

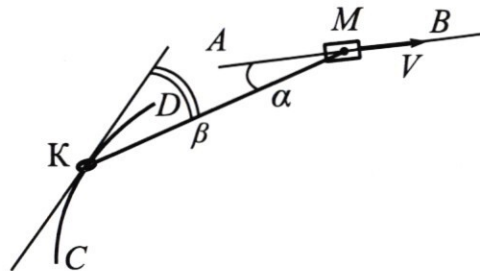
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



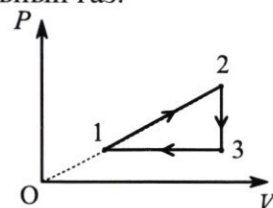
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

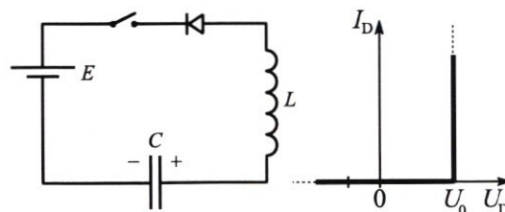


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
- 2) Найдите напряжение U на конденсаторе.
- 3) Найдите скорость V_0 частицы 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 $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.



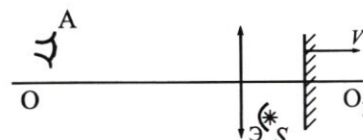
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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 $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от 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?

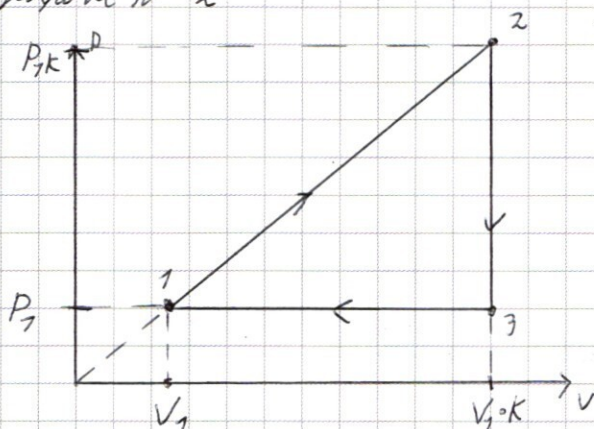
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача № 2



т.к. прямая 12 проходит
через начало координат,
то можем утверждать, что
 $P_2 = P_1 K$, $V_2 = V_1 K$, где
 $K > 1$

1) для начала найдем процесс, где
происходит охлаждение газа.

$$\begin{cases} \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \nu R \\ \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \frac{P_1 K \cdot V_1 K}{T_2} = \nu R \end{cases}$$

$$\frac{1}{T_1} = \frac{K^2}{T_2} \Rightarrow T_2 = K^2 T_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_2 > T_1, \text{ т.к. } K > 1$$

на участке 1-2 идет нагрев

$$\frac{P_2 K^2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3}$$

$$T_2 = K \cdot T_3$$

$$T_2 > T_3$$

на участке 2-3 происходит охлаждение

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_1 V_1 K}{T_3} \Rightarrow T_3 = K T_1 \Rightarrow T_3 > T_1 \text{ на участке 3-1 проис-}$$

ходит нагрев.

Рассмотрим участок 2-3:

$$\begin{cases} Q_{23} = C_{23} \nu \cdot \Delta T_{23} = C_{23} \nu \cdot (T_3 - T_2) = C_{23} \nu \cdot T_2 (-K + 1) = \Delta U + A \\ \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R \cdot T_2 (-K + 1) \\ A = 0, \text{ т.к. } V = \text{const} \end{cases}$$

$$C_{23} \nu T_2 (-K + 1) = \frac{3}{2} \nu R \cdot T_2 (-K + 1) \Rightarrow C_{23} = 1,5 R$$

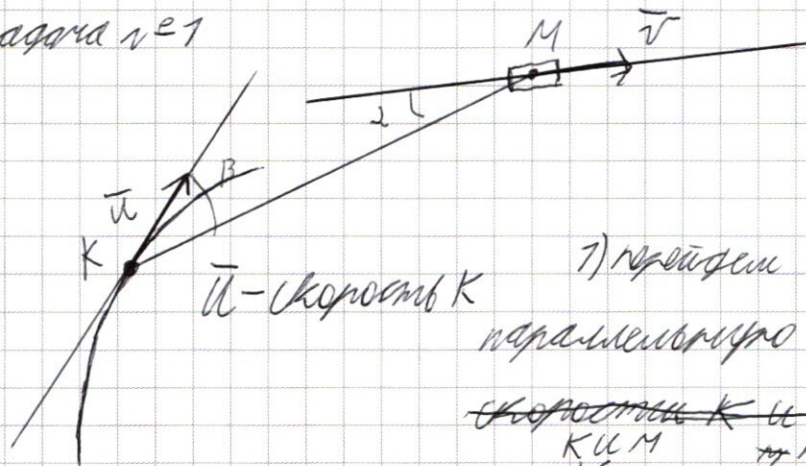
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

найдем производную $\eta(k)' = \frac{1}{4} \left((k-1)' \cdot \frac{1}{(k+1)} - (k-1) \cdot \frac{1}{(k+1)^2} \right) =$
 $= \left(\frac{1}{k+1} \right) \cdot \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \right) \cdot \frac{1}{4}$

$\eta(k)' \rightarrow 0$ если $k \rightarrow \infty$ $\lim \eta(k) = \frac{1}{4}$ при $k \rightarrow \infty$

Ответы 1) $\frac{5}{3}$ или 0,6; 2) 4; 3) $\frac{1}{4}$

Задача 1.1



$$\cos \beta = \frac{8}{14}$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

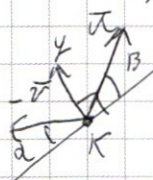
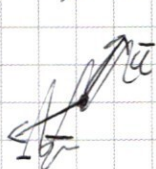
1) перейдем в систему координат
параллельную ~~траектории~~ ^{траектории}. В ней
~~скорости K и M~~ ^{траектории} ~~проекции~~ ^{проекции} ~~на траекторию~~ ^{на траекторию} ~~должны быть~~ ^{должны быть}
равны, т.к. ~~траектория~~ ^{траектория} не имеет своей длины, и
материал.

равны, т.к. ~~траектория~~ ^{траектория} не имеет своей длины, и
материал.

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

$$u = \frac{v \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{v \cdot 3 \cdot 7}{5 \cdot 8} = \frac{v \cdot 51}{40}$$

2) перейдем в систему координат (O). Пусть, тогда
K движется со скоростью $\vec{u}$ - $\vec{v}$



$$\text{по } OX: u \cdot \cos \beta + v \cdot \cos \alpha = 0$$

$$\text{по } OY: u \cdot \sin \beta + v \cdot \sin \alpha = 0$$

$$= u \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \beta} + v \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} =$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{1 - \frac{9}{25}} + \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \sqrt{1 - \frac{4}{5}} + \sqrt{1 - \frac{16}{17}} = \\
 &= \sqrt{\frac{1}{5}} + \sqrt{\frac{1}{17}} = \sqrt{\frac{17}{85}} + \sqrt{\frac{5}{85}} = \sqrt{\frac{22}{85}} = \sqrt{\frac{32}{74}} \\
 &= \sqrt{\frac{15}{74}} + \sqrt{\frac{4}{5}} = \sqrt{\frac{15 \cdot 3 \cdot 17 \cdot 25}{5 \cdot 8 \cdot 14}} + \sqrt{\frac{4}{5}} = \\
 &= \frac{9\sqrt{5}}{8} + \frac{4\sqrt{5}}{5} = \sqrt{5} \left(\frac{9 \cdot 5 + 4 \cdot 8}{40} \right) = \sqrt{5} \left(\frac{45 + 32}{40} \right) = \sqrt{5} \cdot \frac{77}{40}
 \end{aligned}$$

Ответ 1) $\frac{\sqrt{57}}{40}$, 2) $\frac{\sqrt{77}}{40}$

Задача №3 $d, 0,2d, V_1, \frac{q}{m} = \gamma$

Частица с зарядом q влетает в конденсатор, где дей-
ствует поле E и останавливается на расстоянии $0,2d$
от положительной обкладки $\Rightarrow$ т.к. $q > 0$ то заряд притя-
гивается к отрицательной обкладке $0,8d$. Пусть он будет лететь время t
за время t на него действует сила $F = qE$, $\Rightarrow$ ускоре-
ние $a = \frac{F}{m} = \frac{q}{m} E = \gamma \cdot E$

На $a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \Rightarrow a \cdot t = \frac{V_1}{\gamma E} \Rightarrow \gamma \cdot E \cdot t = V_1 \Rightarrow t = \frac{V_1}{\gamma E}$

$0,8d = V_1 t - \frac{at^2}{2} = \frac{V_1^2}{\gamma E} - \frac{\gamma E \cdot V_1^2}{2(\gamma E)^2} =$
 $= \frac{V_1^2}{2\gamma E} = 0,8d \Rightarrow \gamma E = \frac{V_1^2}{2 \cdot 0,8d} = \frac{V_1^2}{1,6d}$

$t = \frac{V_1}{\gamma E} = \frac{V_1 \cdot 1,6d}{V_1^2} = \frac{1,6d}{V_1}$

З(П): $\frac{m \cdot V_0^2}{2} = \frac{m V_1^2}{2} + A$

$A = qE = q \frac{V_1^2}{1,6d}$

A — по определению заряды
из бесконечности к кон-
денсатору

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{m \cdot v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{q v_1^2}{1,6 \cdot 8d}, \text{ где } \frac{q}{\gamma} = m$$

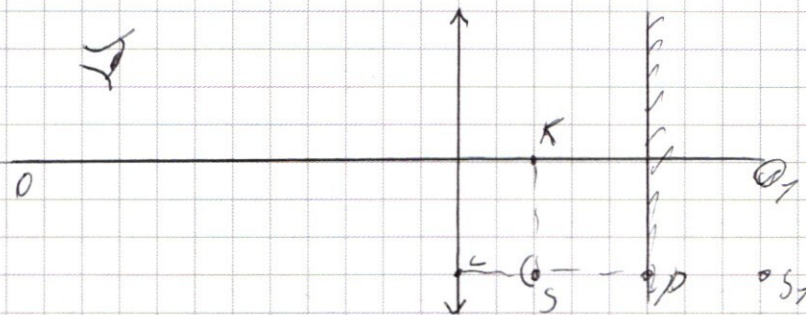
$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_1^2}{1,6 d}$$

$$v_0^2 = v_1^2 + \frac{v_1^2}{0,8d} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\left(1 + \frac{1}{0,8d}\right) v_1^2} = v_1 \sqrt{1 + \frac{1}{0,8d}}$$

Ответа 1) $T = \frac{1,6d}{v_1}$; 2) $U = \frac{v_1^2}{1,6d}$; ~~3) $U = \frac{v_1^2}{1,6d}$~~

3) $v_0 = v_1 \sqrt{1 + \frac{1}{0,8d}} \Rightarrow v_0 = v_1 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{0,8d}}$

$n = 5$



$$SK = \frac{8F}{15}$$

$$SL = \frac{F}{3}$$

$$LP = F$$

1) расстояние от зеркала до штыря F тогда от источника до зеркала $\frac{2}{3}F$ S_1 — отражение S будет находиться на расстоянии $\frac{2}{3}F + F = \frac{5}{3}F$

Найдем расстояние при котором можно увидеть его изображение. $\frac{1}{F} = \frac{3}{5F} + \frac{1}{d} \Rightarrow \frac{1}{d} = \frac{2}{5F} \Rightarrow d = \frac{5}{2}F$

2) воспользуемся формулой, что проекция скорости на ось OO_1 равняется γ^2

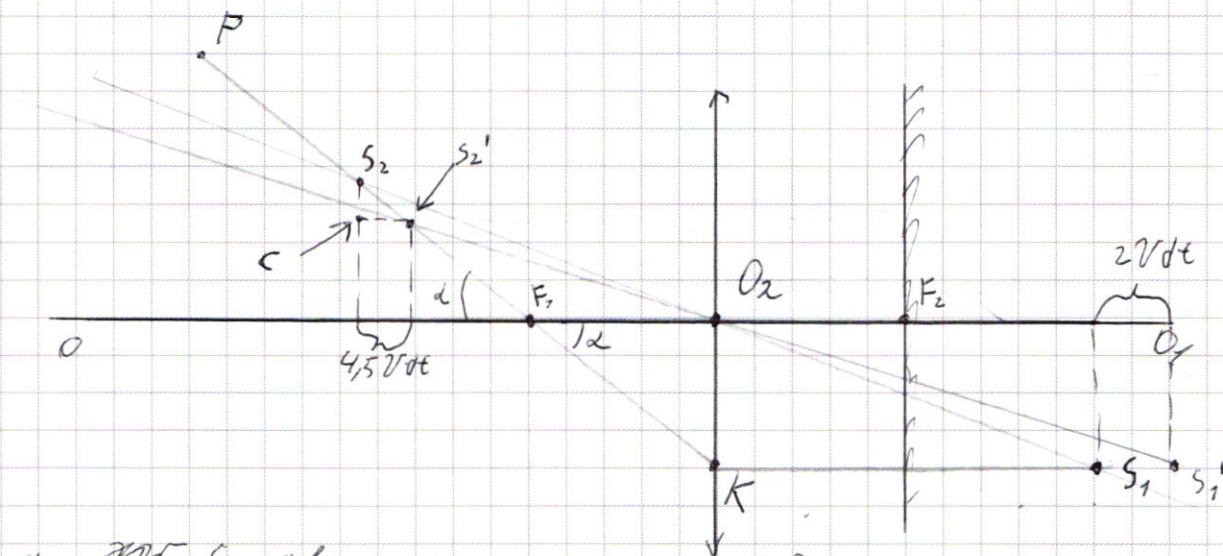
$$\Gamma = \frac{\frac{5}{2}F}{\frac{3}{5}F} = \frac{3}{2}$$

~~т.к.~~ мы берем ~~для~~ источник S_1 , то его скорость $2V$ т.к. он отражен, а скорость стекла V .

u_x скорость S_2 ~~то~~ (проекции на OO_1)

$$\frac{u_x}{2V} = \left(\frac{3}{2}\right)^2 = \frac{9}{4}$$

$$u_x = \frac{9 \cdot 8V}{4} = 4,5V$$



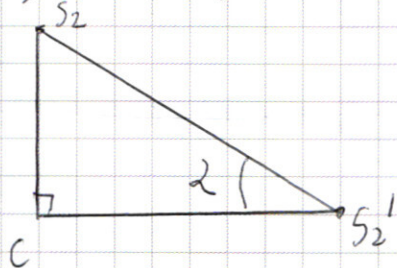
~~т.к.~~ S_1 движется параллельно OO_1 .

допустим прошло время dt ($\lim(dt) \rightarrow 0$) S_1 сместился на $2V \cdot dt \Rightarrow S_2$ сместился на $4,5V \cdot dt$ вдоль оси OO_1 . Нарисуем это геометрически.

~~то~~ по построению: S_2 будет лежать на прямой KP найдем угол α : $\tan \alpha = \frac{KO_2}{O_2F_1} = \frac{8V}{15V} = \frac{8}{15}$

Скорость S_2 — это перемещение S_2 деленное на dt

и рассмотрим $\triangle S_2 S_2' C$:



найдем $S_2 S_2'$.

$$\frac{S_2 C}{S_2' C} = \frac{8}{15} = \tan \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$S_2 C = \frac{8}{15} S_2' C = \frac{8 \cdot 4,5 \sqrt{dt}}{15} = 2,4 \sqrt{dt}$$

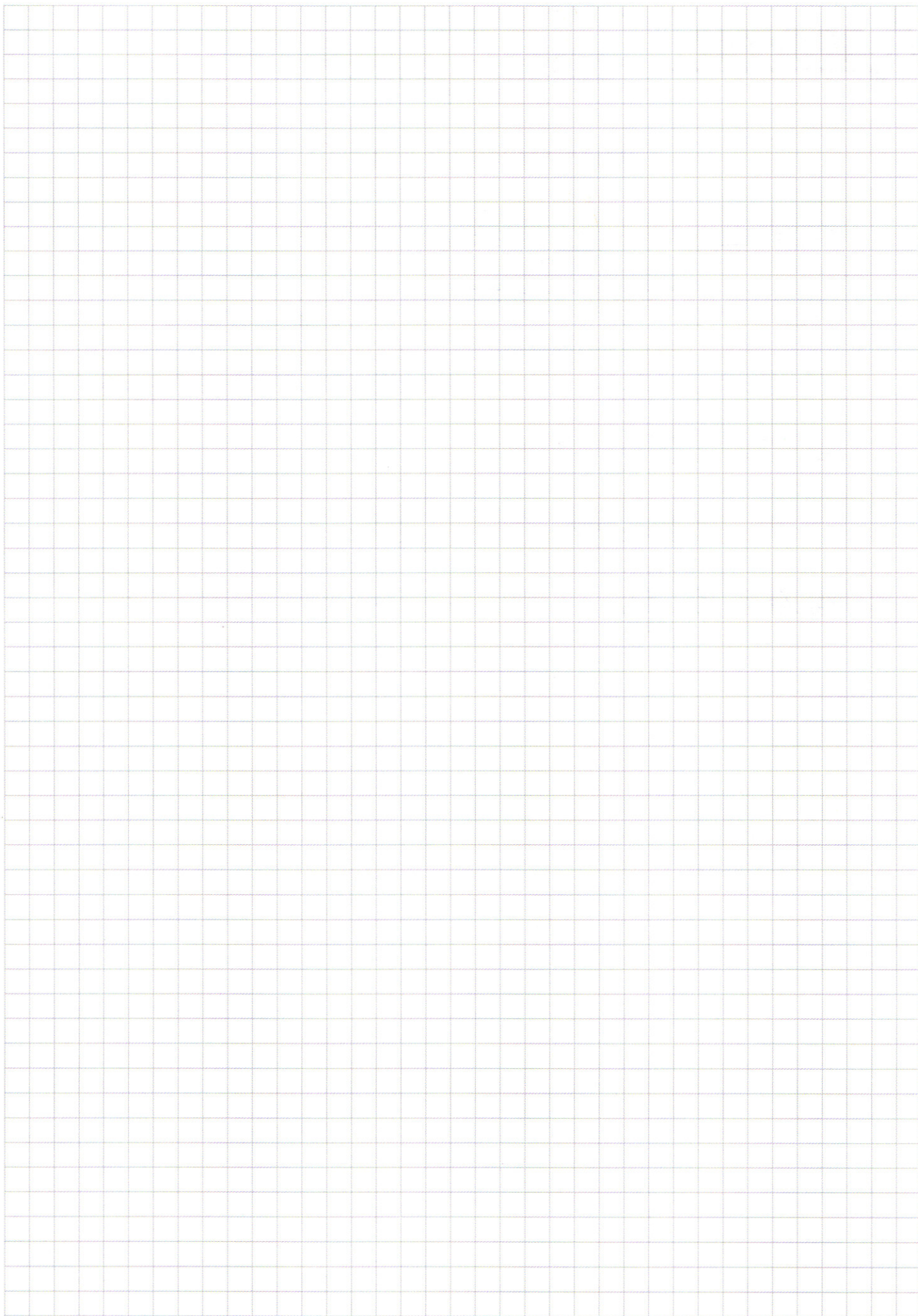
$$S_2 S_2' = \sqrt{(2,4 \sqrt{dt})^2 + (4,5 \sqrt{dt})^2} = \sqrt{dt} \left(\sqrt{\left(\frac{24}{10}\right)^2 + \left(\frac{45}{10}\right)^2} \right) =$$

$$= \sqrt{dt} \sqrt{\frac{3^2 \cdot 8^2 + 15^2}{10^2}} = \sqrt{dt} \frac{3}{10} \sqrt{64 + 225} = \sqrt{dt} \frac{3}{10} \sqrt{289} =$$

$$= \sqrt{dt} \cdot \frac{51}{10} = 5,1 \sqrt{dt}$$

тогда скорость S_2 будет $5,1 \sqrt{dt}$

ответ 1) $\frac{5}{2} F$; 2) $\alpha = \arctg \frac{8}{15}$; 3) $U = 5,1 \sqrt{dt}$



☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 8
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta = \frac{Q_H}{A_{\text{от}}} = \frac{(K^2 - 1) \left(\frac{P_{\text{от}}}{2} + \frac{3}{2} P_{\text{т}} \right) \cdot 2}{(K-1) V_2 \cdot P_2 (K-1) \cdot 2} = \frac{(K+1) \left(\frac{4}{K-1} \right)}{(K-1) \cdot 2 \cdot V_2^2} = \frac{0,8 + 2,61 - \frac{2 \cdot 10^2}{2 \cdot V_2^2}}{2 \cdot V_2^2}$$

$$\left(\frac{K+1}{K-1} \right)' = \left((K+1) \cdot \left(\frac{1}{K-1} \right) \right)' = (K+1)' \left(\frac{1}{K-1} \right) + (K+1) \left(\frac{1}{K-1} \right)' =$$

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

$$\left(\frac{1}{x+2} \right)' = \left((x+2)^{-1} \right)' = -1 \cdot (x+2)^{-2} \cdot 1 = -\frac{1}{(x+2)^2}$$

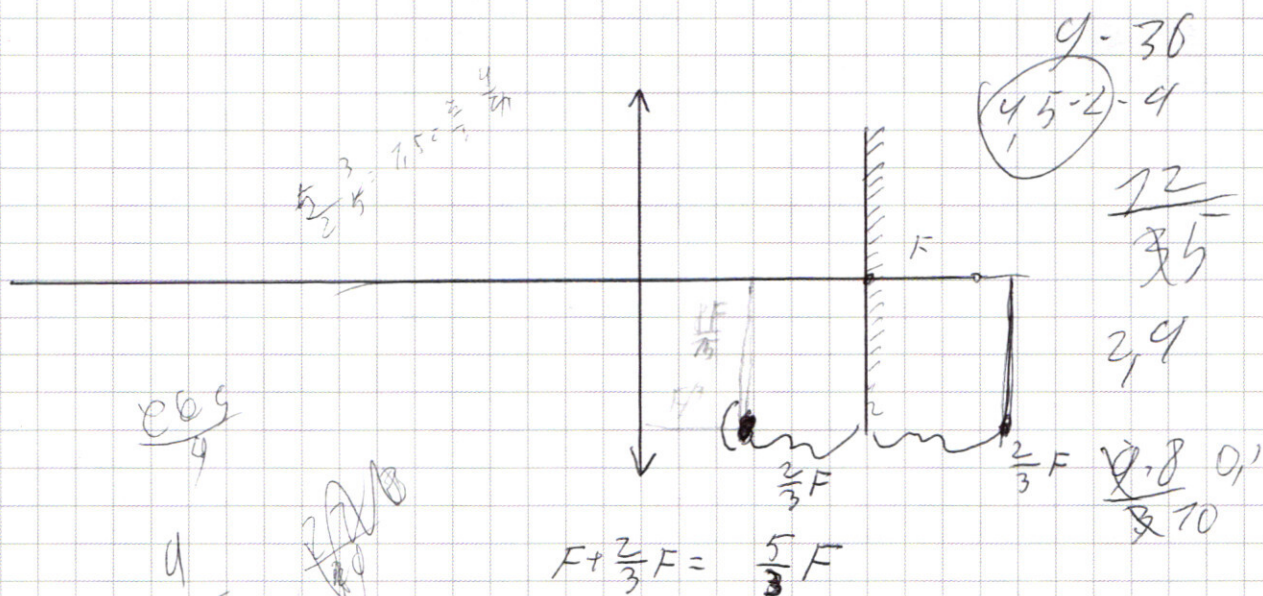
$$\left(\frac{1}{K-1} \right)' = \frac{(K+1)}{(K-1)^2} = \frac{1}{(K-1)} \left(1 - \frac{K+1}{K-1} \right) = \frac{1}{(K-1)} \cdot \frac{2}{K-1} = \frac{2}{(K-1)^2}$$

$$2 = \frac{K+1}{K-1} \quad K-1 = K+1 \quad K =$$

$$2 \cdot 0,8$$

$$V_1^2 =$$

$$A = \frac{m \cdot u^2}{\tau^2} \quad \frac{m \cdot u^2}{\tau^2} \quad \frac{m \cdot u^2}{\tau^2} \quad \frac{m \cdot u^2}{\tau^2}$$



$\frac{209}{9}$
 $u = \sqrt{u}$
 u
 u

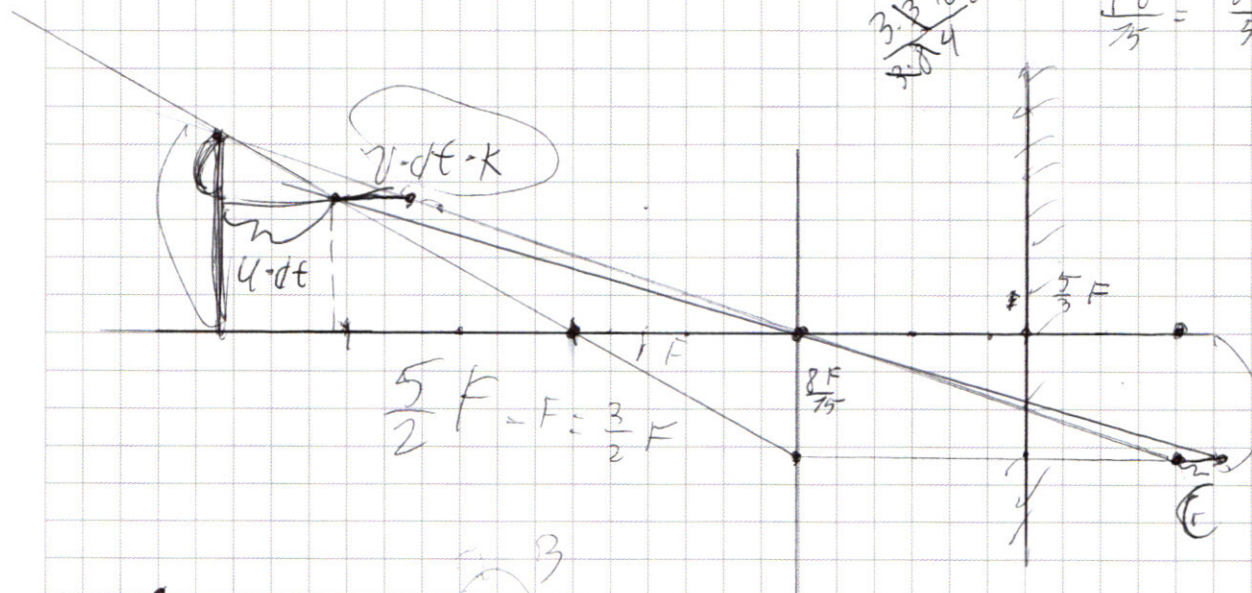
$\frac{2}{F} = \frac{3}{5F} + \frac{1}{d}$
 $\frac{1}{5} - \frac{3}{5} = \frac{1}{d} = \frac{2}{5F}$
 $d = \frac{5}{2}F = 2,5F$

$\frac{2V}{u} = r^2 = \frac{9}{4}$

$u g = 8V \Rightarrow u = \frac{8V}{g}$

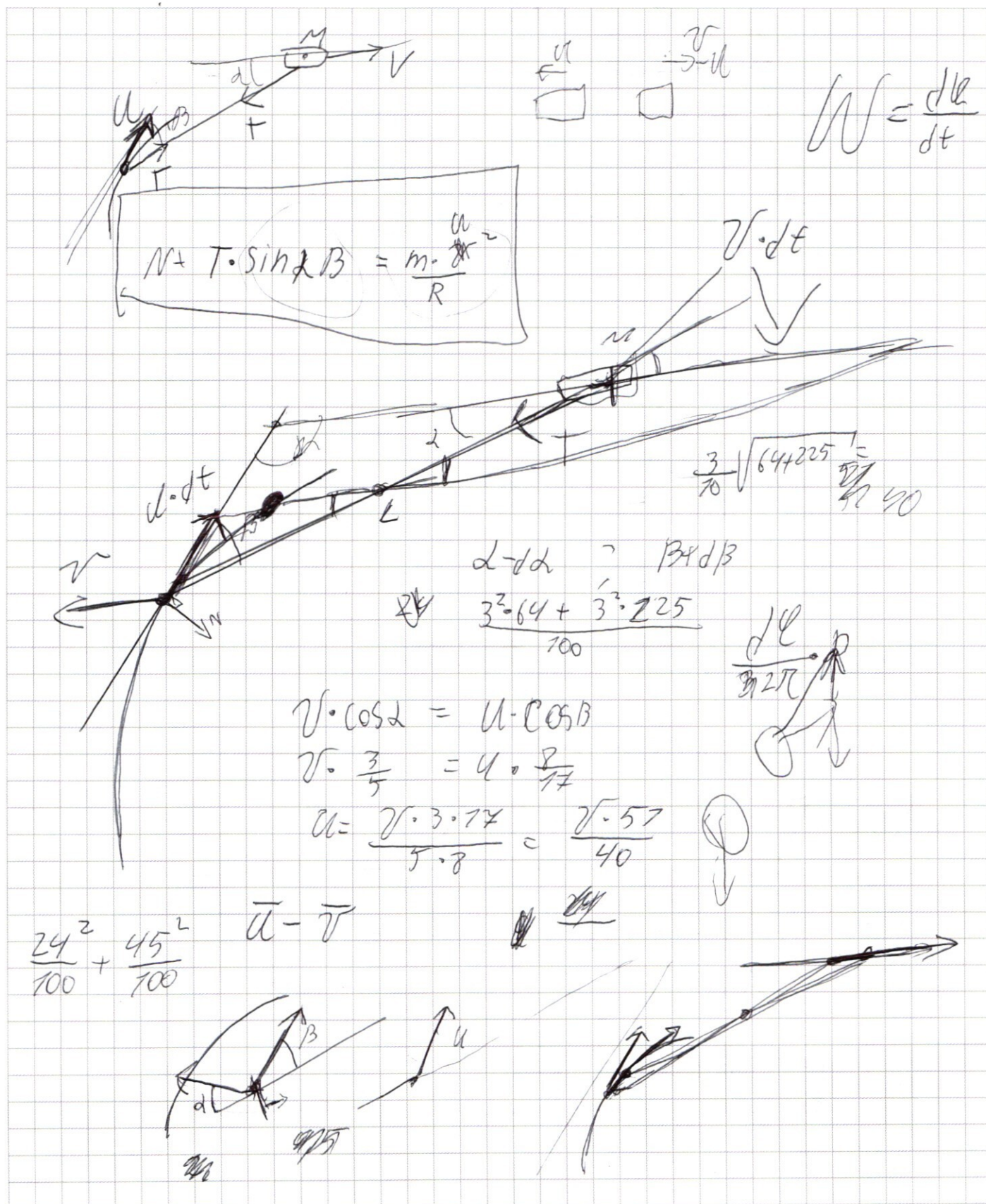
$\frac{5}{3}F$
 $\frac{5}{2}F$
 $\frac{5F^3}{2,5F} = \frac{3}{2}$

$6 \cdot 2,5 = \frac{15}{4} = 3,75$
 $\frac{28}{15} = \frac{8 \cdot 2 \cdot 3}{5 \cdot 5} =$



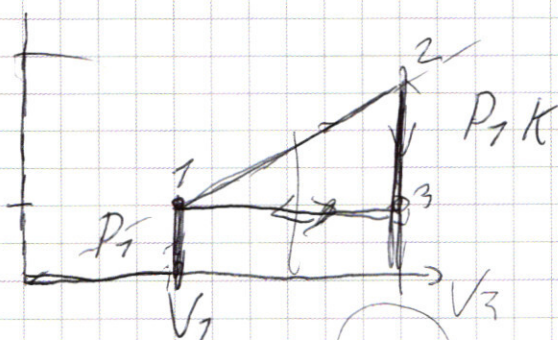
$\frac{u}{2v} = \frac{9}{4}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

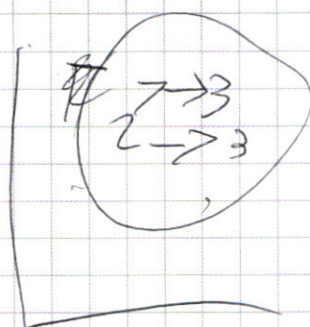


0.3

$P_1(K-1)$



K



$$V_3 - V_1 =$$

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_1 \cdot K \cdot V_1}{T_3} = \frac{P_1 \cdot K \cdot K \cdot V_1}{T_2} \quad V_1(K-1)$$

$$T_1 \cdot K = T_3 \Rightarrow T_3 > T_1 \quad T_3 - T_1 = T_1(K-1)$$

$$T_1 \cdot K^2 = T_3 \cdot K = T_2 \quad T_2 > T_3 \quad T_2 - T_3 = (K^2 - 1)T_1$$

$$Q = \Delta C_{v,23} \cdot \Delta T_{23} = \Delta C_{v,23} \cdot T_1(K-1) = \frac{3}{2} \Delta R \cdot T_1(K-1)$$

$$C_{v,23} = \frac{3}{2} R$$

$$V_3 - V_1 = V_1(K-1)$$

$$Q = \Delta C_{v,31} \cdot \Delta T_{31} = \Delta C_{v,31} \cdot T_1(K-1) = \frac{3}{2} \Delta R \cdot T_1(K-1) - P_1 \cdot \Delta V_{31}$$

$$= \frac{3}{2} \Delta R T_1(K-1) - P_1 V_1(K-1) \quad \Delta T_{31} = T_1(K-1)$$

$$\Delta C_{v,31} T_1 = \frac{3}{2} \Delta R T_1 - \Delta R T_1 = \frac{1}{2} R$$

$$A = \frac{P_1 + P_1 \cdot K}{2} \cdot (V_3 - V_1) = \frac{P_1(1+K)}{2} \cdot V_1(K-1) =$$

$$\frac{P_1(K^2-1)V_1}{2} + \frac{3}{2} \Delta R T_1(K-1) = Q$$

$$\frac{1}{2} + \frac{3}{2} = \frac{4}{2} = 2$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{(K^2-1) \left(\frac{P_1 V_1}{2} + \frac{3}{2} \Delta R T_1 \right)}{(K^2-1) \frac{P_1 V_1}{2}} = \frac{\frac{1}{2} + \frac{3}{2}}{\frac{1}{2}} = 4$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\left(\frac{3}{5}\right)$ $\frac{q}{26}$ $5:40 = \frac{4}{5}$ 200 70 7 4.832

$174 + 15 = 27 + 5 = 289$ 200 70 289 $U = \frac{q}{C}$

$W_C = \frac{C \cdot U^2}{2}$

L $\mathcal{E}_L = -L \cdot I' = -L \frac{dI}{dt}$

$75 \mathcal{E} + \frac{q}{C} + \mathcal{E}_L = \mathcal{E} + U - L \frac{dI}{dt}$

$\mathcal{E} = U - L \frac{dI}{dt}$

$289 - 64 = 225$

$(K+1) \left(\frac{1}{K-1} \right)'$ 719 740 289

$(K+1)$

$(K-1) \frac{1}{(K+1)}$ $(K-1) \cdot (K+1)^{-2}$

$\left(\frac{1}{K+2} \right) \left(1 - \frac{K-1}{K+1} \right) =$

$K+1 = K-1$

π_1

$$v_1 = 0,2d$$

$$0,2d = v_1 \cdot t - \frac{at^2}{2}$$

$$F = qVB$$

$$q = \frac{E}{m} = \frac{qE}{m} = \gamma \cdot E$$

$$u = \frac{q}{C}$$

$$q d = v_1 \cdot t - \frac{\gamma E t^2}{2}$$

$$E = ? \quad \frac{q}{C} = \frac{q d}{C}$$

$$-Q \quad +Q \quad 0,8$$

$$Q = \frac{q E t}{m}$$

$$Q = A = q d$$

$$15 \cdot 4 = 60$$

$$0,2d = 0,8d$$

$$0,8d - \frac{\gamma E t^2}{2} + v_1 t - 0,8d = 0$$

$$Q = \gamma m E$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$Q = q E$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 2 \gamma E$$

$$v_1 = t \cdot \gamma E$$

$$\frac{v_1}{\gamma E} = t$$

$$\frac{v_1^2}{\gamma E} - \frac{\gamma E \cdot v_1^2}{2 \gamma E} = v_1^2 \left(\frac{1}{\gamma E} - \frac{1}{2 \gamma E} \right) = \frac{v_1^2}{2 \gamma E}$$

$$\frac{v_1^2}{\gamma E} = d$$

$$\frac{m \cdot C}{\gamma E}$$

$$K \frac{q Q}{r^2}$$

$$E =$$