

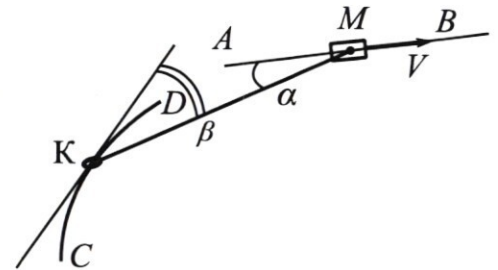
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

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.



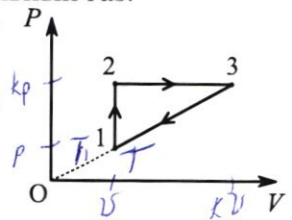
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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?

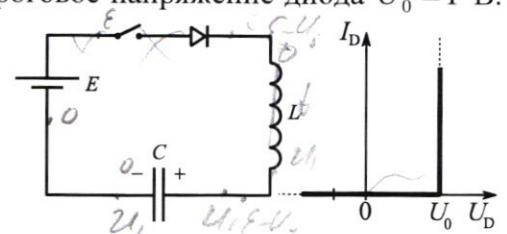
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

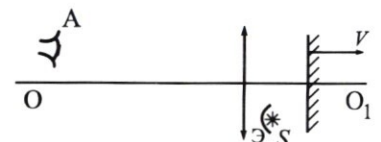


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

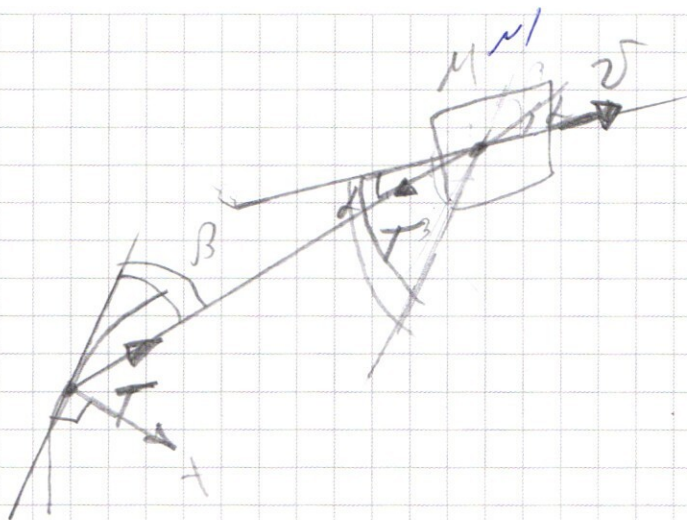
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



Дано:

$$v = 68 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

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

$$R = 1,9 \text{ м}$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

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

$$1) v_k = ?$$

$$2) v_{\text{отн}} = ?$$

$$3) T = ?$$

Решение:

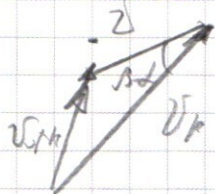
Из условия неразрывности системы получается, что концы натянутой веревки должны двигаться с одинаковой скоростью по оси веревки:

$$v_k \cos \beta = v \cos \alpha \Rightarrow v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{v \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = \frac{968 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4}$$

$$= \frac{0,04 \cdot 15 \cdot 5}{4} = 0,01 \cdot 15 \cdot 5 = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Из закона сложения скоростей:

$$\vec{v}_k = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v} \Rightarrow \vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_k - \vec{v}$$



Из соображений геометрии

получаем, что угол между $\vec{v}$ и $\vec{v}_k$ = $\beta - \alpha$. $\Rightarrow \cos(\beta - \alpha) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta =$

$$= \frac{15.4}{12.5} + \frac{8.3}{17.5} = \frac{24}{12.5}$$

Из теоремы косинусов получаем:

$$v_{\text{огк}} = \sqrt{v_k^2 + v^2 - 2v_k \cdot v \cdot \cos(\beta - \alpha)} = \sqrt{0.75^2 + 0.68^2 - 2 \cdot 0.75 \cdot 0.68 \cdot \frac{84}{12.5}}$$

$$= \sqrt{0.0169} = 0.13 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3) Т.к. кольцо движется по окружности, то сила катания имеет центростремительное ускорение:

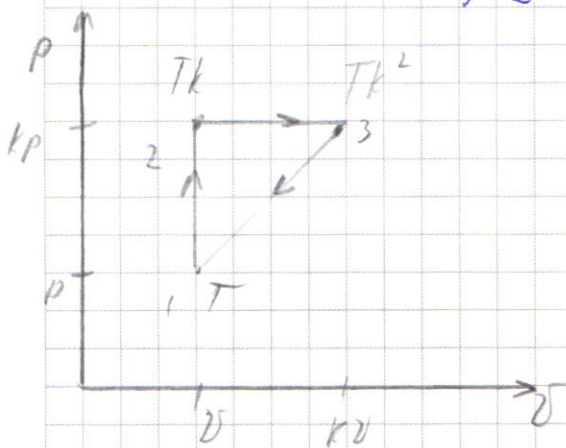
23н:

$$x: T \sin \beta = \frac{m v_k^2}{R} \Rightarrow T = \frac{m v_k^2}{R \sin \beta} = \frac{0.1 \cdot 0.00225 \cdot 5}{1.9 \cdot 0.5625} = \frac{0.1 \cdot 5 \cdot 0.5625}{3 \cdot 1.9} =$$

$$= \frac{0.1 \cdot 5 \cdot 0.5625}{1.9}$$

Ответ: 1) $0.75 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) $0.13 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Р2



1) $\frac{Q_{12}}{Q_{12}}$ - ?

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

3) η_{max} - ?

Решение:

1) Первый закон термодинамики для 1-2

$$Q_{12} = \nu C_{12} (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

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

Первый закон термодинамики для 2-3

$$\nu C_{13} (T_3 - T_2) = p \Delta V + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \nu R (T_3 - T_2) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

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

2) Q_{23} по формуле первого закона термодинамики:

$$Q_{23} = p \Delta V + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \nu R (T_3 - T_2) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) =$$
$$= \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$A_{23} = p \Delta V = \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu R (T_3 - T_2)} = \frac{5}{2}$$

Ответ: 1) $\frac{5}{2}$ 2) $\frac{3}{2}$

Дано:

$$S, d, T, \frac{q}{m} = \gamma, v_0 = 0$$

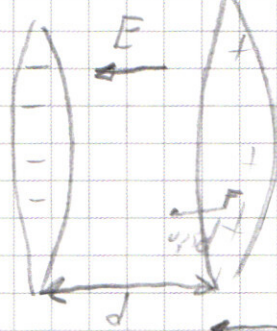
1) v_1 - ?

2) Q - ?

3) v_2 - ?

рз

Решение



1) E между обкладками конденсатора однородное и, по условию, постоянное.

$$E = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow \text{сила, которая}$$

действует на частицу постоянная $\Rightarrow$

ускорение тоже постоянное (по 23Н)

Т.к. $a = \text{const}$, то применим формулы для равноускоренного движения:

$$\times \frac{v_0 + v_1}{2} \cdot T = (d - 0,25d) \quad - \text{т.к. } \vec{E} \text{ направлен влево (см. рис.),}$$

а частица заряде на положительное.

$$\times v_1 = \frac{2 \cdot 0,75d}{T} = \frac{1,5d}{T}$$

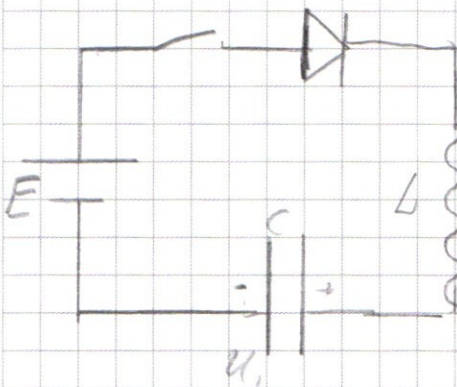
2) $F = qE = \frac{qQ}{\epsilon_0 S}$; 23Н т.е. $\times: \frac{qQ}{\epsilon_0 S} = ma \Rightarrow a = \frac{Q\gamma}{\epsilon_0 S}$

$$\frac{v_1^2 - v_0^2}{2a} = 0,75d \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{1,5d} = \frac{1,5^2 \cdot d^2}{T^2 \cdot 1,5 \cdot d} = \frac{1,5d}{T^2} \Rightarrow$$

$$\frac{Q\gamma}{\epsilon_0 S} = \frac{1,5d}{T^2} \Rightarrow Q = \frac{1,5\epsilon_0 S d}{\gamma T^2}$$

Ответ: 1) $\frac{1,5d}{T}$ 2) $\frac{1,5\epsilon_0 S d}{\gamma T^2}$

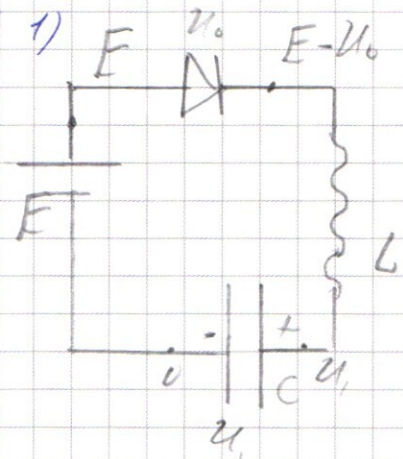
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



р4
Дано:
 ~~L, C, U_0~~
 $L = 0,1 \text{ Гн}$
 $C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$
 $U_1 = 5 \text{ В}$
 $U_0 = 1 \text{ В}$
 $E = 9 \text{ В}$

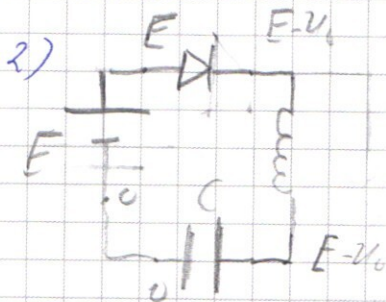
- 1) I после — ?
- 2) I_{max} — ?
- 3) U_2 — ?

Решение:



Сразу после замыкания
ключа U_1 и I не
изменяются мгновенно,

следовательно ток в цепи в этот момент будет отсутствовать.
Используя метод узловых потенциалов мы находим напряжение
на катушке (U_0); $U_0 = E - U_1 - U_c = LI' \Rightarrow I' = \frac{E - U_0 - U_1}{L} =$
 $= 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$



Ток в цепи будет максимален
в тот момент, когда напряжение
на катушке равно нулю, тогда

$$U_c = E - U_0 - 0 = E - U_0 \text{ (по методу узловых потенциалов)}$$

потенциалы } (3): $A_{\text{ист}} + \frac{CU_1^2}{2} = \text{или } \frac{C(E - U_0)^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$
 $A_{\text{ист}} = (C(E - U_0) - CU_1)E$, где $(C(E - U_0) - CU_1)$ - протекший заряд.

$$(C \cdot 8 - C \cdot 5)9 + \frac{C \cdot 15}{2} = \frac{C \cdot 64}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} \Rightarrow I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{16C}{L}} = \sqrt{50 \cdot 10^{-4}}$$

Продолжение на стр. 7

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Горизонтальные составляющие скоростей изобретения и предмета относятся как $\Gamma^2 \Rightarrow v^* \cos \alpha = v^* \Gamma^2 = 2v \cdot 4 = 8v$, т.к. $\tan \alpha = \frac{3}{4}$, то $\cos \alpha = \frac{4}{5}$, тогда

$$v^* = \frac{8v \cdot 5}{4} = 10v$$

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

рч (продолжение)

3) Если напряжение установилось на конденсаторе, то ток больше не течёт, т.к. диод не пропускает в обратном направлении $\Rightarrow$ энергия ~~законсервирована~~ ~~потрачена~~ W , (момента, как $I = I_{\max}$ запишем ЗСЭ):

$$\frac{L I_{\max}^2}{2} + \frac{C (E - U_0)^2}{2} = \frac{C U_1^2}{2}$$

$$L \cdot 60 \cdot 10^{-4} + 40 \cdot 10^{-6} \cdot 64 = 40 \cdot 10^{-6} \cdot U_1^2$$

$$6 \cdot 10^{-4} + 25,6 \cdot 10^{-4} = 9,4 \cdot 10^{-4} U_1^2$$

$$\frac{31,6 \cdot 10^{-4}}{9,4 \cdot 10^{-4}} = U_1^2 = \frac{31,6}{9,4} = \frac{316}{94} \approx 3,36 \Rightarrow U_1 = \sqrt{3,36}$$

Ответ: 1) $30 \frac{A}{C}$ 2) $\sqrt{60 \cdot 10^{-4}}$ 3) $\sqrt{3,36}$

$$\frac{31}{-90} - 9 \cdot (-1) = -10721 = 15$$

$$A_{\text{св}} \neq \frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_{\text{max}}^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$CE^2 - CU_0E - CU_1E + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{CE^2}{2} - CEU_0 + \frac{CU_0^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{CE^2}{2} - CU_1E + \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\sqrt{\frac{C(E^2 - 2U_1E + U_1^2 - U_0^2)}{2}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6} (31 - 2 \cdot 5 \cdot 9 + 25 - 1)}{0,1}}$$

$$= \sqrt{40 \cdot 10^{-5}}$$

$$\sqrt{40 \cdot 10^{-6} \cdot 9 (9 - 1 \cdot 5)} = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 9 \cdot 3 = \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 81}{2} \times \dots$$

$$40 \cdot 10^{-6} \cdot 22 = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 32$$

$$C(E - U_0) - C(U_1) =$$

$$= 3C \cdot 9 = 22C$$

CU_0

$$C \cdot 9 - C \cdot 5 = 3C \cdot E = 22C$$

$$E \cdot 22C + \frac{25}{2}C = 32C + \dots$$

$$\frac{54 + 25 - 64}{2}C = \dots$$

$$\frac{15}{2}C = LI_{\text{max}}^2$$

$$\frac{54}{2}C + \frac{25}{2}C = \frac{64}{2}C + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{15}{2}C = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$15C = LI_{\text{max}}^2$$

$$\frac{15 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{2 \cdot 0,1} = \frac{15 \cdot 40 \cdot 10^{-5}}{2}$$

$$15 \cdot 20 \cdot 10^{-5} = \sqrt{15 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}$$

$$= \sqrt{5 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = 10^{-2} \sqrt{30}$$

$$\frac{15 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}{0,1} = I_{\text{max}}^2$$

$$15 \cdot 40 \cdot 10^{-4}$$

$$60 \cdot 10^{-4} = I_{\text{max}}^2$$

$$I_{\text{max}} = 24,5 \sqrt{15}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1, 2

1-2: TFA

2-3: TFA

$$1-2: C_V \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

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

$$2-3: C_V \Delta T = \nu R \Delta T + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

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

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

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T \quad \frac{5}{2} =$$

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

$$3) A_2 = \frac{1}{2} p (k-1) \cdot V (k-1) = \frac{1}{2} p V (k^2 - 1)^2$$

$$Q_E = \frac{3}{2} \nu R T (k-1) + \frac{3}{2} \nu R - \nu R$$

$$Q_E = \frac{3}{2} \nu R T (k-1) + \frac{3}{2} \nu R T (k^2 - k) + \nu R$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$Q_E = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3)$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3 - T_2)$$

$$Q_E = -\frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{3}{2} \nu R T_3 + \nu R T_2 - \nu R T_1 = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) + \nu R T_3 - \nu R T_2$$

$$= \frac{3}{2} \nu R T (k^2 - 1) + \nu R T k^2 - \nu R T k = \frac{3}{2} \nu R T (k^2 - 1) + \nu R T k (k-1)$$

$$\frac{p V (k-1)^2 \cdot 2}{2 \cdot 3 \nu R T (k^2 - 1) + 2 \nu R T k (k-1)} = \frac{\nu R T (k-1)^2}{3 \nu R T (k^2 - 1) + 2 \nu R T k (k-1)}$$

$$= \frac{(k-1)^2}{3k^2 - 3 + 2k^2 - 2k} = \frac{(k-1)^2}{5k^2 - 2k - 3} = \frac{2(k^2 - 2k + 1)}{5k^2 - 2k - 3}$$

$$2(k-1) = 1 \quad k=1$$

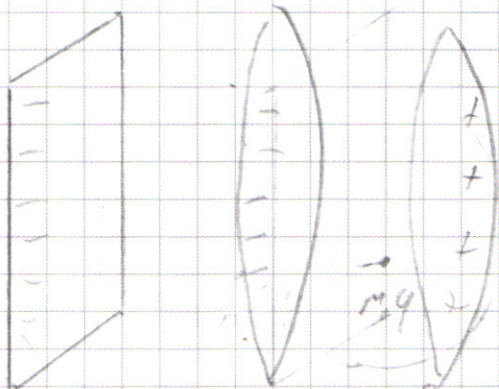
$$2 = 4 + 60 = 64$$

$$k = \frac{2 \pm 8}{10}$$

$$2(k-1)(5k^2 - 2k - 3) - (10k - 2)(k-1)^2 = 10k^3 - 4k^2 - 6k - 10k^2$$

$$10k^3 - 4k^2 - 6k - 10k^2 + 4k + 6 - 10k^3 + 20k^2 - 10k + 12k - 4k + 2 = 8k^2 - 16k + 8 =$$

$$r3:1) \frac{1,5d}{T}$$



$$\frac{v_1^2 - v_0^2}{2a}$$

$$\frac{v_0^2 + v_1^2}{2} \cdot T = 0,75d$$

$$v_1 = 0 \quad \frac{1,5d}{T}$$

$$F = \frac{5}{2\epsilon_0 S} \cdot \frac{Q}{5} \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$F = qE = \frac{qQ}{\epsilon_0 S}$$

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{8Q}{\epsilon_0 S}$$

$$2) \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a} = 0,75d \Rightarrow v_1^2 = 1,5da = \frac{1,5d^2}{T^2} = \frac{1,5 \cdot 8Q}{\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{1,5d\epsilon_0 S}{T^2 \cdot 8}$$

$$\frac{CU_1^2}{2} + (C(E-U_0) - CU_1)E = \frac{LI_{max}^2}{2} + \frac{C(E-U_0)^2}{2}$$

$$3) q \cdot 0,75U = 0,75Edq = W_m$$

$$0,75Edq = \frac{mv^2}{2}$$

$$1,5Edq = mv_1^2$$

$$v_1 = \sqrt{1,5Edq} = \sqrt{\frac{1,5Qd}{\epsilon_0 S}}$$

$$E - U_0 - U_1 = LI'$$

$$\frac{E - U_0 - U_1}{L} = \frac{9 - 1 - 5}{L} = 0,1 = 10^{-3} \frac{V}{m}$$

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

$$CU_1^2 + (C(E-U_0) - CU_1)E = \frac{LI_{max}^2}{2} + \frac{C(E-U_0)^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

16

$\times 0,012$
 36

$$U_0 - LI^2 = 0$$

$$I_{\max} = \frac{\varepsilon - U_0}{L} \sqrt{\frac{\varepsilon}{L}}$$

$$\varepsilon - U_0 = L I_{\max}^2$$

$$\frac{(\varepsilon - U_0)^2}{2} \times 0,012$$

$$\frac{(\varepsilon - U_0)}{2} = L I_{\max}$$

$$2 \cdot \frac{0,15}{0,75} \cdot \frac{0,04}{0,68} \cdot 36$$

$$\frac{0,15}{4} \cdot \frac{0,04}{4} \cdot 36$$

$$2U_0$$

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

$$\frac{1}{3F} = \frac{1}{F} \Rightarrow F = 3F$$

$$3) \sqrt{2} U = 80$$

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

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 25 \\ \hline 500 \\ 500 \\ \hline 5000 \end{array}$$

Под каким углом?

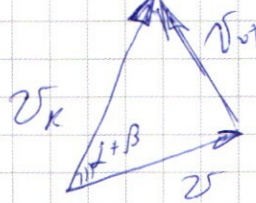
$$\cos \alpha \cos \beta = 5 \cdot 12 \cdot 13 \cdot 14$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 12 \\ \hline 24 \\ 120 \\ \hline 144 \end{array}$$

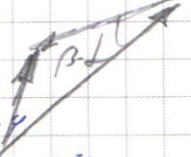
$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 12 \\ \hline 24 \\ 120 \\ \hline 144 \end{array}$$

$$\sqrt{U_K^2 + U^2 - 2 \cdot U_K \cdot U \cdot \cos(\alpha + \beta)} = U_{\text{сум}}$$

$$= 0,75 \cdot 0,75 + 0,68 \cdot 0,68 - 2 \cdot 0,75 \cdot 0,68$$

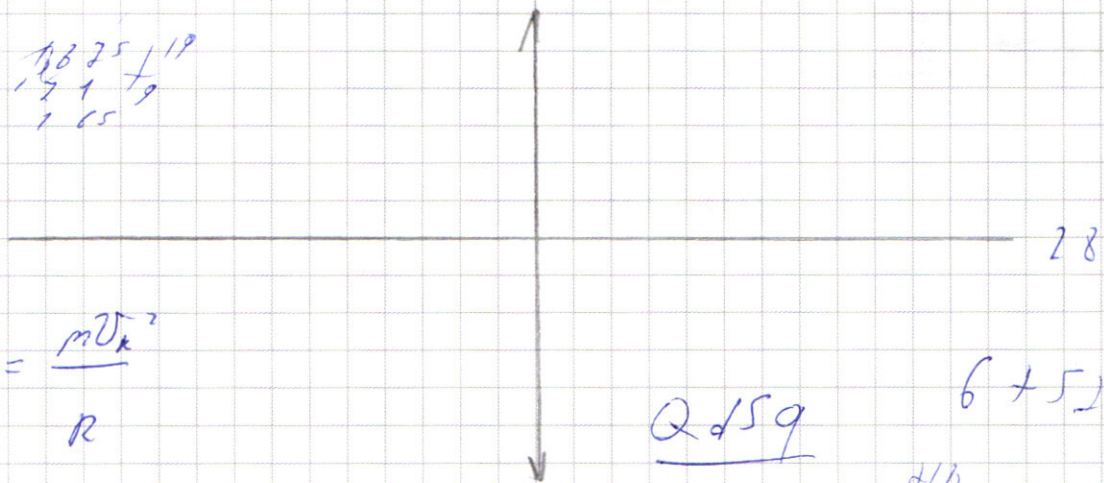


$$U_{\text{сум}} = \sqrt{0,5625 + 0,4624 - 0,4820}$$



95025+?
 26 91875
 -14
 22
 21
 12

1875/18
 104
 165

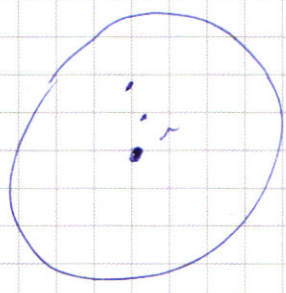


$$T_{\sin \alpha} = \frac{m v_k^2}{R}$$

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

$$\frac{Q d S q}{S r} \quad 6+5 \quad 5+2+ \quad H/O$$

$$\sin \alpha = 1/\sqrt{1+\frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{9}{16}}} = \frac{4}{5}$$



$$\frac{2\pi R^2 Q q k \cdot L}{2(e_0^2 - e_k^2)}$$

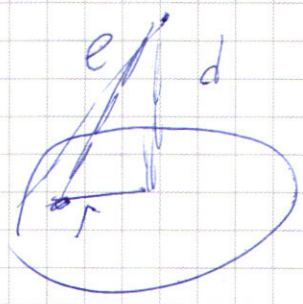
$$d\varphi = \frac{Q d S \cdot q}{S r}$$

$$\varphi = \frac{2\pi Q q}{S}$$

$$\frac{R}{2} \cdot \frac{2 Q q}{R} = \frac{2 Q q \sqrt{\pi}}{R \sqrt{S}} = 4$$

$$\pi R^2 = S$$

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$



$$\frac{d Q \cdot e'}{e}$$

$$\frac{d S Q q k}{S}$$

$$\frac{q Q \cdot e' + S Q \cdot q e}{\pi R^2}$$

$$\frac{2\pi r dr Q q k \cdot R}{S e}$$

$$\frac{S a q}{S} = k Q q$$