

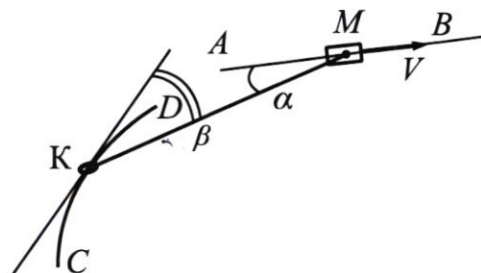
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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.



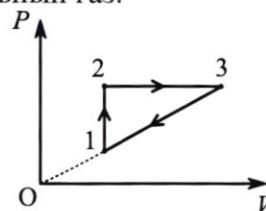
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

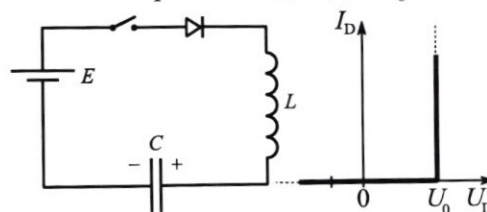
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

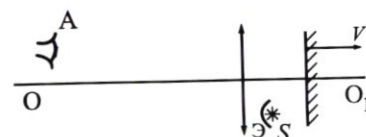


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

N3

Дано:

d, S, T

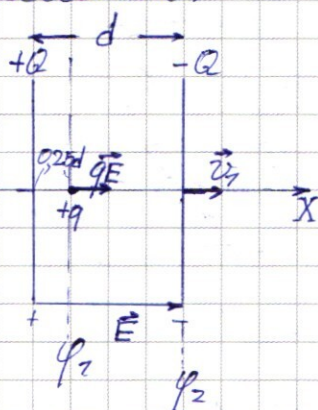
$\frac{q}{m} = \chi$

1) $v_2 = ?$

2) $Q = ?$

3) $v_2 = ?$

Решение:



1) к моменту выхода заряженной частицы из конд-ра электростатическое поле этого конденсатора совершило работу по перемещению этой ЗЧ равную:

$$A_{эл} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

Проведем эквипотенциальные поверхности с φ_1 и φ_2 .

Взяв эту работу равной по изменению кинетической энергии этой ЗЧ, тогда:

$$q(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{mv^2}{2} - 0 \quad (v_0 = 0), \text{ где } \varphi_1 - \varphi_2 = E \cdot 0,75d$$

$$qE \cdot 0,75d = \frac{mv^2}{2}$$

2) Запишем IIЗ Ньютона при действии ЗЧ в конд-ре:

$$qE = ma \quad (\text{действие тг центр.})$$

$$a = \frac{qE}{m}, \text{ а с др. стороны } a = \frac{v_1 - 0}{T} = \frac{v_1}{T} \Rightarrow$$

$$\frac{qE}{m} = \frac{v_1}{T} \Rightarrow qE = \frac{mv_1}{T} \Rightarrow \frac{mv_1 \cdot 0,75d}{T} = \frac{mv_1^2}{2} \Rightarrow$$

$$v_1 = \frac{2 \cdot 0,75d}{T} = \frac{1,5d}{T} = \frac{3d}{2T}$$

2) Искажем заряд конденсатора Q равен:

$$Q = CU = CED, \text{ где } E = \frac{mv_1}{qT} = \frac{m \cdot 3d}{2qT^2} \Rightarrow$$

$$Q = C \cdot \frac{3md}{2qT^2} \cdot d = \frac{\epsilon S}{\chi} \cdot \frac{3md^2}{2qT^2} = \frac{3\epsilon Sm}{2qT^2} = \frac{3\epsilon Sd}{2\chi T^2}; (C = \frac{\epsilon S}{d} - \text{плоский конд-р})$$

3) Напряженность ЭП конденсатора вне его равна нулю $\Rightarrow$ ускорение ЗЧ равно нулю $\Rightarrow v_2 = v_1 = \frac{3\epsilon Sd}{2\chi T^2} \cdot \frac{3d}{2T}$

Ответ: ~~1) $\frac{3d}{2T}$~~ ;

1) $v_1 = \frac{3d}{2T}$

2) $Q = \frac{3\epsilon S d}{2\epsilon T^2}$

3) $v_2 = \frac{3d}{2T}$

N2

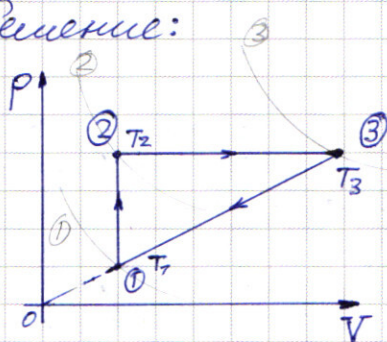
Дано:
 $i=3$

1) $z_1 = \frac{C_{v23}}{C_{v12}} - ?$

2) $z_2 = \frac{Q_p}{A_p} - ?$

3) $z_{max} - ?$

Решение:



1) $T_3 > T_2 > T_1$, т.к.
изотерма 1-3 лежит
выше от 2-3
изотерма 2-1 лежит
выше от 3-1.
Или: при $p_1 = p_3 \rightarrow$
 $T_2 > T_1$ и в 2-3:

$$\frac{v_2}{T_2} = \frac{v_3}{T_3} \rightarrow \frac{v_3}{v_2} = \frac{T_3}{T_2} \rightarrow \text{т.к. } V \uparrow, \text{ то и } T \uparrow \rightarrow$$

температура повышалась на участках
1-2 и 2-3 $\rightarrow$

$$z_1 = \frac{C_{v23}}{C_{v12}} = \frac{C_{vp}}{C_{v1}}, \text{ где из уравнения Майера:}$$

$$C_{vp} = C_{v1} + R, \text{ а т.к. } i=3 \Rightarrow C_{v1} = \frac{3}{2}R \Rightarrow C_{vp} = \frac{5}{2}R$$

$$z_1 = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3}$$

2) $z_2 = \frac{Q_p}{A_p} - ?$

а первый 3. термодинамики для участка
2-3:

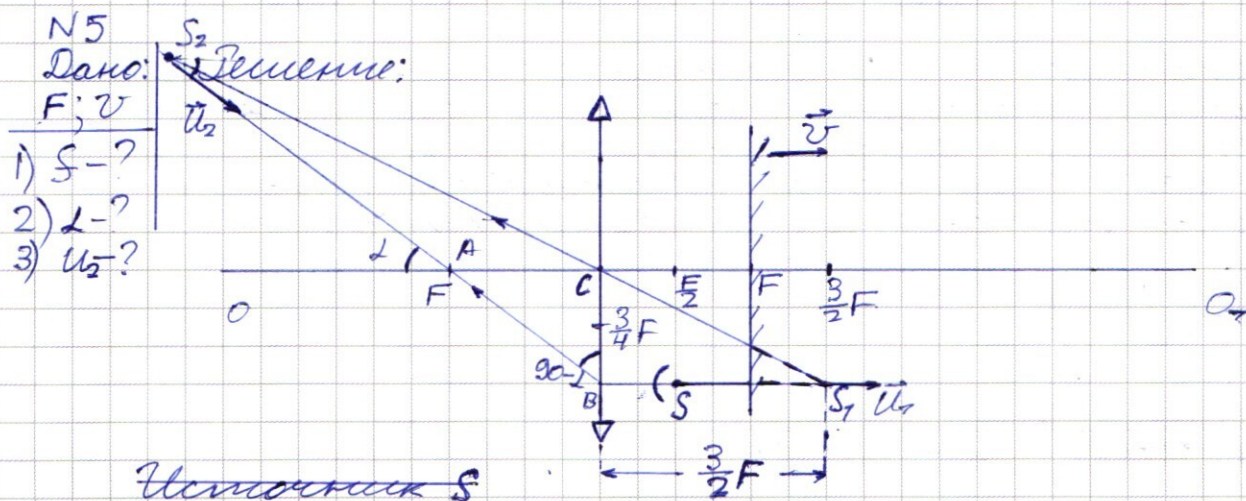
$$Q_p = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + A_p = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + \nu R \Delta T_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$z_2 = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu R \Delta T_{23}} = \frac{5}{2} = 2.5$$

3)

Ответ: 1) $z_1 = \frac{5}{3}$; 2) $z_2 = 2.5$
3)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Изображение S_1 источника S в зеркале находится на $\frac{F}{2}$ от зеркала справа.

Лучи от S падают на зеркало и отражаются так, как будто идут от S_1 . Тогда пусть луч от S_1 пер C и перпенд к линзе, тогда второй луч пойдет через фокус.

S_1 является предметом для линзы и расстояние от S_1 до линзы: $d = \frac{3}{2}F$.

Запишем формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{s} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{s} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d-F}{dF} \Rightarrow s = \frac{\frac{3}{2}F^2}{\frac{F}{2}} = 3F$$

(линза собирающая $\Rightarrow +\frac{1}{F}$; изображение ~~мнимое~~ $\Rightarrow$ действительное $\Rightarrow +\frac{1}{s}$)

2) S_1 удаляется от линзы с некоторой скоростью u_1 и $\Delta l \ll F \Rightarrow S_2$ приближается к линзе с некоторой скоростью u_2 и u_2 направл под L к POO (POO), тогда из $\triangle ABC$:

$$F = \frac{3}{4}F \tan(90-L) \Rightarrow l = \frac{3}{4} \Delta l \Rightarrow \tan L = \frac{4}{3} \Rightarrow \tan L = \frac{4}{3}$$

3) Рассмотрим перемещение S_1 за бесконечно малый промежуток времени Δt , превратим его в скорость $S_1: u_1$, тогда

Перейдем в СОС зеркала, тогда скорость S относительно зеркала равна v и направлена от него. От зеркала, тогда скорость S относительно зеркала равна v , но направлена справа от зеркала, то есть мы получили:

$v_{\text{плотн}} = v \Rightarrow v_{\text{разд}} = v + v = 2v \Rightarrow$ скорость абламная S_1 равна $2v$ в этот мом., тогда разломим перем-л за Δt ~~полностью~~. И запишем формулу толстой линзы. Умнож. скорость и зражения за малой малой Δt потянутой:

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

$$\frac{1}{d + 2v\Delta t} + \frac{1}{s - v\cos\Delta t} = \frac{1}{F}$$

Данностими чим-б се знам-б гротий в
уво левой части мак, чим-б в знамен-
теле получимась разность квадратов:

$$\frac{d - 2v\Delta t}{d^2 - 4v^2\Delta t^2} + \frac{s + u\cos\Delta t}{s^2 - u^2\cos^2\Delta t} = \frac{1}{F} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ т.к. Δt ок. мало, то Δt^2 еще меньше $\Rightarrow$
 $\Delta t^2 \rightarrow 0$, тогда

$$\frac{1 - 2\cos\Delta t}{d^2} + \frac{5 + 4\cos\Delta t}{f^2} = \frac{1}{F} \rightarrow$$

$$\frac{1}{d} - \frac{2v\Delta t}{d^2} + \frac{1}{f} + \frac{U_0 \cos \Delta t}{f^2} = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \rightarrow \frac{2v\Delta t}{d^2} = \frac{U_0 \cos \Delta t}{f^2}$$

$$\frac{2V}{d^2} = \frac{U_2 \cos \alpha}{f^2}, \text{ zgl } \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{9}{16}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{9}{16}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{25}{16}}} = \frac{1}{\frac{5}{4}} = \frac{4}{5} \rightarrow$$

$$\frac{22 \cdot 4}{9R^2} = \frac{U_2 \cdot 4}{5 \cdot 9R^2} \rightarrow U_2 = 22 \cdot 5 = 110 \text{ V}$$

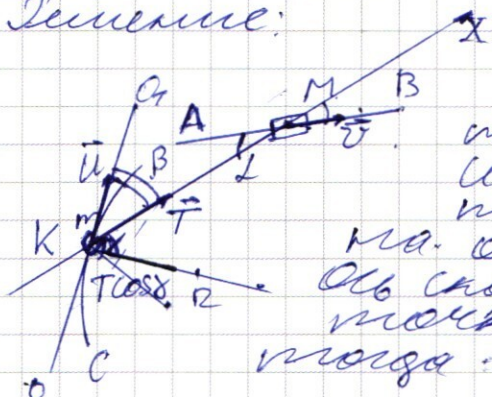
Antwort: 1) $S = 3F$; 2) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$
3) $U_2 = 10V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1
Дано:
 $v = 68 \frac{\text{см}}{\text{с}}$
 $m = 0,1 \text{ кг}$
 $R = 1,9 \text{ м}$
 $l = \frac{5}{3} R$
 $\cos \alpha = \frac{15}{17}$
 $\cos \beta = \frac{4}{5}$

- 1) u - ?
- 2) $u_{\text{центр}}$ - ?
- 3) T - ?

Решение:

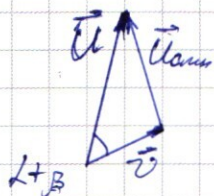


1) Скорость кольца направлена по касательной вдоль OA и т.к. кольцо идеальное то в проекции на одну и ту же ось скорость каждой точки кольца одинакова тогда: $u \cos \beta = v \cos \alpha$

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

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

- 2) $\vec{u}_{\text{центр}} = \vec{u} - \vec{v} \Rightarrow$ вект. диаграмма $\Rightarrow$ по теореме косинусов:



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

$$= 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) =$$

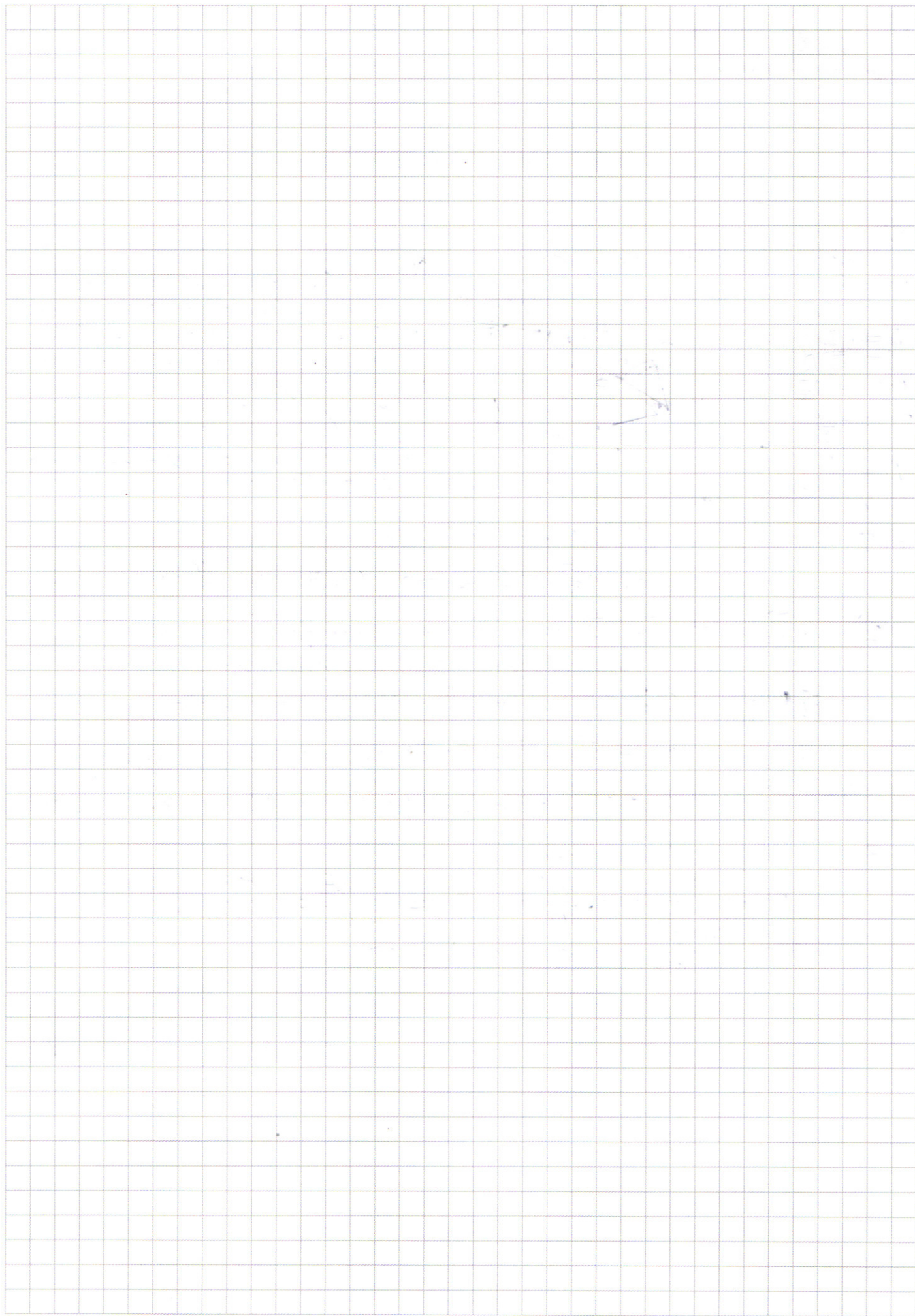
$$= 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 2160 = 5929 \Rightarrow u_{\text{центр}} = \sqrt{5929}$$

- 3) II з. Система:

$$T \cos \beta = m \cdot \frac{u^2}{R} \Rightarrow T = \frac{m R^2}{R \cos \beta} = \frac{0,1 \cdot 0,75^2 \cdot 5}{1,9 \cdot 4} =$$

$$T = \frac{m u^2}{R \cos \beta}, \text{ где } \beta = 90 - \alpha \Rightarrow$$

Ответ: 1) $u = 75 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

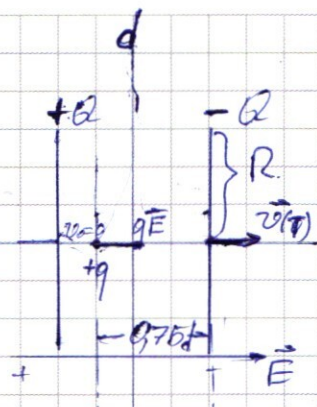


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N3



1) $\varphi(T) = 0 + aT, \text{ где}$

$a = \frac{qE}{m}, \text{ где } E = \frac{Q}{\epsilon S}$

2) $Q = C \cdot U = C \cdot Ed =$

$qE \cdot 0,75d = \frac{mv_2^2}{2}$

где $a = \frac{v_2}{T} = \frac{qE}{m} \Rightarrow qE = \frac{mv_2}{T} -$

$\frac{mv_2}{T} \cdot 0,75d = \frac{mv_2^2}{2} \Rightarrow v_2 = \frac{2 \cdot 0,75d}{T} = \frac{1,5d}{T} = \frac{3d}{2T}$

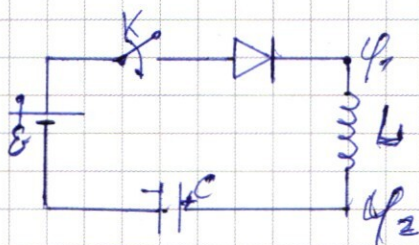
2) $Q = C \cdot U = \frac{\epsilon S}{d} \cdot Ed = \epsilon S.$

$v_2 = \frac{qET}{m} \Rightarrow E = \frac{mv_2}{qT} = \frac{m \cdot \frac{3d}{2T}}{qT} = \frac{3md}{2T^2 q} = \frac{3d}{2\epsilon T^2}$

$Q = C \cdot U = CEd = \frac{\epsilon S}{d} \cdot \frac{3d}{2\epsilon T^2} \cdot d = \frac{3\epsilon Sd}{2\epsilon T^2}$

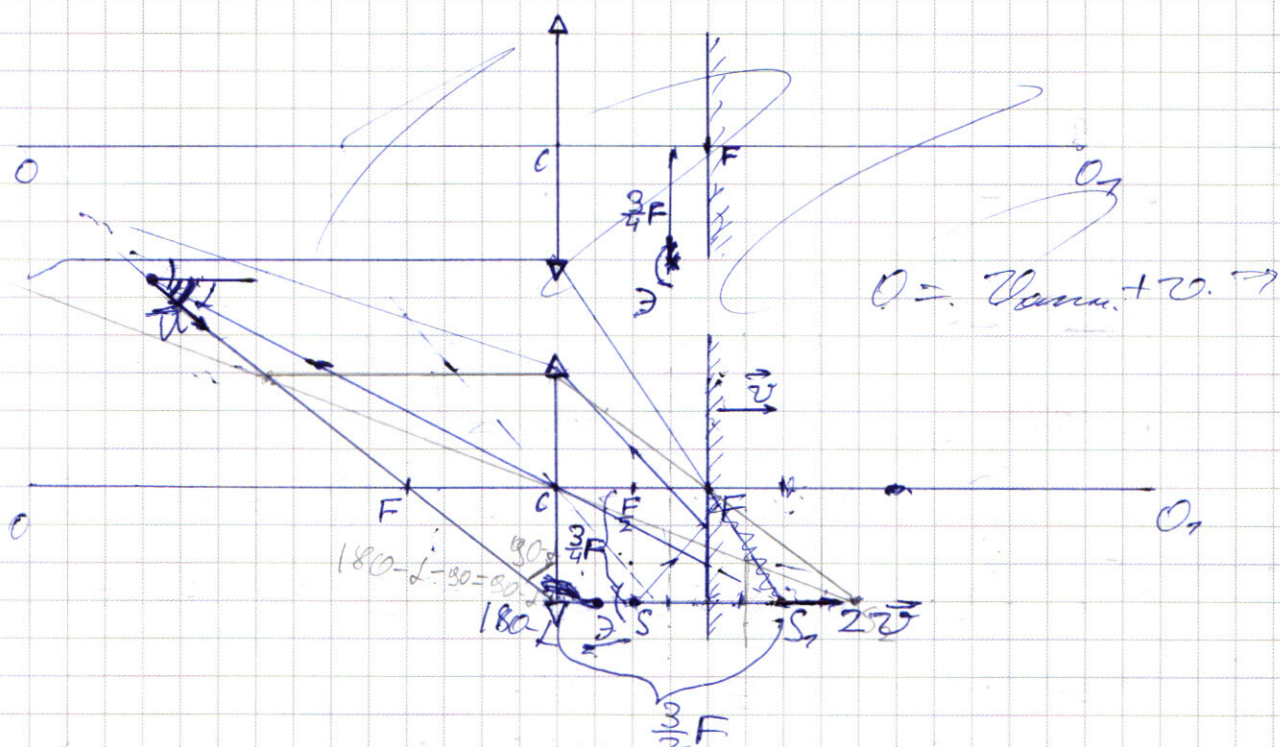
3) $\text{м.к. } E \text{ в } K \text{ не } 0, \text{ но } Q_{\text{внеш}} = 0$
 $\Rightarrow v_2 = v_1 = \frac{3d}{2T}$
 $\frac{3d}{2\epsilon T^2} = \frac{Q}{\epsilon S} \Rightarrow Q = \frac{3\epsilon Sd}{2\epsilon T^2}$

N4



1) $\mathcal{E}_0 = L \frac{dy}{dt}$

N 5.



$$1) \frac{1}{d} + \frac{1}{s} = \frac{1}{F} \rightarrow \frac{1}{s} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d-F}{dF} \Rightarrow s = \frac{dF}{d-F}$$

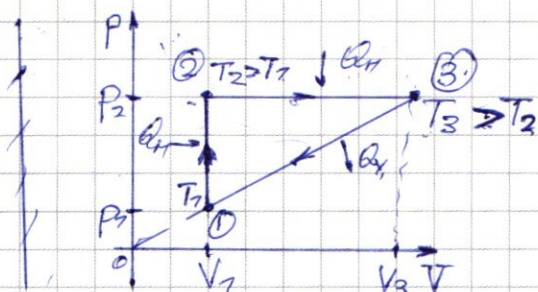
$$s = \frac{\frac{8}{3}F \cdot F}{\frac{1}{3}F} = 3F$$

$$2) \quad \lg(90 - \angle) = \frac{F \cdot 4}{3F} \rightarrow \lg \angle = \frac{3}{4} \Rightarrow \angle = \arctg\left(\frac{4}{3}\right)$$

3) $\text{nek } 0 \leq \alpha \leq \pi - \alpha_0 \Rightarrow v_{\text{som}} = -v \Rightarrow v_{\text{som}} = v \Rightarrow v_{\text{ade}} = v + v = 2v$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2



$$1) \frac{C_{up}}{C_{down}} = \frac{C_{up} + R}{C_{down}} = \frac{\frac{3}{2}R + R}{\frac{3}{2}R} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{5}{3}$$

$$2) \textcircled{2} - \textcircled{3} - \text{изоб.}$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} - ? \quad Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T \rightarrow A_{23} = \nu R \Delta T \rightarrow$$

$$\eta = \frac{Q_{23}}{A_{23}} = 2.5$$

$$3) \eta = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{|Q_{31}|}{(Q_{12} + Q_{23})} \rightarrow$$

$$-Q_{13} = A_{13} \Delta U_{3,1} + A_{3,1} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + A_{3,1}$$

$$A_{3,1} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_1 - V_3) = \frac{1}{2} (p_1 V_1 - p_3 V_3 + p_2 V_1 - p_2 V_3)$$

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

$$A_{3,1} = \frac{1}{2} (p_1 V_1 - p_2 V_3) = \frac{1}{2} \nu R (T_1 - T_3) \rightarrow$$

$$-Q_{13} = 2 \nu R (T_1 - T_3) \rightarrow |Q_{13}| = 2 \nu R (T_3 - T_1)$$

$$4) Q_{12} = \Delta U_{12} + 0 = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

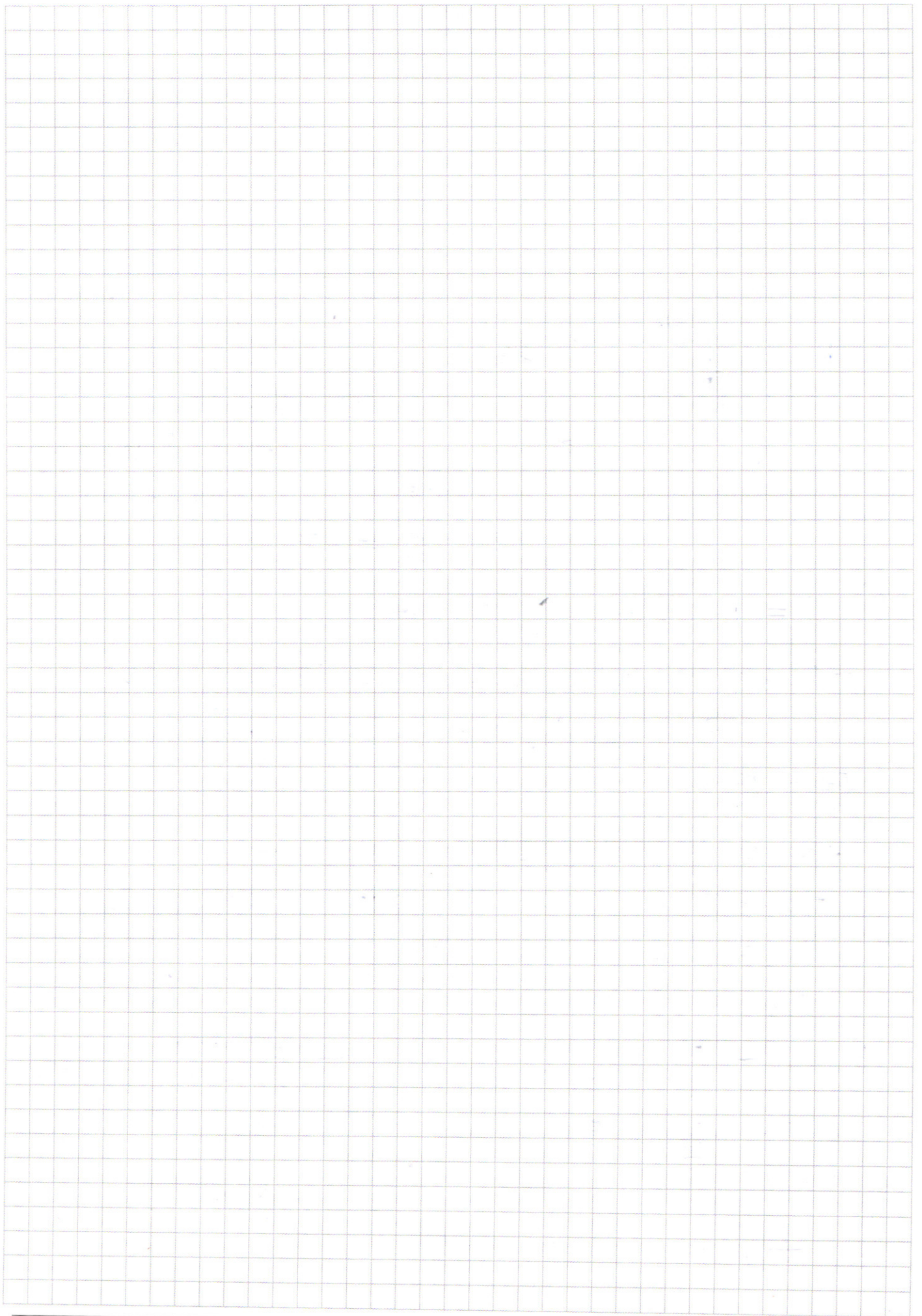
$$\eta = 1 - \frac{2 \nu R (T_3 - T_1)}{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{(2T_3 - 2T_1)}{\frac{3}{2}T_2 - \frac{3}{2}T_1 + \frac{5}{2}T_3 - \frac{5}{2}T_2}$$

$$= 1 - \frac{2(T_3 - T_1)}{2.5T_3 - 1.5T_2 - T_1} = \frac{3.5T_3 - 1.5T_1 - T_2 - 2T_3 + 2T_1}{2.5T_3 - 1.5T_2 - T_1} =$$

$$= \frac{0.5T_3 + 0.5T_1 - T_2}{2.5T_3 - 1.5T_2 - T_1}$$

$$\eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}} = \frac{\frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_2 - V_1)}{Q_{12}} =$$

$$= \frac{1}{2} (p_2 V_3 - p_2 V_1 - p_1 V_3 + p_1 V_1)$$

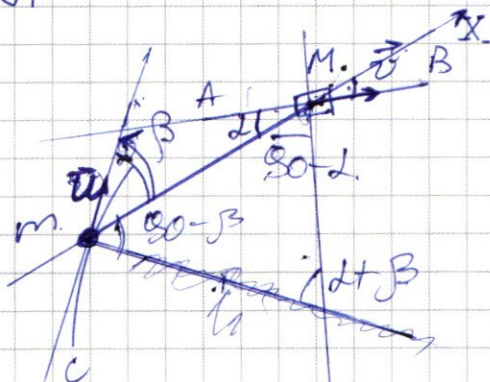


☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

NI



~~1) $2\cos\beta$ -~~

$$1) \quad v \cos \alpha = u \cos \beta \Rightarrow$$

$$68 \cdot \frac{15}{17} = 4 \cdot \frac{4}{5} \Rightarrow$$

$$4 \cdot 15 = 4 \cdot \frac{4}{5} \Rightarrow$$

$$u = 75 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$\frac{5}{3} R \quad \frac{5R}{39 \sin(40^\circ)} = \frac{1}{\sin(80^\circ)} \quad 75$$

$$I_1 = \frac{5R \cos 2}{3R \sin 4} = \frac{5}{3} \frac{\cos 2}{\sin 4}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 285 \\ \hline 6817 \\ 13600 \\ 35500 \\ \hline 4845 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 4 \\ \hline 68 \end{array}$$

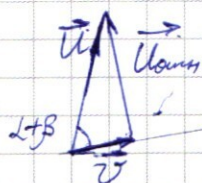
$$\begin{array}{r} 86 \\ \times 15 \\ \hline 180 \\ 36 \\ \hline 1290 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 115 \\ \times 5 \\ \hline 575 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 540 \\ \times 3 \\ \hline 1620 \end{array}$$

$$s_{tn2} = \sqrt{\frac{289 - 225}{289}} = \frac{8}{17}$$

2) $\vec{u}_{\text{mitt}} = \vec{u} - \vec{v} \Rightarrow B. D.$



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

$$= 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta) =$$

$$= 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} \right) =$$

$$= 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \left(\frac{12}{17} - \frac{24}{85} \right) = 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \left(\frac{12}{17} - \frac{24}{85} \right) =$$

$$= 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{(60-24)}{85} = 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{36}{85} =$$

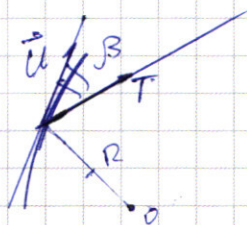
$$= 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 68 \cdot 36 \cdot \frac{75}{85} = 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 68 \cdot 36 \cdot \frac{15}{17} =$$

$$= 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 4 \cdot 36 \cdot 15 = 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 2160 =$$

$$= 5625 + 4624 - 4320 = 5929$$

$$\begin{array}{r}
 75 \\
 \times 68 \\
 \hline
 600 \\
 4600 \\
 \hline
 5100
 \end{array}$$

3)



T