

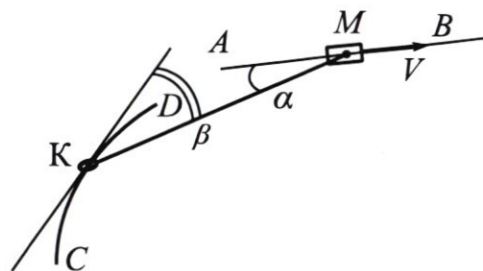
Олимпиада «Физтех» по физике, 6

Класс 11

Вариант 11-03

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

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.



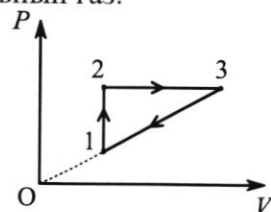
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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?

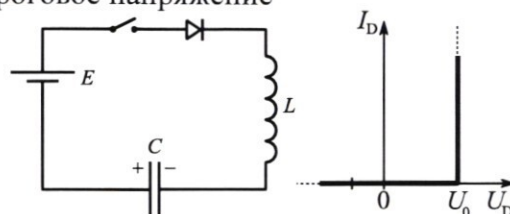
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

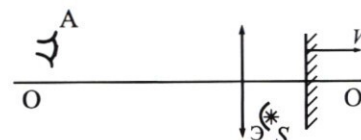


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$V = 34 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$l = 5R/4$$

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

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

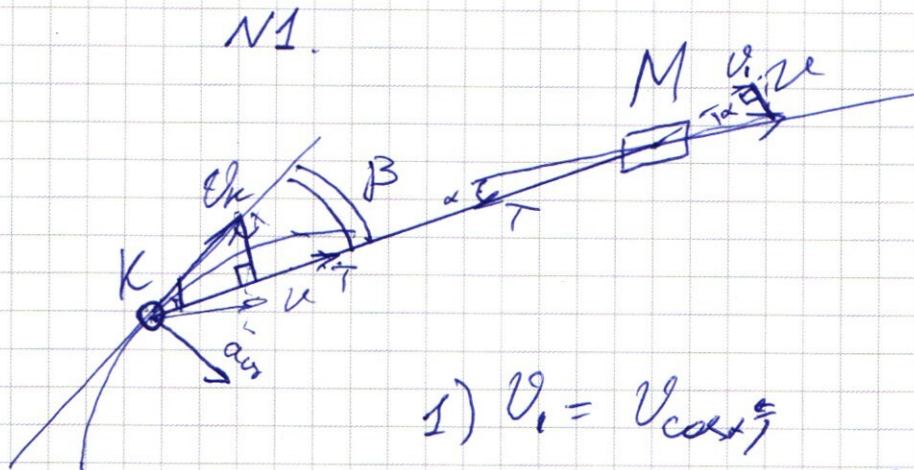
$$1) V_k = ?$$

$$2) V_{ko} = ?$$

$$3) T = ?$$

$$\frac{5}{4} \quad \frac{3}{4}$$

$$\frac{17}{15} \quad \frac{8}{15}$$



$$1) V_k = V \cos \alpha$$

$$V_k = V / \cos \beta = \frac{50}{\frac{3}{5}} \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right)$$

$$V_k = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$3) T \sin \beta = m a_{\text{с}}$$

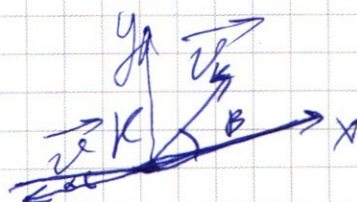
$$a_{\text{с}} = \frac{V_k^2}{R}$$

$$T = \frac{m a_{\text{с}}}{\sin \beta} = \frac{m V_k^2}{R \sin \beta}$$

$$T = \frac{0,3 \cdot 0,25}{0,8}$$

$$T = \frac{0,3 \cdot 0,25}{0,53 \cdot 0,8} = \frac{3 \cdot 25}{53 \cdot 8} = \frac{75}{424} (\text{Н}) = 0,18 (\text{Н})$$

2) Перейдем в С О координаты:



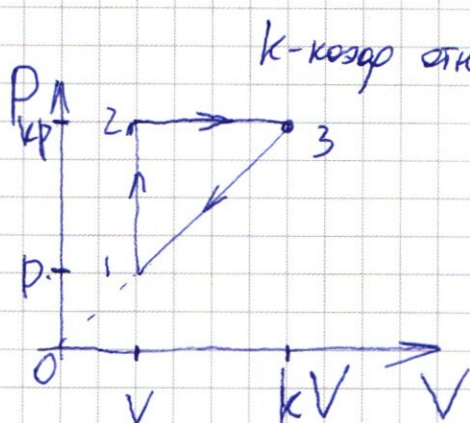
$$\sin \alpha = \frac{8}{17}$$

$$Ox: V_{ko_x} = V_k \cos \beta - V \cos \alpha = \frac{3}{5} - \frac{3}{5} = 0$$

$$Oy: V_{ko_y} = V_k \sin \beta + V \sin \alpha = 0,4 + 0,16 = 0,56 \quad V_{ko} = 0,56 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ к №1: 1) $0,5 \frac{M}{C}$; 2) $0,56 \frac{M}{C}$; 3) $\frac{75}{424} M \approx 0,18 M$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



k -коэф. относ. $\frac{V_3}{V_2} = \frac{P_2}{P_3}$

$$1) Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

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

$\frac{3}{2} R$ - молярная теплоемкость

для участка 1-2 ($A_{12}=0$)

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

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

$\frac{5}{2} R$ - молярная теплоемкость

для участка 2-3

$$\frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R}{\frac{5}{2} \nu R} = \frac{3}{5} = 0,6$$

2) 2-3 - изобарный процесс ($P = \text{const}$)

$$A_{23} = kP(kV - V) = k(k-1)pV$$

т.к. $p = \text{const}$:

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$$

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{kV}{kT_2}, \quad T_3 = kT_2$$

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

$$= (k-1) \cdot \frac{3}{2} \nu R T_2$$

$$pV = \nu R T_2$$

$$\Delta U_{23} = (k-1) \cdot \frac{3}{2} k p V$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{(k-1) \cdot \frac{3}{2} k p V}{k(k-1) p V} = \frac{3}{2}$$

$$3) \eta_{\max} = \frac{A_{123}}{Q_{123}}.$$

A_{123} — площадь "внутри" графика.

$$A_{12} = 0; \quad A_{23} = kp(kV - V), \quad A_{31} = \frac{kp + p}{2} \cdot (kV - V)$$

$$A_{123} = k(k-1)pV - \frac{k+1}{2}(k-1)pV$$

$$A_{123} = \left(k - \frac{k+1}{2}\right)(k-1)pV$$

$$A_{123} = \left(\frac{k-1}{2}\right)(k-1)pV$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} (pA \approx 0) = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu RT(k-1) = (k-1) \frac{3}{2} pV$$

т.к. $V = \text{const}$:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

$$\frac{p}{T} = \frac{kp}{kT}$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} kpV \text{ (из предыдущего вопроса)}$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = -(k^2-1) \frac{3}{2} \nu RT - (k^2 pV - pV)$$

$$Q_{31} = -(k^2-1) \left(\frac{3}{2} \nu RT + pV \right) = -(k^2-1) \left(\frac{5}{2} pV \right)$$

$$Q_{123} = (k-1) \frac{3}{2} pV + k(k-1) \frac{5}{2} pV - (k^2-1) \left(\frac{5}{2} pV \right)$$

$$\eta_{\max} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (k-1) \cdot (k-1) \cdot pV}{(k-1)pV \left(\frac{3}{2} + k \cdot \frac{5}{2} - k \cdot \frac{5}{2} - \frac{5}{2} \right)} = \frac{k-1}{2 \cdot (-1)} \cdot \frac{k-1}{-2} \Rightarrow$$

Такое может быть только при $k \in (0; 1)$, $\eta_{\max} \approx \frac{-1}{-2} \approx 0,5$.

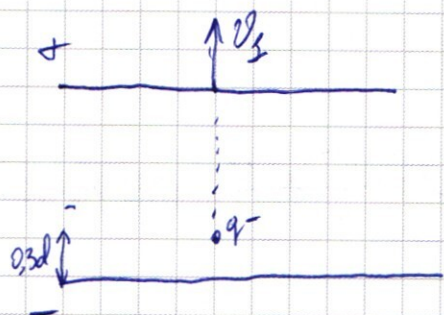
Ответ: 1) 0,6; 2) $\frac{3}{2}$; 3) 0,5.

$$2 \frac{3}{2} = 1,5$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N3

Дано: $v_1, 0,3d, d$
 $\frac{|q|}{m} = \gamma$



$$1) S = \frac{v_1^2}{2a}, \text{ где } S = d - 0,3d = 0,7d$$

$$2a = \frac{v_1^2}{S}$$

$$a = \frac{v_1^2}{1,4d}$$

чтобы частица находилась на одинаковом расстоянии от обкладок, она должна преодолеть путь $S_1 = 0,5d - 0,3d = 0,2d$

$$S_1 = v_0 t + \frac{a}{2} t^2, \text{ где } v_0 = 0$$

$$t = \sqrt{\frac{2S_1}{a}} = \sqrt{\frac{0,4d \cdot 1,4d}{v_1^2}}$$

$$t = \frac{10,56 \sqrt{d}}{v_1}$$

$$2) F = ma$$

$$F = E \cdot q = \frac{kQ}{d^2} \cdot q$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{q}{m} \cdot \frac{kQ}{d^2} = \gamma \frac{kQ}{d^2}$$

$$Q = \frac{a \cdot d^2}{\gamma \cdot k} = \frac{v_1^2 \cdot d}{1,48 \cdot k}$$

$$3) \text{ По 3C7:}$$

$$\frac{mv_k^2}{2} = \frac{qE^2}{2} = \frac{cu^2}{2}$$

$$v_k^2 = \frac{q}{m} E^2$$

$$v_k = \sqrt{\gamma} \cdot E = \sqrt{\gamma} \cdot \frac{kQ}{d^2} = \sqrt{\gamma} \cdot \frac{k \cdot v_1^2 \cdot d}{d^2 \cdot 1,48k} = \sqrt{\frac{v_1^2}{1,48 \cdot \gamma}}$$

Ответ: 1) $\frac{10,56 \sqrt{d}}{v_1}$; 2) $\frac{v_1^2 \cdot d}{1,48k}$; 3) $\frac{v_1^2}{1,48 \cdot \gamma}$

При движении на бесконечно большой скорости вся её энергия перейдет в кинетическую.

N4

Дано:

$$E = 6 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

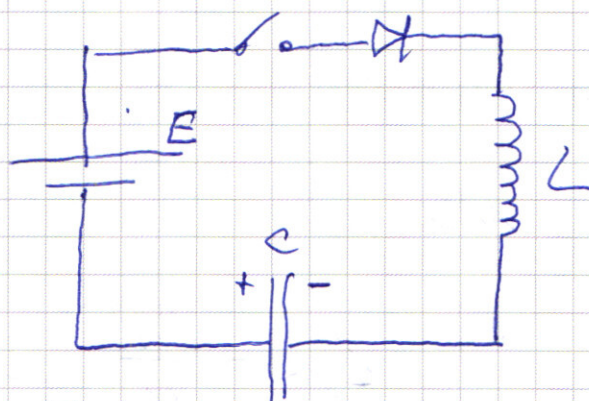
$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$1) U_1 - ?$$

$$2) U_{\text{max}} - ?$$

$$3) U_2 - ?$$



$$W_L = \frac{LI^2}{2}$$

$$W_C = \frac{CU^2}{2}$$

$$* W_{\text{емк}} = \frac{CU_1^2}{2} = \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 4}{2} = 80 \text{ (мкДж)}$$

$$E_{\text{емк}} = E + U_1 = 8 \text{ В}$$

$$3) U_2 = \frac{U_1 + E}{2} = 4 \text{ (В)}$$

$$1) \frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$

$$CU^2 = LI^2$$

$$U_1 = \Delta I = U_1 \sqrt{\frac{C}{L}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1}} = 20 \text{ (мА)}$$

2) По ЗСЭ:

$$\frac{LI^2}{2} + \frac{CU_k^2}{2} = \text{const}$$

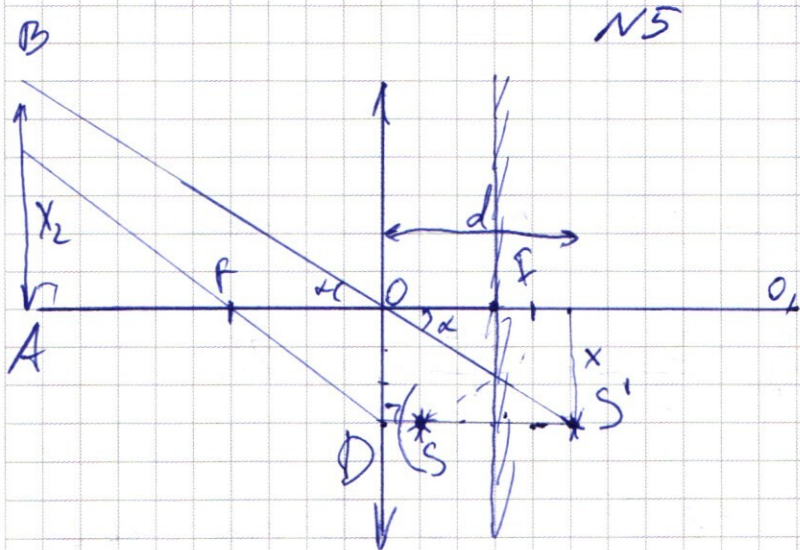
I будет максимальным, когда U_k будет равняться 0.

* при $I = 0$.

$$\frac{LI^2}{2} = 80 \text{ мкДж}; I = \sqrt{\frac{160 \text{ мкДж}}{0,1 \text{ Гн}}} = 40 \text{ (мА)}$$

Ответ: 1) 20 мА; 2) 40 мА; 3) 4 В.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) S' - источник, отраженный в зеркале.

$$d = \frac{5}{4} F$$

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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{\frac{5}{6}F} = \frac{5}{5F} - \frac{4}{5F} = \frac{1}{5F}$$

2) $\alpha = \arctg \frac{x}{d} = \arctg \frac{\sqrt{\frac{3}{5}} F}{\frac{5}{4} F} = \arctg \frac{3}{5} \quad \left| \begin{array}{l} f = F \\ f_0 = 5F \end{array} \right. \text{ отсюда } i = 5 \text{ баррел.}$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{3}{5} \quad \text{— ответ на } 2^{\text{й}} \text{ вопрос.}$$

3) $v_{s1} = 2v$, где v - скорость зеркала.

нужно $t = \frac{220}{\frac{1}{8} F} = \frac{160}{F}$ $t = \frac{\frac{1}{8} F}{220} = \frac{F}{160}$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f}$$

$$d_1 = \frac{9}{8} F$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{\frac{9}{8}F} = \frac{9}{9F} - \frac{8}{9F} = \frac{1}{9F}$$

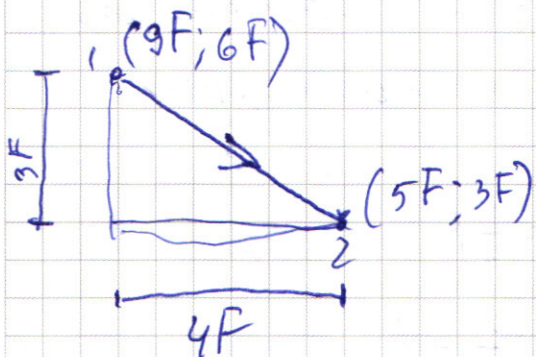
$$f = g \circ f.$$

$\triangle ABO \cong \triangle ODS$ по 2^м углам.

$$\frac{x_2}{x} = \frac{f}{d_1}$$

$$x_2 = \frac{f}{d_1} \cdot x = \frac{9F}{\frac{9}{8}F} \cdot \frac{3}{4}F = 6F$$

$$x_1 = \frac{f_1}{d} \cdot x = \frac{5F}{\frac{5}{4}F} \cdot \frac{3}{4}F = 3F$$



$$S_{12} = 5F \text{ (в едн. } \Delta\text{-ниже)}$$

$$V_{uz} = \frac{S_{12}}{t} = \frac{5F}{\frac{F}{16V}} = 80V$$

$$\boxed{V_{uz} \approx 80V} - \text{ответ на } \frac{3}{4} \text{ вопроса}$$

Ответ: 1) $5F$; 2) $\arctg \frac{3}{5}$; 3) $80V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$q^2 - 1 = q^2 - 1^2$$

$$d = 2v_{\Delta} t$$

$$34 \cdot \frac{15}{17} =$$

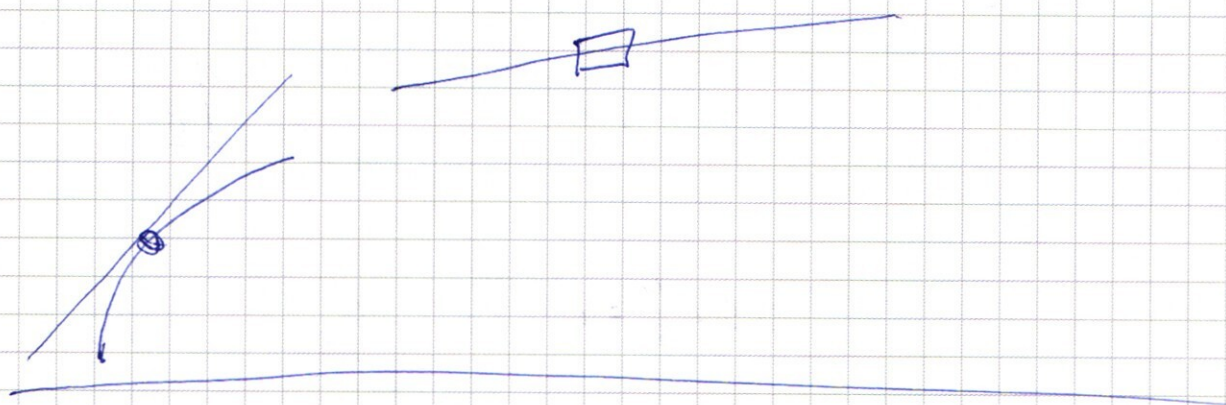
$$(q-1)(q+1) = q^2 + q - q - 1^2$$

$$= 30$$

$$\frac{v}{\cos \alpha} = \frac{34}{\frac{15}{17}}$$

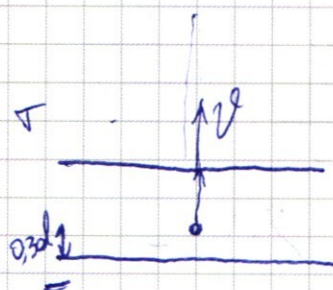
№1.

$$\begin{array}{r} 3 \\ 16 \\ \times 5 \\ \hline 80 \end{array}$$



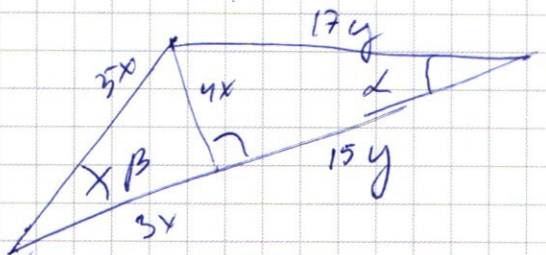
№3.

$$F = \frac{kq^2}{r^2}$$



$$34 \cdot \frac{15}{17} = 30$$

$$30 \cdot \frac{3}{5} = 18$$



$$\begin{array}{r} 1,4 \\ \times 0,4 \\ \hline 56 \\ 140 \\ \hline 0,56 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ + 18 \\ \hline 144 \\ + 180 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$\frac{34}{100} - \frac{15}{17} = \frac{2 \cdot 3}{20} = 0,3$$

$$324 \overline{) 55}$$

0,324

$$C = \frac{E}{q}$$

$$q = \frac{C}{u}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 424 \\ \times 8 \\ \hline 2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 53 \\ \times 8 \\ \hline 424 \end{array}$$

$$C = \frac{q}{u}$$

7

$$\begin{array}{r} 750 \overline{) 424} \\ 424 \quad 0,18 \\ \hline 3260 \\ - 2968 \\ \hline 2920 \end{array}$$

$$\left(\frac{LI^2}{2} \right)' = LI'$$

324

32425

$$\begin{array}{r} 424 \\ \times 7 \\ \hline 2968 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ 15 \\ \hline 15 \end{array}$$

$$0,5 \cdot \frac{4}{5} = 0,4$$

$$0,34 \cdot \frac{8}{17} = \frac{34 \cdot 8}{100 \cdot 17} =$$

$$= \frac{8}{50} = \frac{4}{25}$$

0,16

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

$$\begin{array}{r} 2 \\ 15 \\ \times 15 \\ \hline 25 \\ + 150 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$289 - 225 =$$

$$89 - 25 = 64 = 8$$