

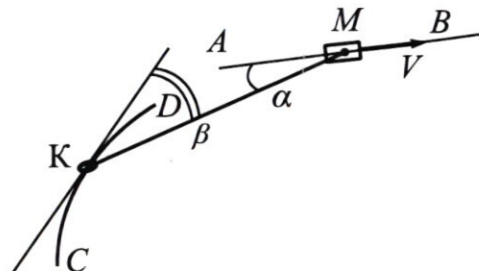
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-01

Класс 11

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

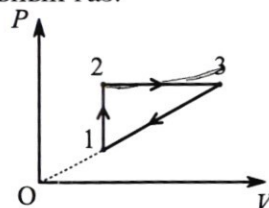
. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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



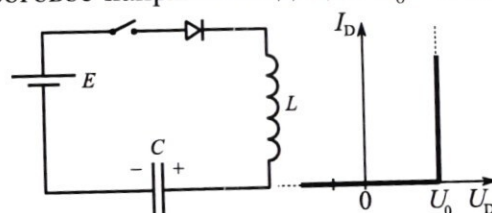
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица 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.

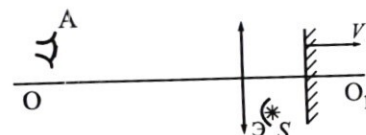
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

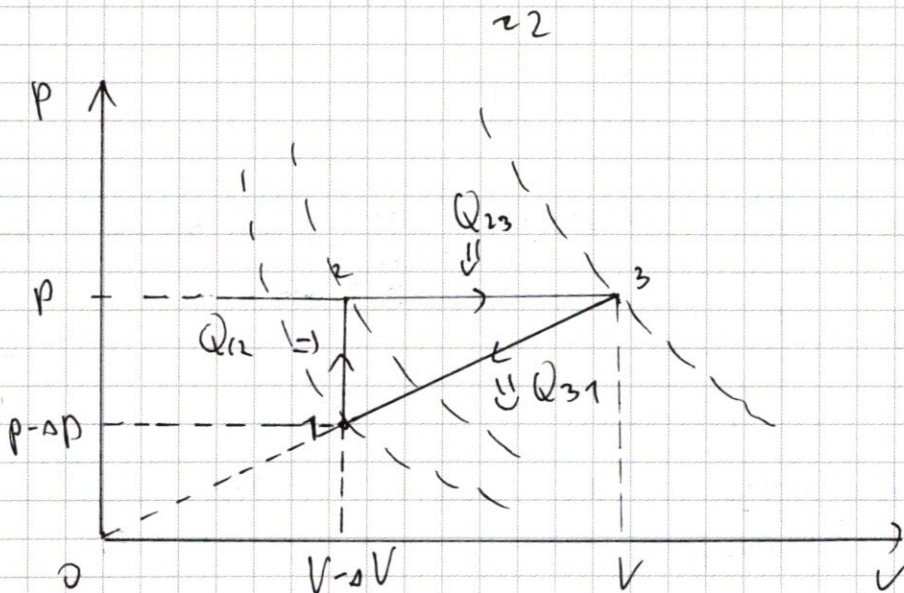


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник 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) Проведен изотермический процесс в т. 1, 2 и 3. Как видно из графика $T_2 > T_1$, $T_3 > T_2$, $T_1 < T_3 \Rightarrow$ повышение температуры происходит на участках 1-2 и 2-3.

Процесс 1-2 - изохорный, т.к. $V = \text{const}$; 2-3 - изобарный, т.к. $p = \text{const}$. По ф-ле Майера: $C_p = C_v + R \Rightarrow$

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{C_v + R}{C_v} = 1 + \frac{R}{C_v} \quad (1)$$

C_v найдем из I-ого закона термодинамики для процесса

1-2: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$, где $A_{12} = 0$, т.к. $V = \text{const} \Rightarrow Q_{12} =$

$= \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1$, где $\Delta T_1 = T_2 - T_1$ - разность температур в т. 2

и $\Rightarrow C_v \nu \Delta T_1 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1 \Rightarrow C_v = \frac{3}{2} R$ и (1): $\frac{C_p}{C_v} = 1 + \frac{2}{3} =$

$= \frac{5}{3}$

2) По I-ому 3-му термодинамич. пр. 2-3:

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}, \text{ где } Q_{23} = C_p \Delta T_2, \text{ где } \Delta T_2 = T_3 - T_2, \\ \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_2 \Rightarrow A_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_2 - \frac{3}{2} \nu R \Delta T_2 = \nu R \Delta T_2 \Rightarrow$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \boxed{\frac{5}{2}}$$

3) Означим давление и объем в т. 1, 2 и 3 (см. график)

Из условия $\frac{p}{\Delta p} = \frac{V}{\Delta V} = n.$

КЭД цикла: $\eta = \frac{A_{\text{цикл}}}{Q_{\text{подогр}}}$, из графика $A_{\text{подогр}} = \frac{\Delta p \Delta V}{2}$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1, \text{ где из ур-ва М-К для 1 и 2:}$$

$$(p - \Delta p)V = \nu R T_1 \text{ и } pV = \nu R T_2 \Rightarrow \Delta p V = \frac{\nu R}{n} \Delta T_1 \Rightarrow Q_{12} = \frac{3}{2} \Delta p V$$

Аналогично $Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_2, \left. \begin{array}{l} p(V - \Delta V) = \nu R T_2 \\ pV = \nu R T_3 \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta T_2 = \Delta p V$

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

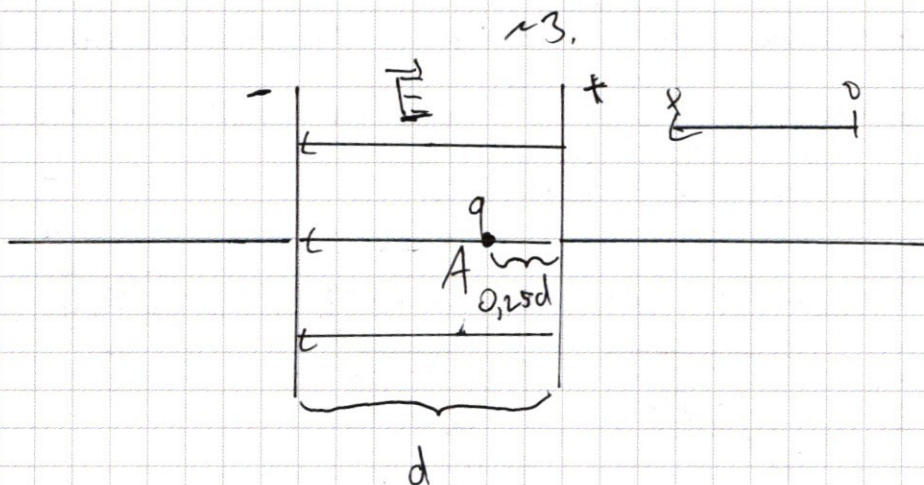
$$\text{Т.о. } \eta = \frac{\Delta p \Delta V}{\frac{3}{2} \Delta p V + \frac{5}{2} \Delta p V} = \frac{1}{3 \frac{V}{\Delta V} + \frac{5}{2}} \text{ , Заметим}$$

что $\frac{V}{\Delta V}$ и $\frac{p}{\Delta p}$ всегда больше $\frac{1}{n}$ $\Rightarrow \eta = \frac{1}{8n} \leq \frac{1}{8} \Rightarrow$

макс. кпд достигается при $\frac{p}{\Delta p} = \frac{V}{\Delta V} = 1, \eta = \boxed{\frac{1}{8}}$

Ответ: 1) $\frac{5}{2}$ 2) $\frac{1}{8} \approx 1,25$; 3) $\frac{1}{8} \approx 12,5\%$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Плоскостные конденсаторы при $d \ll \sqrt{S}$ можно считать ~~двух~~ равномерно заряжен. Двух. пластинками, которые создают поле с напряженностью: $E = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$, где Q - заряд обкладок.

Заряд $q > 0 \Rightarrow$ он будет двигаться к левой пластине (отрицательной) под действием силы $\vec{F} = E q$.

Из зак. ур на движ. по ОХ: $F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{Eq}{m} =$

$$= E \delta = \frac{Q \delta}{2\epsilon_0 S} \quad (1)$$

~~похотят найти время, за которое~~

Из кинематики: $\frac{aT^2}{2} = 0,75d \Rightarrow a = \frac{1,5d}{T^2} \quad (2)$

$$v_1 = aT, \text{ т.к. } v_0 = 0 \Rightarrow \boxed{v_1 = \frac{1,5d}{T}}$$

$$2) (1) = (2): \frac{Q\delta}{2\epsilon_0 S} = \frac{1,5d}{T^2} \Rightarrow \boxed{Q = \frac{3d\epsilon_0 S}{2\delta T^2}}$$

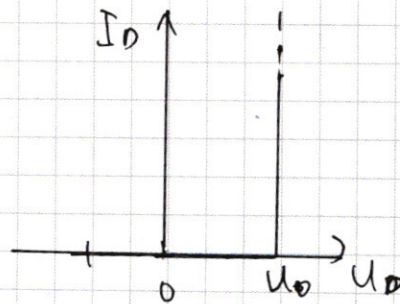
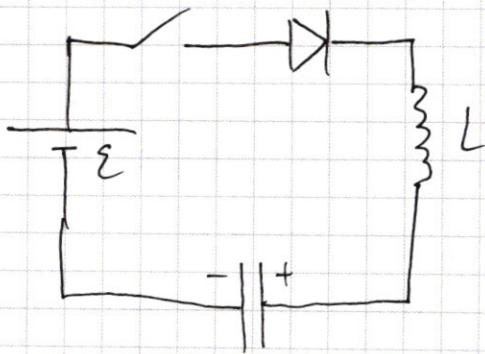
3) Т.к поле однородно, если предположить ~~век~~ ^{электр.} ~~поле~~ ^{поле} краевое - ~~было~~ ^{было} ~~электрическим~~ ^{электрическим}, то потенциал на бесконечности равен 0, то потенциал в т. А где находится излучающий заряд равен: $\varphi_A = E \cdot 0,25d$

$$\text{Из 3C): } W_{эл} = E_{кин} \quad q\varphi_A = \frac{mv_1^2}{2} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2\varphi_A q}{m}} =$$

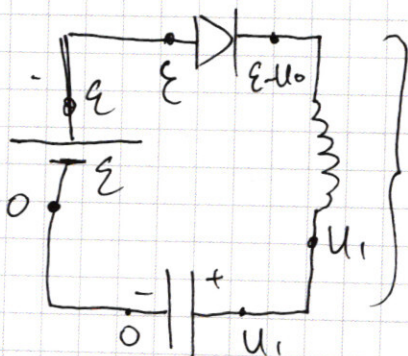
$$= \sqrt{\frac{0,5 E d q}{m}} = \sqrt{\frac{E d \delta}{2}} = \sqrt{\frac{Q d \delta}{2\epsilon_0 S}}$$

Ответ: 1) ~~то~~ $\frac{3d}{2T}$; 2) $\frac{3d\epsilon_0 S}{2\delta T^2}$; 3) ~~$\sqrt{\frac{E d \delta}{2}}$~~ $\sqrt{\frac{Q d \delta}{2\epsilon_0 S}}$

рч.



1) Чем в момент сразу после замык. кног:



метод потенциалов

Сразу после замык.

напр-не на конденсаторе
напряж не меняется =)

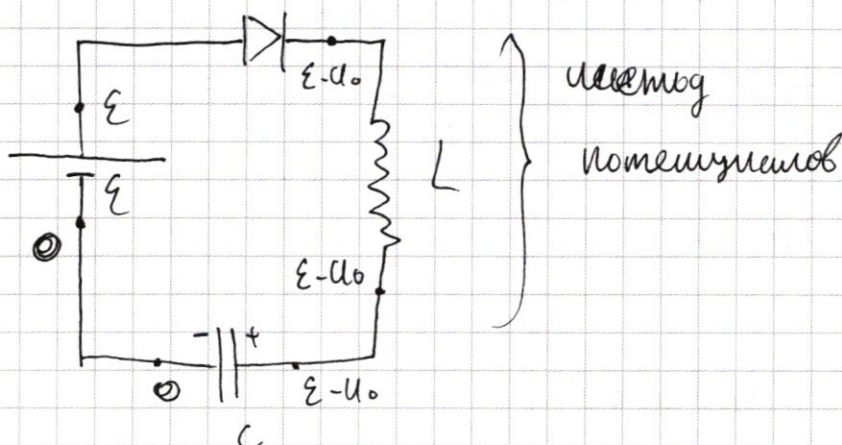
$$U_0 = U_1$$

$$U_L = L \frac{dI}{dt} = LI', \text{ из метода}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

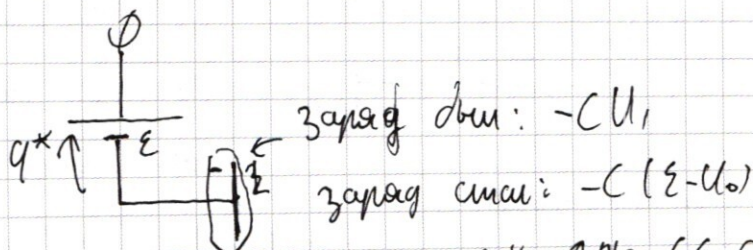
потенциалов $U_L(t) = \mathcal{E} - U_0 - U_1 = L I' \Rightarrow I' = \frac{\mathcal{E} - U_0 - U_1}{L} =$
 $= \frac{3}{0,1} = 30 \text{ A/C}$

2) Цель в момент $I_L = I_{\max}$



При максимальном токе через катушку, напряжение на ней равно 0, т.к. $U = L I'_{\max} = 0 \Rightarrow U_C = \mathcal{E} - U_0$.

Тогда изобр. оди:



т.к. $-C(\mathcal{E} - U_0) \leq -C U_1 \Rightarrow$ заряд $q^* = C(\mathcal{E} - U_0 - U_1)$

$= C(\mathcal{E} - U_0 - U_1)$ умнож с массой.

То 3C) в цепи:

$$A_d = \Delta W_C + \Delta W_L$$

$$Ad = q \cdot \Sigma = C \Sigma (\Sigma - U_0 - U_1)$$

$$\Delta W_c = \frac{C(\Sigma - U_0)^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = \frac{C}{2} ((\Sigma - U_0)^2 - U_1^2)$$

$$\Delta W_L = \frac{LI_{max}^2}{2}$$

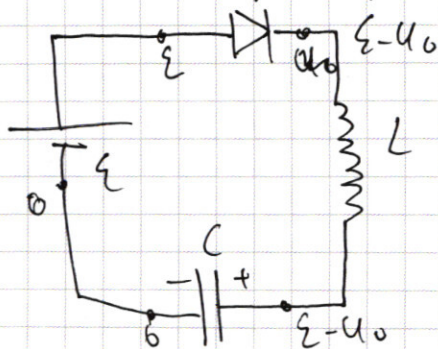
$$3a, \quad \Delta W_L = Ad - \Delta W_c = C \Sigma (\Sigma - U_0 - U_1) - \frac{C}{2} ((\Sigma - U_0)^2 - U_1^2)$$

$$= \frac{C}{2} (2 \Sigma (\Sigma - U_0 - U_1) - ((\Sigma - U_0)^2 - U_1^2)) = \frac{LI_{max}^2}{2}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{C(2 \Sigma (\Sigma - U_0 - U_1) - ((\Sigma - U_0)^2 - U_1^2))}{L}} = \sqrt{4 \cdot 15 \cdot 10^{-4}} =$$

$$\approx \frac{3}{100} = \cancel{30} \text{ mA} \quad 80 \text{ mA}.$$

3) Пусть в уст. режиме:



$$I_C(t_{уст}) = 0 \text{ и } U_L(t_{уст}) = 0$$

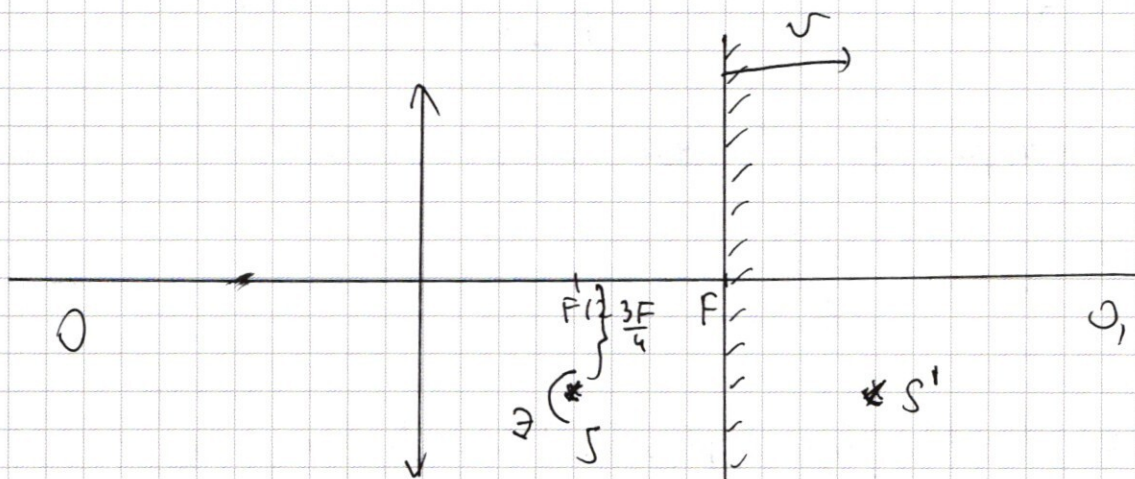
Напр. на диоде не может быть меньше U_0 , что для внешнего мира значит то ток через него уже

не течет а конденсатор все еще заряжается, $U_C(t_{уст}) = \Sigma - U_0 = U_2 = 8 \text{ В}.$

Ответ: 1) $30 \frac{\text{A}}{\text{C}}$; 2) 80 mA ; 3) $8 \text{ В}.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

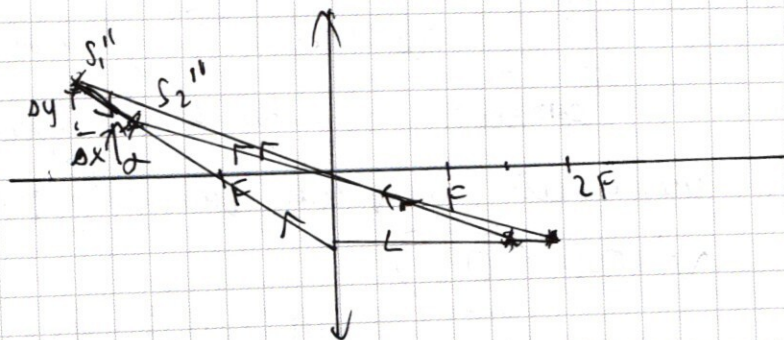
25.



1) В зеркале будет надподанное изображение S , назовем его S' , это изображение будет предметом для линзы, оно находится на расст. $\frac{3F}{2}$ от нее.

По ф-ле тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{f}$, где f — расстояние от ^{многогранника} линзы до изображения S' (изображение его S'') $\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F} \Rightarrow \boxed{f = 3F}$

2)



3) За нек. малый пр-к времени Δt S' сдвинется на нек. величину x вправо.

По ф-ле тонкой линзы для этого случая:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{3F}{2} + x} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{F(\frac{3F}{2} + x)}{\frac{F}{2} + x}, \text{ где } f_2 - \text{расст. от}$$

мл-тис линзы до S'' после смещ.

$$\Delta x = |f_2 - f_1| = \frac{2Fx}{\frac{F}{2} + x}$$

$$\Delta y = H_2 - H_1, \text{ где } H_1 = \Gamma \cdot \frac{3}{4} F = \frac{f}{d} \cdot \frac{3}{4} F = \frac{3}{2} F$$

$$H_2 = \frac{f_2}{d_2} \cdot \frac{3}{4} F = \frac{\frac{3}{4} F^2}{\frac{F}{2} + x} \Rightarrow$$

$$\Delta y = \left| \frac{\frac{3}{4} F^2}{\frac{F}{2} + x} - \frac{3}{2} F \right| = \frac{\frac{3}{2} F x}{\frac{F}{2} + x}$$

$$\text{Из рисунка } \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{3}{4} \Rightarrow \alpha = \operatorname{arctg} \frac{3}{4}.$$

3). 3) v'' -см-ти изображения S'' .

Каждая v' -см-ть S' . В СО зеркала S' движется вправо со скоростью v . Переходя обратно в СО Земли, из закона сложения скоростей получим, что $v' = 2v + v = 3v$.

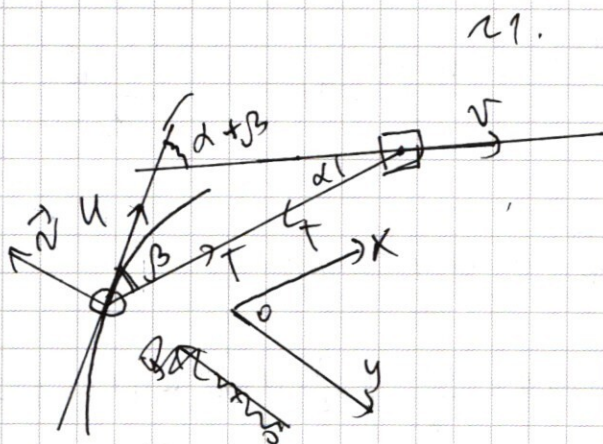
$$v' \cos \alpha = 10v$$

$$\frac{v''}{v'} = \Gamma^2, \text{ где } \Gamma - \text{поперечное ужимание} \Rightarrow v'' = \Gamma^2 \cdot v' = \left(\frac{F}{d} \right)^2 \cdot v'$$

$$= 4 \cdot 2v = 8v$$

Ответ: 1) $3F$; 2) $\operatorname{arctg} \frac{3}{4}$; 3) $10v$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

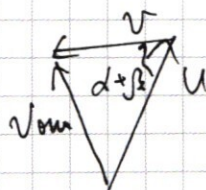


1) Т-к нить не может быть сильно растягиваться, то проекции скоростей на нить равны $\Rightarrow$

$$v \cos \alpha = U \cos \beta = U = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 75 \text{ см/с.}$$

- 2) $\begin{cases} \text{ИСО - Земля} \\ \text{ИСО - лифта} \\ \text{Тело - камень} \end{cases}$

$$\vec{U} = \vec{v} + \vec{v}_{\text{лфт}} \Rightarrow v_{\text{лфт}} = \vec{U} - \vec{v}$$



По т. кос: $v_{\text{лфт}}^2 = v^2 + U^2 - 2vU \cos(\alpha + \beta)$, где

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta \Rightarrow v_{\text{лфт}} = \sqrt{v^2 + \frac{v^2 \cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} - \frac{2v^2 \cos \alpha}{\cos \beta} (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)} = 77 \text{ см/с.}$$

3) Дим. ур-ие движ. груза камня:

$$0y: T \sin \beta - N = \frac{mU^2}{R} \Rightarrow N = T \sin \beta - \frac{mU^2}{R} \quad (1)$$

$$\text{ок.: } T - N \sin \beta = \frac{m v_{\text{ом}}^2}{e}$$

$$T - \frac{m v_{\text{ом}}^2}{e} = N \sin \beta \quad (2)$$

$$\frac{(2)}{(1)}: \sin \beta = \frac{T - \frac{m v_{\text{ом}}^2}{e}}{T - \frac{m U^2}{R}}; \quad T \sin \beta - \frac{m U^2}{R} \sin \beta = T - \frac{m v_{\text{ом}}^2}{e};$$

$$\text{Тогда } T(1 - \sin \beta) = \frac{m v_{\text{ом}}^2}{e} - \frac{m U^2}{R} \sin \beta;$$

$$= \frac{3m}{5R} v_{\text{ом}}^2 - \frac{m}{R} U^2 \sin \beta = \frac{m}{R} \left(\frac{3}{5} v_{\text{ом}}^2 - U^2 \sin \beta \right) =$$

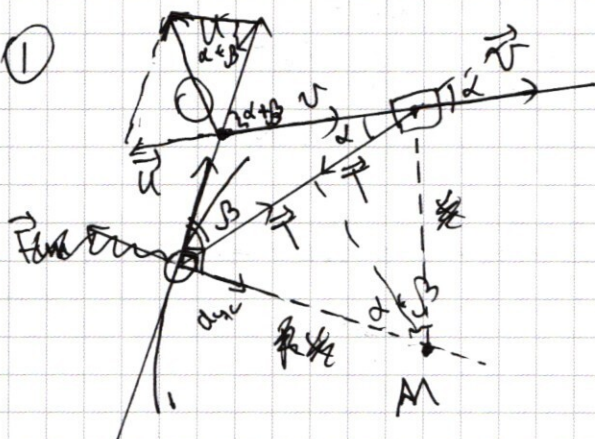
$$= \frac{0,1}{1,9} \left(\frac{3}{5} \cdot 77^2 - 75^2 \cdot \frac{3}{5} \right) = \frac{3}{5} \cdot \frac{0,1}{1,9} (77 - 75)(77 + 75) =$$

$$= \frac{6 \cdot 0,1}{5 \cdot 1,9} \cdot 15^2 = \frac{45}{5} = 9 = 0,96 \text{ мН.}$$

Ответ: 1) 75 мкс.; 2) 77 мкс.; 3) 0,96 мН.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①



$$\frac{17}{5} \cdot \frac{8}{85} = \frac{24}{85}$$

$$\frac{8 \cdot 3}{85} = \frac{24}{85}$$

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

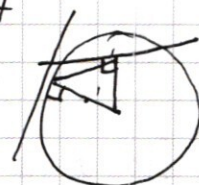
$$\sin \beta = \frac{3}{5}$$

$$v, m, \ell, R (\ell = \frac{5R}{3})$$

$$v = 68 \text{ м/с}$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17}, \cos \beta = \frac{4}{5}$$

$$\frac{289}{225} = \frac{64}{64}$$



$$\frac{60}{24} = \frac{5}{36}$$

$$\frac{15}{25} = \frac{3}{5}$$

$$\frac{68^2}{28} = \frac{4}{28}$$

$$\cos(30^\circ + 60^\circ) = \cos 90^\circ = 0$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin 90^\circ = 1$$

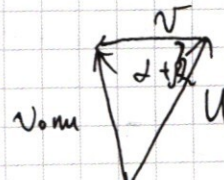
$$1) \quad u \cos \beta = v \cos \alpha \Rightarrow \boxed{u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}} = \frac{68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = \boxed{75} \text{ м/с}$$

$$\begin{array}{r} 72 \\ 60 \\ \hline 4320 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 77 \\ 77 \\ \hline 539 \\ 539 \\ \hline 5929 \end{array}$$

2) $\left\{ \begin{array}{l} \text{НСО - Земля} \\ \text{ПСО - мурман} \\ \text{Тело - кольцо} \end{array} \right.$

$$\text{ЗСС: } \vec{u} = \vec{v} + \vec{v}_{\text{ном}} \Rightarrow \vec{v}_{\text{ном}} = \vec{u} - \vec{v}$$



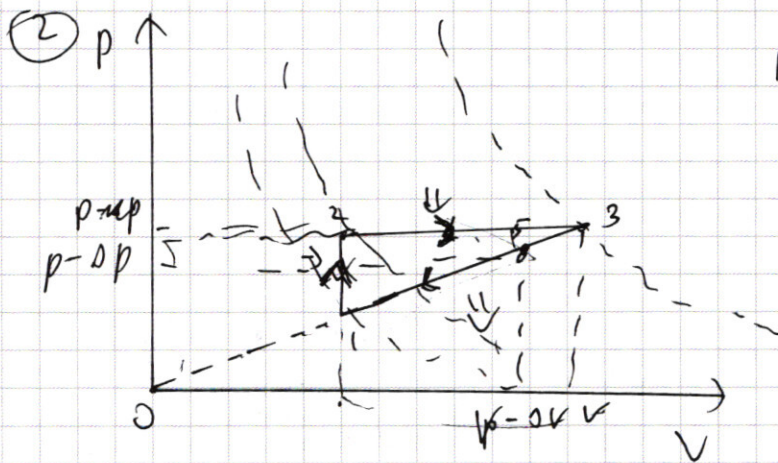
$$\begin{aligned} \cos(\alpha + \beta) &= \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \\ &= \frac{15 \cdot 4}{85} - \frac{24}{85} = \frac{36}{85} \end{aligned}$$

$$\boxed{v_{\text{ном}}^2 = v^2 + u^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)}$$

$$= 68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \frac{36}{85} = 68^2 + 75^2 - 2 \cdot 60 \cdot 36 = 5929$$

$$v_{\text{ном}} = \sqrt{5929} = \boxed{77} \text{ м/с}$$

$$3) \quad \frac{mu^2}{R} = T \sin \beta \Rightarrow \boxed{T = \frac{mu^2}{R \sin \beta}}$$



1) $C_{12}, C_{23} - ?$

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

3) $\eta_{max} - ?$

$$(p=0)V = 0R T_1$$

$$pV = 0R T_2$$

1) $\eta_{12}, Q_{12} = A_{12} + 0 U_{12}, \text{ где } A_{12} = 0 \Rightarrow Q_{12} = \frac{3}{2} 0R T_1$

$$C_{12} = \frac{Q_{12}}{0T} = \boxed{\frac{3}{2} R}$$

По ф-ле Майера: $C_{12} C_p = C_v + R \Rightarrow C_{23} = \boxed{\frac{5}{2} R}$

2) $Q_{23} = \frac{5}{2} 0R T_2 ; 0 U_{23} = \frac{3}{2} 0R T_2 \Rightarrow$

$$A_{23} = 0R T_2$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$$

$\text{Примечание} - N = \frac{mU^2}{R}$

$$\frac{1}{0V} = n = \frac{p}{0p} = \frac{V+0V}{0V} = \frac{V}{0V} + 1$$

3) $A_{23} = p_{pr} 0V - p_2 0V = p_{pr} 0V - p_2 0V$

Пр-сс 1-3 - линейная зависимость $p(V) \Rightarrow C_{13} = 2R$

$$\eta_{max} = \frac{A}{Q_n} = \frac{0p}{\frac{3}{2} 0pV + \frac{5}{2} p_{pr} 0V}$$

$$0pV = \frac{3}{2} 0R T_1$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} 0pV$$

$$= \frac{0p 0V}{\frac{3}{2} 0pV + \frac{5}{2} p_{pr} 0V} = \frac{1}{\frac{3}{2} \frac{V}{0V} + \frac{5}{2} \frac{p}{0p}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{3}{2} n + \frac{5}{2} n - \frac{5}{2}} = \frac{1}{4n - \frac{5}{2}} = \frac{2}{8n - 5}$$

или $n \rightarrow \infty$

$$= \boxed{\frac{2}{3}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Сразу после замыкания!

Handwritten calculations and notes:

- $\frac{64}{25} - 25 = \frac{39}{25}$
- $\frac{79}{64} - \frac{1}{5} = \frac{27}{20}$
- $\frac{54}{29} - \frac{1}{5} = \frac{25}{145}$
- $\frac{40 \cdot 15 \cdot 10^{-6}}{0.1} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-5} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-4}$
- $U_L(0) = \mathcal{E} - U_1 =$
- $= L I' = I' = \frac{\mathcal{E} - U_1 + U_0}{L}$
- 0.080
- $10^{-2} \sqrt{60}$
- $q^* = -C(\mathcal{E} - \varphi - U_1) = C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$
- $3C\mathcal{E}; q^* \mathcal{E} = \frac{L \cdot I_m^2}{2} + \frac{C}{2}(\mathcal{E}^2 - 2\mathcal{E}\varphi + \varphi^2 - U_1^2)$
- $C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$

2)

Handwritten calculations and notes:

- $\frac{C(\mathcal{E} - \varphi)^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = \frac{C}{2}$
- $q^* = -C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$
- $q^* \mathcal{E} = \frac{L \cdot I_m^2}{2} + \frac{C}{2}(\mathcal{E}^2 - 2\mathcal{E}\varphi + \varphi^2 - U_1^2)$
- $C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$

3) $q^* \mathcal{E} = \frac{L \cdot I_m^2}{2} + \frac{C}{2}(\mathcal{E}^2 - 2\mathcal{E}\varphi + \varphi^2 - U_1^2)$

4)

Handwritten calculations and notes:

- $\frac{64}{25} - 25 = \frac{39}{25}$
- $\frac{79}{64} - \frac{1}{5} = \frac{27}{20}$
- $\frac{54}{29} - \frac{1}{5} = \frac{25}{145}$
- $\frac{40 \cdot 15 \cdot 10^{-6}}{0.1} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-5} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-4}$
- $U_L(0) = \mathcal{E} - U_1 =$
- $= L I' = I' = \frac{\mathcal{E} - U_1 + U_0}{L}$
- 0.080
- $10^{-2} \sqrt{60}$
- $q^* = -C(\mathcal{E} - \varphi - U_1) = C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$
- $3C\mathcal{E}; q^* \mathcal{E} = \frac{L \cdot I_m^2}{2} + \frac{C}{2}(\mathcal{E}^2 - 2\mathcal{E}\varphi + \varphi^2 - U_1^2)$
- $C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$

5)

Handwritten calculations and notes:

- $\frac{64}{25} - 25 = \frac{39}{25}$
- $\frac{79}{64} - \frac{1}{5} = \frac{27}{20}$
- $\frac{54}{29} - \frac{1}{5} = \frac{25}{145}$
- $\frac{40 \cdot 15 \cdot 10^{-6}}{0.1} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-5} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-4}$
- $U_L(0) = \mathcal{E} - U_1 =$
- $= L I' = I' = \frac{\mathcal{E} - U_1 + U_0}{L}$
- 0.080
- $10^{-2} \sqrt{60}$
- $q^* = -C(\mathcal{E} - \varphi - U_1) = C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$
- $3C\mathcal{E}; q^* \mathcal{E} = \frac{L \cdot I_m^2}{2} + \frac{C}{2}(\mathcal{E}^2 - 2\mathcal{E}\varphi + \varphi^2 - U_1^2)$
- $C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$

6)

Handwritten calculations and notes:

- $\frac{64}{25} - 25 = \frac{39}{25}$
- $\frac{79}{64} - \frac{1}{5} = \frac{27}{20}$
- $\frac{54}{29} - \frac{1}{5} = \frac{25}{145}$
- $\frac{40 \cdot 15 \cdot 10^{-6}}{0.1} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-5} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-4}$
- $U_L(0) = \mathcal{E} - U_1 =$
- $= L I' = I' = \frac{\mathcal{E} - U_1 + U_0}{L}$
- 0.080
- $10^{-2} \sqrt{60}$
- $q^* = -C(\mathcal{E} - \varphi - U_1) = C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$
- $3C\mathcal{E}; q^* \mathcal{E} = \frac{L \cdot I_m^2}{2} + \frac{C}{2}(\mathcal{E}^2 - 2\mathcal{E}\varphi + \varphi^2 - U_1^2)$
- $C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$

7)

Handwritten calculations and notes:

- $\frac{64}{25} - 25 = \frac{39}{25}$
- $\frac{79}{64} - \frac{1}{5} = \frac{27}{20}$
- $\frac{54}{29} - \frac{1}{5} = \frac{25}{145}$
- $\frac{40 \cdot 15 \cdot 10^{-6}}{0.1} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-5} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-4}$
- $U_L(0) = \mathcal{E} - U_1 =$
- $= L I' = I' = \frac{\mathcal{E} - U_1 + U_0}{L}$
- 0.080
- $10^{-2} \sqrt{60}$
- $q^* = -C(\mathcal{E} - \varphi - U_1) = C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$
- $3C\mathcal{E}; q^* \mathcal{E} = \frac{L \cdot I_m^2}{2} + \frac{C}{2}(\mathcal{E}^2 - 2\mathcal{E}\varphi + \varphi^2 - U_1^2)$
- $C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$

8)

Handwritten calculations and notes:

- $\frac{64}{25} - 25 = \frac{39}{25}$
- $\frac{79}{64} - \frac{1}{5} = \frac{27}{20}$
- $\frac{54}{29} - \frac{1}{5} = \frac{25}{145}$
- $\frac{40 \cdot 15 \cdot 10^{-6}}{0.1} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-5} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-4}$
- $U_L(0) = \mathcal{E} - U_1 =$
- $= L I' = I' = \frac{\mathcal{E} - U_1 + U_0}{L}$
- 0.080
- $10^{-2} \sqrt{60}$
- $q^* = -C(\mathcal{E} - \varphi - U_1) = C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$
- $3C\mathcal{E}; q^* \mathcal{E} = \frac{L \cdot I_m^2}{2} + \frac{C}{2}(\mathcal{E}^2 - 2\mathcal{E}\varphi + \varphi^2 - U_1^2)$
- $C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$

9)

Handwritten calculations and notes:

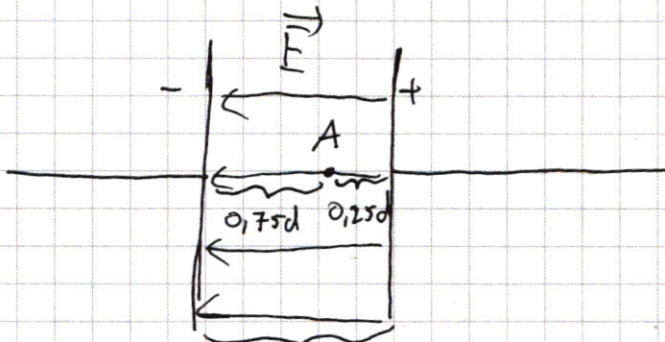
- $\frac{64}{25} - 25 = \frac{39}{25}$
- $\frac{79}{64} - \frac{1}{5} = \frac{27}{20}$
- $\frac{54}{29} - \frac{1}{5} = \frac{25}{145}$
- $\frac{40 \cdot 15 \cdot 10^{-6}}{0.1} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-5} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-4}$
- $U_L(0) = \mathcal{E} - U_1 =$
- $= L I' = I' = \frac{\mathcal{E} - U_1 + U_0}{L}$
- 0.080
- $10^{-2} \sqrt{60}$
- $q^* = -C(\mathcal{E} - \varphi - U_1) = C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$
- $3C\mathcal{E}; q^* \mathcal{E} = \frac{L \cdot I_m^2}{2} + \frac{C}{2}(\mathcal{E}^2 - 2\mathcal{E}\varphi + \varphi^2 - U_1^2)$
- $C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$

10)

Handwritten calculations and notes:

- $\frac{64}{25} - 25 = \frac{39}{25}$
- $\frac{79}{64} - \frac{1}{5} = \frac{27}{20}$
- $\frac{54}{29} - \frac{1}{5} = \frac{25}{145}$
- $\frac{40 \cdot 15 \cdot 10^{-6}}{0.1} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-5} = 4 \cdot 15 \cdot 10^{-4}$
- $U_L(0) = \mathcal{E} - U_1 =$
- $= L I' = I' = \frac{\mathcal{E} - U_1 + U_0}{L}$
- 0.080
- $10^{-2} \sqrt{60}$
- $q^* = -C(\mathcal{E} - \varphi - U_1) = C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$
- $3C\mathcal{E}; q^* \mathcal{E} = \frac{L \cdot I_m^2}{2} + \frac{C}{2}(\mathcal{E}^2 - 2\mathcal{E}\varphi + \varphi^2 - U_1^2)$
- $C(U_1 + \varphi - \mathcal{E})$

3



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

$T, S, d.$

Напр. на конденс.:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{q_c}{2\epsilon_0 S}; F_k = E \cdot q = \frac{q q_c}{2\epsilon_0 S}$$

Дист. гр. - не влияем. ох:

$$ma = F_k \Rightarrow a = \frac{F_k}{m} = \frac{q q_c}{2m\epsilon_0 S} = \frac{\delta q_c}{2\epsilon_0 S}$$

$$\frac{aT^2}{2} = 0,75d \Rightarrow aT^2 = 1,5d \Rightarrow a = \frac{1,5d}{T^2} = \frac{\delta q_c}{2\epsilon_0 S}$$

$$\frac{96}{10} \approx 9,6 \Rightarrow d\epsilon_0 S = \delta T^2 q_c \Rightarrow q_c = \frac{3d\epsilon_0 S}{\delta T^2}$$

$$1) v_1 = aT = \frac{1,5d}{T}$$

$$2) q_c = Q = \frac{3d\epsilon_0 S}{\delta T^2}$$

$$\frac{75}{152} \frac{19}{8}$$

$$3) \text{ Из 3(7): } W_k = E_k \text{ или } q_A \cdot q = \frac{mv_2^2}{2} \Rightarrow$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2q_A q}{m}} = \sqrt{2q_A \delta}, \text{ где } q_A = 0,25Ed \Rightarrow$$

$$v_2 = \sqrt{0,5Ed\delta}$$

$$T - N \sin \beta = \frac{mv_{\text{ном}}^2}{q}$$

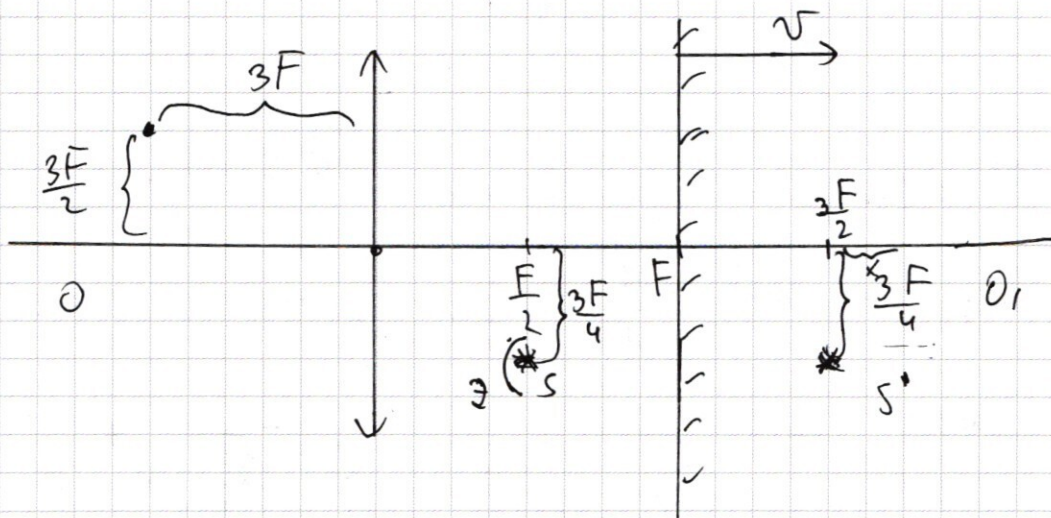
$$T - N \sin \beta = \frac{mv_{\text{ном}}^2}{q}$$

$$1) U = \frac{U \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$2) v_{\text{ном}}^2 = v^2 + u^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑤

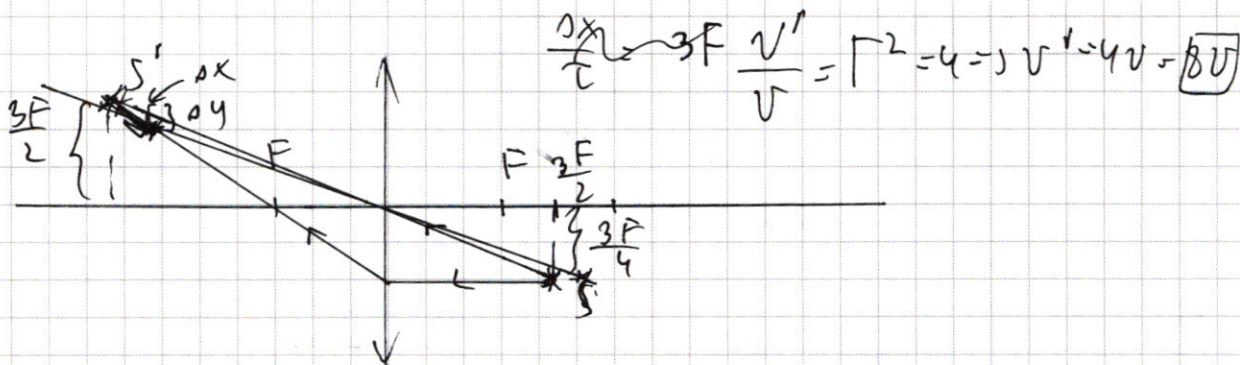


$$1) \frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F} \Rightarrow \boxed{f = 3F}$$

$$2) d = 1,5F; f = 3F \Rightarrow \Gamma = \frac{f}{d} = 2$$

Переведемся на x . Тогда $\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{F}{2} + x} + \frac{1}{f}$

$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= \frac{1}{F} - \frac{1}{\frac{F}{2} + x} = \frac{\frac{F}{2} + x}{F(\frac{F}{2} + x)} \\ \frac{3F^2 + Fx}{\frac{F}{2} + x} - 3F &= \frac{3F^2 + Fx - \frac{3F^2}{2} - 3Fx}{\frac{F}{2} + x} = \\ &= \frac{-2Fx}{\frac{F}{2} + x} \Rightarrow f \downarrow \end{aligned}$$



1) S' сформировать за π на $2\sqrt{\pi} = x$.

1^o для: $\frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{f_1}$; $\frac{1}{f_1} = \frac{1}{3F} \Rightarrow f_1 = 3F$; $H_1 = \frac{3F}{2}$

2^o для: $\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{3F}{2} + x} + \frac{1}{f_2}$; $\frac{1}{f_2} = -\frac{1}{\frac{3F}{2} + x} + \frac{1}{F} =$

$\Rightarrow \frac{\frac{3F}{2} + x - F}{F(\frac{3F}{2} + x)} = \frac{\frac{F}{2} + x}{F(\frac{3F}{2} + x)} \Rightarrow f_2 = \frac{F(\frac{3F}{2} + x)}{\frac{F}{2} + x}$

$\frac{H_2}{\frac{3F}{4}} = \frac{f_2}{d_2} = \frac{(\frac{F}{2} + x)}{F(\frac{3F}{2} + x)} \cdot \frac{F}{\frac{F}{2} + x} \Rightarrow H_2 = \frac{\frac{3}{4} F^2}{\frac{F}{2} + x}$

$\Delta k = f_2 - f_1 = \frac{\frac{3F^2}{2} + Fx}{\frac{F}{2} + x} - 3F = \frac{\frac{3F^2}{2} + Fx - \frac{3F^2}{2} - 3Fx}{\frac{F}{2} + x} =$

$= \frac{-2Fx}{\frac{F}{2} + x}$; $\tan \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\frac{3F}{2} x}{2Fx} = \frac{3}{4} \Rightarrow \alpha = \arctan \frac{3}{4}$

$\Delta y = H_2 - H_1 = \frac{\frac{3}{4} F^2}{\frac{F}{2} + x} - \frac{3F}{2} = \frac{\frac{3}{4} F^2 - \frac{3F}{2}(\frac{F}{2} + x)}{\frac{F}{2} + x} = \frac{-\frac{3F}{2} x}{\frac{F}{2} + x} = -\frac{3Fx}{F + 2x}$