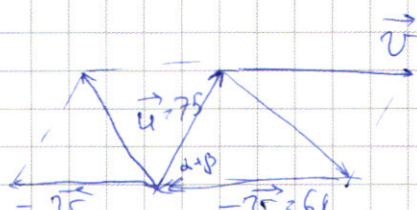
$$\begin{array}{r} 68.15 \\ \hline 17.4 \end{array} \cdot 5 = 75$$

$$\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta =$$

$$\frac{85^3 \cdot 4}{17 \cdot 5} - \frac{3 \cdot 1}{5 \cdot 17} = \frac{60 - 24}{85} = \frac{36}{85}$$

$$1) v_1 = \frac{1,58^2 d}{T}$$

$$2) \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \text{ d}}{T^2} = \frac{Q}{25 \epsilon_0} \Rightarrow Q = \frac{375 \epsilon_0 \cdot 10^{-3} \text{ d}}{T^2}$$



$$\vec{u} - \vec{v} = \vec{u_{\text{rel}}}$$

$$\begin{aligned} \text{Worth} &= 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{36}{17} = \sqrt{58 \cdot 182} = \sqrt{74 \cdot 98} = 13 \end{aligned}$$



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)

