

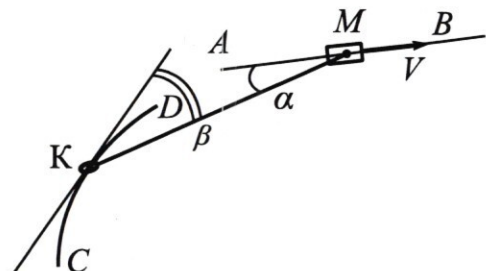
Олимпиада «Физтех» по физике, I

Вариант 11-03

Класс 11

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



1) Найти скорость кольца в этот момент.

2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.

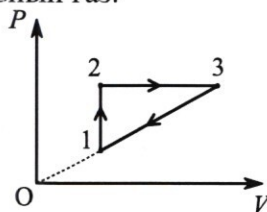
3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

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.

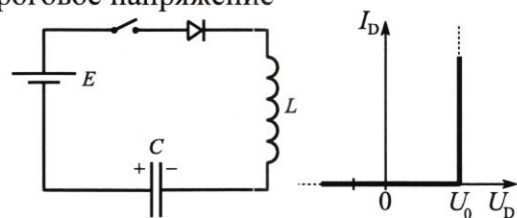
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки

$L = 0,1$ 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.

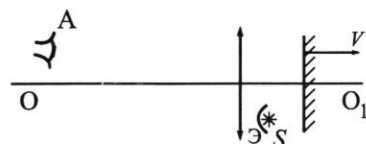


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ от линзы.

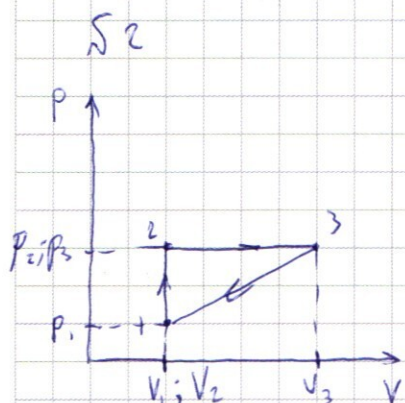
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



Рассмотрим процесс:

1-2: Изохорный ($V = \text{const}$; $V_1 = V_2$)

$$\Rightarrow \frac{P}{T} = \text{const} ; \text{Поскольку } P_2 > P_1 \Rightarrow T_2 > T_1$$

$$A_{12} = 0 ; \Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12} - \text{первое начало термодинамики для изохор. процесса.}$$

Пусть C_{12} - удельная теплоемкость газа в этом процессе (1-2)

2-3: Изобарный ($P = \text{const}$; $P_2 = P_3$)

$$\frac{V}{T} = \text{const} ; V_3 > V_2 \Rightarrow T_3 > T_2$$

$$A_{23} = P_2 \Delta V_{23}$$

C_{23} - удельная теплоемкость газа в процессе 2-3.

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} - \text{первое начало термодинамики:}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} - \text{для идеального одноат. газа.}$$

Из ~~уравнения~~ Мейер-Кемп имеем: $P_2 \Delta V_{23} = \nu R \Delta T_{23}$

$$\Rightarrow \Delta U_{23} = \frac{3}{2} P_2 \Delta V_{23}$$

$$\Rightarrow Q_{23} = P_2 \Delta V_{23} + \frac{3}{2} P_2 \Delta V_{23} = \frac{5}{2} P_2 \Delta V_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$3-1: Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} ; \frac{P}{T} = \text{const} ; P_1 < P_3 ; V_1 < V_3 \Rightarrow T_1 < T_3$$

1) Значит, температура увеличивается только в процессах 1-2 и 2-3 и $Q_{12} = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$ - для идеал. одноат. газа.

$$Q_{12} = C_{12} m \Delta T_{12} = C_{12} \nu \cdot M \Delta T_{12}$$

$$Q_{23} = C_{23} m \Delta T_{23} = C_{23} \nu \cdot M \Delta T_{23}$$

Отсюда следует, что отношение массовых теплоемкостей равно отношению удельных теплоемкостей (т.к. $\nu = \text{const}$; $m = \text{const}$)
 $M = \text{const}$.

$$\frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{C_{12}}{C_{23}} \cdot \frac{\Delta T_{12}}{\Delta T_{23}}$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{Q_{12}}{Q_{23}} \cdot \frac{\Delta T_{23}}{\Delta T_{12}}$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}}{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}} \cdot \frac{\Delta T_{23}}{\Delta T_{12}} = \frac{3}{5}$$

2) $\frac{\Delta U_{23}}{\Delta T_{23}}$ - отношение изменения внутр. энергии к разности температур в процессе {2-3} (изобарный)

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} p_2 \Delta V_{23}$$

$$\Delta T_{23} = p_2 \Delta V_{23}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta U_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{\frac{3}{2} p_2 \Delta V_{23}}{p_2 \Delta V_{23}} = \frac{3}{2}$$

3) $\eta = \frac{Q_n - Q_0}{Q_n} = 1 - \frac{Q_0}{Q_n}$ где Q_n - полученная кол-во теплоты

Q_0 - отданная кол-во теплоты

Q_n получает теплоту в процессах 1-2 и 2-3 и отдает ее в процессе 3-1.

$$Q_n = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{1}{2} \nu R (3 \Delta T_{12} + 5 \Delta T_{23})$$

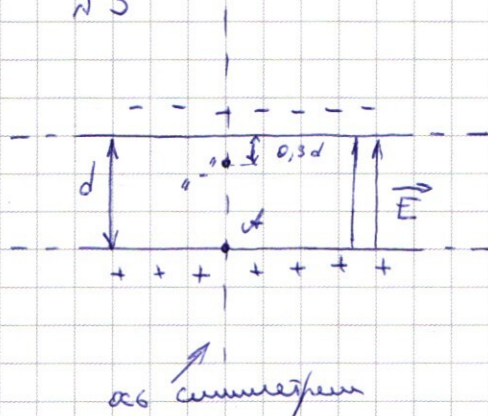
$$Q_0 = Q_{23}$$

Предельно возможный КПД (η) будет при максимальном значении дроби $\frac{Q_0}{Q_n}$.

Ответ: $\left. \begin{array}{l} 1) \frac{3}{5} \\ 2) \frac{3}{2} \end{array} \right\}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

З3



На катушку действует только одна
сила $F_3 = E|q|$, где E - напря-
женность поля конденсатора,
 q - заряд частицы. П.ч. поле ос
симметрично поле считать однородным,
то $E = \text{const} \Rightarrow F_3 = \text{const} \Rightarrow$

сила F_3 будет сообщать частице постоянное ускорение a_z .
Сила F_3 направлена к положительно заряженной пластине
и перпендикулярна ей. Значит, частица вылетит из конден-
сатора в точке А, находящейся на оси симметрии.

Из II закона Ньютона имеем:

$$F_3 = ma_z$$

$$E|q| = ma_z \Leftrightarrow E \frac{|q|}{m} = a_z, \text{ т.ч. } \frac{|q|}{m} = \gamma, \text{ то } E\gamma = a_z.$$

3) Чтобы частица находилась н/д пластинами, рассто-
яние от каждой из них должно быть $0,5d \Rightarrow$
расстояние между ними равно $S = 0,2d$. П.ч. $v_0 = 0$
(начальная скорость), то из кинематики имеем:

$$S = \frac{a_z T^2}{2} \Rightarrow 2S = a_z T^2 \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2S}{a_z}}, \text{ т.ч. } T > 0.$$

$$\text{Имеем: } T = \sqrt{\frac{0,4d}{a_z}}.$$

В момент времени, когда пластина вылетит из конденсатора, её скорость равна V_1 . П.к. $\Phi_0 = 0$ имеем,

* $V_1 = a_2 t_1$ где t_1 - время за время.

Пластина пройдёт путь $S_1 = 0,7d$:

$$S_1 = \frac{a_2 t_1^2}{2} \Leftrightarrow 2S_1 = a_2 t_1^2 \rightarrow a_2 = \frac{2S_1}{t_1^2} = \frac{1,4d}{t_1^2}$$

Из * имеем: $t_1 = \frac{V_1}{a_2}$

$$\Rightarrow a_2 = \frac{1,4d \cdot a_2^2}{V_1^2}$$

$$1 = \frac{1,4d \cdot a_2}{V_1^2} \Leftrightarrow a_2 = \frac{V_1^2}{1,4d}$$

Подставим в выражение для T :

$$T = \sqrt{\frac{0,4d \cdot 1,4}{V_1^2}} = \frac{d}{V_1} \sqrt{0,4 \cdot 1,4} = \frac{d}{V_1} \sqrt{0,56}$$

2) $Q = CU$ - заряд конденс. $U = Ed = \frac{a_2}{g} d$
 $U = \frac{V_1^2}{1,4g} d = \frac{V_1^2}{1,4g}$
 $Q = C \frac{V_1^2}{1,4g}$

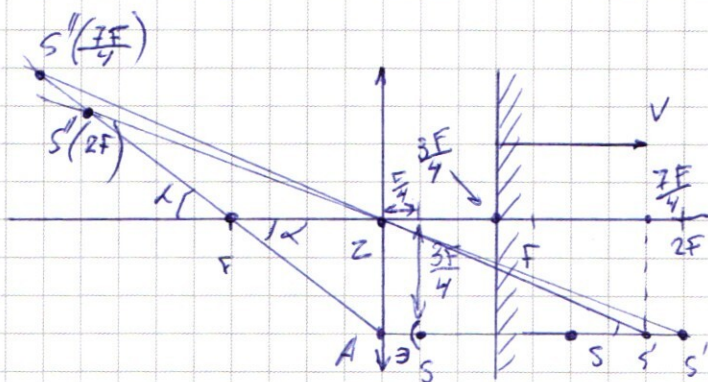
3) На основании закона сохранения энергии потенциал в поле E равен нулю. Значит, работа поля равна на увеличение кинет. энергии пластины
 $\Rightarrow$ на увеличение её скорости,

$$\frac{m V_1^2}{2} = A_{\text{пл}} + \frac{m V_2^2}{2}$$

Отсюда: 1) $\sqrt{0,56} \frac{d}{V_1}$
 2) $C \frac{V_1^2}{1,4g}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

55.



3) Построим изображение S в зеркале в данный момент, когда оно будет на расстоянии $S = \frac{3F}{4}$ (S' -изображение)

то же изъясняется из отношения от зеркала, а ~~прямая~~
~~от~~ от B' . Тогда заменим формулу точки u на u' .

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \text{ т.к. изображение будет действительным}$$

$\mathcal{F}$ - расчеты до узла $\mathcal{F}$, $\mathcal{d}$ - расчеты от узла $\mathcal{F}$ до $\mathcal{F}'$
отсюда.

$$d = \frac{3F}{4} + \left(\frac{3F}{4} - \frac{F}{4} \right) = \frac{5F}{4}$$

Beeren

$$\frac{1}{F} = \frac{1.4}{5F} + \frac{1}{5} \Rightarrow f = 5F.$$

2) S' будет гравитация в зеркале со скоростью $2V$, так как
материю световых лучей не гравитирует в зеркале, а S' ,
излучение от которого идет не прекращается.

Проверим изображение S' (когда S' находится в $\frac{ZF}{4}$ и в $2F$)
Заметим, что все изображение получается на FA .

Это значит, что угол α - известен:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{ZA}{FZ} = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4} \Rightarrow \alpha = \arctg \frac{3}{4}$$

Ответ: 1) $5F$
2) $\arctg \frac{3}{4}$

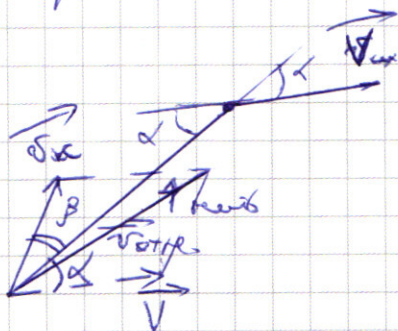
51.

- 1) Ш.к. шурта и канюга создают нитю (неизвестно) и трекан у канюга лет, зтолит проежение сфертей шурте и канюга на нить генералы:

$$V_k \cos \beta = V \cos \alpha \Rightarrow V_k = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$V_k = \frac{34 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 8} = 50 \text{ см/с}$$

- 2) Шурт шурта - ПСО, тогда по закону сложения скоростей:



$$V_{отн} = \sqrt{V_k^2 + V^2 - 2V_k V \cos(180^\circ - (\alpha + \beta))}$$

$$V_{отн} = \sqrt{V_k^2 + V^2 + 2V_k V \cos(\alpha + \beta)}$$

Ответ: 1) 50 см/с

2) $V_{отн} = \sqrt{V_k^2 + V^2 + 2V_k V \cos(\alpha + \beta)}$, где $V_k = 50 \text{ см/с}$
 $V = 34 \text{ см/с}$

55 (продолжение)

- 3) Изобретение сетки для движения по прямой FA равномерно и постоянно не разлет до точки F.

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

52 (программа)

$$Q = \frac{\cancel{R} \Delta T_{12} \cdot \cancel{R} \Delta T_{23}}{\cancel{R} T_1} = \frac{\cancel{R} (T_3 - T_2)(T_2 - T_1)}{T_2}$$

$$\eta = \frac{\cancel{R} \Delta T_{23} \Delta T_{12}}{T_2 \cdot \frac{1}{2} \cancel{R} (3 \Delta T_{12} + 5 \Delta T_{23})}$$

$$\eta = \frac{\Delta T_{23} \Delta T_{12}}{3 \Delta T_{12} T_2 + 5 \Delta T_{23} T_1}$$

$$Q_{31} = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cancel{R} \Delta T_{31} - \Delta V_{23}$$

$$\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H}$$

$$p_1 + p_2 = \frac{\cancel{R} T_1}{V_1} + \frac{\cancel{R} T_2}{V_1}$$

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

$$\frac{\cancel{R}}{V_1} (T_1 + T_2) \cdot - \Delta V_{23}$$

$$\frac{\cancel{R}}{V_1} (T_1 + T_2) \cdot \frac{-\cancel{R} \Delta T_{23}}{p_2}$$

$$\frac{-\cancel{R} (T_1 + T_2) \cancel{R} \Delta T_{23}}{\cancel{R} T_2} = \eta \frac{\cancel{R} \Delta T_{23} (T_1 + T_2)}{\frac{1}{2} \cancel{R} T_2 (3 \Delta T_{12} + 5 \Delta T_{23})}$$

53



а) По условию действует равно
действующая сила $F_g = E q$, которая
создает ускорение a_z

По 23И: $F_g = m a_z$

$$E q = m a_z$$

$$E \frac{q}{m} = a_z$$

$$E_y = a_z. E = \text{const} \Rightarrow a_z = \text{const}$$

1) Поле известно $0,7d$
известна начальная скорость V_1

Ищем:

$$\begin{aligned} 0,7d &= \frac{a_z t_1^2}{2} \\ V_1 &= a_z t_1 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{т.к. } V_0 = 0.$$

Ищем:

$$\sqrt{\frac{1,4d}{a_z}} = t_1 \Rightarrow V_1 = a_z \sqrt{\frac{1,4d}{a_z}}$$

$$V_1^2 = a_z^2 \frac{1,4d}{a_z} \Rightarrow a_z = \frac{V_1^2}{1,4d}$$

$$\frac{1,4}{0,56} = 2,5$$

Итак, известна оказавшаяся на границе пластины
для данного пути $0,2d$.

$$0,2d = \frac{a_z T^2}{2} \Rightarrow 0,4d = a_z T^2$$

$$T = \sqrt{\frac{0,4d}{a_z}} = \sqrt{\frac{0,4d \cdot 1,4d}{V_1^2}}$$

$$T = \frac{d}{V_1} \sqrt{0,4 \cdot 1,4} = \sqrt{56} \frac{d}{V_1}$$

Ответ: 1) $T = \sqrt{56} \frac{d}{V_1}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $Q = CU = CED$; $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon \pi R^2}{d}$

$$E = \frac{a_2}{r} = \frac{V_1^2}{1,4 d r}$$

$$Q = C \cdot \frac{V_1^2}{1,4 d r} \cdot d = \frac{\epsilon_0 \epsilon \cdot S \cdot V_1^2}{1,4 d r} = C \frac{V_1^2}{1,4 r}$$

3) Напряжение на конденсаторе $= U = ED$.
Получающаяся конденсаторная поверхность
по формуле $Q = CU$. На конденсаторе
получается напряжение $U = 0$. $\Rightarrow$

~~$$Q = CU = CED$$~~

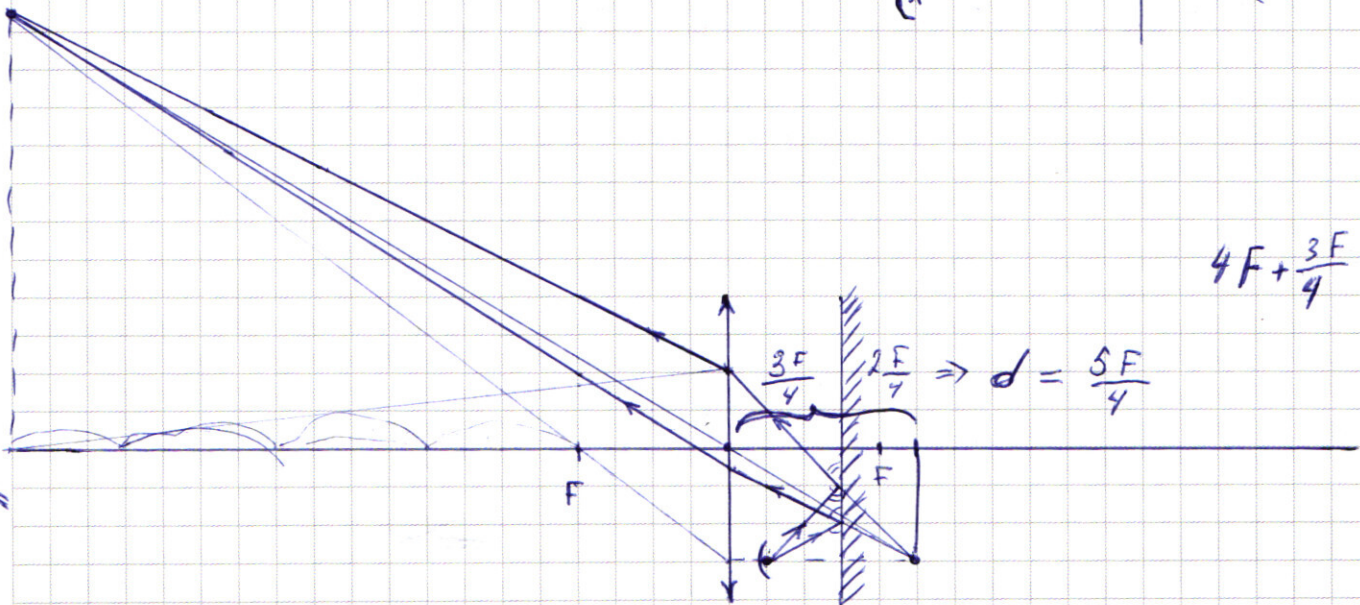
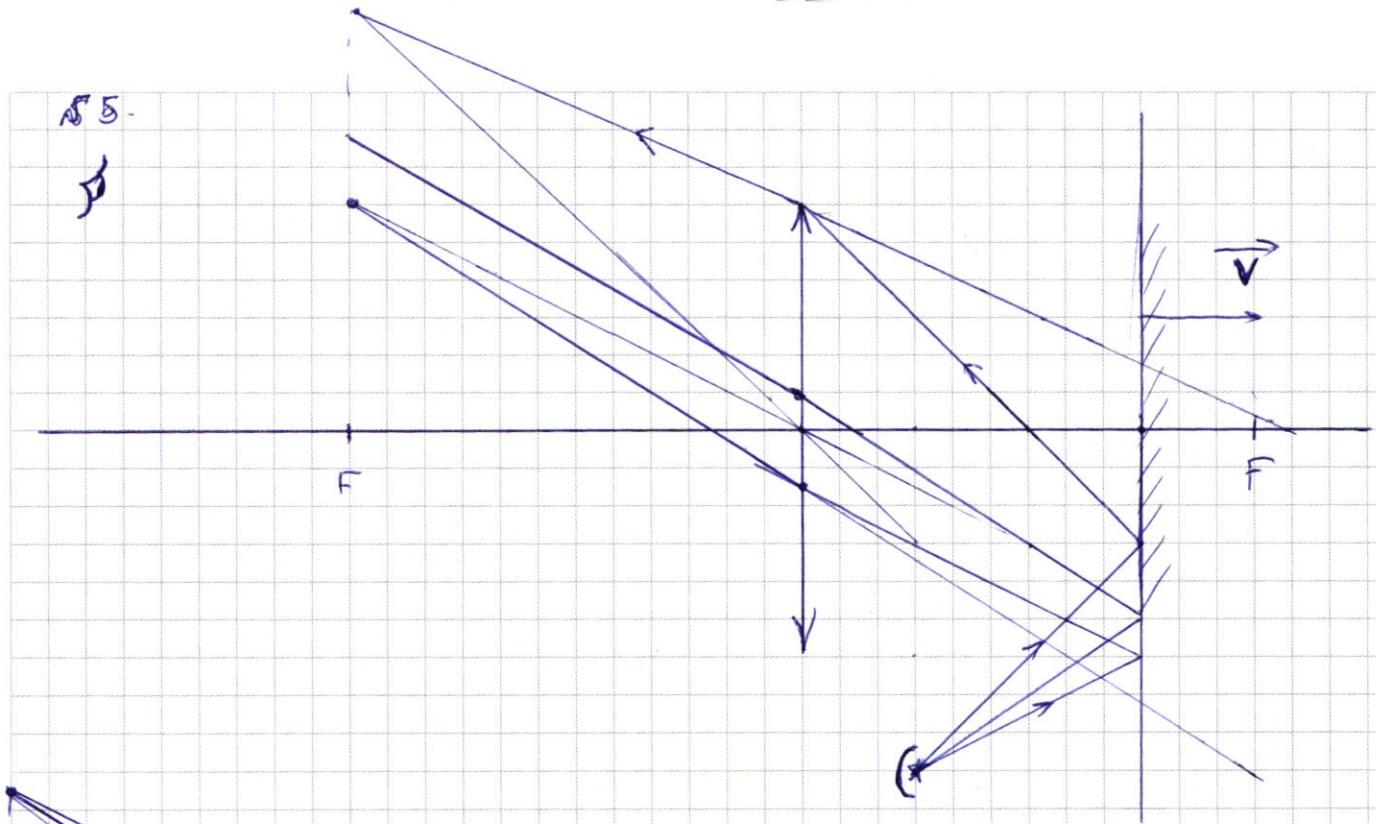
$$U = U_g = \boxed{Edg}$$

$$\frac{kg}{r^2}$$

Q

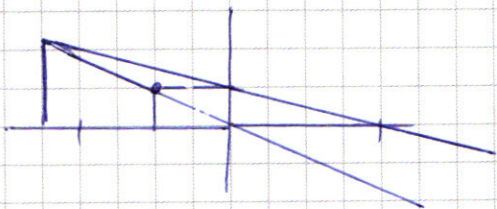
85.

Д



$$4F + \frac{3F}{4}$$

$$\frac{3F}{4} + \frac{2F}{4} \Rightarrow d = \frac{5F}{4}$$



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

до переднего до заднего до центра

$$1) \frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{5F}$$

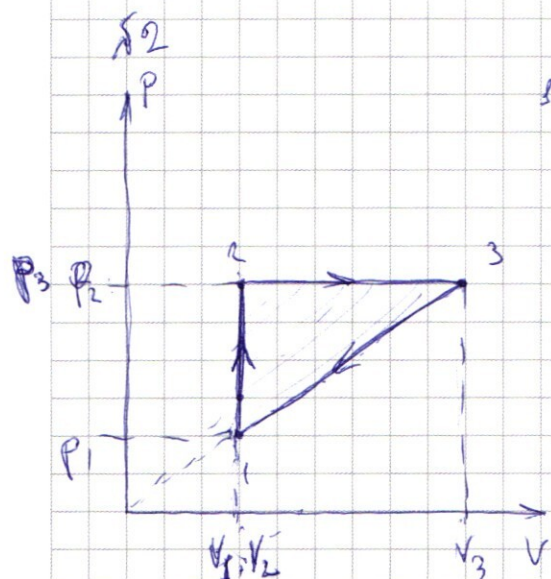
$$\frac{5}{5F} - \frac{4}{5F} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{F} - \frac{4}{5F} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{5F} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 5F$$

Ответ: 1) 5F

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1-2: \frac{P}{T} = \text{const} \quad P \uparrow \Rightarrow T \uparrow \quad ; C_{12}$$

$$2-3: \frac{V}{T} = \text{const} \quad V \uparrow \Rightarrow T \uparrow \quad ; C_{23}$$

$$3-1: \frac{PV}{T} = \text{const} \quad P \downarrow, V \downarrow \Rightarrow T \downarrow ; C_{31}$$

$$C \propto T$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}}$$

$$1) Q_{12} = C_{12} m \Delta T_{12} = C_{12} \nu \cdot M \Delta T_{12}$$

$$Q_{23} = C_{23} m \Delta T_{23} = C_{23} \nu \cdot M \Delta T_{23}$$

Значит; измеряя температуры поверхности можно отнашение

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} \Rightarrow \frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{C_{12} \Delta T_{12}}{C_{23} \Delta T_{23}} \Rightarrow \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{Q_{12}}{Q_{23}} \cdot \frac{\Delta T_{23}}{\Delta T_{12}}$$

$$1-2: \text{изохорический} \Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12}$$

$$\Delta T_{12} = 0 \quad \boxed{Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}}$$

$$2-3: \text{изобарический} \Rightarrow Q_{23} = \Delta U_{23} + \Delta A_{23}$$

$$\Delta A_{23} = p \Delta V = p (V_3 - V_2)$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$\Rightarrow \boxed{Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}}$$

Выберем

$$P \Delta V = \nu R \Delta T_{23}$$

$$P(V_3 - V_2) = \nu R \Delta T_{23}$$

$$\Rightarrow \Delta A_{23} = \nu R \Delta T_{23}$$

Ищем:

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{Q_{12}}{Q_{23}} \cdot \frac{\Delta T_{23}}{\Delta T_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \cancel{R} \Delta T_{12}}{\frac{5}{2} \cancel{R} \Delta T_{23}} \cdot \frac{\Delta T_{23}}{\cancel{\Delta T_{12}}} = \frac{3}{5}$$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$.

$$2) \frac{\Delta T_{23}}{\Delta T_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \cancel{R} \Delta T_{12}}{\cancel{R} \Delta T_{23}} = \frac{3}{2}$$

Ответ: 2) $\frac{3}{2}$

3) $\eta = \frac{A}{Q_n}$ где A — работа газа
 Q_n — количество теплоты, полученное газом.

$$Q_n = Q_1 + Q_{23} ; \text{ т.е. } Q_{31} < 0$$

$$Q_n = \frac{3}{2} \cancel{R} \Delta T_{12} + \frac{5}{2} \cancel{R} \Delta T_{23} = \frac{1}{2} \cancel{R} (3 \Delta T_{12} + 5 \Delta T_{23})$$

$$Q_n = \frac{1}{2} \cancel{R} (3 \Delta T_{12} + 5 \Delta T_{23})$$

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

$$A = \Delta p_{12} \Delta V_{23}$$

$$A = \frac{\cancel{p_2} \cancel{V_1} \Delta p_{12} \Delta V_{23}}{\cancel{p_2} \cancel{V_1}}$$

(как изобразить pV)

$$\begin{aligned} \Delta p_{12} \frac{\cancel{R} \Delta T_{12}}{\cancel{V_1}} & \Delta p_{12} V_1 = \cancel{R} \Delta T_{12} \\ \Delta V_{23} \frac{\cancel{R} \Delta T_{23}}{\cancel{p_2}} & \cancel{p_2} \Delta V_{23} = \cancel{R} \Delta T_{23} \\ p_2 V_1 & = \cancel{R} T_1 \end{aligned}$$

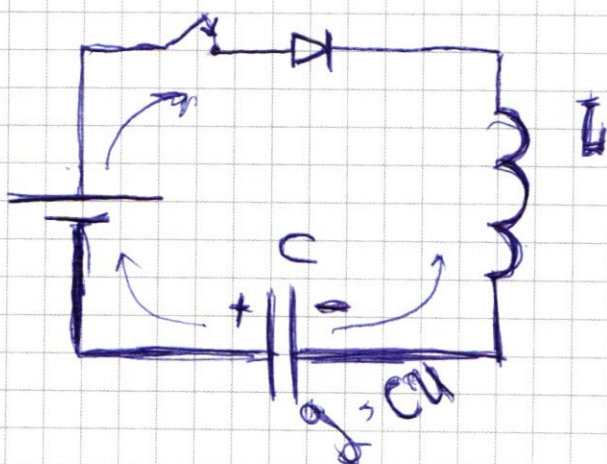
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$T_2 (3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2) = (5T_3 - 2T_2 - 3T_1)T_2$$

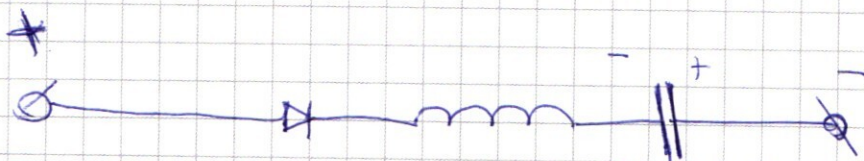
$$5T_3T_2 - 2T_2^2 - 3T_1T_2$$

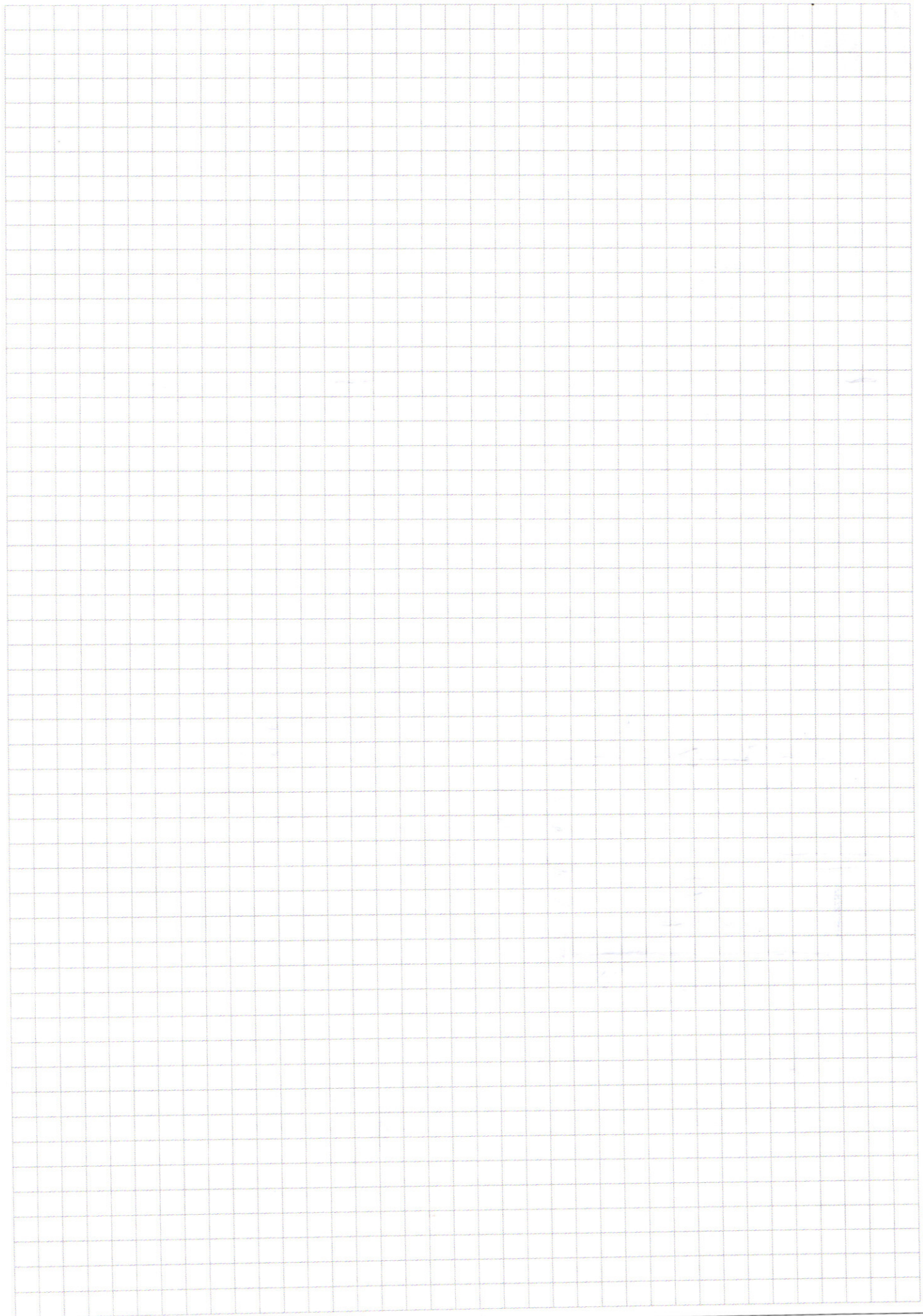
$$T_3T_2 - T_2^2 - T_3T_1 + T_1T_2$$



$$I = q'(t)$$

$$U_{\text{тока}} = I'(t)$$

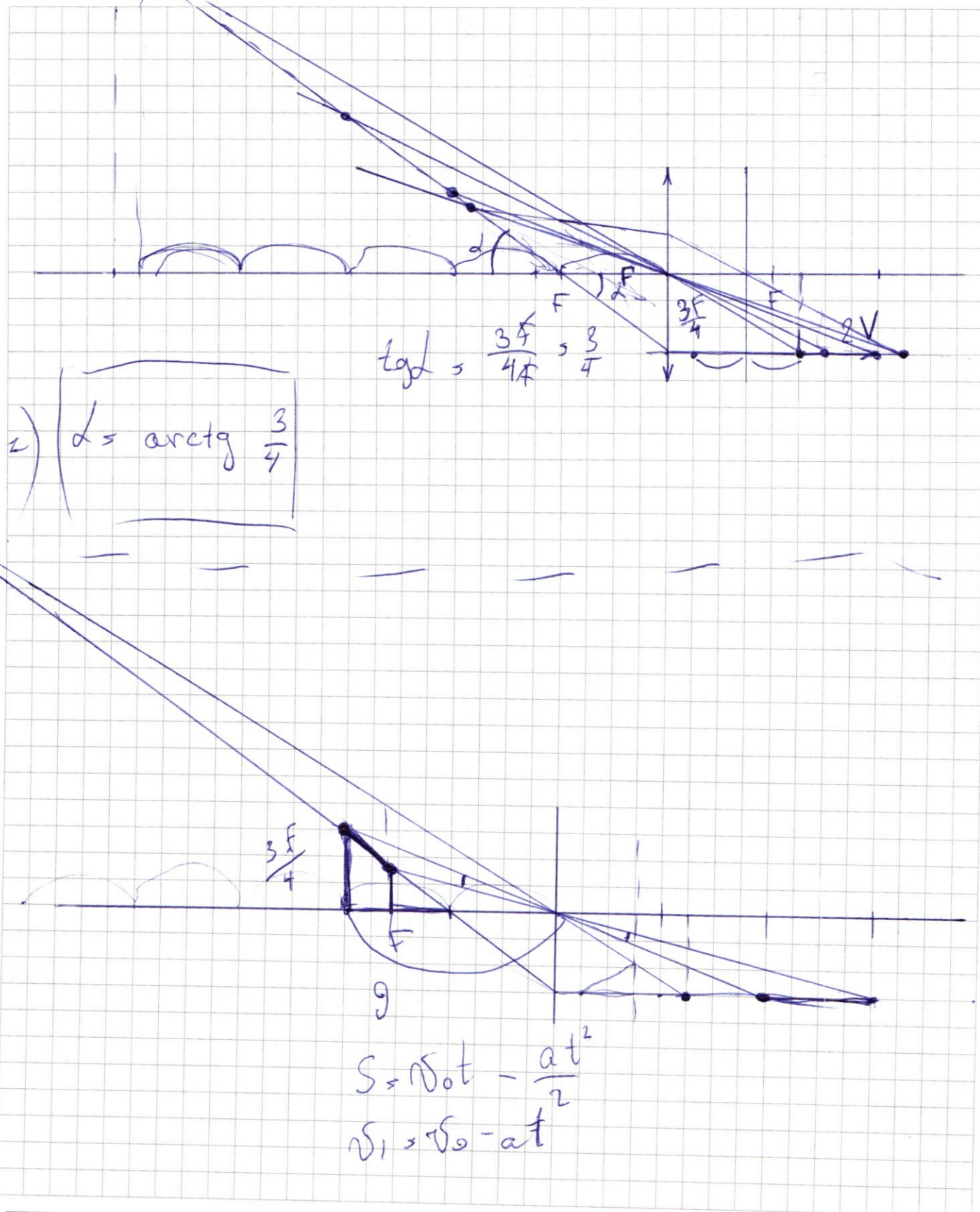




☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

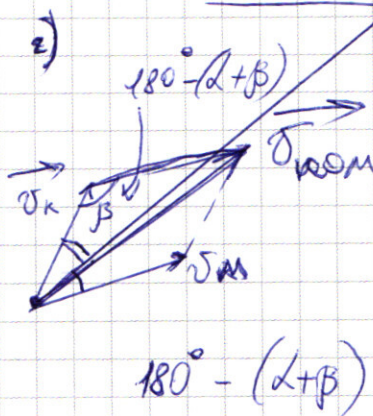
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



[illegible]

mq

$$b) \quad \sigma_K = \sigma_m \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$



$$\sigma_{\text{sum}} = \sqrt{\sigma_n^2 + \sigma_w^2 - 2\sigma_n\sigma_w \cdot (-\cos(\alpha+\beta))}$$

$$V_{\text{RMS}}^2 = V_R^2 + V_M^2 + 2V_R V_M \cos(\alpha + \beta)$$

~~25007~~