

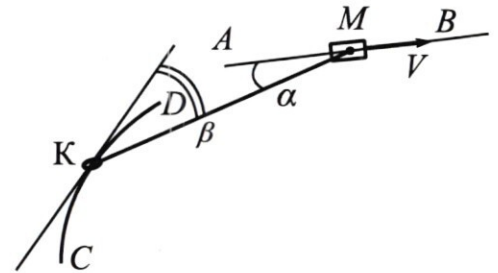
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-01

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка задания не принимаются.

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K 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.



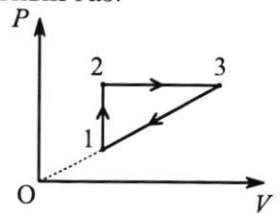
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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

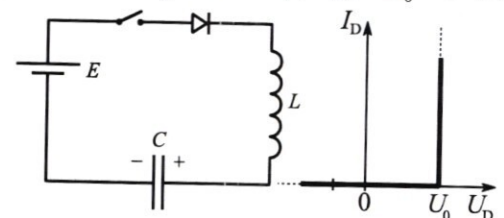
1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.

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.

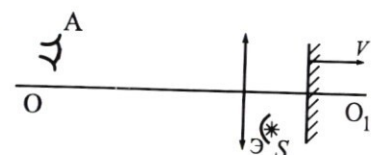
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, 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 A сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

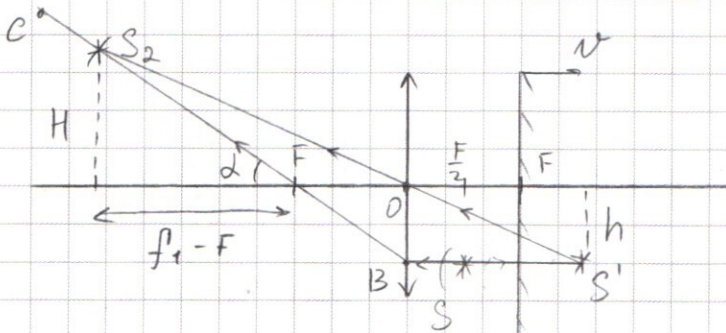
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5



1) Изображение источника в зеркале будет находиться на расстоянии $d_1 = F + \frac{1}{2}F = \frac{3F}{2}$ от линзы (т.к. зеркало дает симметр, т.е. равноуд. изобр.м.)

Изображение ист. S будет являться источн. для линзы.

По формуле тонкой линзы: $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$ (линза собир., прелом. F)

$$f_1 = \frac{d_1 \cdot F}{d_1 - F} = \frac{\frac{3F}{2} \cdot F}{\frac{3F}{2} - F} = 3F - \text{расст-е от линзы до изобр.м. } S_2$$

2) Сместим источн. S на небольш. рас-е. Видно, что изобр. S_2 будет двигаться вдоль оси ~~по~~ ВС. (т.к. этот угол неизменен)

$$\Gamma = \frac{f_1}{d_1} = \frac{H}{h} \quad H = \frac{\frac{3F}{4} \cdot 3F}{\frac{3F}{2}} = \frac{3F}{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{H}{f_1 - F} = \frac{\frac{3F}{2}}{2(2F)} = \frac{3}{4}$$

3) $\Gamma = \frac{f_1}{d_1} = 2$ (увелич. линзы)

Горизонтальная составн. скорости $u_1 = \Gamma^2 \cdot v' = 4v'$
Вертикальная $u_2 = \Gamma \cdot v' = 2v'$

v' - скорость изобр. S'

В со зеркала источн. S движт. со скоростью v влево, тогда его изобр. S' со скоростью v вправо
В со земли $v' = v + v = 2v$, где v - скорость зеркала

$$u_1 = 4 \cdot 2 \text{ В} = 8 \text{ В}$$

$$u_2 = 2 \cdot 2 \text{ В} = 4 \text{ В}$$

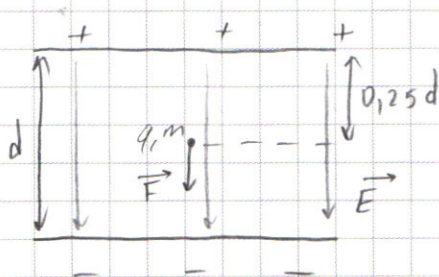
$$u = \sqrt{64 \text{ В}^2 + 16 \text{ В}^2} = 4\sqrt{5} \text{ В} - \text{скорость иголки } S_2.$$

Ответ: 1) $f_1 = 3\text{ Г}$

2) $\alpha = \arctg(\frac{3}{4})$

3) $u = 4\sqrt{5} \cdot \text{В}$

Задача 3



1) т.к. $q > 0$, то $\vec{F} \uparrow \vec{E}$ $\vec{E}$ - направл. поле внутри конденсатора

$$F = E \cdot q = m \cdot a \text{ - ускорен. частицы}$$

$$a = \frac{Eq}{m} = E \gamma$$

т.е. частица вылетит через отриц. заряд. обшивку конденсатора, пройдя внутри раз-е $d - 0,25d = 0,75d$

$$0,75d = \frac{v_1 + v_0}{2} T = \frac{v_1}{2} T \quad (a = \text{const})$$

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

2) $0,75d = \frac{aT^2}{2} \rightarrow a = \frac{1,5d}{T^2} = E \gamma$

$$E = \frac{1,5d}{T^2 \gamma}$$

C - емкость конденс., U - напряж. на нем.

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_0 S}{d} \quad U = Ed$$

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

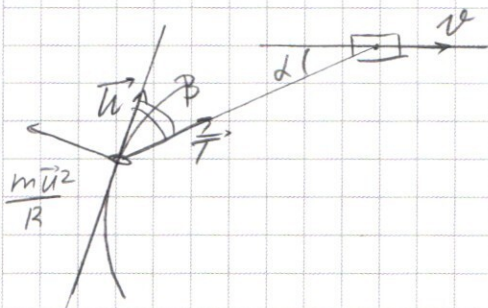
3) т.к. $d \ll TS$, то поле вне конденсатора отсутствует (поле двух обшивок компенсирует друг друга), ш. $v_2 = v_1$

Ответ: 1) $v_1 = \frac{1,5d}{T}$ 3) $v_2 = \frac{1,5d}{T}$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1



1) Пусть u - скорость конца в данный момент

т.к. нить натянута и невесома, то проекции скоростей кольца и шнуров на нить равны

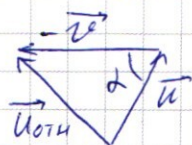
$$v \cos \alpha = u \cos \beta$$

$$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$u = \frac{68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 75 \text{ (см/с)}$$

2) $u_{\text{отн}}$ - скорость конца отн. шнуров

$$\vec{u}_{\text{отн}} = \vec{u} - \vec{v}$$



$$\alpha = 180 - (180 - \alpha - \beta) = \alpha + \beta$$

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)} \quad (\text{по т. косинусов})$$

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) \cdot 68 \cdot 75} =$$

$$= \sqrt{4624 + 5625 - 2 \left(\frac{15 \cdot 4}{17^2} - \frac{8 \cdot 3}{17^2} \right) \cdot 68 \cdot 75}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \frac{8}{17} \quad \sin \beta = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{10249 - \frac{2 \cdot 36 \cdot 75 \cdot 4}{17}} \approx$$

3) $T \sin \beta = \frac{mu^2}{R}$ (т.к. в проекции на ось сог. полюсу с центром ~~шнур~~ окруж. дуги)

$$T = \frac{mu^2}{R \sin \beta}$$

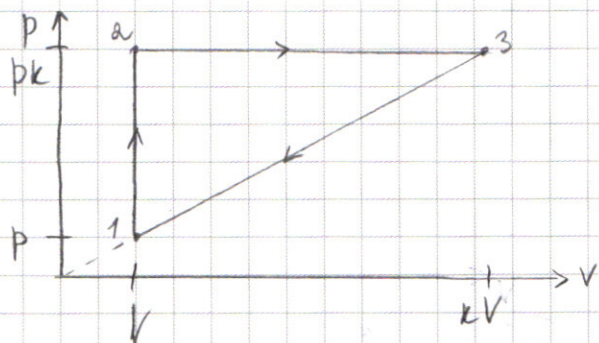
$$T = \frac{0,1 \cdot 0,75^2 \cdot 5}{1,9 \cdot 3} = \frac{0,5625 \cdot 5}{1,9 \cdot 3} \text{ (Н)}$$

Ответ: 1) $u = 75 \text{ см/с}$

$$2) u_{\text{отн}} = \sqrt{10249 - \frac{2 \cdot 36 \cdot 75 \cdot 4}{17}} \text{ см/с}$$

$$3) T = \frac{0,5625 \cdot 5}{1,9 \cdot 3} \text{ Н.}$$

Задача 2



1) $\frac{C_{23}}{C_{12}} = ?$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{T_3 - T_2}$$

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = p_2 V_3 - p_2 V_2 + \frac{3}{2} DR (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} DR (T_3 - T_2)$$

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

~~$C_{12} = \frac{Q_{12}}{T_2 - T_1}$~~ $C_{12} = \frac{Q_{12}}{T_2 - T_1}$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}^{\text{из}} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} DR (T_2 - T_1)$$

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

$$\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{5/2 DR}{3/2 DR} = \frac{5}{3}$$

2) Процесс 2-3 изобарный: $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = ?$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{3/2 DR (T_3 - T_2)}{p_2 V_3 - p_2 V_2} = \frac{3/2 DR (T_3 - T_2)}{DR (T_3 - T_2)} = \frac{3}{2}$$

3) пусть $\frac{V_3}{V_1} = k$, тогда $\frac{T_3}{T_2} = T_1 k^2$
 $T_2 = T_1 k$

$$A_{12} = DR T_3 - DR T_2 - \left(\frac{p_1 + p_3}{2} (V_3 - V_1) \right) = DR T_3 - DR T_2 - \left(\frac{DR T_3 + DR T_1}{2} \right) = \frac{DR T_3 - DR T_2 + DR T_1}{2}$$

$$Q_H = \frac{3}{2} DR (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} DR (T_3 - T_2)$$

$$\eta = \frac{A_{12}}{Q_H} = \frac{T_3 - T_2 + T_1}{2(5T_3 - 2T_2 - 3T_1)} = \frac{k^2 - k + 1}{10k^2 - 4k - 6}$$

$$\eta' = \frac{(2k-1)(10k^2-4k-6) - (k^2-k+1)(20k-4)}{(10k^2-4k-6)^2} = \frac{6k^2-32k+10}{(10k^2-4k-6)^2}$$

$$6k^2 - 32k + 10 = 0$$

$$k = \frac{11}{3}, \quad k = 2$$

$$\frac{1}{22} \leq \frac{11}{3} \rightarrow$$

$$\eta_{\max} = \eta(2) = \frac{4-2+1}{40-8-6} = \frac{3}{26}$$

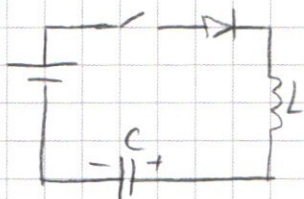
Ответы: 1) $\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{5}{3}$

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}$

3) $\eta_{\max} = \frac{3}{26}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4



- 1) В момент сразу после замыкания ключа диод будет открыт ($E - U_c = 4 \text{ В} > U_0$), т.е. падение напряжения на катушке

до того как изменилось напротн. на конденсаторе

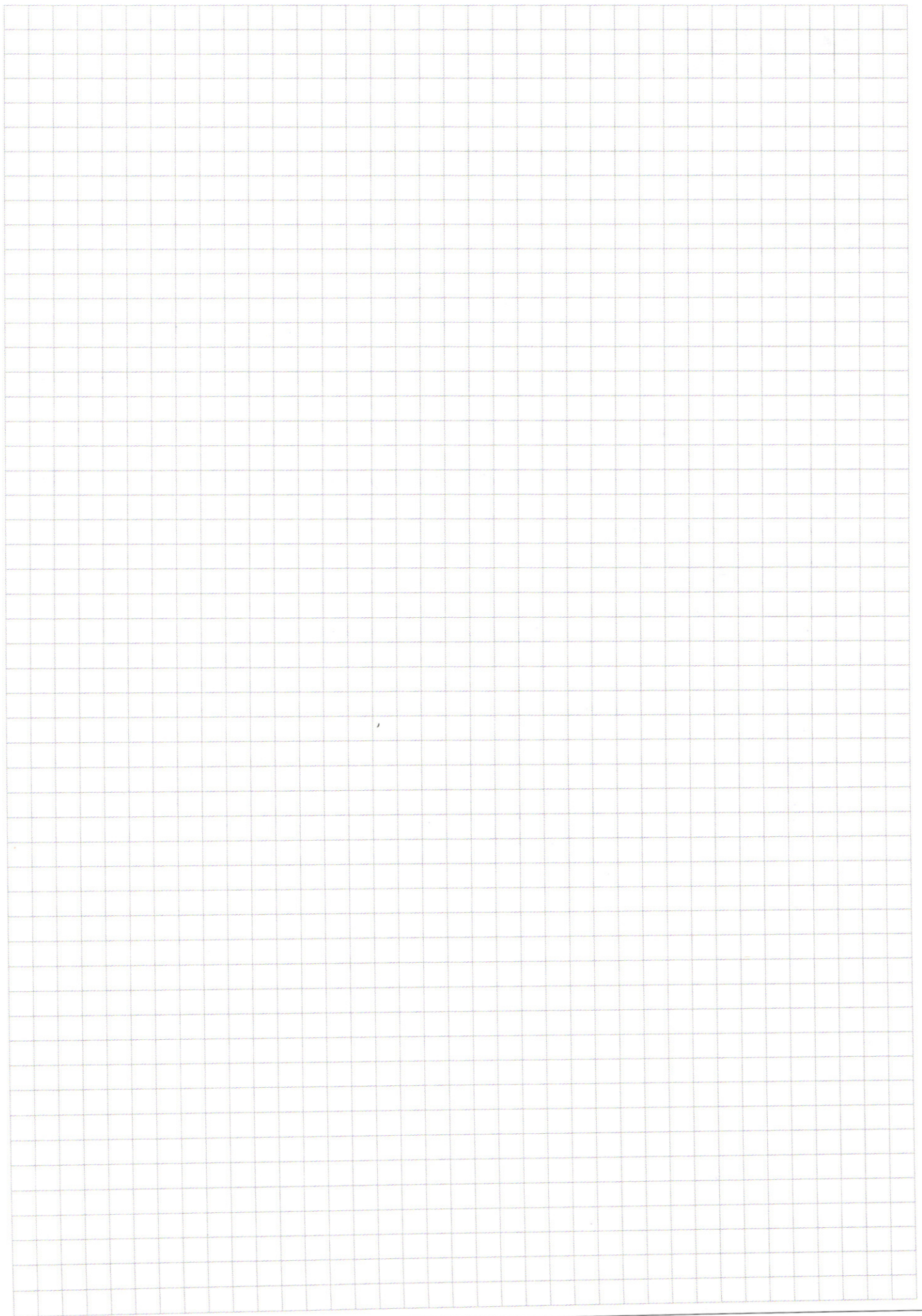
$$U_k = E - U_c - U_0 \quad U_k = 9 - 5 - 1 = 3 \text{ В}$$

$$\mathcal{E}_i = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\mathcal{E}_i}{L} = \frac{U_k}{L} - \text{скорость возр тока}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{3}{0,1} = 30 \left(\frac{\text{А}}{\text{с}} \right)$$

- 2) Максимальный ток ~~на ди~~ будет в момент перед тем как диод перестанет пропускать ток т.к. в этот момент будет макс. напряжение на катушке и конденсаторе, т.е.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) т.к. нить натянута проекц. скорость нити равна

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

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

2)

$$\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{u} - \vec{v}$$

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

$$\alpha = 180 - (180 - \alpha - \beta) = \alpha + \beta$$

3)

$$\frac{mg \sin \alpha}{R} = \frac{mv^2}{R}$$

$$525$$

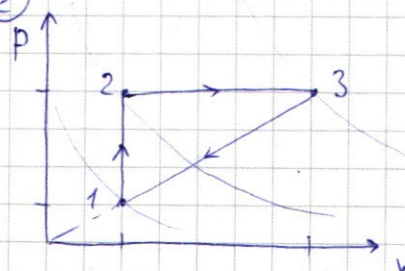
$$5625$$

$$mg \cos(90 - \alpha - \beta) = T \cos \beta$$

$$T = \frac{mg \sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$

3 N3
вакуум

2)



1) $\frac{C_{23}}{C_{12}} = ?$ $i = 3$

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

$$\frac{p_1}{p_3} = \frac{V_1}{V_3} \rightarrow p_1 V_3 = p_3 V_1 = p_2 V_2$$

3) $\eta = ?$

1) $C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}}$

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = p V_3 - p V_2 + \frac{3}{2} DR (T_3 - T_2) =$$

$$C_{12} = \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} DR (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} DR (T_3 - T_2)$$

$$\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{5/2 DR}{3/2 DR} = \frac{5}{3}$$

$$A = p_2 (V_3 - V_2) = \frac{(p_2 - p_1)(V_3 - V_2)}{2}$$

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{3/2 DR (T_3 - T_2)}{DR (T_3 - T_2)} = \frac{3}{2}$

$$= \frac{p_2 V_3 - p_2 V_2 - p_1 V_3 + p_1 V_2}{2} = \frac{1}{2} (p_2 V_3 - 2 p_1 V_3 + p_1 V_2)$$

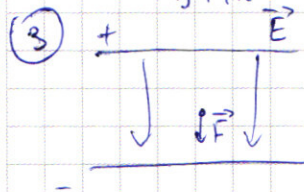
3) $\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{A_{23} - |A_{31}|}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{DR (T_3 - T_2) - DR (T_3 - T_1)}{\frac{3}{2} DR (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} DR (T_3 - T_2)} = \frac{2(T_1 - T_3)}{3(2T_2 - T_1 - T_3)}$

$$A = \frac{1}{2} (0RT_3 - 20RT_2 + 0RT_1) = DR \left(\frac{1}{2}T_3 - T_2 + T_1 \right)$$

$$Q_H = \frac{5}{2} DR (T_3 - T_2) + \frac{3}{2} DR (T_2 - T_1) \neq$$

$$\eta = \frac{T_3 - 2T_2 + T_1}{5T_3 - 5T_2 + 3T_2 - T_1} = \frac{T_3 - 2T_2 + T_1}{5T_3 - 2T_2 - T_1} = \frac{2(T_1 - T_2) + (T_3 - T_1)}{5(T_3 - T_2) + 3(T_2 - T_1)} = \frac{T_3 - T_1}{T_3}$$

$$= \frac{T \cdot k^2 - 2T \cdot k + T_1}{5T \cdot k^2 - 2T \cdot k - T_1} = \frac{k^2 - k + 1}{5k^2 - 2 - 1}$$



$$F = Eq = ma$$

$$a = \frac{Eq}{m} = E\gamma$$

$$S = 0,75d = \frac{v_1}{2} T \rightarrow a = \frac{1,5T}{T^2} = E\gamma$$

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

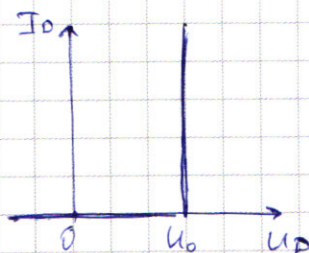
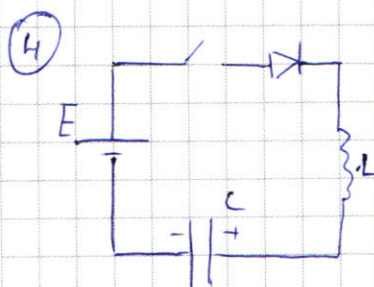
$$E = \frac{1,5d}{T^2\gamma}$$

2) Q = ?

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{E d}$$

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

3) $v_2 = v_1$ т.к. поле вне конденс. скомпенс.



В первый момент на катушку напря. не падает, и.

$$U_0 = E - U_c = 4 \text{ В} > U_0$$

и. через него течет ток

$$\epsilon_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_L}{L}$$

$$U_L = E - U_c - U_0 = 3 \text{ В}$$

$$T_1 = \frac{pV}{DR}$$

$$T_2 = \frac{k^2 pV}{DR}$$

$$\eta = 1 - \frac{1}{k^2}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{3}{0,1} = 30$$

$$U_c = \frac{CU_1 + \Delta I \cdot \Delta t}{C} = U_1 + \frac{\Delta I \Delta t}{C}$$

$$U_c = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$U_1 + \frac{\Delta I \cdot \Delta t}{C} + L \frac{\Delta I}{\Delta t} = E$$

$$\begin{array}{r} \times 75 \\ 36 \\ \hline 450 \\ 225 \\ \hline 2700 \\ 8 \text{ В} \\ \hline 21600 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta = \frac{A}{Q_{in}} =$$

$$A = A_{23} - A_{13} = \cancel{DRT_3} - \cancel{DRT_2} - (\cancel{DRT_3} - \cancel{DRT_1}) = \cancel{DRT_3} - \cancel{DRT_2} + \cancel{DRT_3} - \cancel{DRT_1} = DRT_1 - DRT_2$$

$$Q_{in} = \frac{3}{2} DR(T_2 - T_1) + \frac{5}{2} DR(T_3 - T_2)$$

$$\eta = \frac{2(T_1 - T_2)}{3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2} = \frac{2T_1 - 2T_2}{5T_3 - 2T_2 - 3T_1} = \frac{2 - 2k}{5k^2 - 2k - 3}$$

$$\eta' = \frac{-2(5k^2 - 2k - 3) - (2 - 2k)(5k - 2)}{(5k^2 - 2k - 3)^2} =$$

$$= \frac{-10k^2 + 4k + 6 - 10k + 4 + 10k^2 - 4k}{(5k^2 - 2k - 3)^2} = \frac{-10k^2 + 4k + 6 - 10k + 4 + 10k^2 - 4k}{(5k^2 - 2k - 3)^2} = \frac{-10k + 10}{(5k^2 - 2k - 3)^2} = \frac{-10(k - 1)}{(5k^2 - 2k - 3)^2}$$

$$k^2 - 1 = 0 \quad k = 1$$

$$A = DRT_3 - DRT_2 - (\cancel{DRT_1} - \cancel{DRT_3})$$

$$A_{13} = \frac{p_1 + p_3}{2} (V_3 - V_1) = \frac{p_1 V_3 - p_1 V_1 + p_3 V_3 - p_3 V_1}{2} = \frac{DRT_3 - DRT_1}{2}$$

$$A = \frac{2DRT_3 - DRT_2 - DRT_3 + DRT_1}{2} = \frac{DRT_3 - DRT_2 + DRT_1}{2}$$

$$\eta = \frac{k^2 - k + 1}{2(5k^2 - 2k - 3)} = \frac{k^2 - k + 1}{10k^2 - 4k - 6} \quad \eta = \frac{4 - 2 + 1}{40 - 16 - 6} = \frac{3}{18} = \frac{1}{6}$$

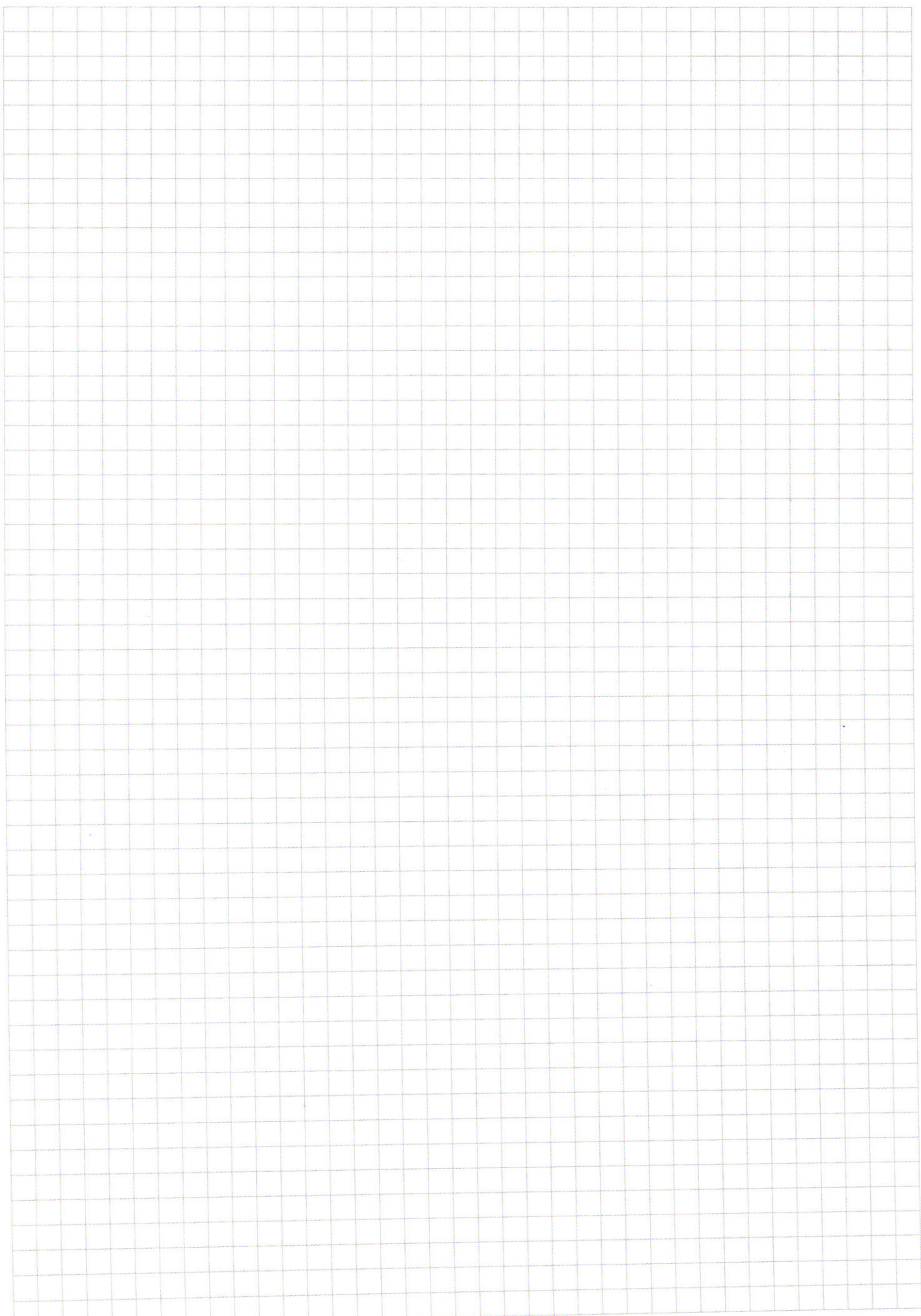
$$\eta' = \frac{(2k - 1)(10k^2 - 4k - 6) - (k^2 - k + 1)(20k - 4)}{(10k^2 - 4k - 6)^2} =$$

$$= \frac{20k^3 - 8k^2 - 12k - 10k^2 + 4k + 6 - 20k^3 + 4k^2 + 20k^2 - 4k - 20k + 4}{(10k^2 - 4k - 6)^2} =$$

$$= \frac{6k^2 - 32k + 10}{(10k^2 - 4k - 6)^2} = \frac{6k^2 - 32k + 10}{(10k^2 - 4k - 6)^2}$$

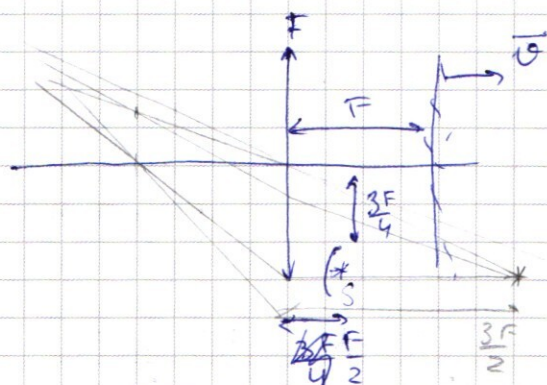
$$6k^2 - 32k + 10 = 0 \quad 3k^2 - 16k + 5 = 0$$

$$\frac{D}{T} = 64 - 60 = 4 \quad k = \frac{8 \pm 2}{3} = \left[\frac{11}{3}, \frac{5}{3} \right]$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5)



$$1) \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f_1} = \frac{d_1 - F}{d_1 F}$$

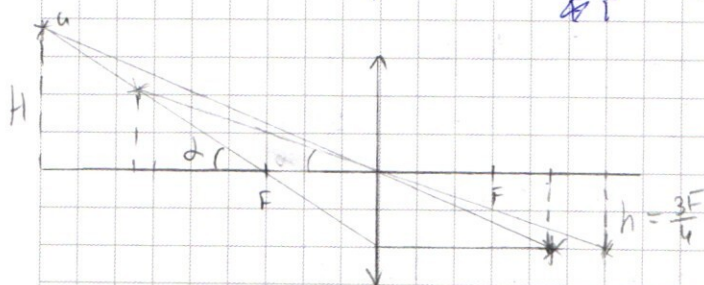
$$f_1 = \frac{d_1 F}{d_1 - F} = \frac{\frac{3}{2} F \cdot F}{\frac{3}{2} F - F} = \frac{\frac{3}{2} F}{\frac{1}{2}} = 3F$$

2) За время Δt зеркало сдв. на
изображение в. имеет $u = 2v$ вправо
пусть за время Δt изобр. сдвиг. на $2v\Delta t$

$$f_2 = \frac{(d_1 + 2v\Delta t)F}{d_1 + 2v\Delta t - F} = \frac{\frac{3}{2}F^2 + 2v\Delta t F}{\frac{1}{2}F - 2v\Delta t}$$

$$\Delta f = 3F - \frac{\frac{3}{2}F^2 + 2v\Delta t F}{\frac{1}{2}F - 2v\Delta t} = \frac{4vF\Delta t + 2v\Delta t F}{\frac{1}{2}F - 2v\Delta t}$$

мин. скорости Γ^2 (вдоль оси)



$$\tan \alpha = \frac{H}{f_1 - F} = \frac{3F}{2 \cdot 2F} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{h}{H} = \frac{f_1}{f_1 - F}$$

$$H = \frac{3F \cdot 3F \cdot 2}{2 \cdot 4 \cdot 3F} = \frac{3}{2}F$$

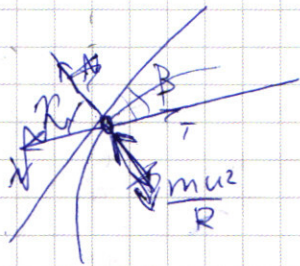
$$\tan \alpha = \frac{H}{f_1 - F} = \frac{3F}{2 \cdot 3F} = \frac{1}{2}$$

$$3) \Gamma = \frac{f_1}{d_1} = \frac{3F}{3F} = 2$$

$$\text{гориз. } u = \Gamma^2 \cdot 2v = 8v$$

$$\text{верт. } u' = \Gamma \cdot 2v = 4v$$

$$u_0 = \sqrt{64v^2 + 16v^2} = v\sqrt{80} = 4v\sqrt{5}$$



$$\frac{mu^2}{R} + mg \cos(\alpha + \beta) + T \sin \beta = N \cos \gamma$$

$$T \cos \beta = mg \sin(\alpha + \beta) + N \sin \gamma$$

$$\frac{mu^2}{R} + T \sin \beta = N \cos \gamma$$

$$T \cos \beta = N \sin \gamma$$

$$\frac{mu^2}{R} = T \sin \beta + N \cos \gamma$$

$$T \cos \beta = N \sin \gamma$$

$$\frac{T_2}{T_1} = k$$

$$T_2 = T_1 k$$

$$T_2 = T_1 k$$

$$A = S = \frac{(pk - p)(vk - v)}{2} = \frac{pV(k-1)^2}{2}$$

$\eta =$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} DR (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (pkV - pV) = \frac{3}{2} pV (k-1)$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} DR (T_3 - T_2) + kpV - kpV = \frac{3}{2} (k^2 pV - kpV) + k^2 pV - kpV = \frac{5}{2} kpV (k-1)$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} DR (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} pV (k-1)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} DR (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} (k^2 pV - kpV) = \frac{5}{2} pV k (k-1)$$

~~$k^2 = \frac{3}{2}$~~

$$A = pV(k-1) - \frac{p + pk}{2} (vk - v) =$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} (pV - \frac{3}{2} k^2 pV) - \frac{p + kp}{2} (vk - v) = pV(k-1) \left(1 - \frac{1+k}{2}\right)$$

$$= \frac{3}{2} pV (1 - k^2) - \frac{pV}{2} (k^2 - 1) = \frac{1 - \frac{1+k}{2}}{\frac{3}{2} + \frac{5}{2}k} = \frac{1 - \frac{1+k}{2}}{k^2} = \frac{1 - k^2 + 5k + 3}{k^2} = \frac{4 - k^2 + 5k}{k^2}$$

$$k^2 - k^3 = 3 + 5k$$

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

$$Q_{31} = \frac{5}{2} DR (T_3 - T_1) = \frac{5}{2} (pV k^2 - pV) = \frac{5}{2} pV (k^2 - 1)$$

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

$$k = -1$$

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

$$k-1 = 3 + 5k - 4k - 4$$

$$kpV(k-1) - \frac{p(1+k)}{2} V(k-1) =$$

$$= \frac{pV(k-1)^2}{2}$$

$$2k - k - 1 = k - 1$$