

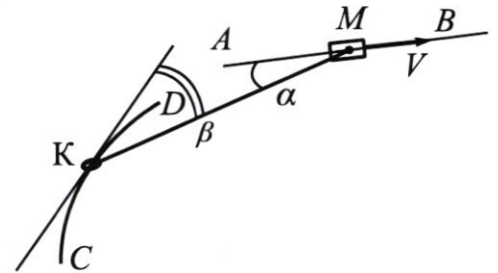
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

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.



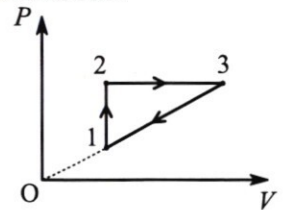
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

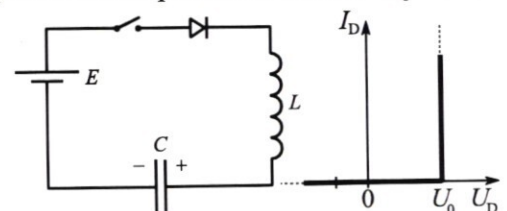
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

5. Дано:

$$F, r = \frac{3F}{4}$$

$$d' = \frac{F}{2}$$

$$L = F$$

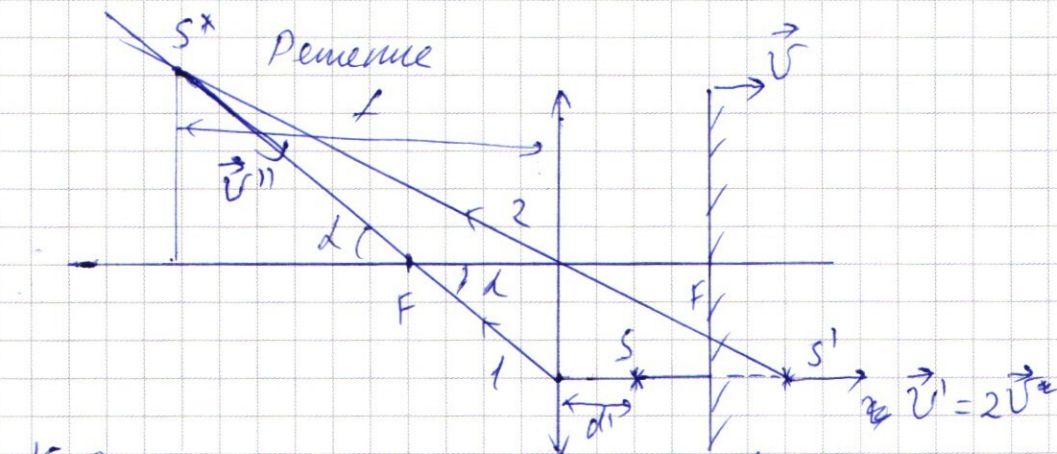
v

Найти:

f - ?

d - ?

v' - ?



1) По формуле тонкой линзы найдем f

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

TOO - главная опт. ось

изобр. источника в зеркале - S' будет находиться на расст. $\frac{3F}{2}$ от TOO линзы, тогда

$$(\text{т.к. } d = 2(F - d') + d' = 3d' = \frac{3F}{2});$$

из формулы тонкой линзы найдем f :

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{dF}{d - F} = 3F;$$

2) изображение S^* строится по 2 лучам: при движении

источника S' параллельно TOO, луч 1 (на рисунке) смещаться не

будет, а смещаться будет луч 2, т.е. изображение всегда будет на луче 1, т.е. направление $\vec{v}'$ будет по лучу 1. Луч 1 проходит

через линзу на расст. $\frac{3F}{4}$ от ее центра и также через фокус, откуда $\tan \alpha = \frac{3}{4}$;

3) источник S' движется параллельно TOO $\Rightarrow v' = \Gamma^2 v$; $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{3F}{1.5F} = 2$;

$v' = 2v$ (т.к. λ зеркало движется, да еще и отделяется от источника, т.е. S' отделяется от самого зеркала со скоростью v), тогда

$$U'' = 4 \cdot 2V = 8V; \quad \text{Ответ: 1) } 3F$$

$$2) \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$$

$$3) 8V;$$

4. Дано:

Решение.

$$\mathcal{E} = 9V.$$

1) В нач. поле замыка ключа:

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

2 Закон Кирхгофа:

$$U_1 = 5V$$

$$\mathcal{E} = U_0 + U_L + U_C \Rightarrow U_L = \mathcal{E} - U_C - U_0 =$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$= \mathcal{E} - U_1 - U_0 = 3V;$$

$$U_0 = 1V$$

$$\cancel{U_L = 2 \cdot L \cdot I'} \quad U_L = L I' \Rightarrow$$

Найти:

$$\Rightarrow I' = \frac{U_L}{L} = \frac{3V}{0,1 \text{ Гн}} = 30 \frac{A}{c};$$

I' поле замык. -?

$$2) \text{ при } I = I_{\max} \quad I' = 0 \Rightarrow U_L = L I' = 0 \Rightarrow$$

$I_{\max}$ -?

$$\Rightarrow \mathcal{E} - U_C - U_0 = U_L = 0 \Rightarrow U_C = U_2 = \mathcal{E} - U_0 = 8V;$$

$U_{\text{сер}} - ?$

$$q_1 = U_1 C; \quad q_2 = U_2 \cdot C;$$

ЗСЭ:

$$A_{\text{ист}} + \frac{U_1^2}{2} = \frac{U_2^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2} \quad | \cdot 2$$

$$2 \mathcal{E} \Delta q + C U_1^2 = C U_2^2 + L I_{\max}^2; \quad \Delta q = q_2 - q_1 = C(U_2 - U_1)$$

$$2 \mathcal{E}^2 \max = 2 \mathcal{E} C (U_2 - U_1) + C U_1^2 - C U_2^2$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C(2 \mathcal{E}(U_2 - U_1) + U_1^2 - U_2^2)}{L}};$$

$$I_{\max} = \sqrt{400 \cdot 10^{-6} (54 + 25 - 64)} = 0,02 \cdot \sqrt{15} \approx 0,078 A;$$

3. Дюгиде допускает колебаний, отсюда $I_{\text{уставив}} = 0 \Rightarrow W_{\text{капчик}} = 0;$

ЗСЭ:

$$A_{\text{ист}} + \frac{U_1^2}{2} = \frac{U_2^2}{2} \quad | \cdot 2; \quad A_{\text{ист}} = C \mathcal{E} (U_3 - U_1)$$

$$2 C \mathcal{E} (U_3 - U_1) + U_1^2 = U_3^2$$

$$U_3^2 - 18 U_3 + 65 = 0 \quad - \text{кварр. уравн. относ. } U_3 \text{ после подстановки чисел.}$$

$$D = 64; \quad U_3 = 5V; \quad 13V. \quad 5 \text{ Вольт не эвл. ответом т.к. тут источник.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

источник заряжает конденсатор, т.е. U_3 обязательно больше чем U_1 ,
т.е. $U_3 > 5B$; Ответ: 1) $30 \frac{A}{C}$

2) $0,078 A$

3) $13 B$.

3. Дано:

$S, d, v=0,25d$

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

T

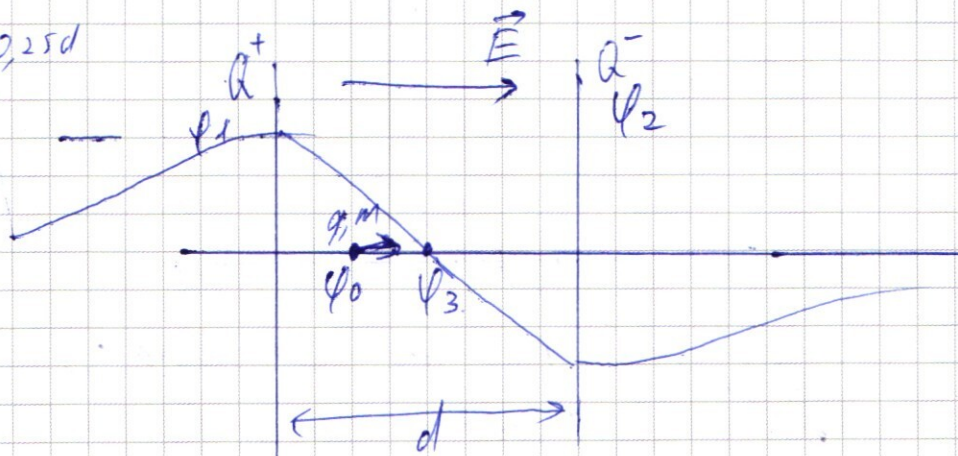
Найти:

$V_1 - ?$

$Q - ?$

$V_2 - ?$

Решение.



на рисунке на кривой показано распределение потенциалов. $\psi_3 = 0$; $E = \frac{2Q}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$

$$\psi_1 - \psi_2 = Ed, \psi_3 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \psi_1 - \psi_3 = \frac{Ed}{2} \Rightarrow \psi_1 = \frac{Ed}{2}; \psi_2 = -\frac{Ed}{2}$$

2.3.4:

$$F = ma;$$

$$qE = ma \Rightarrow a = \frac{qE}{m} = jE; 0,75d = \frac{aT^2}{2} = j \frac{ET^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1,5d = jET^2 \Rightarrow E = \frac{1,5d}{jT^2} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow Q = \frac{1,5d\epsilon_0 S}{jT^2}$$

1) 3.17:

$$\frac{mV_1^2}{2} = qE \cdot 0,75d \Rightarrow V_1 = \sqrt{1,5jEd} = \sqrt{j \cdot 0,178 \cdot \frac{1,5d \cdot d}{jT^2}} =$$

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

3) $E_{ном} = q\varphi_0 = \frac{m V_2^2}{2}$; $\varphi_0 = \frac{\varphi_1}{2} = \frac{Ed}{4}$ (внутри конденсатора потенциал равномерно убывает.)

$$\frac{qEd}{4} = \frac{m V_2^2}{2} \cdot 4$$

$$qEd = 2m V_2^2$$

$$V_2^2 = \frac{qEd}{2m} = \frac{jEd}{2}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{jEd}{2}} = \sqrt{j \cdot \frac{1,5d}{T^2} \cdot \frac{d}{2}} = \sqrt{\frac{j}{2}} \cdot \frac{\sqrt{3}d}{2T}$$

Ответ: 1) $\frac{1,5d}{T}$; 2) $\frac{1,5d \epsilon_0 S}{j T^2}$; 3) $\frac{\sqrt{3}d}{2T}$

1. Дано:

Решение:

$$V = 0,68 \text{ м/с}$$

$$m = 91 \text{ мк}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

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

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

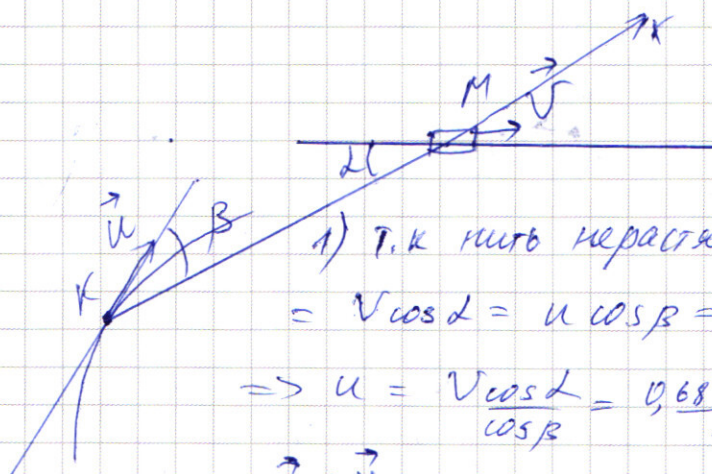
$$\cos \beta = \frac{4}{5}$$

Найти:

u - ?

$u_{ном}$ - ?

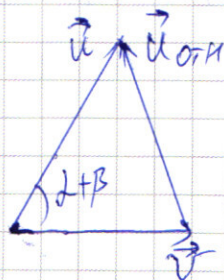
T - ?



1) Т.к. нить нерастяжима, $\vec{V}_x = \vec{u}_x \Rightarrow$
 $= V \cos \alpha = u \cos \beta \Rightarrow$

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

2)



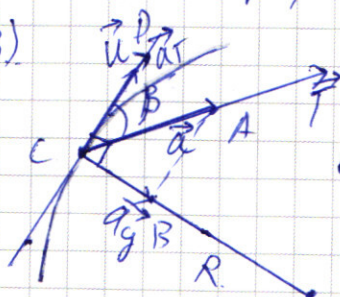
$$\sin \alpha = \frac{8}{17}; \sin \beta = \frac{3}{5};$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{15 \cdot 4}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 3}{17 \cdot 5} = \frac{36}{85};$$

из Т.к. касательной: $u_{ном}^2 = V^2 + u^2 - 2uV \cos(\alpha + \beta)$

$$u_{ном} = \sqrt{0,75^2 + 0,68^2 - 2 \cdot 0,68 \cdot 0,75 \cdot \frac{36}{85}} = \sqrt{0,5929} = 0,77 \text{ м/с}$$

3)



$\vec{T} = m\vec{a}$; $\vec{a} = \vec{a}_y + \vec{a}_T$; Т.к. угол между касательной и радиусом = 90° , ABCD - прямоугольник, и

тогда $a = a_y \cdot \cot \beta$; $\cot \beta = \frac{4}{3}$; $a_y = \frac{u^2}{R} \Rightarrow$
 $\Rightarrow a = \frac{4}{3} \frac{u^2}{R}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

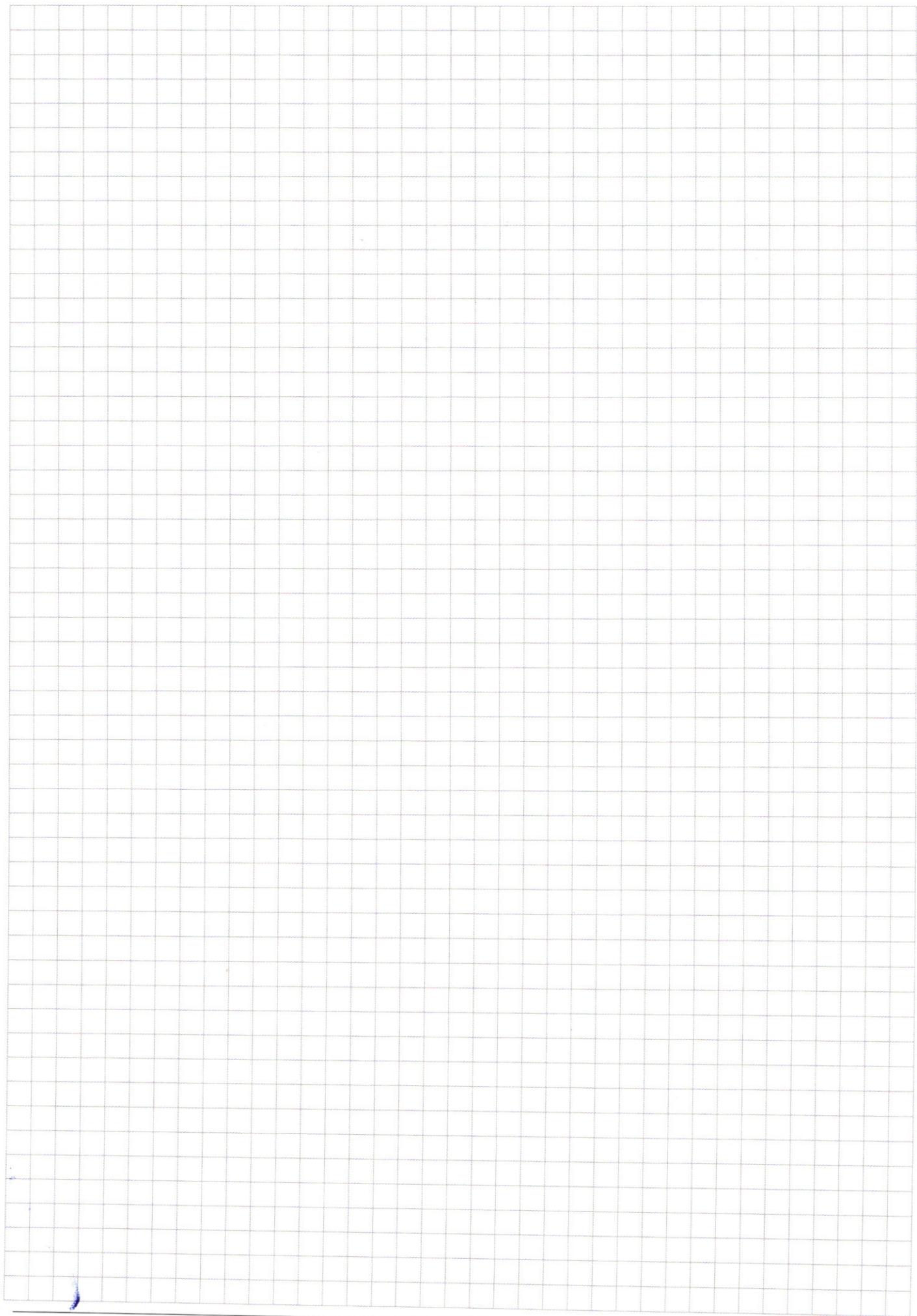
3. $a = \frac{4u^2}{3R} = \frac{4 \cdot 0,25^2}{3 \cdot 1,9} = \frac{4 \cdot 0,0625}{5,7} \approx 0,4395 \text{ м/с}^2$

$F = ma = 0,1 \cdot 0,4395 \approx 0,04 \text{ Н}$

Ответ: 1) 0,75 м/с

2) 0,74 м/с

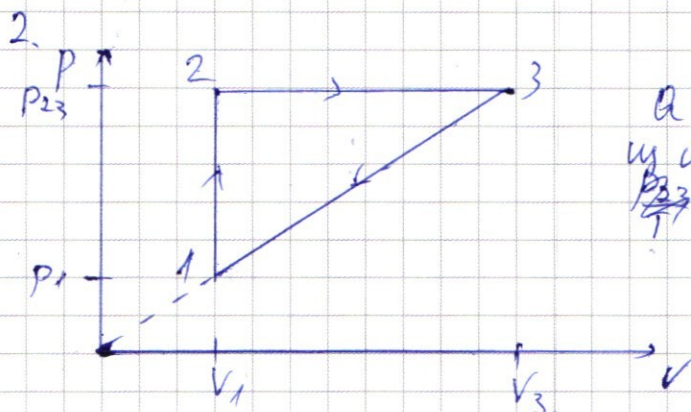
3) 0,04 Н



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) процесс 1-2 изохорный,

$$Q = \Delta U, A_2 = 0; Q = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1);$$

из уб-в. изохорного процесса

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_1}{T_1}; P_2 > P_1 \Rightarrow T_2 > T_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{12} > 0; \text{ и } C = \frac{3}{2} R.$$

процесс 2-3 изобарный, $Q = \Delta U + A_2$, где $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$, и

$$A_2 = (V_3 - V_2) P_{23}; V_3 = \frac{\nu R T_3}{P_3}; V_2 = \frac{\nu R T_2}{P_2}; P_2 = P_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_2 = \frac{\nu R (T_3 - T_2) P_{23}}{P_{23}} = \nu R (T_3 - T_2);$$

из уб-в изохорного процесса $\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2}; V_3 > V_2 \Rightarrow T_3 > T_2 \Rightarrow$

$$\text{и } Q_{23} > 0 \text{ и } Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C = \frac{5}{2} R;$$

процесс 3-1: $Q = \Delta U + A_2; \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3);$

$$A_2 = \frac{P_1 + P_3}{2} (V_1 - V_3) = \frac{P_3 V_1 - P_3 V_3 + P_1 V_1 - P_1 V_3}{2};$$

т.к. $P \propto V, P_3 V_1 = P_1 V_3 \Rightarrow$

$$A_2 = \frac{P_1 V_1 - P_3 V_3}{2} = \frac{\nu R (T_1 - T_3)}{2};$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_3 V_3}{T_3}; P_3 = k P_1; P_2 \neq k$$

$$V_3 = k V_1, \text{ где } k > 1 \Rightarrow T_3 > T_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{3-1} = 2 \nu R (T_1 - T_3) < 0; \text{ тогда}$$

$$k = \frac{C_{2-3}}{C_{1-2}} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3};$$

$$2) \quad Q_{2-3} = \underbrace{\frac{3}{2} VR(T_3 - T_2)}_{\Delta U_{23}} + \underbrace{VR(T_3 - T_2)}_{A_{23}} \Rightarrow h = \frac{Q_{23}}{A_{23}} =$$

$$= \frac{\frac{5}{2} VR(T_3 - T_2)}{VR(T_3 - T_2)} = \frac{5}{2};$$

3) Так процесс 3-1 таков, что $P \propto V$, т.е. $P_{23} = k P_1$;
 $V_3 = k V_{12} \Rightarrow T_2 = k T_1$; $T_3 = k T_2 = k^2 T_1$;

$$\eta_g = \frac{A_g}{Q^+}; \quad A_g = A_{23} + A_{31} = VR(T_3 - T_2) + \frac{VR(T_1 - T_3)}{2} =$$

$$= \frac{VR(T_3 + T_1 - 2T_2)}{2};$$

$$Q^+ = Q_{1-3} + Q_{2-3} = \frac{3}{2} VR(T_2 - T_1) + \frac{5}{2} VR(T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{VR}{2} (5T_3 - 3T_1 - 2T_2);$$

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

$$= \frac{k^2 - 2k + 1}{5k^2 - 2k - 3}; \quad \text{при } \eta = \eta_{\max} \left(\frac{k^2 - 2k + 1}{5k^2 - 2k - 3} \right)' = 0;$$

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

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

$$= \frac{8(k-1)^2}{(5k^2 - 2k - 3)^2} = 0 \Rightarrow k = 1 - \text{но так в процессе быть не может, и тогда } \eta = 0; \text{ найдем тогда предел для } k \rightarrow \infty:$$

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{8(k-1)^2}{(5(k-1)(k+3))^2} = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{8(k-1)}{5(k+3)}$$

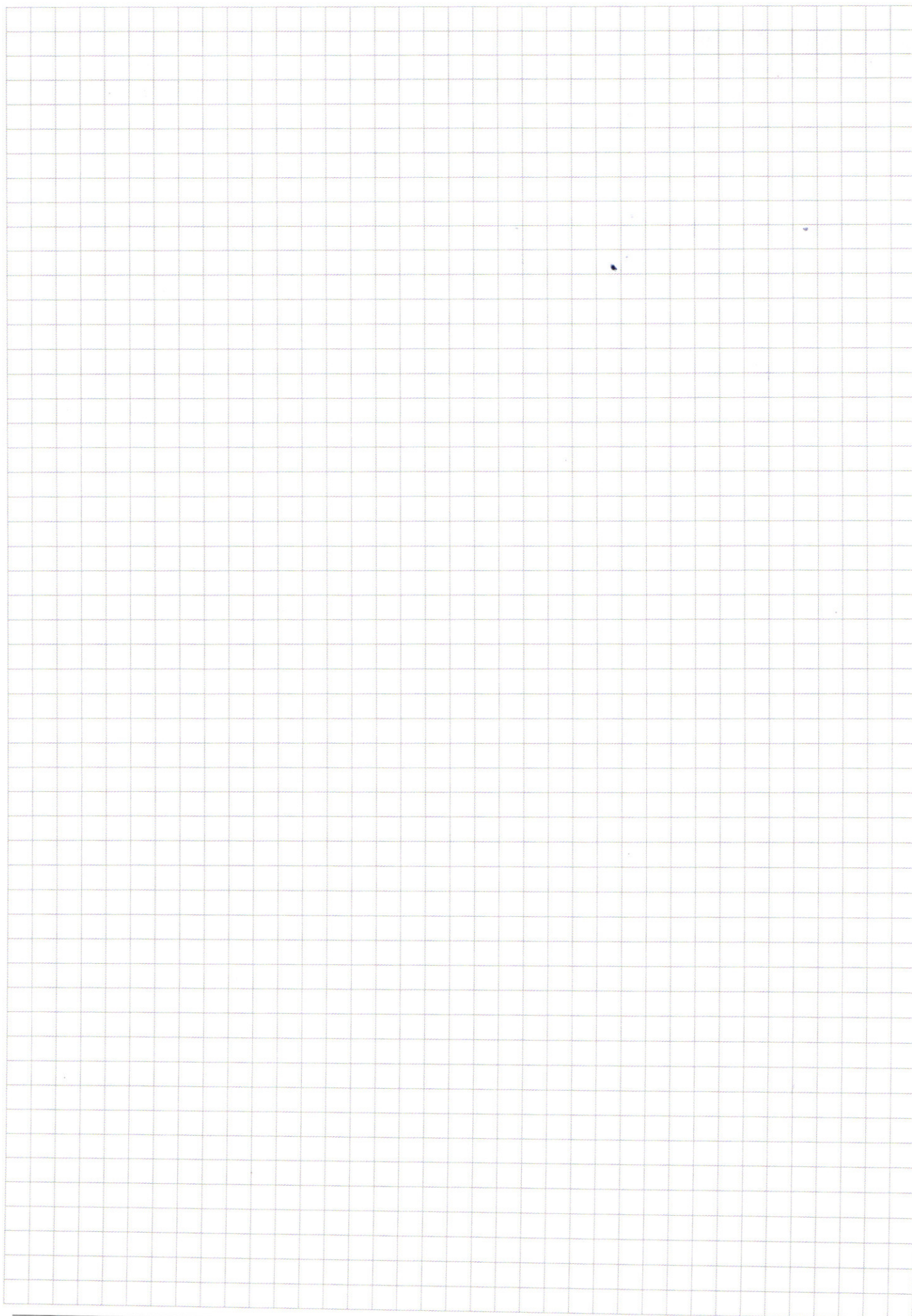
$$= \lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{k^2 - 2k + 1}{5k^2 - 2k - 3} \right) = \frac{\frac{k^2}{k^2} - \frac{2k}{k^2} + \frac{1}{k^2}}{\frac{5k^2}{k^2} - \frac{2k}{k^2} - \frac{3}{k^2}} = \frac{1}{5};$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. Ответ: 1). $k = \frac{c_{2-3}}{c_{1-2}} = \frac{5}{3};$

2) $n = \frac{A_{2-3}}{A_{2-3}} = 2,5;$

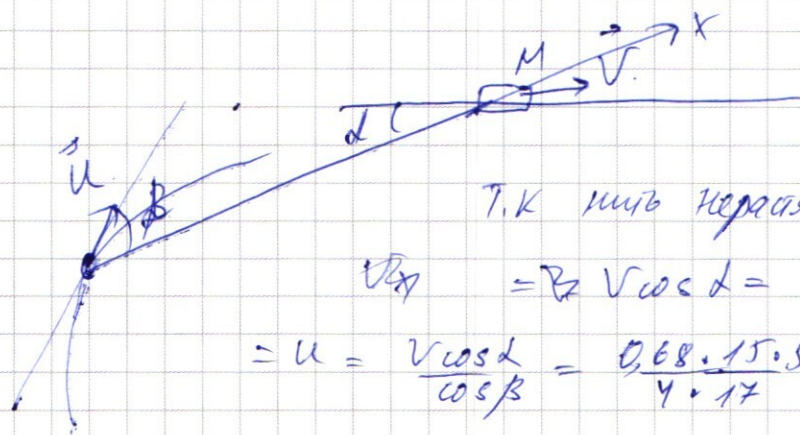
3) $\eta_{\max} = \frac{1}{5};$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Т.к. направление горизонтально, $V_x = u_x \Rightarrow$

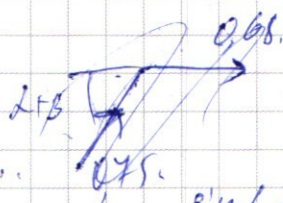
$$V \cos \beta = u \cos \alpha \Rightarrow$$

$$u = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{0,68 \cdot 15,5}{4,17} = \frac{0,68 \cdot 45}{4,17} = 0,68$$

$$= \frac{0,68 \cdot 45}{68} = 0,45 \text{ м/с.}$$

$$\begin{array}{r} 2,12 \\ 12 \\ 119 \\ 12 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 289 \\ 225 \\ \hline 64 \end{array}$$



$$\sin \alpha = \frac{4}{17}; \quad \sin \beta = \frac{3}{5};$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{4}{17} \cdot \frac{3}{5} =$$

$$= \frac{60 - 24}{85} = \frac{36}{85} \quad \text{по правилу косинусов}$$

$$45^2 = 2025$$

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

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{0,45^2 + 0,68^2 - 2 \cdot 0,68 \cdot 0,45 \cdot \frac{36}{85}} = \sqrt{0,5625 + 0,4624 - 1,36 \cdot 0,45 \cdot \frac{36}{85}} =$$

$$\begin{array}{r} \times 68 \\ 68 \\ \hline 544 \\ 408 \\ \hline 4624 \end{array}$$

$$= \sqrt{0,5625 + 0,4624 - 1,36 \cdot 0,45 \cdot \frac{36}{85}} =$$

$$= \sqrt{1,0249 - 1,36 \cdot 0,15 \cdot \frac{36}{17}} =$$

$$\begin{array}{r} 136 \overline{) 1360} \quad 20 \\ \underline{120} \quad 68 \\ 16 \end{array}$$

$$= \sqrt{1,0249 - 0,204 \cdot \frac{36}{17}} = \sqrt{1,0249 - 0,432} = \sqrt{0,5929} = 0,77 \text{ м/с}$$

$$\begin{array}{r} \times 68 \\ 68 \\ \hline 5625 \\ + 4624 \\ \hline 10249 \\ \times 68 \\ \hline 204 \end{array}$$

$$V = \sqrt{j E d} = \sqrt{j \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot d} = \sqrt{\frac{\pi \cdot 1,5d \cdot 808}{\epsilon_0 S \cdot \pi T^2} \cdot d} =$$

$$= \frac{1,5d}{T} \sqrt{\epsilon_0 S}$$

$$3) \varphi_3 = 0; \varphi_1 - \varphi_2 = Ed; \Rightarrow \text{т.к. } \varphi_1 - \varphi_3 = \frac{Ed}{2}; \Rightarrow \varphi_1 = \frac{Ed}{2};$$

$$\varphi_2 = -\frac{Ed}{2}$$

из 3C2:

$$q\varphi_1 = \frac{m V_2^2}{2} \quad \text{т.к. } V_2 - \text{ скорость в декартовой системе отсчета} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m V_2^2 = 2q\varphi_1$$

$$V_2^2 = 2j\varphi_1$$

$$V_2 = \sqrt{2j\varphi_1} = \sqrt{2j \cdot \frac{Ed}{2}} = \sqrt{jEd}$$

$$V_2 = \sqrt{2j\varphi_1} = \sqrt{jEd} = \sqrt{j \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S} d} =$$

$$= \sqrt{\frac{\pi \cdot 1,5d \cdot 808}{\pi T^2 \cdot \epsilon_0 S} d} = \frac{d}{T} \sqrt{1,5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$A_y = VR(T_3 - T_2) + \frac{VR(T_1 - T_3)}{2} = VR T_3 - VR T_2 + \frac{VR T_1}{2} - \frac{VR T_3}{2} =$$

$$= \frac{VR T_3}{2} + \frac{VR T_1}{2} - VR T_2 = VR \left(\frac{T_3 + T_1}{2} - T_2 \right)$$

$$Q^+ = Q_{1-3} + Q_{2-3} = \frac{5VR(T_3 - T_2)}{2} - \frac{3VR(T_2 - T_1)}{2} + \frac{5VR(T_3 - T_2)}{2} =$$

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

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

$$\eta = \frac{\frac{VR}{2} (T_3 + T_1 - 2T_2)}{\frac{VR}{2} (5T_3 - 3T_1 - 2T_2)} = \frac{T_3 + T_1 - 2T_2}{5T_3 - 3T_1 - 2T_2} = \eta_2$$

$$T_2 = kT_1, \quad T_3 = k^2 T_1 \Rightarrow \eta = \frac{k^2 T_1 + T_1 - 2kT_1}{5k^2 T_1 - 3T_1 - 2kT_1} = \frac{k^2 + 1 - 2k}{5k^2 - 3 - 2k}$$

$$\text{при } \eta = \max \left(\frac{k^2 + 1 - 2k}{5k^2 - 3 - 2k} \right)' = 0,$$

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

$$\Rightarrow (2k - 2)(5k^2 - 3 - 2k) - (k^2 - 2k + 1)(10k - 2) = 0$$

$$10k^3 - 6k^2 - 4k^2 - 10k^2 + 6 + 4k - 10k^3 + 2k^2 + 20k^2 - 4k - 10k + 2 = 0$$

$$-14k^2 + 22k^2 - 2k - 14k + 8 = 0$$

$$8k^2 - 16k + 8 = 0$$

$$k^2 - 2k + 1 = 0$$

$$k = 1$$

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{k^2 T_1} = 1 - \frac{1}{k^2}$$

3(2):

$$A_{\text{ист}} + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_2^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} \quad | \cdot 2$$

$$2A_{\text{ист}} + CU_1^2 = CU_2^2 + LI_{\text{max}}^2$$

$$54 + 25 = 79$$

$$\begin{array}{r} 79 \\ - 64 \\ \hline 15 \end{array}$$

$$A_{\text{ист}} = EQ = E \cdot C(U_2 - U_1)$$

$$2EC(U_2 - U_1) + CU_1^2 = CU_2^2 + LI_{\text{max}}^2$$

$$LI_{\text{max}}^2 = 2EC(U_2 - U_1) + CU_1^2 - CU_2^2$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2EC(U_2 - U_1) + CU_1^2 - CU_2^2}{L}}$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9 \cdot 40 \cdot 10^{-6} (8 - 5) + 40 \cdot 10^{-6} \cdot 5^2 - 40 \cdot 10^{-6} \cdot 64}{0,1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6} (54 + 25 - 64)}{0,1}} = \sqrt{400 \cdot 10^{-6} \cdot 15} = 20 \cdot 10^{-3} \sqrt{15} =$$

$$= 0,02 \cdot \sqrt{15} \approx 0,078 \text{ A}$$

3. Дiod не поддерживает колебаний, поэтому $I_{\text{ист}} = 0$

3(7):

$$A_{\text{ист}} + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_3^2}{2} \quad | \cdot 2$$

$$\begin{array}{r} 18^2 \\ 9 + 4 = 13B \end{array}$$

$$2A_{\text{ист}} + CU_1^2 = CU_3^2$$

$$2EC(U_3 - U_1) + CU_1^2 = CU_3^2$$

$$2EU_3 - 2EU_1 + U_1^2 = U_3^2$$

$$U_3^2 - 4 - \frac{2EU_3}{C} + \frac{2EU_1 - U_1^2}{C} = 0 \quad \text{— квадрат. уравн. относ. } U_3$$

$$D = 4E^2 - 4 \cdot (2EU_1 - U_1^2)$$

$$U_3^2 - 18U_3 + 18 \cdot 5 - 25 = 0$$

$$U_3^2 - 18U_3 + 65 = 0$$

$$D = 18^2 - 4 \cdot 65 = 324 - 260 = 64$$

$$U_3 = \frac{18 \pm 8}{2} = 5B; \quad 13B$$

5 не удовлет. т.к источник конденсатор заряжен, т.е U_3 будет больше U_1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. Процесс 1-2 изохорный (из уса), по-его уравнение термодинамики:

$$Q = \Delta U, A_2 = 0; Q = \Delta U = \frac{3}{2} VR \Delta T, \text{ где } \Delta T > 0 \text{ и } C = \frac{3}{2} R$$

2-3 изобарный (из уса), его уравнение $Q = \Delta U + A_2$, где

$$\Delta U = \frac{3}{2} VR \Delta T, A_2 = (V_3 - V_2) p_{23}; \text{ из ур-ва сос.}$$

$$V_3 = \frac{VRT_3}{p_3}; V_2 = \frac{VRT_2}{p_2}; p_2 = p_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_2 = \frac{VR(T_3 - T_2) \cdot p_{23}}{p_{23}} = VR \Delta T \Rightarrow Q = \frac{5}{2} VR \Delta T, \text{ где } C = \frac{5}{2} R$$

в процессе 3-1 $\Delta T < 0$, так что он в 1-м уравнении не учитывается.

$$\text{Тогда } k = \frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3} - \text{Ответ на 1 пункт.}$$

$$2) Q = \underbrace{\frac{3}{2} VR \Delta T}_{\Delta U} + \underbrace{VR \Delta T}_{A_2} \Rightarrow \eta = \frac{Q_{2-3}}{A_2} = \frac{\frac{5}{2} VR \Delta T}{VR \Delta T} = 2,5.$$

рассм. процесс 3-1.

$$Q = \Delta U + A_2; \Delta U = \frac{3}{2} VR(T_3 - T_1) (T_1 - T_3)$$

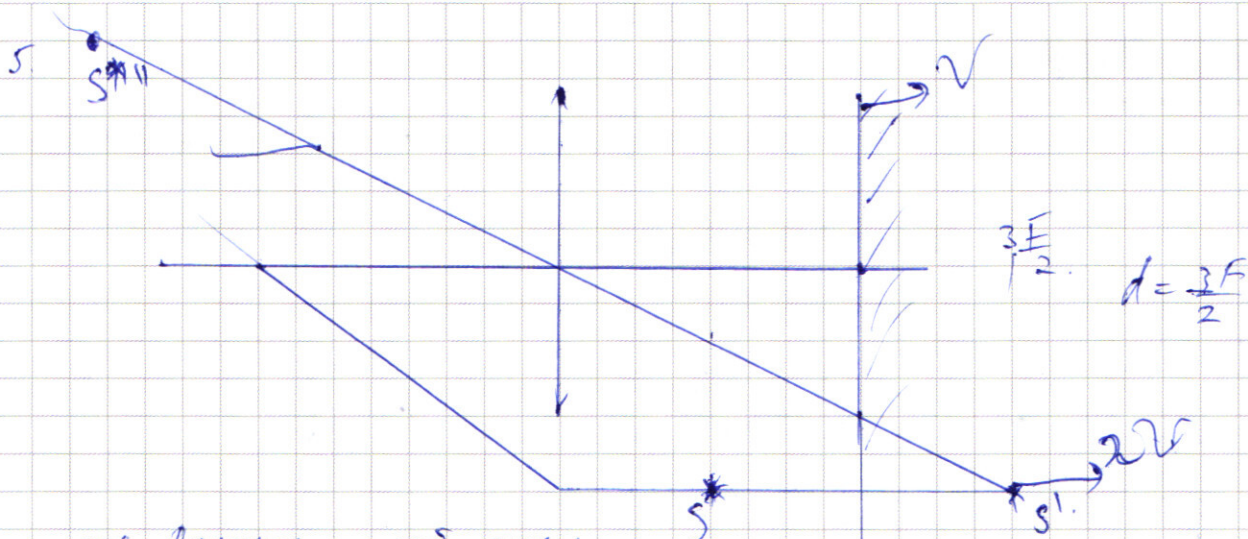
$$A_2 = \left(\frac{p_3 + p_1}{2} \right) (V_3 - V_1) (V_1 - V_3) = \frac{p_3 V_1 - p_3 V_3 + p_1 V_1 - p_1 V_3}{2}$$

(т.к. тут $p_2 = p_1$ прямо из условия $V, p_3 V_1 = p_1 V_3$) $\Rightarrow$

$$A_2 = \frac{p_1 V_1 - p_3 V_3}{2} = \frac{VRT_1 - VRT_3}{2} =$$

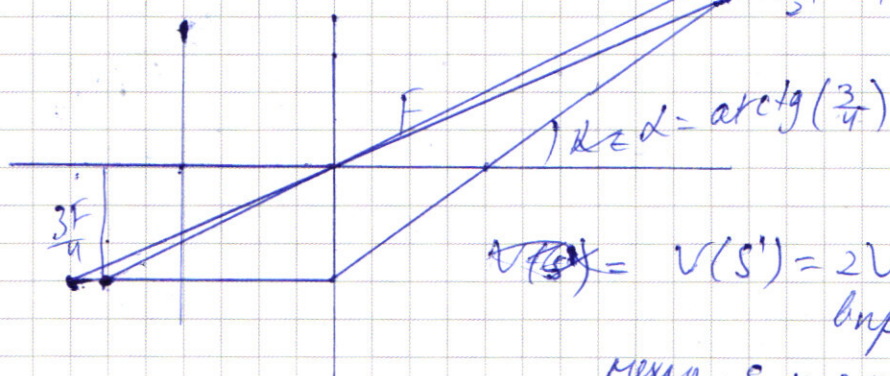
$$Q = \frac{3}{2} VR(T_1 - T_3) + \frac{VR(T_1 - T_3)}{2} = 2VR(T_1 - T_3) \Rightarrow C = 2R.$$

$$\eta_{\text{цикла}} = \frac{A_{\text{ц}}}{Q^+}; A_{\text{ц}} = A_{23} + A_{31}, \text{ где } A_{31} < 0; A_{\text{ц}} = VR(T_3 - T_2) + VR(T_1 - T_3) =$$



по формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{3F}{2} \cdot F}{\frac{3F}{2} - F} = \frac{\frac{3}{2} F^2}{0.5F} = \boxed{3F}$$



$$V(S) = V(S') = 2V \text{ (зеркало движется вправо, и еще по расст.)}$$

между S и зеркалом также увеличивается

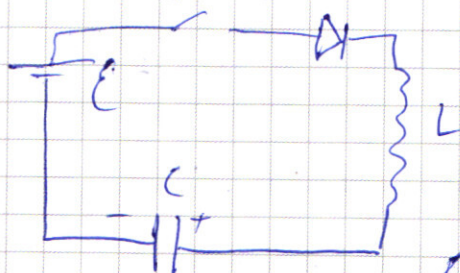
со скоростью V, отсюда $V(S') = V + V = 2V$.

Источник S' движется по прямой параллельной прямой от оси, отсюда

$$V(S'') = 2^2 V(S') = 4 \cdot 2V = 8V; \quad F = \frac{f}{d} = \frac{3F}{\frac{3}{2}F} = 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V(S'') = 2^2 \cdot 2V = \boxed{8V}$$

4



1) в нач. момент времени

$$E - U_C = U_0 + U_L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U_L = E - U_C - U_0 = 9 - 5 - 1 = 3V;$$

$$U_L = L I' \Rightarrow I' = \frac{U_L}{L} = \frac{3V}{0.1H} = 30 \frac{A}{c}$$

2) когда I_{max} , $I' = 0 \Rightarrow U_L = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow E - U_C - U_0 = 0 \Rightarrow U_C = E - U_0 = 8V.$$

$$q_{1c} = U_{1c} \cdot C; \quad q_{2c} = U_{2c} \cdot C;$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

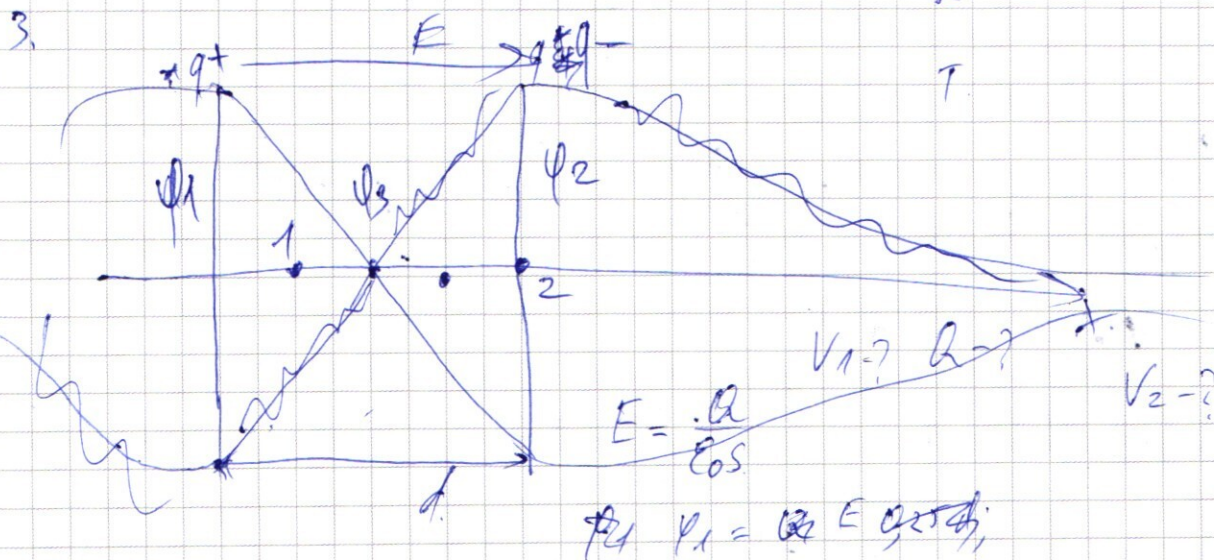
$$\begin{array}{r} \times 204 \\ 36 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 204 \\ 36 \\ \hline 1224 \\ 612 \\ \hline 4344 \\ 68 \\ \hline 54 \\ 51 \\ \hline 14 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10249 \\ 9 \\ \hline 4320 \\ 5929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 44 \\ 44 \\ \hline 539 \\ 539 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$\vec{F} = m\vec{a}, \text{ где } \vec{a} = a_T + a_y, a_y = \frac{v^2}{R}$$



$$\phi_1 \neq \Delta \phi = qE \cdot q \Delta s$$

$$Eq \cdot \Delta s$$

$$qE = ma \Rightarrow a = \frac{qE}{m}, \Delta s = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow \Delta s = \frac{qE \cdot T^2}{m}$$

$$\Delta s = \frac{1}{2} ET^2 \Rightarrow E = \frac{\Delta s}{\frac{1}{2} T^2} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow Q = \frac{\Delta s \epsilon_0 S}{\frac{1}{2} T^2}$$

3(2):

$$E_0 = 0 = \frac{mv^2}{2} + \phi_2, \frac{mv^2}{2} = qE \cdot \Delta s$$

$$mv^2 = qE \cdot \Delta s = 2q \Rightarrow v^2 = \frac{2q}{m}$$

$$\frac{8(k-1)^2}{5}$$

$$5k^2 - 2k - 3 = 0$$

$$D = 4 + 4 \cdot 5 \cdot 3 = 64$$

$$k_{1,2} = \frac{2 \pm 8}{10} = 1; -0.6$$

$$\frac{8(k-1)^k}{5(k-1)(k+0.6)} = \frac{8(k-1)}{5(k+0.6)} \quad \text{при}$$

$$\frac{4-4+1}{20-} = \frac{1}{14}$$

$$\frac{16-8+1}{80-8-3} = \frac{9}{69}$$

$$\lim \frac{8k^2}{5k+3} = \frac{8k-8}{5k+3} = \frac{8-\frac{8}{k}}{5+}$$

$$\frac{8(k-1)^2}{25(k-1)^2(k+0.6)} = \frac{8}{25(k+0.6)^2}$$

то

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{k^2 - 2k + 1}{5k^2 - 2k - 3} = \frac{\frac{k^2}{k^2} - \frac{2k}{k^2} + \frac{1}{k^2}}{\frac{5k^2}{k^2} - \frac{2k}{k^2} - \frac{3}{k^2}} = \frac{1}{5}$$