

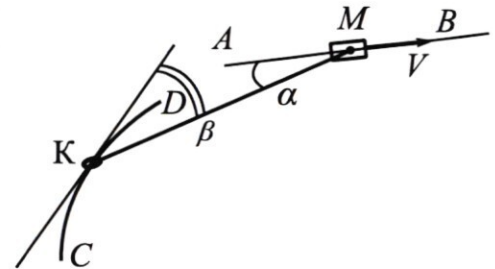
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

Вариант 11-01

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

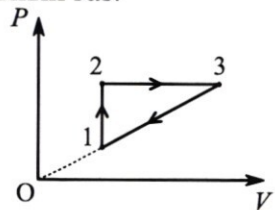
1. Муфту M двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной 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

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

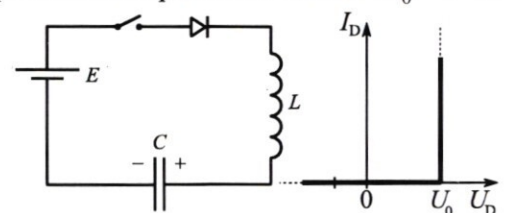
- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

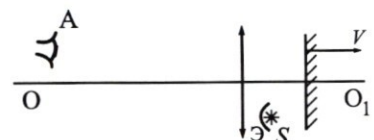
Ключ замыкают.

- 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

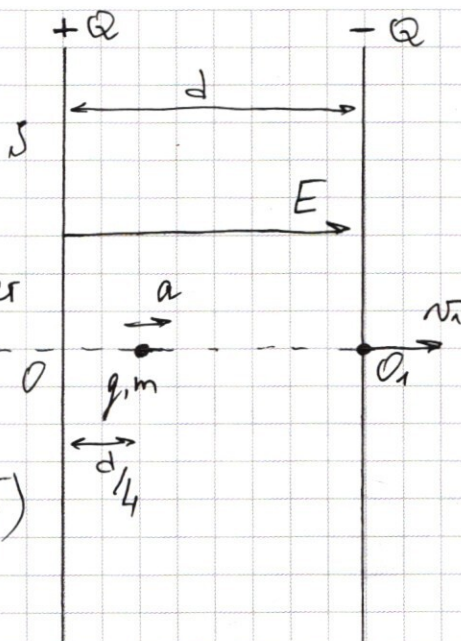
Задача №3.

$$d, 0,25d$$

$$T, \gamma = \frac{q}{m}$$

$$V_1 - ? Q - ? V_2 - ?$$

1) Заряд движется
по прямой OO_1
м.к. На него действует
сила $F = Eq$ в
этом направлении
(он положительный)



2) $F = Eq = ma$ вызвана
 $E = \frac{Q}{S\epsilon_0}$ — поле конденсатора

3) кинематика: $\begin{cases} V_1 = aT \\ d = \frac{d}{4} + \frac{aT^2}{2} \end{cases} \rightarrow \frac{3d}{4} = \frac{V_1 \cdot T}{2}$
$$V_1 = \frac{3d}{2T}$$

4) $\begin{cases} Eq = ma \\ a = \frac{3d}{2T^2} \end{cases} \rightarrow \frac{Q}{S\epsilon_0} \cdot \gamma = \frac{3d}{2T^2} \rightarrow Q = \frac{3dS\epsilon_0}{2T^2\gamma}$

5) когда тело находится в точке O_1 , оно
имеет $E = \frac{mV_1^2}{2}$ и $E_n = \varphi \cdot q$, где $\varphi = Ed$ —
потенциал левой пластины. После вылета
из конденсатора поле перестает разгонять
заряд $\Rightarrow \frac{mV_1^2}{2} + Edq = \frac{mV_2^2}{2}$

$$V_1^2 + 2Ed\gamma = V_2^2$$

$$V_2^2 = \left(\frac{3d}{2T}\right)^2 + 2 \cdot \frac{Qd\gamma}{S\epsilon_0} = V_2^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Значит, $\alpha = \arctg \frac{3}{4}$.

3) Возьмем и рассмотрим проекцию на ось GOO .

Из ф-лы энергии $\frac{\dot{f}}{\dot{d}} = \left(\frac{f}{d}\right)^2 = 4$, значит $v_x = 4v$

в нашем случае. Заметим, что v_x - проекция

скорости на прямую, угол с которой α ,

Значит $\frac{v_x}{v_{\text{полн.}}} = \cos \alpha$. $\lg \alpha = \frac{3}{4}$, $1 + \lg^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{25}{16} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow v_{\text{полн.}} = \frac{4v}{\frac{4}{5}} =$$

$$= \boxed{5v}$$

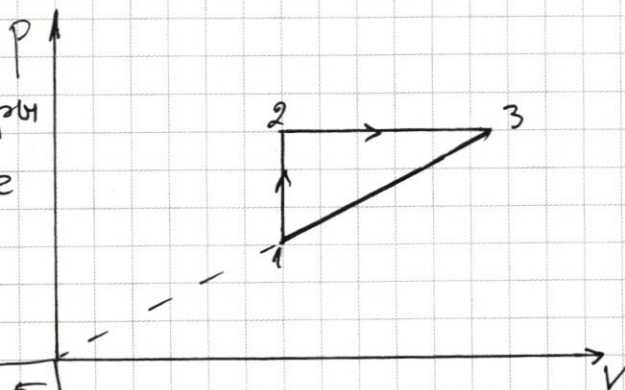
Ответ: $3F$, $\arctg \frac{3}{4}$, $5v$.

Задача 12.

1) Повышение температуры происходит на изобаре 2-3 и изохоре 1-2.

Теплоемкости мы

знаем: $\frac{C_p}{C_v} = \frac{5R \cdot 2}{2 \cdot 3R} = \boxed{\frac{5}{3}}$



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

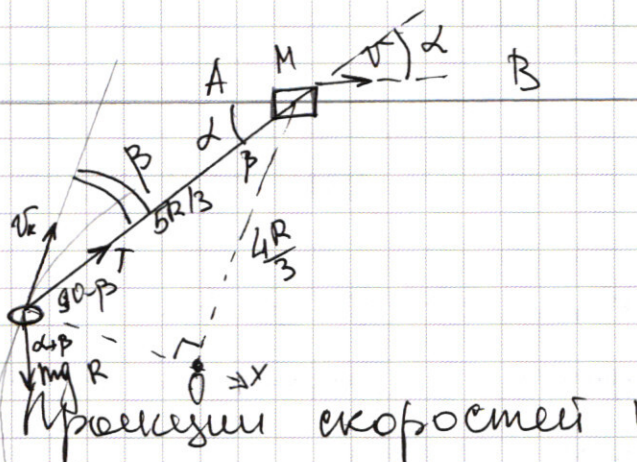
Отсюда

$$\frac{Q_{23}}{A} = \boxed{\frac{5}{2}}$$

Ответ: $\frac{5}{3}$, $\frac{5}{2}$.

Задача №1.

- 1) Конусо движется по окружности, значит его скорость направлена по касательной.



Проекция скорости на нить равна м.к. она перпендикулярна.

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

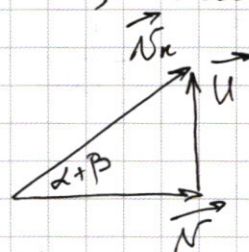
$$v_k = \frac{68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = \boxed{75 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

- 2) По закону сложения скоростей, считая мургу неподвижной, $\vec{u} = \vec{v}_k - \vec{v}$

$$|u| = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \cos(\alpha + \beta)}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta =$$

$$= \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{60 - 24}{17 \cdot 5} = \frac{36}{17 \cdot 5}$$



$$|u| = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \frac{36}{17 \cdot 5}} \approx 78 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$3) O_x: T \cdot \cos(90 - \beta) + mg \cos(\alpha + \beta) = m \frac{v_k^2}{R}$$

$$T \cdot \sin \beta + mg \cos(\alpha + \beta) = m \frac{v_k^2}{R}$$

$$T = \frac{m v_k^2}{R \sin \beta} - mg \cos(\alpha + \beta)$$

$$T = \frac{0,1 \cdot 75^2}{1,9 \cdot \frac{3}{5}} - 0,1 \cdot 10 \cdot \frac{36}{17 \cdot 5} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1.

Чистовик стр. 5

1) Кирхгоф:

$$\mathcal{E} = U_{\text{двиг}} + U_L + U_C$$

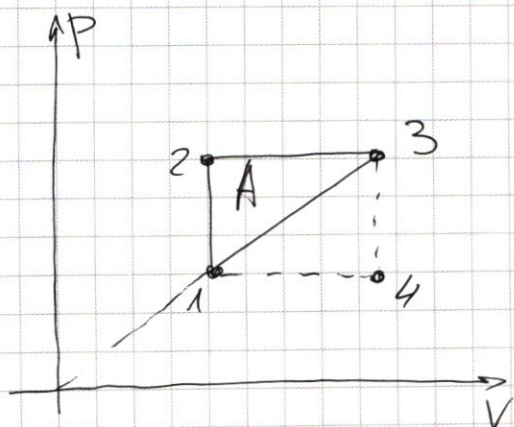
Когда только замкнули, заряд конденсатора C не изменился $\rightarrow$
 $\rightarrow$ напряжение тоже.

$$\mathcal{E} = U_0 + L \dot{I} + U_1 \rightarrow \dot{I} = \frac{\mathcal{E} - U_0 - U_1}{L},$$

$$\dot{I} = \boxed{30 \frac{\text{A}}{\text{C}}}.$$

2) $I - \max \rightarrow \dot{I} = 0 \rightarrow \mathcal{E}_i = 0$

Задача №2 (продолжение)



3) Запомним, что $\eta - \max$,
когда $\max A$. $A = A_{23} - A_{31} \rightarrow$
 $\rightarrow A_{31}$ как можно меньше.

$\rightarrow$ когда т. 1 и 4 лежат
на оси, $A_{31} - \min$, $A_{31} = A$,

н.к. 1234 - идеал.

$$A = A_{23} - A$$

$$2A = A_{23}$$

$$\eta = 50\%.$$

Задача 4 (продолжение)

$$2) \quad y - \max \rightarrow \dot{y} = 0 \rightarrow E_i = 0 \rightarrow$$

$$E = U_D + U_C$$

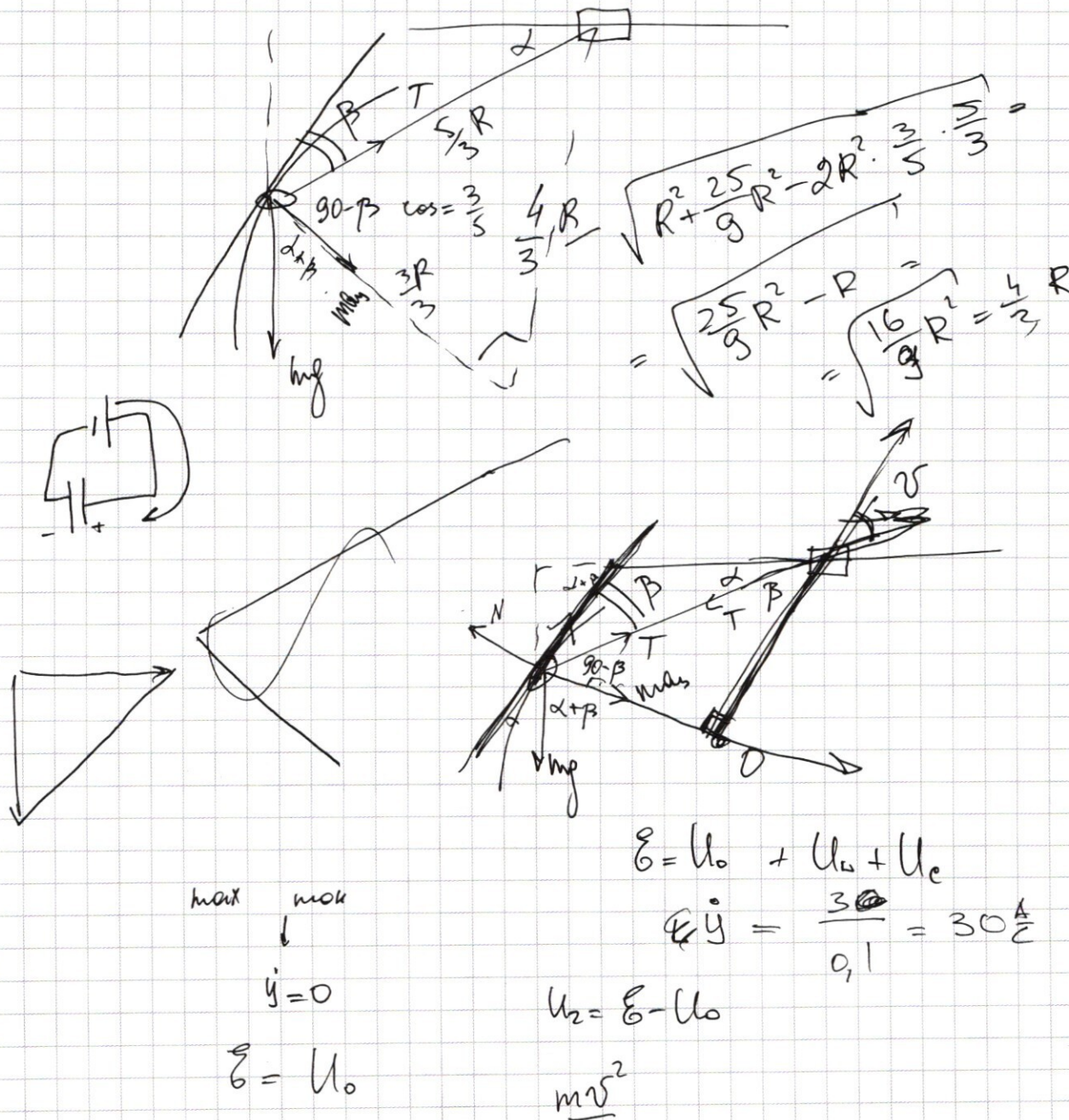
$$3) \quad \text{Уст. режим} \rightarrow y = 0, \dot{y} = 0$$

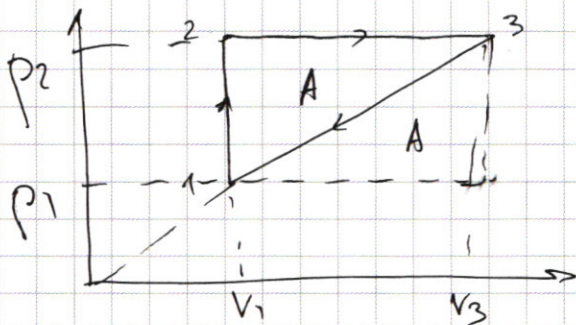
$$E = U_D + U_C$$

$$U_C = \boxed{8 \text{ В}}$$

Ответ: $30 \frac{\text{А}}{\text{с}}, \dots, 8 \text{ В}.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$$12: A_{12} = 0, Q_{12}$$

$$23: A_{23} = \frac{2}{5} Q_{23} = p_2 \Delta V_{23}$$

$$Q_{31}: A_{31} = \frac{(p_2 + p_1)(V_3 - V_1)}{2}$$

$$\Delta Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$\underline{p_2 V_3} - \underline{p_2 V_1} + p_1 V_3 - p_1 V_1 (V_3 - V_1) \cdot p_2 = \frac{2}{5} Q_{23}$$

$$\frac{2}{5} Q_{23}$$

$$p_2 V_2 = p_3 V_1 + p_1 V_2 - p_1 V_1$$

$$V_3 p_2 - p_2 V_1$$

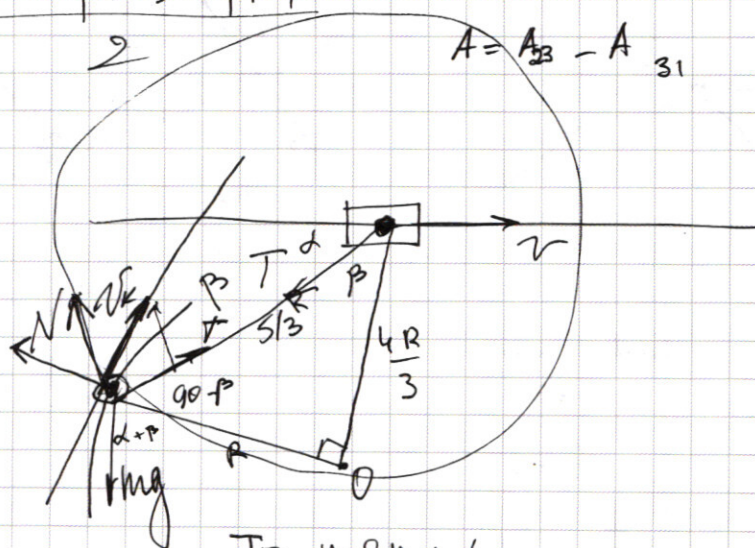
$$\underbrace{p_1 V_3 - p_1 V_1}_{p_2 V_1 - p_1 V_1} =$$

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

$$\frac{2}{5} Q_{23}$$

$$+ p_1 V_3 - p_1 V_1$$

$$\frac{3}{2} p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_2 V_3$$



$$\begin{array}{r} 75:19 \\ 65 \\ \hline 5,5 \end{array}$$

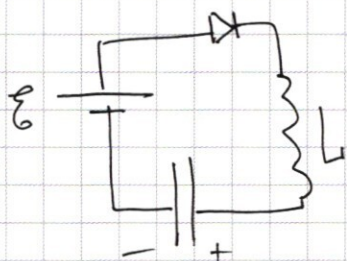
$$\begin{array}{r} 75 \\ \times 55 \\ \hline 375 \\ 1375 \\ \hline 4125 \end{array}$$

$$T = \max 4$$

$$72:17 \approx 4 \quad 5 =$$

$$\frac{412 - 4}{3} =$$

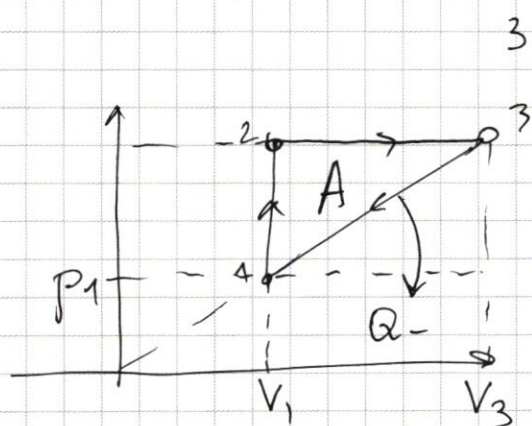
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\varepsilon = U_D + U_L + U_c$$

$$g = 1 + 5 + U_L \quad \eta =$$

$$\frac{Q_{12} + Q_{23}}{Q_{12} + Q_{23} - A}$$



$$\eta = 1 - \frac{Q_-}{Q_+} = \frac{A}{Q_+}$$

$$\frac{A}{Q_{12} + Q_{23} - A - Q_{12} - \frac{3}{5} Q_{23}}$$

$$1 = Q_- + A = Q_+$$

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

$$Q_- = \Delta U_{31} + A_{31}$$

$$p_1 V_3 = p_2 V_1$$

$$\frac{-A - Q_{12} + \frac{3}{5} Q_{23}}{Q_{12} + Q_{23}}$$

$\frac{3}{2} \nu R$

$\frac{3}{2} \nu R$

$$A_{31} = A + p_1 (V_3 - V_1) = A + p_2 V_1 - p_1 V_1 = A + \nu R (T_2 - T_1)$$

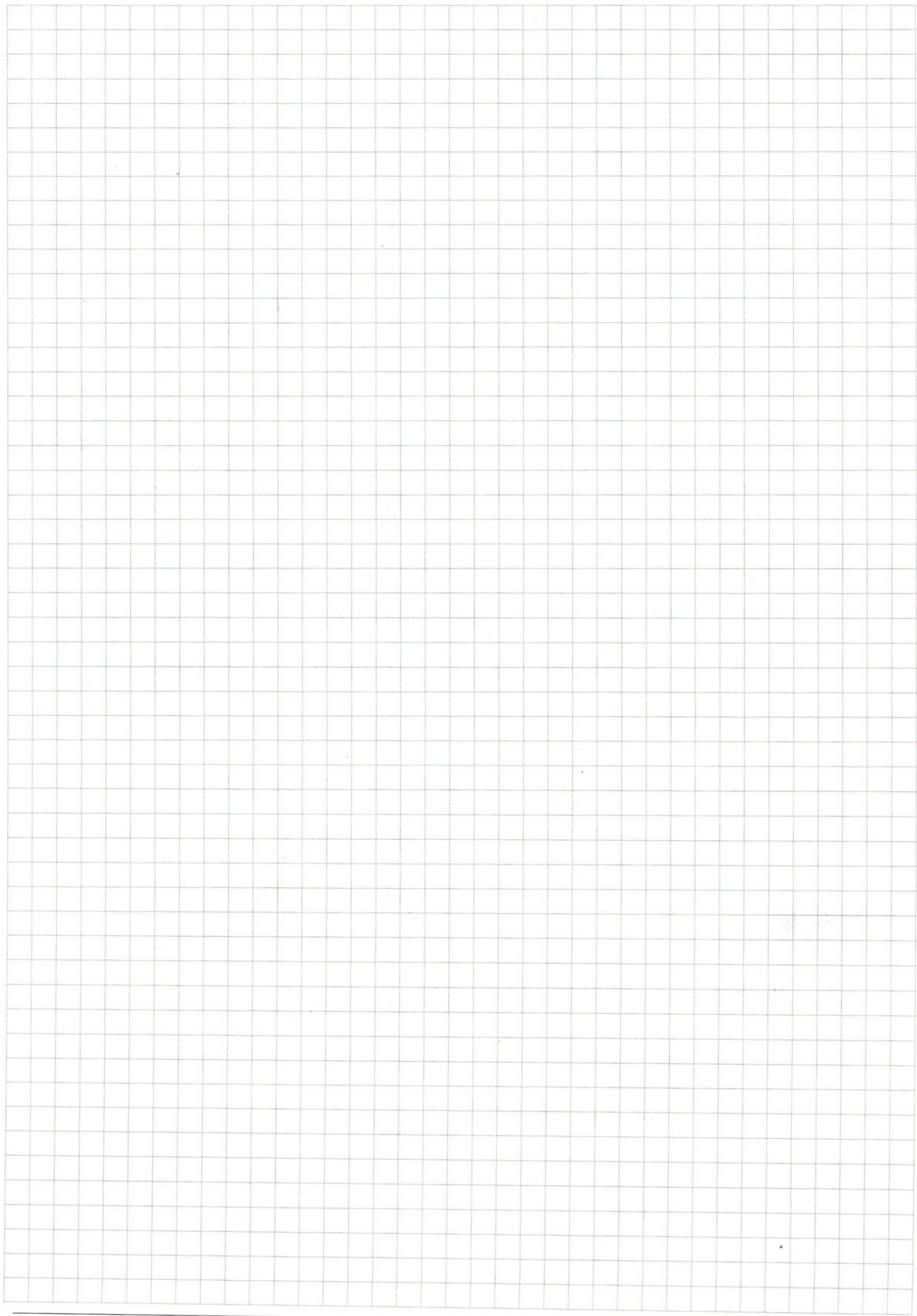
Q_{12}

$$A + \nu R (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = A_{31} = A + Q_{12}$$

$$= \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) \quad \Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1)$$

$$\Delta U_{31} = \Delta U_{12} - \Delta U_{23}$$

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



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten student work on grid paper, including physics diagrams, calculations, and mathematical derivations.

Top Left: A diagram of a particle moving along a curved path. Forces shown include tension T , normal force R , and gravity mg . The path is defined by $dx = v dt$. Calculations include: $4624 + 5625 = 10249$, $10249 \cdot 10 = 102490$, $102490 - 4320 = 98170$, $98170 / 5929 = 16.56$.

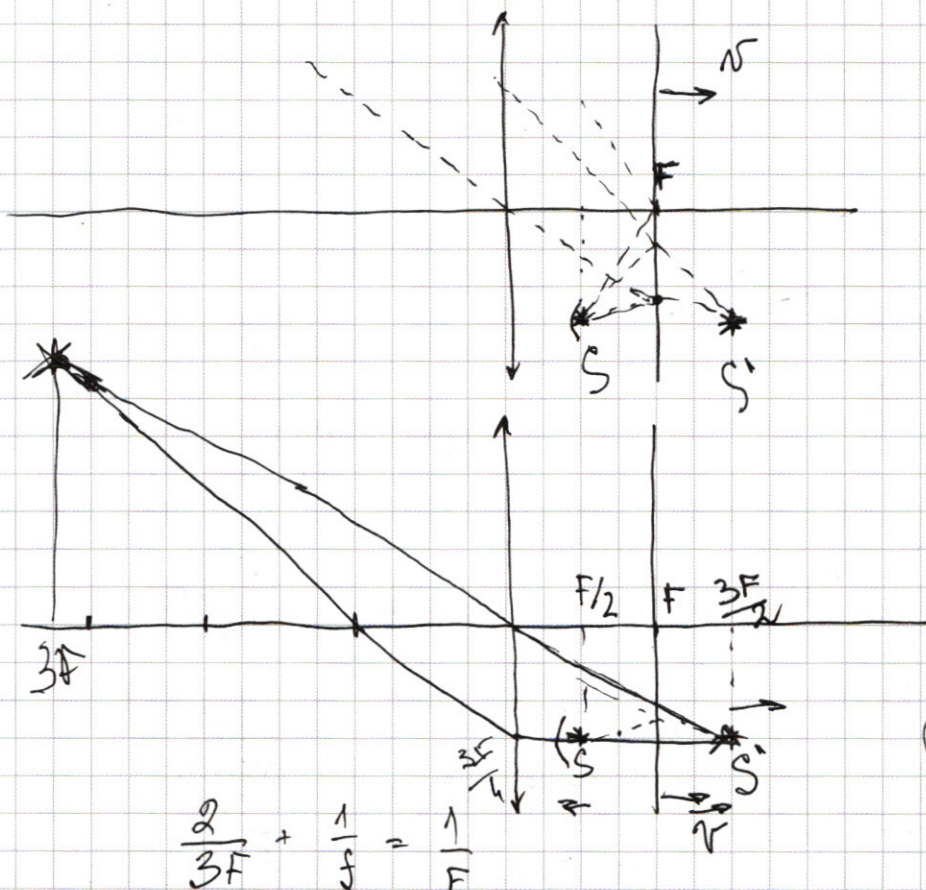
Top Right: Calculations for a particle's motion. $\frac{v^2}{2} = \frac{1.5d}{2}$, $v = \sqrt{1.5d}$. Another calculation: $\frac{v^2}{2} = \frac{1.5d}{2}$, $v = \sqrt{1.5d}$.

Middle Left: A diagram of a particle moving along a horizontal path. Forces shown include tension T , normal force R , and gravity mg . The path is defined by $dx = v dt$. Calculations include: $4624 + 5625 = 10249$, $10249 \cdot 10 = 102490$, $102490 - 4320 = 98170$, $98170 / 5929 = 16.56$.

Middle Right: Calculations for a particle's motion. $\frac{v^2}{2} = \frac{1.5d}{2}$, $v = \sqrt{1.5d}$. Another calculation: $\frac{v^2}{2} = \frac{1.5d}{2}$, $v = \sqrt{1.5d}$.

Bottom Left: A diagram of a particle moving along a horizontal path. Forces shown include tension T , normal force R , and gravity mg . The path is defined by $dx = v dt$. Calculations include: $4624 + 5625 = 10249$, $10249 \cdot 10 = 102490$, $102490 - 4320 = 98170$, $98170 / 5929 = 16.56$.

Bottom Right: Calculations for a particle's motion. $\frac{v^2}{2} = \frac{1.5d}{2}$, $v = \sqrt{1.5d}$. Another calculation: $\frac{v^2}{2} = \frac{1.5d}{2}$, $v = \sqrt{1.5d}$.



$$\frac{2}{3F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{3F}$$

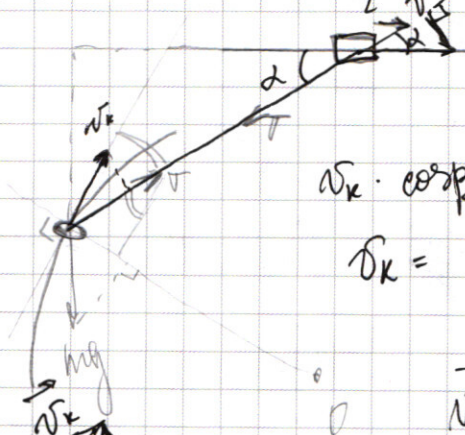
$$f = 3F$$

$$\Gamma = \frac{3F}{\frac{3F}{2}} = 2 \rightarrow \frac{H}{h} = 2 \rightarrow H = \frac{3F}{2}$$

В л.о. зеркала

$$v_s = -v$$

$$v_s' = v$$



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

$$v_k = 68 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} = 45 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{289-225}{289}} = \sqrt{\frac{64}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{60-24}{17 \cdot 5} = \frac{36}{85}$$

$$\vec{v}_k = \vec{v}_{\text{иск}} + \vec{v}_m$$

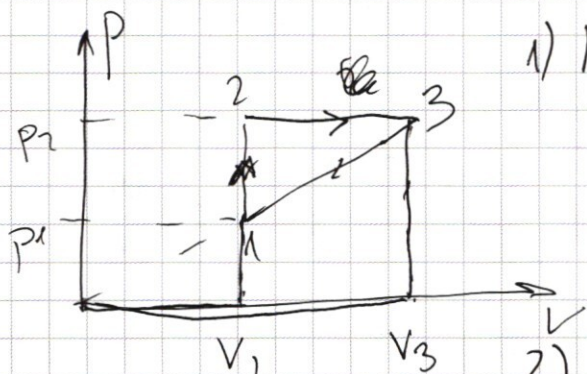
$$v_{\text{иск}}^2 = v_m^2 + v_k^2 - 2v_mv_k \cos(\alpha + \beta)$$

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

$$= 68^2 + 75^2 - 2 \cdot 4 \cdot 36 \cdot 25 =$$

$$= 60 - 24 = 36$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Повышение температуры
на 1-2 и 2-3

$$\frac{c_p}{c_v} = \frac{5}{3}$$

$$Q_+ = Q_{12} =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$Q_+ = Q_{23} =$$

$$= \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$Q_- = Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} =$$

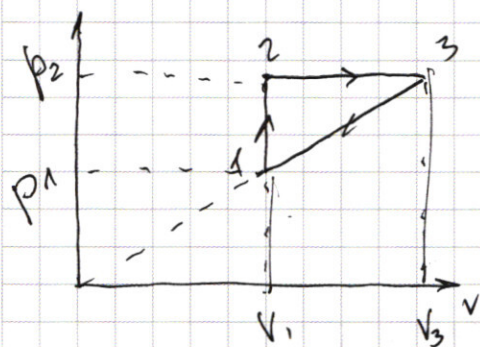
$$= \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot (V_3 - V_1)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_3}$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot \frac{V_1}{V_3} (V_3 - V_1) = \frac{P_1 V_3 - P_1 V_1 + P_2 V_1 - P_2 V_3}{2}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{\frac{1}{2} (V_3 - V_1) (P_2 - P_1)}{\frac{3}{2} (P_2 V_1 - P_1 V_1) + \frac{5}{2} (P_2 V_3 - P_2 V_1)}$$

$$\max \eta \rightarrow \max \frac{A}{\min Q} =$$



$$\eta_{\text{max}} = \frac{A}{Q_+} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (V_3 - V_1) (p_2 - p_1)}{Q_{12} + Q_{23}} =$$

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

$$= \frac{\frac{1}{2} (V_3 p_2 - V_1 p_2 + p_1 V_1 - p_1 V_3)}{\frac{3}{2} (p_2 V_1 - p_1 V_1) + \frac{5}{2} (p_2 V_3 - p_2 V_1)} = p_1 = p_2 \frac{V_1}{V_3}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} (JRT_3 - JRT_2 + JRT_1 - p_1 V_3)}{\frac{3}{2} J R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} J R (T_3 - T_2)}$$

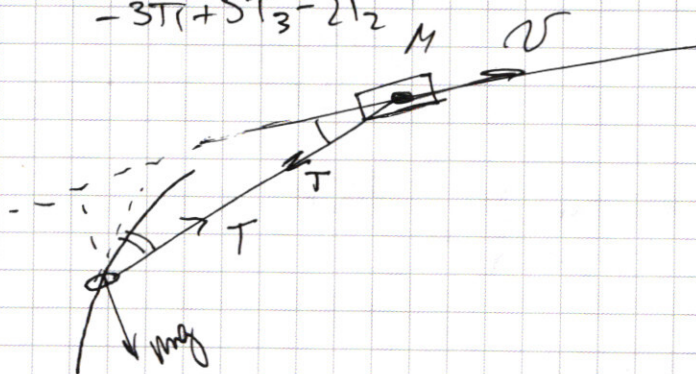
$$= \frac{J R (T_3 - T_2 + T_1) - p_1 V_3}{3 J R (T_2 - T_1) + 5 J R (T_3 - T_2)}$$

$$= \frac{J R (T_3 - T_2 + T_1) - p_2 V_1}{3 J R (T_2 - T_1) + 5 J R (T_3 - T_2)} = \frac{J R (T_3 - T_2 + T_1) - J R T_2}{3 J R (T_2 - T_1) + 5 J R (T_3 - T_2)}$$

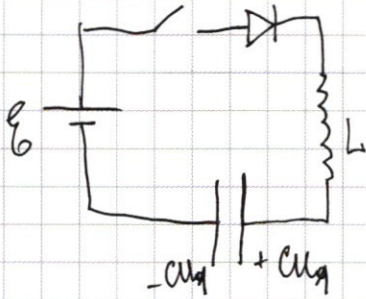
$$= \frac{T_3 - T_2 + T_1 - T_2}{3 T_2 - 3 T_1 + 5 T_3 - 5 T_2} = \frac{T_1 + T_3 - 2 T_2}{-3 T_1 + 5 T_3 - 2 T_2}$$

$$= \frac{-3 T_1 + 5 T_3 - 2 T_2 + 4 T_1 - 4 T_3}{-3 T_1 + 5 T_3 - 2 T_2} =$$

$$= 1 + \frac{4 T_1 - 4 T_3}{-3 T_1 + 5 T_3 - 2 T_2}$$



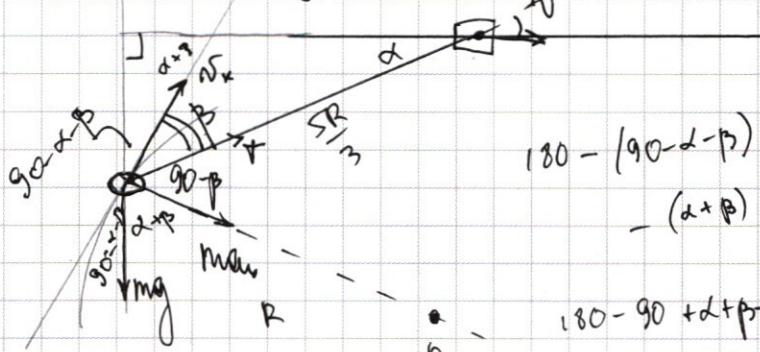
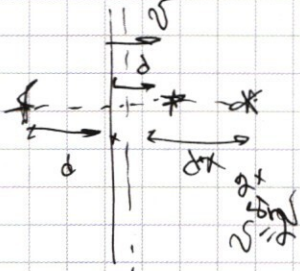
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\mathcal{E} = U_D + U_L - U_C$$

$$U_D = \begin{cases} 0 \\ U_0 \end{cases}$$

Сразу после замыкания



$$180 - (90 - \alpha - \beta) - \beta - (\alpha + \beta) \cdot x = 0$$

$$180 - 90 + \alpha + \beta - \beta - \alpha - \beta \cdot x = 0$$

$$mg \cdot \cos(\alpha + \beta) + \tau \cos(90 - \beta) = m \frac{v^2}{R}$$

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

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

$$p_2 V_3 - p_1 V_1 = \nu R T_3 - \nu R T_1$$

$$T_3 > T_2 > T_1$$

$$p_2 V_3 - p_1 V_1 = \nu R T_3 - \nu R T_1$$

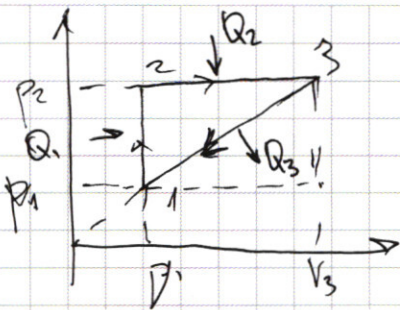
$$A = (V_3 - V_1)$$

$$A = \left(\frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) \right) = \frac{1}{2} (\nu R)^2 (T_3 - T_2) (T_2 - T_1)$$

$$\frac{1}{2} (\nu R)^2 (T_3 - T_2) (T_2 - T_1)$$

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

$$= \nu R T$$



$$A = (V_3 - V_1)(p_2 - p_1) =$$

$$= \cancel{p_1 V_3} - \cancel{p_1 V_1} - p_1 V_3 + p_1 V_1 =$$

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

$$p_1 V_3 = p_2 V_1 = \nu R T_2$$

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

$$\eta = \frac{\cancel{Q_1} (T_1 + T_3 - 2T_2)}{(5T_3 - 3T_1 - 2T_2)} - \text{max } m$$

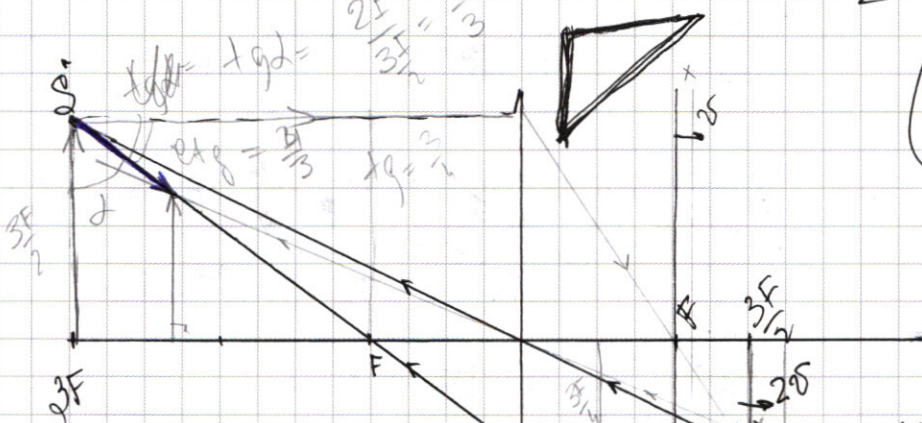
$$T_1 + T_3 - 2T_2 = 5m T_3 - 3m T_1 - 3m T_2$$

$$(1+3m) T_1 + (1-5m) T_3 + (3m-2) T_2 = 0$$

$$\eta = \frac{Q_1 + Q_2 - Q_3}{Q_1 + Q_2} = 1 - \left[\frac{Q_3}{Q_1 + Q_2} \right] = \frac{A}{Q_1 + Q_2}$$

$$A_{23} = \frac{2}{5} Q_2$$

$$A_{31} = \frac{(p_3 + p_1)(V_3 - V_1)}{2}$$



$$\left(\frac{f}{d} \right)' = \frac{f' d - f d'}{d^2}$$

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

$$F = \frac{fd}{f+d} \quad /dt$$

$$(fd)' = f'd + d'f$$

$$\frac{(f'd + d'f)(f+d) - fd(f'+d')}{(f+d)^2} =$$