

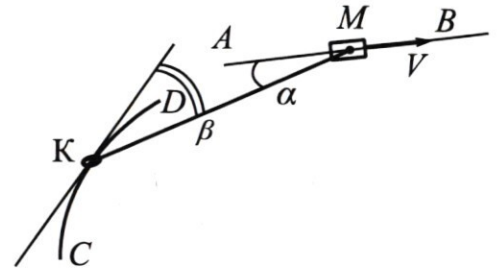
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-01

Класс 11

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.



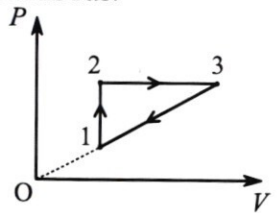
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

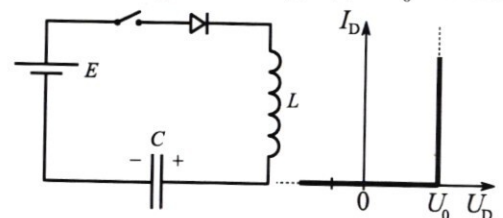
2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

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.

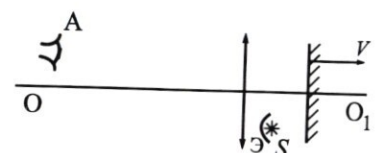


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

№1

Дано:

$$v = 68 \text{ м/с}$$

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

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

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

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

Найти:

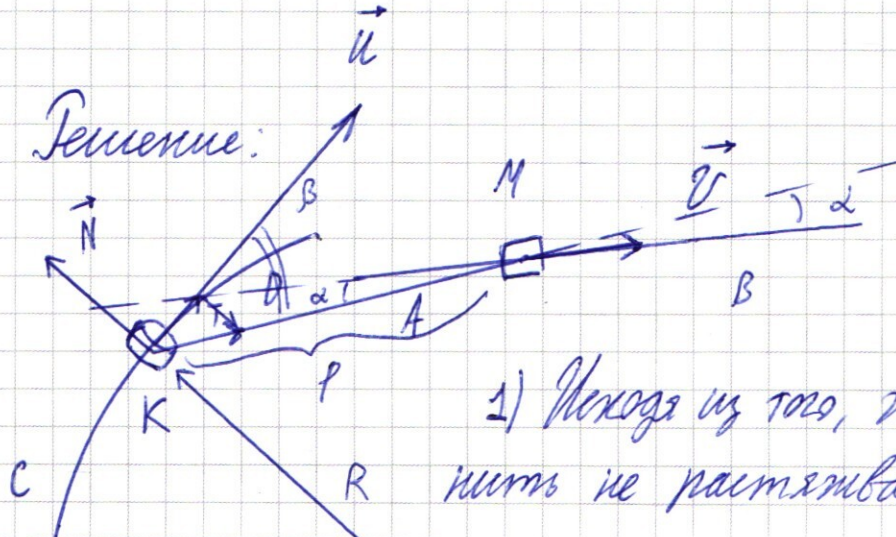
1) u —
скорость

кальца

2) $u_{\text{отн}}$ —
скорость
кальца отн.
мурты

3) T — силу
натяжения
нити.

Решение:



1) Исходя из того, что
нить не растягивается,
можно сделать вы-

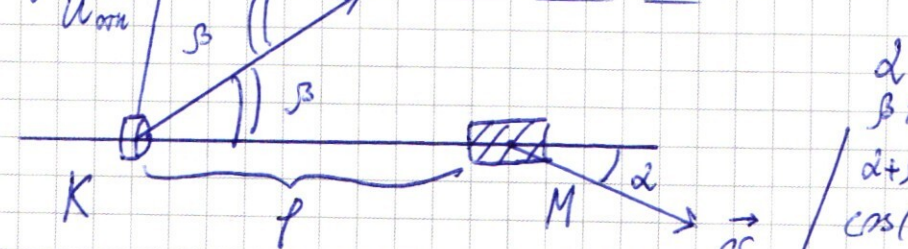
вод, что проекции
скоростей мурты и кальца на l
в данный момент времени одинаковы:

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

$$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = 0,68 \text{ м/с} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} = \frac{0,68 \text{ м} \cdot 75}{68}$$

$$= 0,75 \text{ м/с}$$

$$2) u_{\text{отн}} = u - v$$



$$\alpha \approx 25^\circ$$

$$\beta \approx 35^\circ$$

$$\alpha + \beta \approx 60^\circ$$

$$\cos(\alpha + \beta) \approx \frac{1}{2}$$

По т. косинусов:

$$u_{\text{отн}}^2 = v^2 + u^2 - 2vu \cos(\alpha + \beta) \approx$$

$$\approx (0,68)^2 + \left(\frac{3}{4}\right)^2 - 2 \cdot 0,68 \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2} (\mu/c)^2 =$$

$$= \cancel{\frac{3}{4} \cdot 0,46 + \frac{3}{4} \cdot 0,68} (0,46 + 0,56 - 0,51) (\mu/c)^2 =$$

$$= 0,51 (\mu/c)^2 \Rightarrow v_{\text{отн}} \approx \sqrt{\frac{1}{2}} \mu/c = \frac{\sqrt{2}}{2} \mu/c$$

$$\text{3) } \begin{cases} T \cos \beta = m a_{\text{yc}} \\ a_{\text{yc}} = \frac{v^2}{R} \end{cases}$$

$$T \cos \beta = \frac{m v^2}{R}$$

$$T = \frac{m v^2}{R \cos \beta} = \frac{0,1 \text{ кг} \cdot \frac{9}{16} \mu^2/c^2}{1,9 \mu \cdot \frac{4}{5}} = \frac{\frac{1}{10} \text{ кг} \cdot \frac{9}{16} \mu^2/c^2}{\frac{19}{10} \mu \cdot \frac{4}{5}}$$

$$= \frac{1 \text{ кг} \cdot \frac{9}{16} \cdot \frac{5}{4} \mu^2/c^2}{19 \mu} = \frac{45}{64 \cdot 19} \text{ Н} = \frac{45}{1216} \text{ Н} \approx 0,037 \text{ Н}$$

Ответ: $0,75 \mu/c$; $\frac{\sqrt{2}}{2} \mu/c$; $0,037 \text{ Н}$

№5

Дано: F

$$H_1 = \frac{3F}{4}$$

$$d_0 = \frac{F}{2}$$

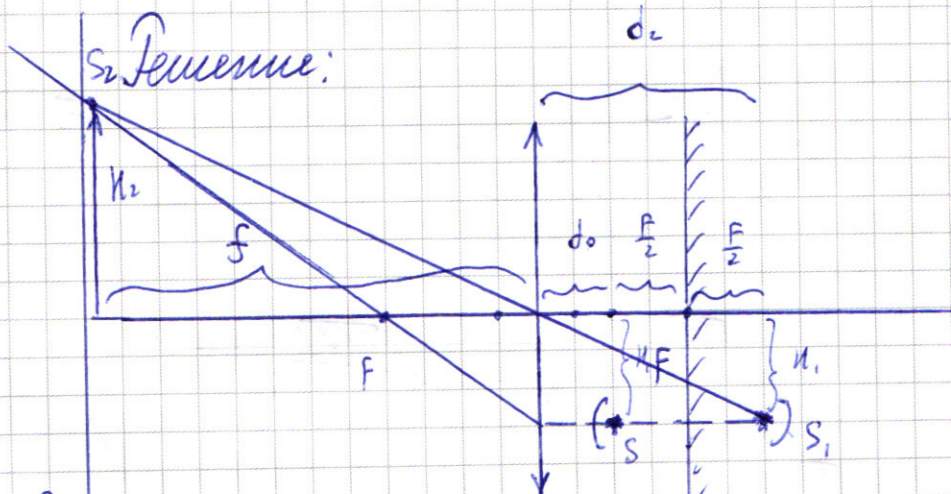
$$L = F$$

?

$$1) \text{ } f = ?$$

$$2) \text{ } d = ?$$

$$3) \text{ } u = ?$$



1) По оп. линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} \frac{1}{F} = \frac{1}{d_0 + \frac{F}{2} + \frac{F}{2}} + \frac{1}{f} \\ d_0 = \frac{F}{2} \end{cases}$$

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

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

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

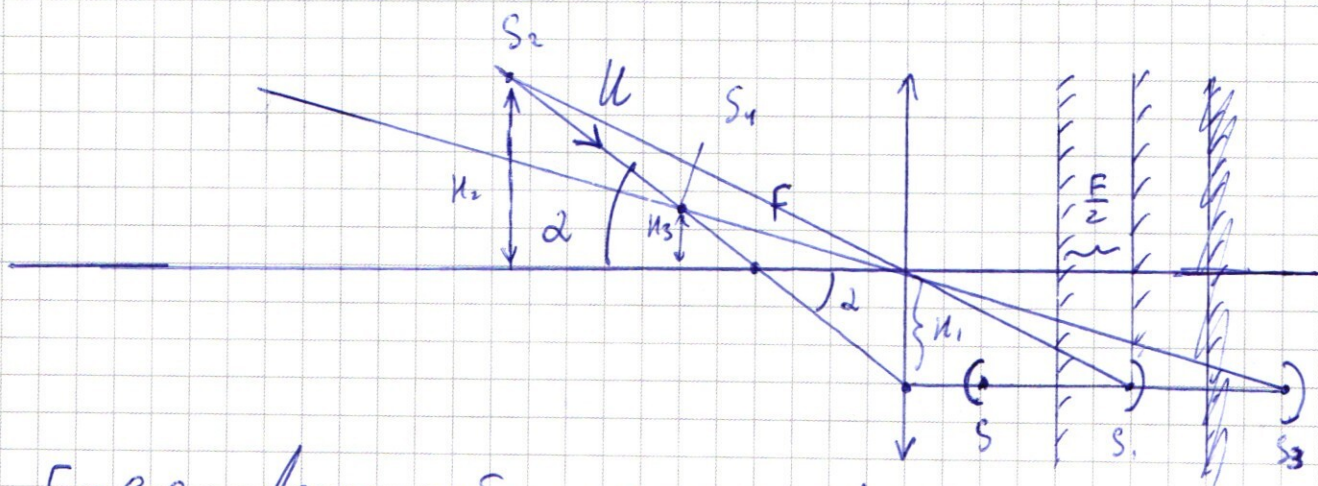
$$f = 3F$$

~~$$3) f = \frac{f}{d} = \frac{F}{\frac{3F}{2}} = 6$$~~

~~Если зеркало удаляется на 1,
то изображение удаляется на
 $2l \Rightarrow \mathcal{U}'_x = 2\mathcal{U}$~~

~~$$\mathcal{U}'_x = \mathcal{U}_x \cdot f^2$$~~

2) Изображение переносится вдоль ~~от~~ линии $S_2 S_4$,



$F \in S_2 S_4$ Легко найти тангенс α :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_1}{F} = \frac{3F}{4F} / F = \frac{3}{4}$$

~~3) Если за некоторое время t ~~вдоль~~ зеркало
переместится на расстояние $\frac{F}{2}$, тогда $\frac{F}{2} = \mathcal{U}$~~

$$3) H = \sqrt{H_{\text{гор}}^2 + H_{\text{верт}}^2}$$

$$\begin{cases} H_{\text{верт}} = H_{\text{гор}} \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4} H_{\text{гор}} \\ H_{\text{гор}} = 20 \text{ см} \end{cases}$$

~~Если зеркало удалено на δl ,
то изображение удалено на
 $2\delta l$ от предмета $\Rightarrow H' = 20$
 $H_{\text{гор}} = H' \cdot \Gamma^2$ (в данном
момент времени $\Gamma = 2$)~~

~~$$H = \sqrt{40^2 + \left(\frac{3}{4} \cdot 40\right)^2} = 50 \text{ см}$$~~

~~$$= 20 \text{ см} \cdot \sqrt{1 + \frac{9}{16}} = 20 \text{ см} \cdot \frac{5}{4} = 25 \text{ см}$$~~

~~Если~~ Если зеркало удалено на δl ,
то изображение удалено на $2\delta l$
от предмета $\Rightarrow H' = 20$, $H_{\text{гор}} = H' \cdot \Gamma^2$

~~$$\Gamma = \frac{f_2}{f_1} = \frac{3F}{F} = 3$$~~
$$\frac{f}{f_2} = \frac{3F}{\frac{3F}{2}} = 2$$

$$H_{\text{гор}} = 20 \text{ см}^2 = 80$$

$$H_{\text{верт}} = 80 \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{80}{4} \cdot 3 = 60$$

$$H = \sqrt{H_{\text{гор}}^2 + H_{\text{верт}}^2} = \sqrt{640^2 + 360^2} = \sqrt{1000^2} = 100 \text{ см}$$

$$\text{Ответ: } f = 3F; \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}; H = 100 \text{ см}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

Дано:

12 - изохорн.
проц.

23 - изобарн.
проц.

31 - $\frac{P}{V} = \text{const}$

Найти:

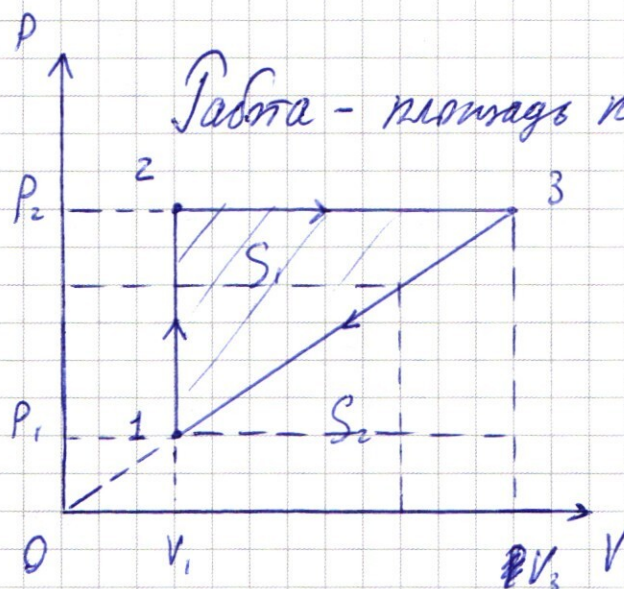
1) $\frac{C_{V12}}{C_{P23}}$

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

3) η_{max}

Решение:

Работа - площадь под графиком.



3) $A_{31} = -\frac{V_3 \cdot P_2}{2} + \frac{V_1 \cdot P_1}{2} = -\frac{V_3 \cdot P_2 + V_1 \cdot P_1}{2}$

$\eta = \frac{S_1}{S_1 + S_2} \Rightarrow \text{если } P_1 \rightarrow 0, \text{ и } V_1 \rightarrow 0,$

$S_2 \rightarrow S_1, \eta \rightarrow \frac{1}{2} \Rightarrow \eta_{\text{max}} = \frac{1}{2} = 50\%$

Ответ:

$\frac{3}{5}; \frac{5}{2}; \frac{1}{2}$

1) $Q_{12} = C_V m \Delta T = \frac{3}{2} V R \Delta T$

$Q_{23} = \frac{5}{2} V R \Delta T = C_P m \Delta T$

$\frac{C_V}{C_P} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{5} \cdot \frac{V R \Delta T}{V R \Delta T} = \frac{3}{5}$

2) $Q_{23} = \frac{5}{2} V R \Delta T; A_{23} = P(V_3 - V_2) = V R \Delta T$

$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2} V R \Delta T : V R \Delta T = \frac{5}{2}$

~~№3~~ №3

Дано:

$$S, d \ll \sqrt{S}$$

$$x = \frac{1}{4}d,$$

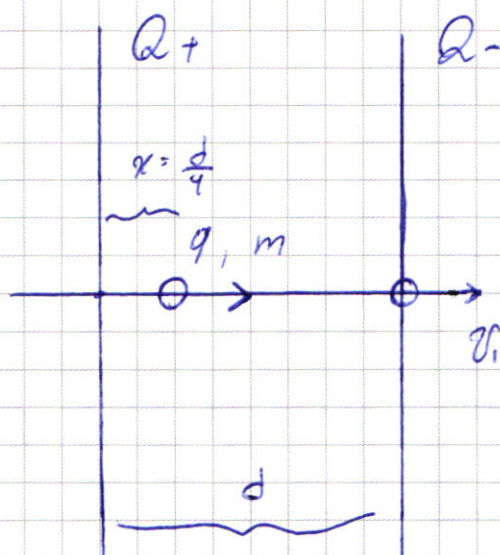
$$T, \frac{q}{m} = \gamma$$

Найти:

$$1) v_1, 2) Q,$$

$$3) v_2(\infty)$$

Решение:



1) (Нам симметрия)

$$\begin{cases} E = \text{const}, F = qE \\ F = ma \end{cases}$$

$$qE = ma \Rightarrow a = E \frac{q}{m}$$

$$a = \gamma E$$

$$v_1 = aT = \gamma ET$$

$$\frac{3}{4}d = 0 + \frac{aT^2}{2}$$

$$\frac{3}{4}d = \frac{\gamma ET^2}{2}$$

$$E = \frac{3}{2}d / T^2 \gamma$$

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

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

$$v_1 = \gamma \cdot \frac{3d}{2T^2 \gamma} = \frac{3d}{2T}$$

3) ЗСЭ:

~~$$\frac{mv_1^2}{2} = qEd + qE \frac{3d}{4} = \frac{7}{4} qEd$$~~

~~$$v_1 = \frac{qEd}{m} \left(1 + \frac{3}{4} \right) = \frac{7}{4} \frac{qEd}{m}$$~~

~~$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{49}{16} \frac{q^2 E^2 d^2}{m}$$~~

~~$$v_1 = \frac{7}{4} \frac{qEd}{m}$$~~

~~$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{49}{16} \frac{q^2 E^2 d^2}{m} + \frac{1}{4} \frac{q^2 E^2 d^2}{m} = \frac{10}{16} \frac{q^2 E^2 d^2}{m}$$~~

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{qEd^2}{16} + \frac{9qEd^2}{16} = \frac{10Ed^2}{16}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

Дано:

$$E = 9 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

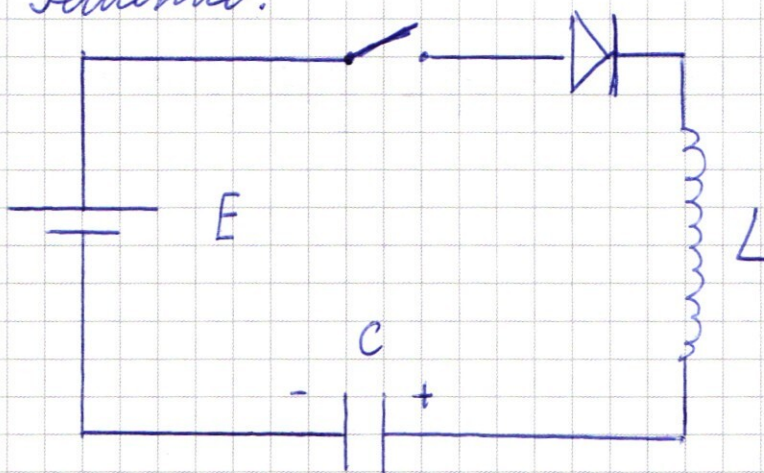
Найти:

1) $\dot{I}_0$

2) I_m

3) U_2

Решение:



1) $\dot{I}_0 = 0 \text{ А/с}$, т.к. диод не сразу
найдёт путь пропускать ток.

$$2) I_m = q_m \omega = q_m \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}} = CE \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{E\sqrt{C}}{\sqrt{L}}$$

$$= 9 \text{ В} \cdot 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot \frac{1}{\sqrt{0,1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}}$$

$$= \frac{9 \cdot 4 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}}{2 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= \frac{9 \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{2} = 0,18 \text{ А}$$

Ответ: 1) 0 А/с; 2) 0,18 А

$$\cancel{mg}^2 = \frac{5}{4} q \cdot \frac{3}{2} \frac{d}{T^2 \gamma} \cdot d^2 = \frac{15}{8} \frac{q d^3}{T^2 \gamma}$$

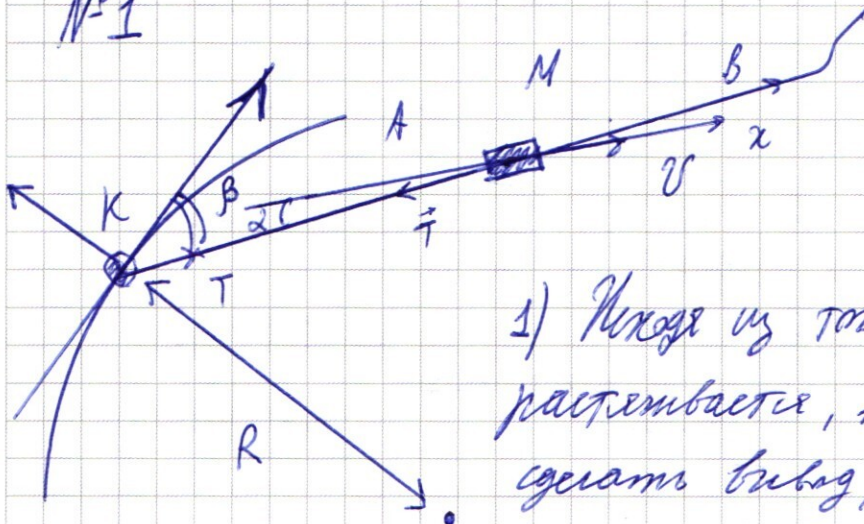
$$\gamma^2 = \frac{15}{8} \frac{d^3}{T^2}$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{15}{8} \frac{d^3}{T^2}} = \frac{d}{2T} \sqrt{\frac{15}{2}}$$

Answer: $\frac{3d}{2T} = \gamma_1$; $Q = \frac{3}{2} \frac{d \epsilon_0 S}{\gamma T^2}$; $\gamma_2 = \frac{d}{2T} \sqrt{\frac{15}{2}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

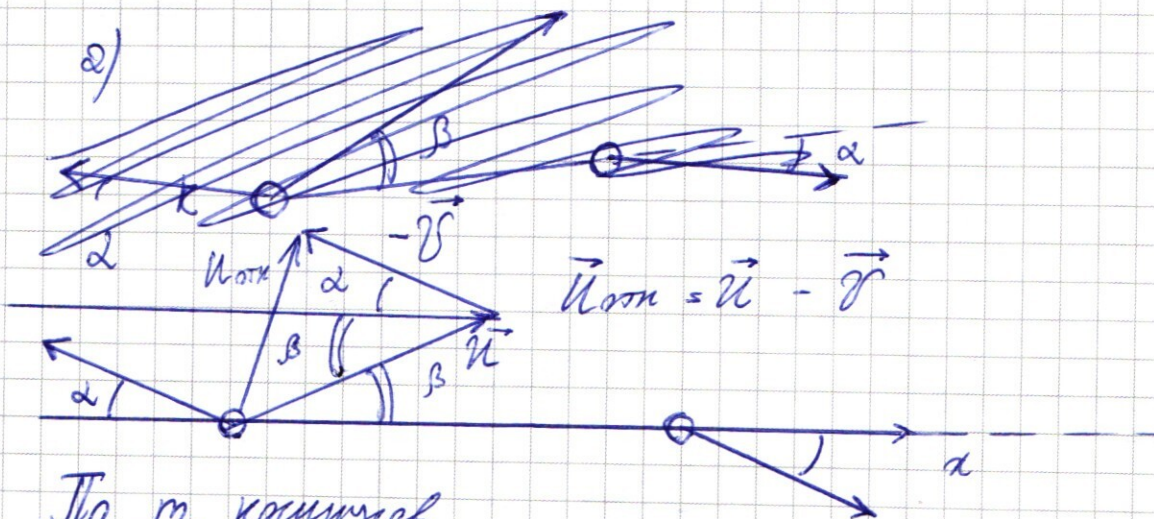


1) Исходя из того, что моток не раскручивается, ~~можно~~ можно сделать вывод, что проекции скорости мотка и кельна на длину нити в данный момент одинаковы:

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

$$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \text{ см/с} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} = \frac{75}{68} \cdot 68 \text{ см/с} = 75 \text{ см/с} = 0,75 \text{ м/с}$$

2)



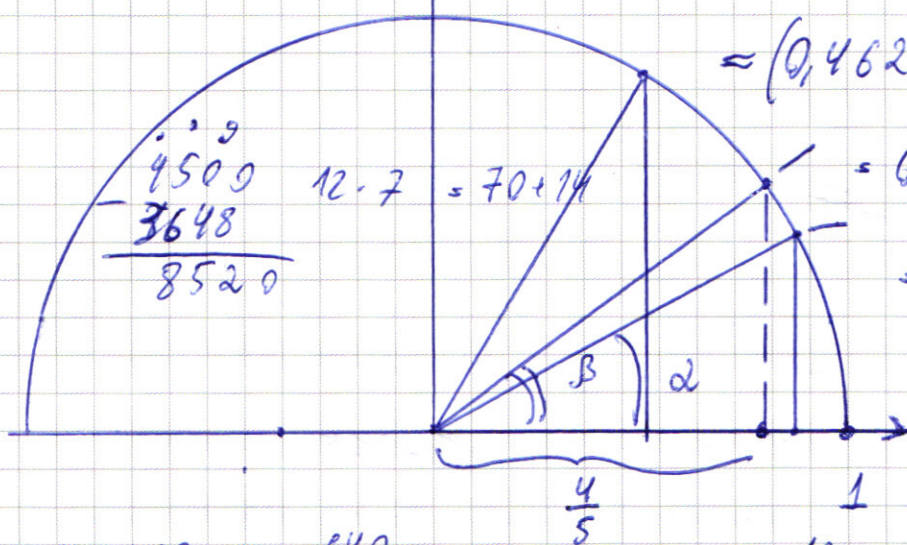
По т. косинусов

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{v^2 + u^2 - 2vu \cos(\alpha + \beta)}$$

$$U_{\text{sum}}^2 = (0,68)_{\text{м/с}}^2 + (0,75)_{\text{м/с}}^2 - 2 \cdot 0,68_{\text{м/с}} \cdot 0,75_{\text{м/с}} \cdot$$

$$\cdot \cos(\alpha + \beta) \approx (0,68)^2 + (0,75)^2 - 2 \cdot 0,68 \cdot 0,75 \cdot \cos(25^\circ + 35^\circ) \approx$$

$$\approx (0,4624 + \frac{9}{16} - 0,68 \cdot \frac{3}{4})_{\text{м/с}}^2$$



$$= 0,46 + 0,56 - 0,51 =$$

$$= 0,46 + 0,05 =$$

$$= 0,51 \text{ м/с}$$

$$\frac{45}{1216} \quad 12 \cdot 0,3$$

$$\begin{array}{r} 5,5 \overline{) 17} \\ 5,1 \overline{) 0,32} \\ \underline{-40} \\ 34 \\ \underline{6} \end{array}$$

$$0,32 \cdot 15$$

$$\begin{array}{r} 0,32 \\ 15 \\ + 160 \\ 32 \\ \hline 4,80 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 640 \\ 64 \\ \hline 76 \end{array}$$

$$0,68 \cdot 0,68 = \frac{68 \cdot 68}{10000} = \frac{3600 + 480 \cdot 2 + 64}{10000}$$

$$= 0,4624 + 0,56 -$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ 19 \\ + 576 \\ \hline 640 \\ + 3600 \\ \hline 4240 \\ + 480 \\ \hline 4720 \\ + 64 \\ \hline 4784 \end{array}$$

$$\frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$$

$$\frac{34}{68} \cdot \frac{3}{4} = 51$$

$$\frac{9}{16} \cdot \frac{3}{4} = 9$$

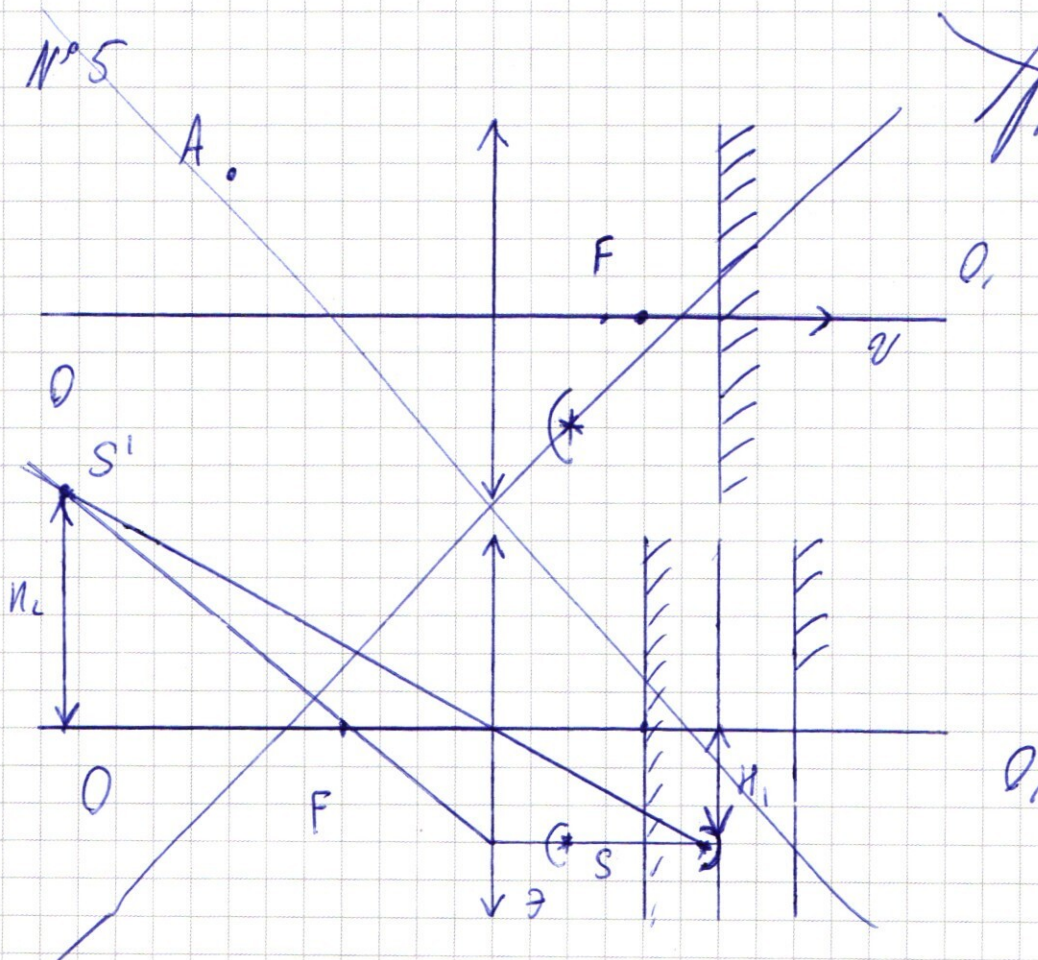
$$\frac{kQ^2}{r} = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

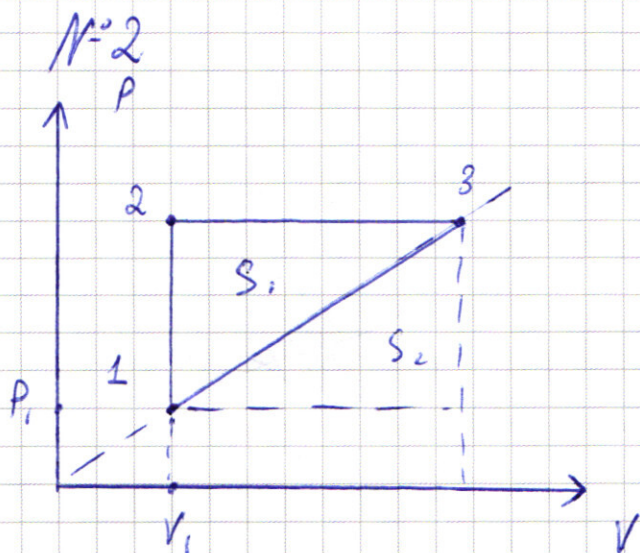
$$\begin{array}{r} 9 \\ 16 \\ \hline 64 \\ 19 \\ \hline 45 \\ \hline 90 \overline{) 16} \\ 80 \overline{) 0,56} \\ \hline 80 \\ 96 \\ \hline 4 \end{array}$$

$$45 \cdot 3 =$$

$$\frac{45}{1216}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





3) При $P_1 \rightarrow 0$ и
 $V_1 \rightarrow 0$, $\eta \rightarrow \frac{1}{2}$
 $\left(\frac{S_1}{S_1 + S_2} \right)$