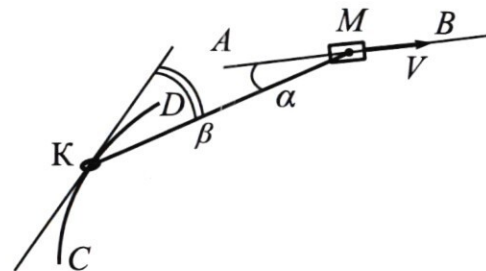


Олимпиада «Физтех» по физике, Вариант 11-01

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без

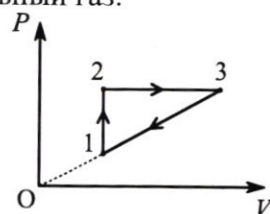
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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

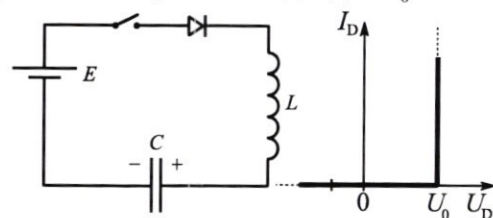
- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

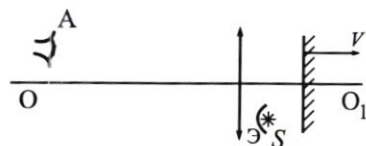


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

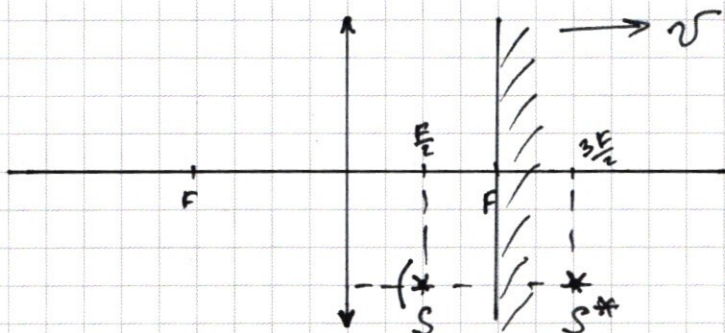
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.

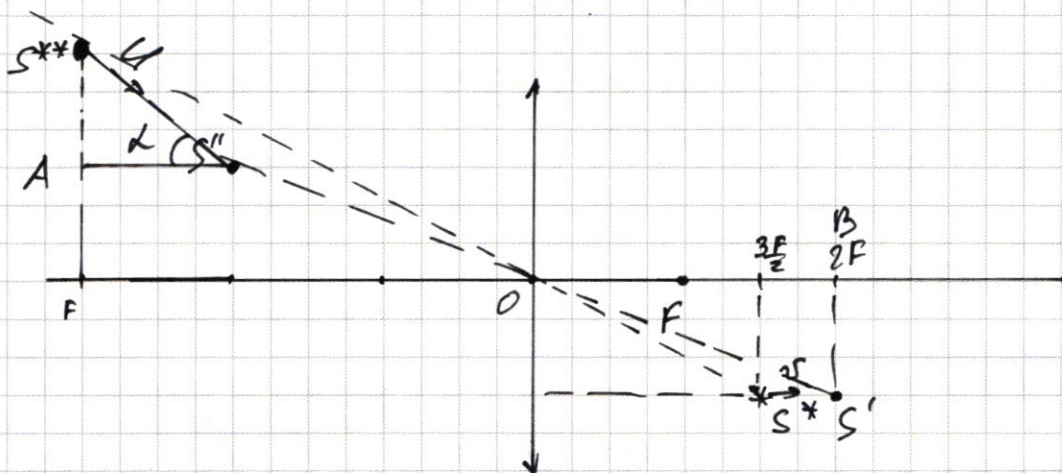


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5



- 1) • Построим изображение S в зеркале (на рис. S^*)
• Лиза будет воспринимать S^* как предмет
($d = \frac{3F}{2}$) $\Rightarrow$ данная сис-та будет равносильна:



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{d \cdot F}{d - F} = \frac{\frac{3}{2}F \cdot F}{\frac{3}{2}F - F} = 3F$$

$$\boxed{f = 3F}$$

$$\Rightarrow \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{3F}{\frac{3}{2}F}$$

$$\boxed{\Gamma = 2}$$

2) • С помощью линзы получено действ. изобр.
 • Изобрат., гл.в.от. центр и предмет лежат на одной прямой (полученное изобр. S^{**} на рис.)

• В системе линза-зеркало зеркало имеет скорость v . Это равносильно, что в системе неподвижной скорость v будет иметь $\cancel{v} S^*$, т.к.

при переходе в СО линзы S имеет проекцию скорости $(-v) \Rightarrow S^*$ имеет v

• Рассм. случай, когда S^* находится на $\frac{F}{2}$ и окажется в двойном фокусе (S'), тогда

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d'} + \frac{1}{f'} \Rightarrow f' = \frac{d'F}{d'-F} = 2F \Rightarrow r' = 1$$

• Изображение S' отмечено как S''

• Перемещение изображения происходит вдоль прямой $S^{**}S''$

• Рассм. $\triangle AS^{**}S''$.

$$AS'' = 3F - 2F = F$$

$$AS^{**} = r'BS = \frac{3}{4}F \Rightarrow \tan L = \frac{\frac{3}{4}F : F}{\frac{3}{4}} = \frac{3}{4}$$

$\tan L = \frac{3}{4}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) \cdot \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

• По теореме о продольном движении

$$U_x = v^2 \vartheta_x \quad (U_x - \text{проекция } S^{**} \text{ на } O_x)$$

$$\cdot U_x = U \cos \alpha \Rightarrow U \cos \alpha = v^2 \vartheta$$

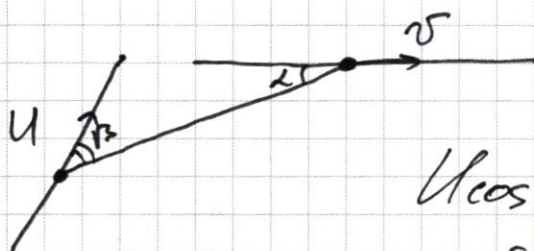
$$U = \frac{v^2 \vartheta}{\cos \alpha} = \frac{4 \vartheta}{\frac{4}{5}} = 5 \vartheta$$

$$\boxed{U = 5 \vartheta}$$

Ответ: 1) 3F ; 2) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$; 3) 5V

(n1)

1) • воспользуемся «законом параллельности»;
проекция скорости лодки на ось ишги
равна проекции скорости кольца на
ось ишги



$$U \cos \beta = v \cos \alpha$$

$$\Rightarrow U = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{25 \cdot 15}{17} \cdot \frac{5}{4} = \frac{75}{68} v$$

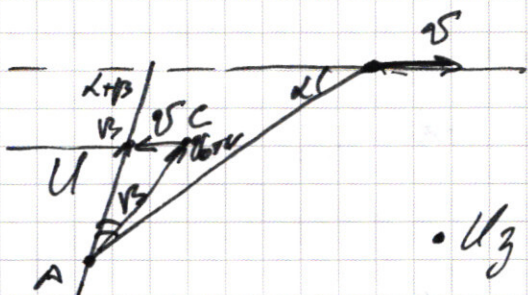
$$\boxed{U = 75 \text{ см/с}}$$

2) • Воспользуемся определенными векторы скорости
 $\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$

• Перейдём в систему СО шара, тогда

$$\vec{v} = \vec{v}_{пер}$$

$$U = \vec{v}_{абс}$$



• Из геометрии $\angle ABC = 180 - (\alpha + \beta)$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta =$$

$$= \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8 \cdot 3}{17 \cdot 5} = \frac{36}{85}$$

• Найдём $v_{отн}$ по ф. косинусов из $\triangle ABC$

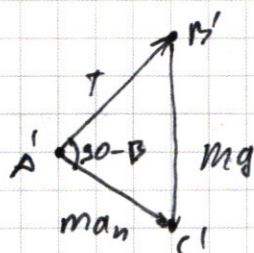
$$v_{отн}^2 = U^2 + v^2 - 2U \cdot v \cos(\alpha + \beta)$$

$$v_{отн} = \sqrt{U^2 + v^2 - 2U \cdot v \cos(\alpha + \beta)} = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \frac{36}{85}}$$

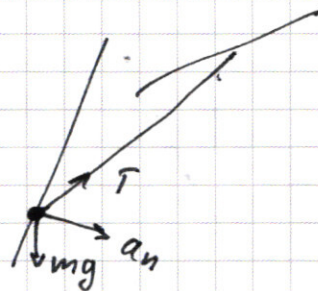
~~$v_{отн} = 74 \text{ м/с}$~~

$$= \sqrt{68^2 + 75^2 - \frac{2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot 36}{85}} = \sqrt{14569} \text{ м/с}$$

3) 2 3U. для m:



$$a_n = \frac{U^2}{R}$$

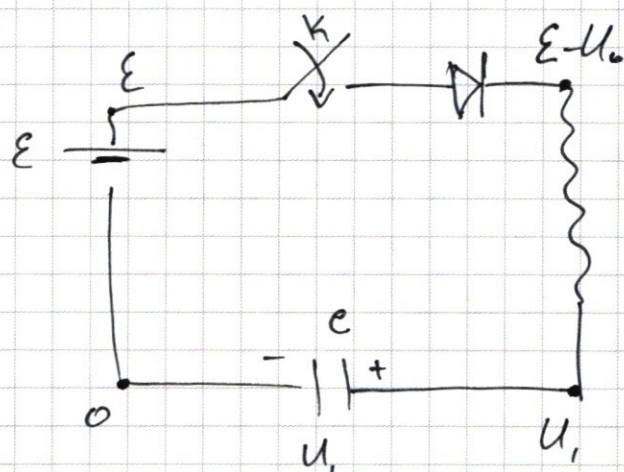


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

- из $\Delta A'B'C'$ по т. синусов найдём $\angle A'B'C'$
- найдём $\angle A'C'B'$
- найдёт Γ из т. косинусов для $A'B'C'$

Отв: 75 см/с ; $\sqrt{14569} \text{ см/с}$

(N4)



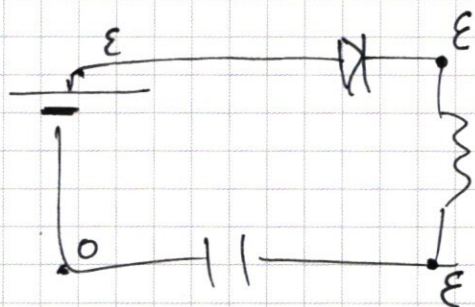
1) • воспользуемся
методом потенциалов

• рассм. цепь в
момент замык

$$\Rightarrow U_2 (E - U_0 - U_1) = L I'$$

$$\Rightarrow I' = \frac{E - U_0 - U_1}{L} = \frac{3}{0,1} = 30$$

3) рассм. цепь в уст. сост.



$$\Rightarrow U_2 = 3E = 27 \text{ В}$$

(N3)

$$\cancel{\frac{E \epsilon_0 S}{d}} \quad 1) \quad qU = \frac{mv_1^2}{2} \quad v_1 = \sqrt{\frac{2qU}{m}} = \sqrt{2\gamma U}$$

$$U = Ed \quad qE = ma \quad E = \frac{q}{\gamma} \quad a = \frac{2 \cdot 0,75d}{r^2} = \frac{3d}{2r^2}$$

$$\Rightarrow v_1 = \sqrt{2\gamma Ed} = \sqrt{\frac{2\gamma q}{\gamma}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3d}{2r^2}} = \sqrt{\frac{3d}{r^2}}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{3d}{r^2}}$$

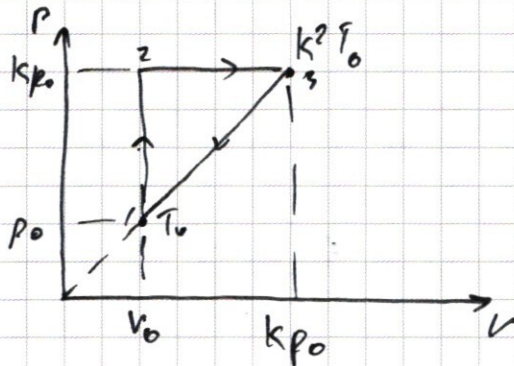
$$2) \quad \cancel{B = \frac{E \epsilon_0 S}{d}} = \frac{d}{\gamma}$$

$$B = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{q}{\gamma} \Rightarrow Q = \frac{q \epsilon_0 S}{\gamma} = \pm \frac{3d \epsilon_0 S}{2r^2 \gamma}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2



1) $\frac{C_1}{C_2} = ?$

$$1) C_1 = \frac{Q_{12}}{\Delta T_1} ; C_2 = \frac{Q_{23}}{\Delta T_2}$$

• Т.к. в 1-2 $A_{12} = 0$, то $C_1 = \frac{\frac{1}{2} \Delta S T_1 R}{\Delta T_1} = \frac{1}{2} R$

• в 2-3 $C_2 = \frac{\frac{1}{2} \Delta S R T_2 + \Delta S R T_2}{\Delta T_2} = \frac{1}{2} R + R$

• $\frac{C_1}{C_2} = \frac{\frac{1}{2} R}{\frac{1}{2} R + R} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{1}{3}$

$$\boxed{\frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{3}}$$

$$2) \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\Delta U_{23} + A_{23}}{A_{23}} = 1 + \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = 1 + \frac{\frac{3}{2} \Delta S R T_2}{\Delta S R T_2} = \frac{5}{2}$$

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

$$3) \cdot \eta = \frac{Q_{наг} - |Q_{загп}|}{Q_{наг}} \cdot 100\%$$

$$Q_{наг} = Q_{123} = 4U_{13} + A_{123} = \frac{3}{2} \nu R (k^2 T_0 - T_0) + \nu R (k^2 T_0 - k T_0) =$$

$$= \nu R \left(\frac{3}{2} T_0 (k^2 - 1) + k T_0 (k - 1) \right) = \nu R (k - 1) T_0 \left(\frac{3}{2} (k + 1) + k \right)$$

$$Q_{загп} = 4U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_0 - k^2 T_0) + \frac{\nu R}{2} (T_0 - k^2 T_0) = 2 \nu R (T_0 - k^2 T_0)$$

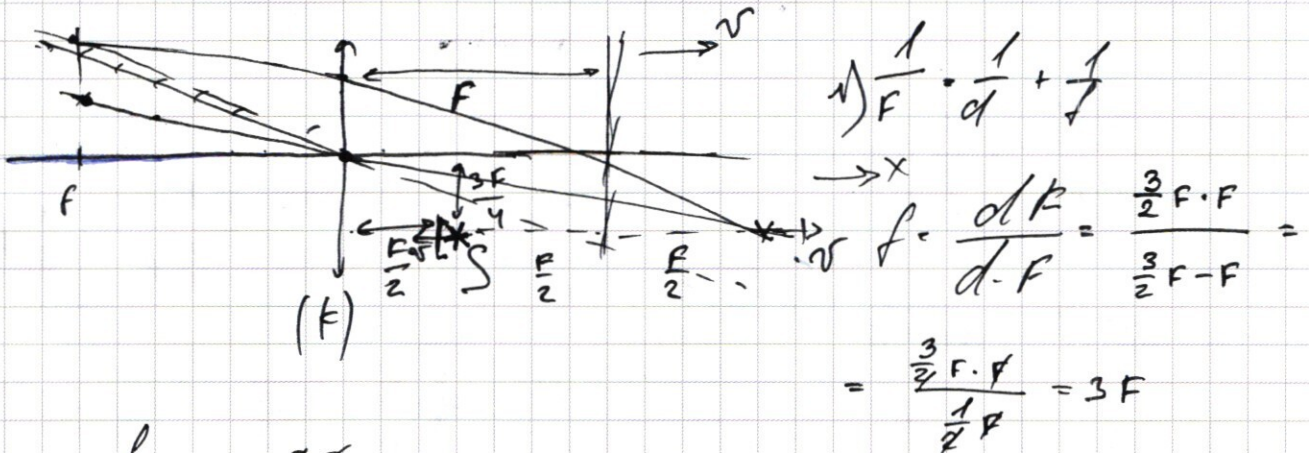
$$\eta = 1 - \frac{2 \nu R T_0 (k^2 - 1)}{\nu R (k - 1) T_0 \left(\frac{5}{2} k + \frac{3}{2} \right)} = 1 - \frac{4(k - 1)}{(5k + 3)}$$

$$\eta' = \left(1 - \frac{4(k - 1)}{5k + 3} \right)' = \left(\frac{2 + k}{5k + 3} \right)' = \frac{1(5k + 3) - 5(2 + k)}{(5k + 3)^2} = \frac{-7}{(5k + 3)^2}$$

$$\frac{-7}{(5k + 3)^2} = 0 \quad \max \text{ при } k = \frac{3}{5}$$

$$\eta =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

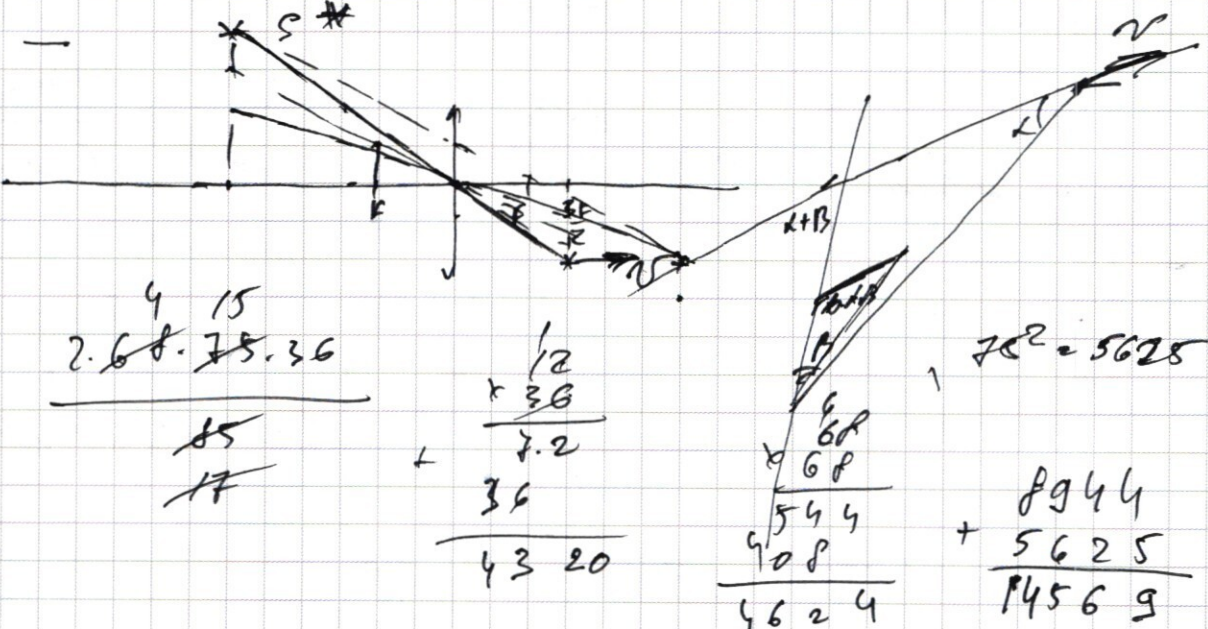
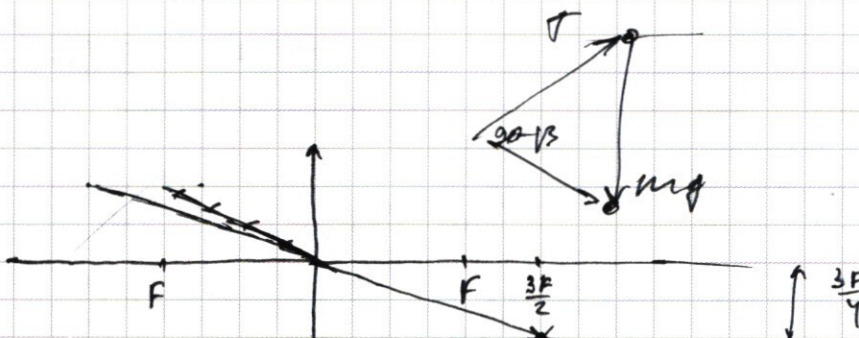


$$r_2 = \frac{f}{d} = \frac{3f}{\frac{3}{2}f} = 2 \quad \boxed{r_2 = 2}$$

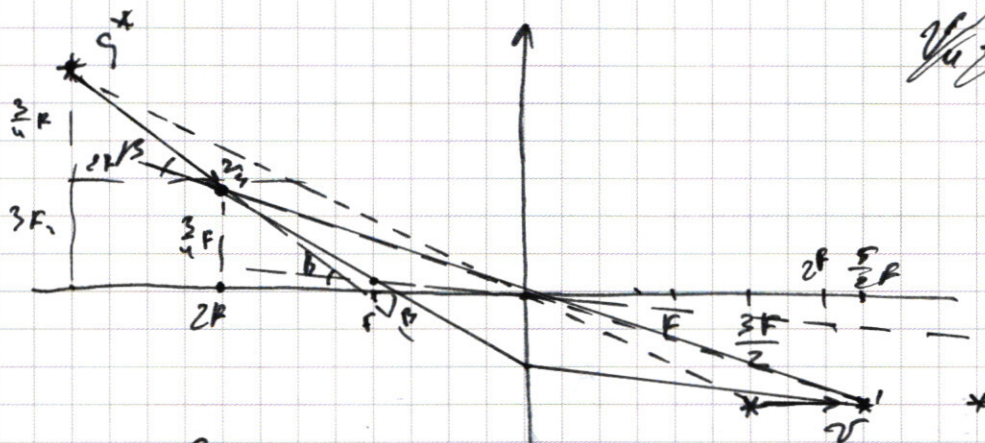
$$\frac{1}{F} = \frac{\cancel{2}}{3F} + \frac{1}{3F} = \frac{3}{3F}$$

$$\overline{V_{a50}} = \overline{V_{neg}} + \overline{V_{pos}}$$

$$0 = 0$$



$$U_a = \sqrt{P_a} \cdot \sqrt{R_a}$$



$$\tan \beta = \frac{3F}{2F} = \frac{3}{2} \Rightarrow \beta = \arctan \frac{3}{2}$$

$$P = \frac{\frac{5}{2} F \cdot F}{\frac{5}{2} F} = \frac{5}{2} F$$

$$1 + \tan^2 \beta = \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

$$1 + \frac{9}{4} = \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

$$\frac{25}{4} = \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

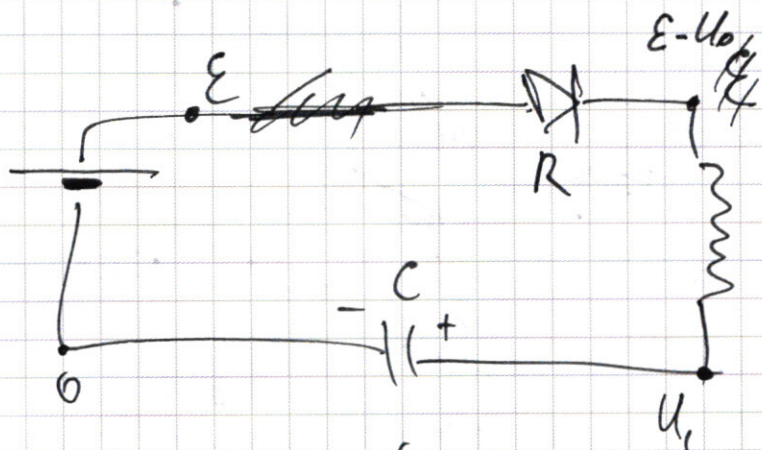
$$\frac{5}{2} = \frac{1}{\cos \beta} \Rightarrow \cos \beta = \frac{2}{5}$$

$$P = \frac{5}{2} F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{F} \quad f = \frac{2F \cdot F}{2F \cdot F} = 1 \Rightarrow f = 1$$

$$U_{\text{нв}} \cdot \cos \beta = \sqrt{P_a}$$

$$U_{\text{нв}} = \frac{4.95}{4} \cdot 5 = 5V$$



$$E - U_0 - U_1 = L \left(\frac{dI}{dt} \right) = L \cdot I'$$

$$E = 9V \quad C = 40 \mu F$$

$$U_1 = 5V \quad L = 0.1 H$$

$$U_0 = 1V$$

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

$$U_1 = E - U_0 = L \cdot I'$$

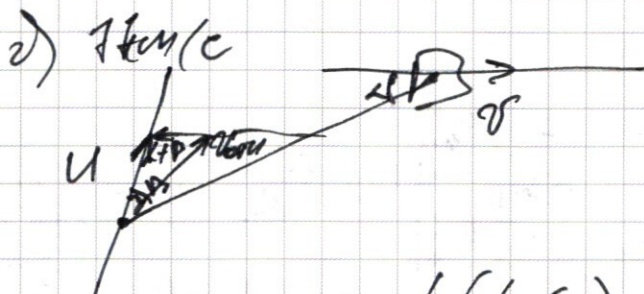
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

(21) 1) $v_k = \frac{75}{68} v$

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

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

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



$$\cos \beta = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin \beta = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha (\angle \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta =$$

$$= \frac{4 \cdot 15}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 3}{17 \cdot 5} = \frac{36}{17 \cdot 5} = \frac{36}{85}$$

$$v_{resh}^2 = v^2 + \left(\frac{75}{68}v\right)^2 + 2 \cdot v \cdot \frac{75}{68}v \cos \alpha$$

$$\begin{array}{r} 68 \cdot 68 \\ \times 68 \\ \hline 544 \\ 4080 \\ \hline 4624 \end{array}$$

$$v_{resh}^2 = 68^2$$

$$68^2 + 75^2 + 2 \cdot 68 \cdot \frac{75}{68} \cdot 68 \cdot \frac{36}{85}$$

$$2 \cdot 68 \cdot \frac{75}{68} \cdot 68 \cdot \frac{36}{85}$$

$$+ 5625$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 36 \\ \hline 720 \\ 36 \\ \hline 4320 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 535 \\ \times 77 \\ \hline 3695 \\ 3745 \\ \hline 5925 \end{array}$$

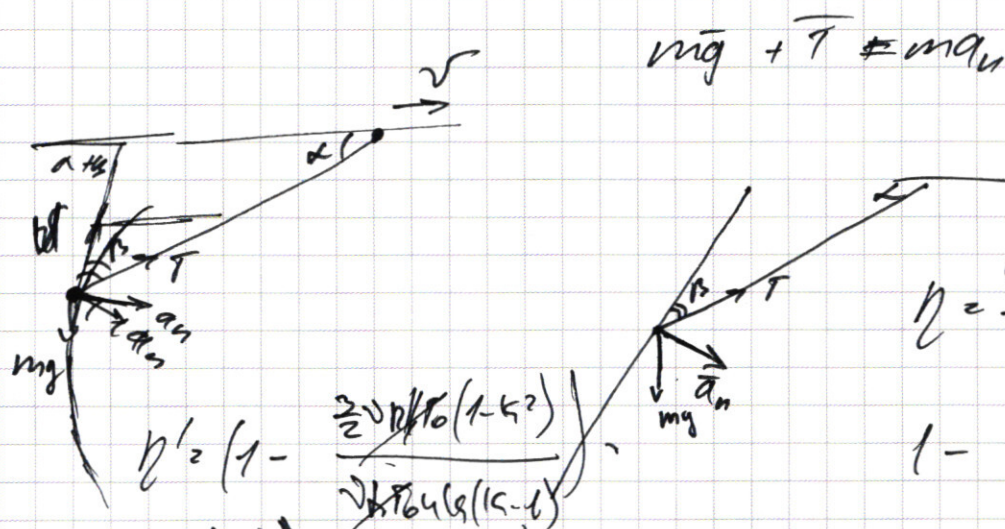
$$\begin{array}{r} 5625 \\ + 304 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4320 \\ + 4624 \\ \hline 8944 \\ + 5625 \\ \hline 14569 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1099 \\ \times 157 \\ \hline 1099 \\ 1099 \\ 1099 \\ \hline 157 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1025 \\ \times 147 \\ \hline 1025 \\ 1025 \\ 1025 \\ \hline 147 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 745 \\ \times 107 \\ \hline 745 \\ 745 \\ 745 \\ \hline 107 \end{array}$$



$$p' = \left(1 - \frac{\frac{3}{2} \sqrt{R} \sqrt{g} (1-k^2)}{\sqrt{k} \sqrt{g} (1-k)}\right)$$

$$= 1 - \frac{3}{8} \frac{(1-k^2)}{(1-k)k} = 1 + \frac{3}{8} \frac{(k+1)}{k}$$

$$= \sqrt{R} \sqrt{g} \left(\frac{3}{2}(k+1) + \frac{3}{2}k(k+1) + k(k+1)\right)$$

$$= \sqrt{R} \sqrt{g} 4k(k+1)$$

По r-носу $T =$

$$= (mg)^2 + \left(m \frac{v^2}{R}\right)^2 + 2mgm a_n \cos(kR) =$$

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

$$U = 0.75$$

$$U^2 = 0.5625$$

$$= (1.10)^2 + \left(\frac{0.1 \cdot 0.5625}{1.9}\right)^2 - 2 \cdot 0.1 \cdot 10 \cdot 0.1 \cdot \frac{0.5625}{1.9} \cdot \frac{36}{85}$$

$$1 + \left(\frac{0.5625}{1.9}\right)^2 - 2 \cdot 0.5625 \cdot 36$$

$$\begin{array}{r} 1.1 \\ \times 1.17 \\ \hline 8.19 \\ 1.17 \\ \hline 1.3685 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1.4 \\ \times 1.27 \\ \hline 7.89 \\ 2.84 \\ \hline 6.29 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 0.5625 \\ \hline 1.632 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 123 \\ \times 123 \\ \hline 369 \\ 243 \\ \hline 15099 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$i = 3$

1) $C_{m1} = \frac{Q_{12}}{\sqrt{T_2 - T_1}} \cdot \frac{\sqrt{T_3 - T_2}}{Q_{23}}$

2) $\frac{C_{m1}}{C_{m2}} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3}$

3) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\Delta U_{23} + A_{23}}{A_{23}} = \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} + 1 =$

$\frac{\frac{3}{2}VR(T_3 - T_2)}{\frac{p}{2}(V_3 - V_2)} + 1 = \frac{3VR(T_3 - T_2)}{VR(T_3 - T_2)} + 1 = 2$

$\frac{Q_{31}}{A_{31}} = \frac{\Delta U_{31} + A_{31}}{A_{31}} = \frac{\Delta U_{31}}{A_{31}} + 1 =$

$\frac{\frac{3}{2}VR(T_1 - T_3)}{\frac{p}{2}(V_1 - V_3)} + 1 = \frac{3VR(T_1 - T_3)}{VR(T_1 - T_3)} + 1 = 2$

$\eta = \frac{Q_{12} - Q_{31}}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{31}}{Q_{12}} = 1 - \frac{A_{31}}{A_{12}} = 1 - \left(\frac{\Delta U_{31} + A_{31}}{\Delta U_{12} + A_{12}} \right) = 1 - \left(\frac{\frac{3}{2}VR(T_1 - T_3) + \frac{p}{2}(V_1 - V_3)}{\frac{3}{2}VR(T_2 - T_1) + \frac{p}{2}(V_2 - V_1)} \right) = 1 - \left(\frac{3VR(T_1 - T_3) + VR(T_1 - T_3)}{3VR(T_2 - T_1) + VR(T_2 - T_1)} \right) = 1 - \frac{4VR(T_1 - T_3)}{4VR(T_2 - T_1)} = 1 - \frac{T_1 - T_3}{T_2 - T_1} = \frac{T_2 - T_1 - T_1 + T_3}{T_2 - T_1} = \frac{T_3 - T_1}{T_2 - T_1} = \frac{5}{2}$

$A_p = k p_0 \cdot k v_0 = k^2 p_0 v_0 = k^2 VR$

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

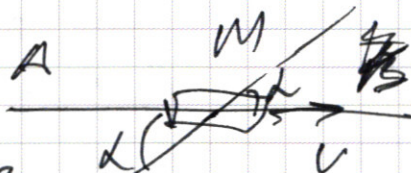
$$A_p = \frac{V}{2} (kV_0 - V_0) = \frac{V R}{2} (T_0 - T_0)$$

$$A_{PV2} \frac{P_2 - P_1}{2} (V_2 - V_1)$$

$$V_2 = R_d / 2 \frac{E_0 E_2 S d}{2}$$

$$\frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R}$$

(21) $qE = mg$ $V_{26} \text{ find}$



$$\frac{gH_2 m \sigma^2}{2}$$

$$\sqrt{2} \sqrt{\frac{2g}{\mu H}}$$

1) Закон инерции

в) мучайся с векторами

3) ??? 234?

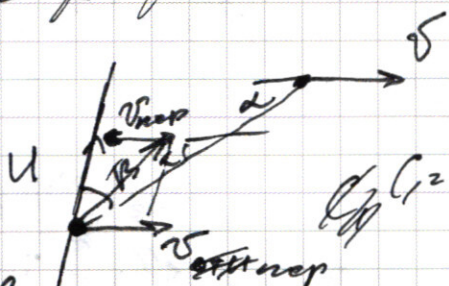
$$U = \mathbb{R}d$$

$$\cos \beta = \sqrt{\cos \alpha}$$

$$Q_R = \frac{2}{\pi} \sqrt{R(k_0^2 - k^2)}$$

$$U_2 \frac{\sqrt{15} \cos 4}{\cos 3} = \frac{\sqrt{15}}{17} \cdot \frac{5}{4} = \frac{75\sqrt{15}}{68} \approx 7.1 \text{ km/s}$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{RKT}$$



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

$$a = \frac{2S}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{2}{2} \sqrt{2} T$$

$$4T$$

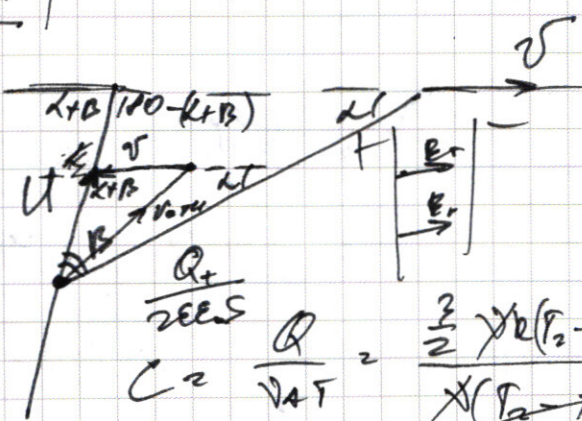
$$1 - \frac{4.8}{3}$$

$$\overline{V_{acc}} = \overline{V_{mp}} + \overline{V_{os}}$$

Day

$$\overline{V_{oxy}} = \overline{V_{asr}} - \overline{V_{nep}}$$

$$1 - \frac{32}{45}$$



$$R = \frac{1}{2} R_T R$$

$$A_2 = P(V_2 = 1)$$

$$V \stackrel{i}{\hookrightarrow} R$$

$$C = \frac{Q}{V_{AF}} = \frac{\frac{3}{2} \chi_2 (r_2 - r_1) + \chi_1 (r_2 - r_1)}{\chi (r_2 - r_1)}$$

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