

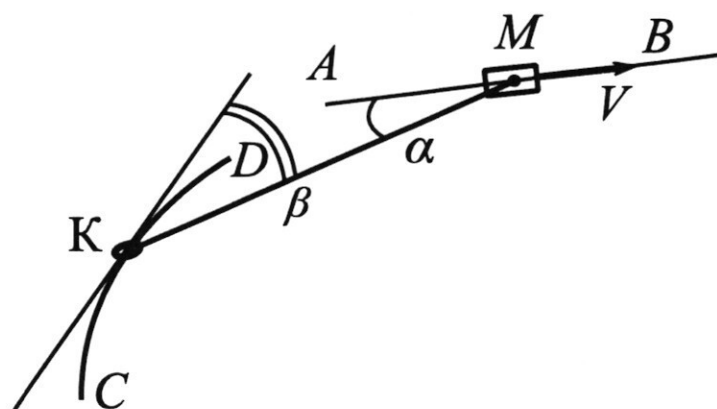
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

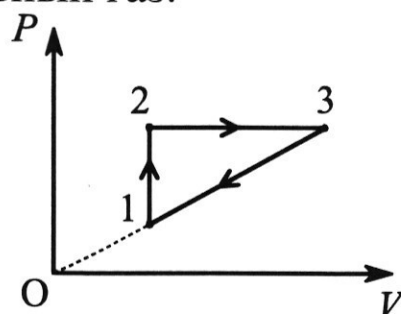
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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



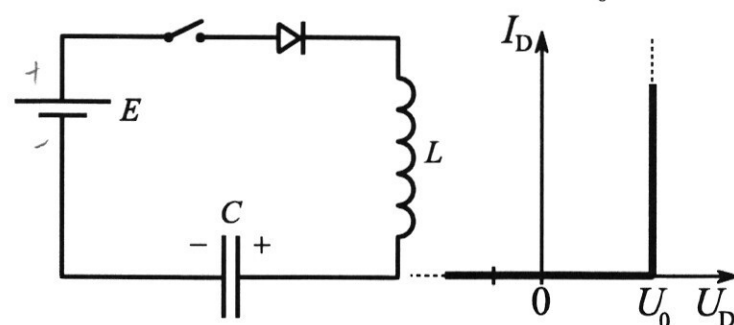
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица 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.

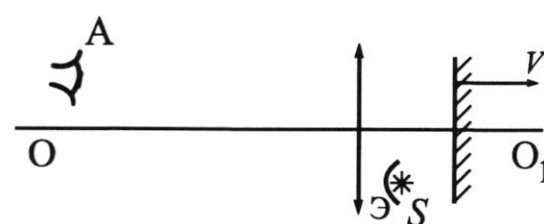
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

Задача 1

Заданы оси где Oy парал. скорости концы

тогда угол между Oy и V равен $\alpha + \beta$

V_y - это ^{проекция} скорости на ось Oy

$$V_y = V \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17} \quad \sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{8}{17}$$

$$\cos \beta = \frac{4}{5} \quad \sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{3}{5}$$

$$V_y = V \cos(\alpha + \beta) = V (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) = V \left(\frac{15 \cdot 4}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 3}{17 \cdot 5} \right) = \frac{36}{85} V$$

это же скорость муфта и перемещается $V_k = V_y = \frac{36}{85} V$
ответ на 1

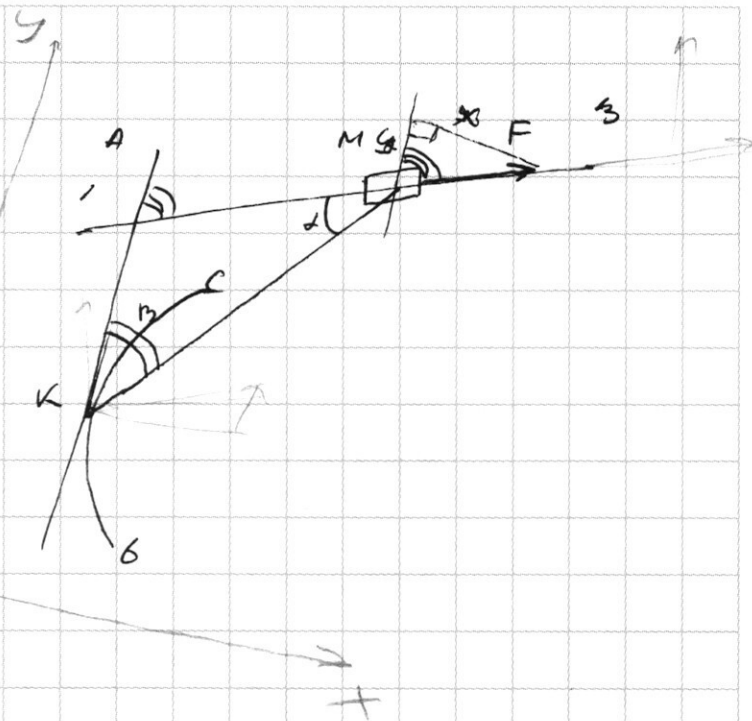
скорость концы относительно муфта, вдоль Oy
 равна 0, а вдоль Ox равна скорости V_x самой муфты

$$V_{отн} = V_x = V \cdot \sin(\alpha + \beta) = V (\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta) =$$

$$\text{проекция } V \text{ на } Ox = V \left(\frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} + \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} \right) = \frac{77}{85} V$$

$T = T_x + T_y$ (где T_x и T_y - это ^{проекция на Ox и Oy})
ответ на 2

$$T_x = m a_y = \frac{m V_k^2}{R} \quad (\text{где, } a_y - \text{центрострем. ускор.})$$



Задача 2

В процессе 12: $A_1 + Q_1 = \frac{3}{2} R \Delta T_1$, где $A_1 = 0$

$$Q_1 = \frac{3}{2} R \Delta T_1 = \frac{5}{2} V_1 (P_2 - P_1)$$

В процессе 23: $Q_2 - A_2 = \frac{3}{2} R \Delta T_2 = \frac{3}{2} P_2 (V_3 - V_1)$

$$P_2 (V_3 - V_1), \text{ откуда } Q_2 = \frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_1)$$

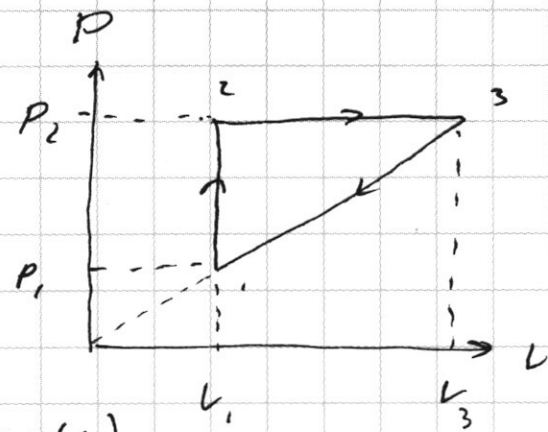
$$C_m = \frac{Q}{\gamma \cdot P \Delta T} - \text{мол-ая тепло-тб}$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\frac{Q_1}{\gamma \Delta T_1}}{\frac{Q_2}{\gamma \Delta T_2}} = \frac{Q_1 \Delta T_2}{Q_2 \Delta T_1} = \frac{\frac{3}{2} V_1 (P_2 - P_1) (T_3 - T_2)}{\frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_1) (T_2 - T_1)} =$$

$$= \frac{3}{5} \cdot \frac{V_1 (P_2 - P_1) P_2 (V_3 - V_1) \cdot \frac{1}{\gamma R}}{P_2 (V_3 - V_1) V_1 (P_2 - P_1) \cdot \frac{1}{\gamma R}} = \frac{3}{5} - \text{ответ на п. 1}$$

т.к. процесс 31 пропорц., то $\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_3}$ или $P_1 V_3 = V_1 P_2$

В 23 - изобаре $\frac{Q_2}{A} = \frac{\frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_1)}{P_2 (V_3 - V_1)} = \frac{5}{2} - \text{ответ на п. 2}$



Задача 5

а - рас-ие от линзы до изобра-ия в зеркале

$$a = \frac{F}{2} + 2S_1 = \frac{F}{2} + \frac{2F}{2} = \frac{3F}{2}$$

рас-ие от источника

до зеркала

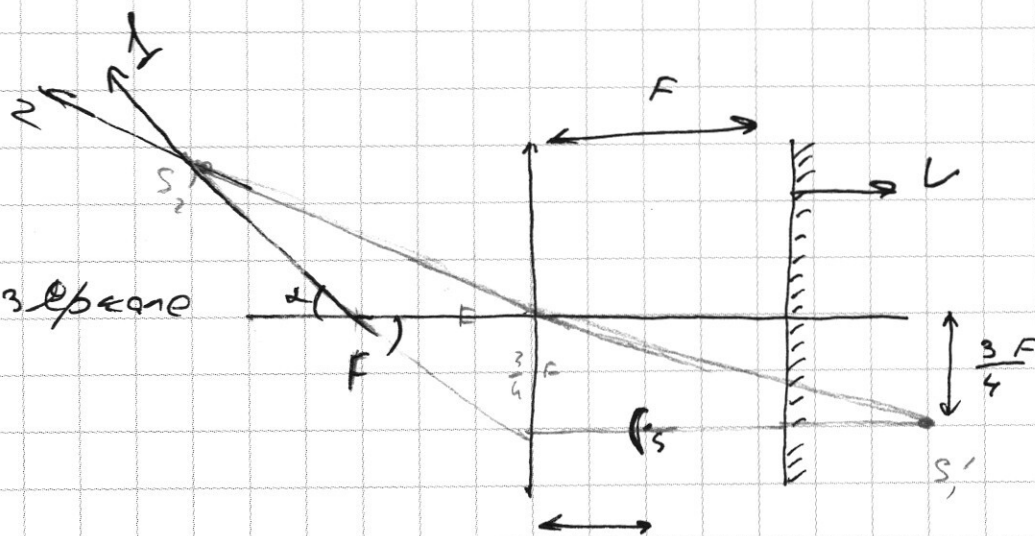
(в данном случае $F - \frac{F}{2} = \frac{F}{2}$)

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow b = \frac{aF}{a-F} = \frac{\frac{3F}{2} \cdot F}{\frac{3F}{2} - \frac{F}{2}} = \frac{3F \cdot F}{F} = 3F$$

пропор-на тожк. линзы

где, b - рас-ие от линзы

до изобра-ия



ОТВЕТ НА П. 1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

продолжение задачи 5

Изображение в линзе всегда будет строиться на луче z ,

поэтому угол движения изображ. с осью всегда будет один и тот же

$$\text{т.е. } \alpha = \frac{3}{4} = \frac{3}{4} - \text{ответ на п. 2}$$

Задача 3

x - рас-ие которое пролетела частица $= d - 0.25d = 0.75d$

$$x = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} \quad \left(\begin{array}{l} \text{где } v_2 - \text{кон-ая скорость} \\ v_1 - \text{нач-ая скорость} = 0 \\ a - \text{ускорение частицы} \end{array} \right)$$

$$x = \frac{at^2}{2} - \text{уравнение движения}$$

$$\text{отсюда } a = \frac{2x}{t^2}$$

$$x = 0.75d$$

$$v_2^2 = x \cdot 2a = x \cdot 2 \cdot \frac{2x}{t^2} \Rightarrow v_2 = \frac{x \cdot 2}{t} = \frac{1.5d}{t} \text{ ответ на п. 1}$$

ϵ - ем-сть конденсатора Q - заряд конденсатора

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d} \quad \begin{array}{l} \text{"} \epsilon \text{" - на пр. на конд.} \end{array}$$

$$Q = \epsilon U \quad \begin{array}{l} \text{заряд частицы} \\ \text{поле конденсатора} \end{array}$$

$$\frac{ma = F}{\text{для частицы}} = q \cdot E = q \cdot \frac{U}{d} = q \cdot \frac{Q}{\epsilon d} = q \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot \frac{S}{d}} = m \cdot \frac{2x}{t^2}$$

$$Q = \frac{2x}{t^2} \cdot \epsilon_0 \cdot S \cdot \frac{m}{q} = \frac{2x}{t^2} \cdot \epsilon_0 \cdot S \cdot \frac{1.5d}{q} - \text{ответ на п. 2}$$

на большом расстоянии от конденсатора, да и поближе по мере
конденсатора поле равно нулю, значит на частицу
не действуют никакие силы, а ускорение равно 0

значит скорость частицы, меняется не будет $v_2 = v_1$

задача 4

$$L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \mathcal{E} \Rightarrow v_I = \frac{\mathcal{E}}{L} \quad \text{кар. к катушке}$$

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

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

$$v_I = \frac{\mathcal{E} - U_C - U_0}{L} \quad \text{— ответ к п. 1}$$

$$v = \frac{9 - 5 - 1}{0.1} = \frac{3}{0.1} = 30 \frac{\text{A}}{\text{с}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_{отн}^2 = (V_{y_{отн}})^2 + (V_{x_{отн}})^2 =$$

$$V_{отн} = V_{ix} = V_s \cdot \sin(\alpha + \beta) =$$

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

$$\frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} + \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} =$$

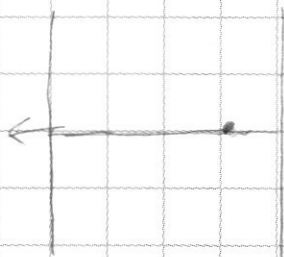
$$= \frac{77}{85} V$$

$$T = T_x + T_y$$

$$T_x = m a_y = \frac{m V^2}{R}$$

$$T_y = m a_y$$

N 3



$$f \cdot e = A$$

$$S = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2a} = d - 0,25d = 0,75d$$

$$S = V_0 t + \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2S}{t^2}$$

$$C = \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$E = \frac{U}{d}$$

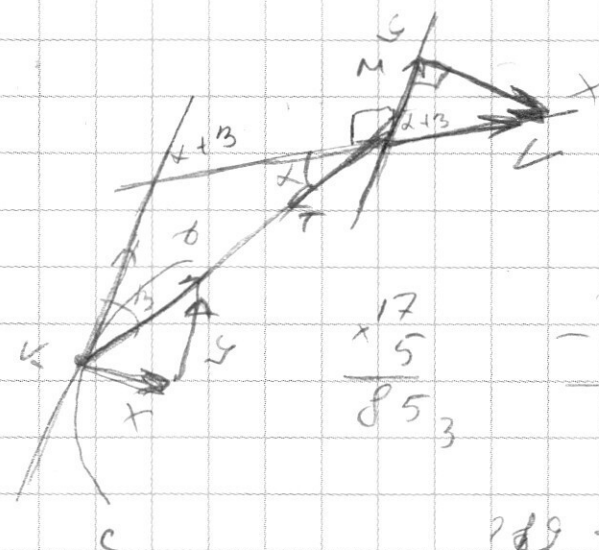
$$Q = cU$$

$$m a = F = q E = \dots$$

$$q \cdot \frac{U}{d} = q \frac{Q}{C} \cdot d =$$

$$\frac{1}{2} m a = q \frac{Q \cdot d \cdot d}{\epsilon_0 S}$$

$$\frac{1}{2} m \cdot \frac{2S}{t^2} = \frac{Q d^2}{\epsilon_0 S}$$



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

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

$$V \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

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

$$= \frac{36}{85}$$

$$Q_A = \frac{3}{2} V_1 (P_2 - P_1) + \frac{5}{2} V_3 (P_2 - P_1) = (P_2 - P_1) \left(\frac{3}{2} V_1 + \frac{5}{2} V_3 \right)$$

$$Q_B = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{A}{2} \frac{(P_1 + P_2)(V_3 - V_1)}{2}$$

$$2 \left(\cancel{P_2 V_3} - \cancel{P_1 V_1} \right) + \cancel{P_2 V_3} - \cancel{P_1 V_1} + \cancel{P_2 V_3} - \cancel{P_2 V_1}$$

$$\frac{Q_A - Q_B}{Q_A} = \frac{(P_2 - P_1) \left(\frac{3}{2} V_1 + \frac{5}{2} V_3 \right) - 2(P_2 V_3 - P_1 V_1)}{(P_2 - P_1) \left(\frac{3}{2} V_1 + \frac{5}{2} V_3 \right)}$$

$$\frac{3}{2} P_2 V_1 + \frac{1}{2} P_2 V_3 - \frac{3}{2} V_1 P_1 - \frac{5}{2} V_3 P_1 - \frac{4 P_2 V_3}{2} + \frac{2 P_1 V_1}{2}$$

$$\frac{3}{2} P_1 V_3 - \frac{5}{2} P_1 V_3 - P_1 V_3$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{dQ}{dt}$$

$$\frac{P_1 V_1}{2} + \frac{P_2 V_3}{2} - 2 P_1 V_3$$

$$\left(\frac{3P^2}{F + 4V_0 t} \right) + \left(\frac{4FV_0 t}{F + 4V_0 t} \right)$$

$$\frac{3P^2 \cdot 1 \cdot 4V}{(F + 4V_0 t)^2} + F \left(1 + \frac{F}{F + 4V_0 t} \right)^2$$

$$\frac{3}{2} P_2 V_1 + \frac{P_1 V_1}{2} + \frac{P_2 V_3}{2} - \frac{5}{2} V_3 P_1$$

dx

$$(P_2 - P_1) (3V_1 + 5V_3)$$

$$P_2 (3V_1 + V_3) + P_1 (V_1 - 5V_3)$$

$$\frac{(a + \Delta x F)(aF) - (aF + \Delta x F) \left(\frac{F}{1+x} \right)}{(a + \Delta x F)(aF) \left(\frac{F}{1+x} \right)}$$

$$\frac{aF + \Delta x F}{a + \Delta x + F} = \Delta y$$

$$a_2 = \frac{3F + 4V_0 t}{2}$$

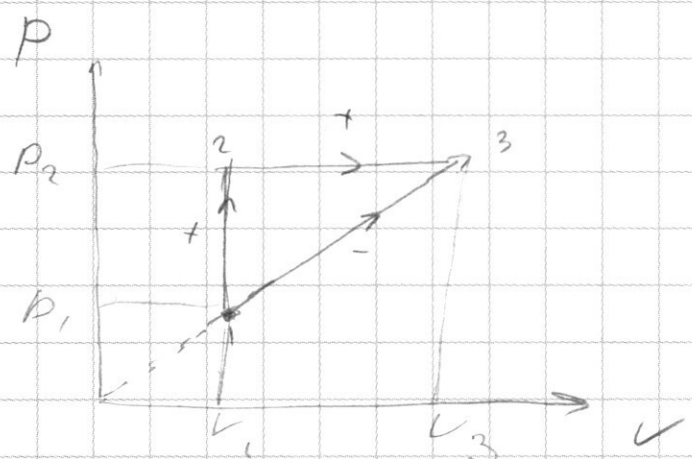
$$b_2 = \frac{(3F + 4V_0 t) \cdot F}{(3F + 4V_0 t - F)} = \frac{(3F + 4V_0 t) F}{F + 4V_0 t}$$

$$\Delta b = \frac{3F(3F + 4V_0 t) - 3F(F + 4V_0 t)}{F + 4V_0 t}$$

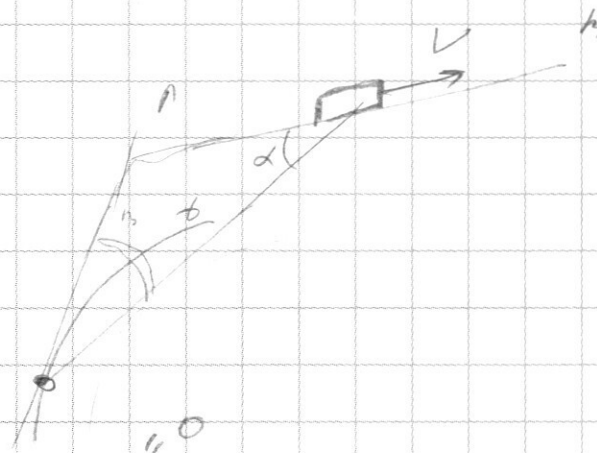
$$2 \cdot \frac{2F}{F + 4V_0 t} \cdot \frac{1}{\left(\frac{8F + 4V}{F + 4V_0 t} \right) \cdot 2t}$$

$$\frac{1}{1 - \frac{F + 4V_0 t}{F + 4V_0 t}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$C = \frac{Q}{\gamma \cdot \Delta T}$$



$$12 - V = \text{const}$$

$$1) P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$A + Q_1 = \nu \frac{3}{2} \Delta R T = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$23 - P = \text{const}$$

$$2) P_2 V_1 = \nu R T_2$$

$$-A + Q_2 = \nu \frac{3}{2} \Delta R T = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$3) P_2 V_3 = \nu R T_3$$

$$\frac{3}{2} P_2 (V_3 - V_1)$$

$$P_2 V_1 = P_1 V_3$$

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

$$Q_1 = \frac{3}{2} V_1 (P_2 - P_1)$$

$$Q_2 = \frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_1) =$$

$$= \frac{5}{2} (P_2 V_3 - P_2 V_1) =$$

тем-ра повышается

12 и 23

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{\frac{Q_1}{\Delta T_1}}{\frac{Q_2}{\Delta T_2}} = \frac{Q_1 \Delta T_2}{Q_2 \Delta T_1}$$

$$= \frac{\frac{3}{2} V_1 (P_2 - P_1) \Delta T_2}{\frac{5}{2} V_3 (P_2 - P_1) \Delta T_1} = \frac{3 V_1 (P_2 - P_1) \Delta T_2}{5 V_3 (P_2 - P_1) \Delta T_1}$$

$$= \frac{3 V_1 (P_2 - P_1)}{5 V_3 (P_2 - P_1)}$$

$$= \frac{\frac{3}{2} (T_3 - T_2) V_1}{\frac{5}{2} (T_2 - T_1) V_3} = \frac{3 (P_2 V_3 - P_1 V_3) V_1}{5 V_3 (P_2 - P_1) V_1} = \frac{3 V_1 (P_2 - P_1)}{5 V_3 (P_2 - P_1)} = \frac{3}{5}$$

$$= \frac{3 V_1 (P_2 - P_1)}{5 V_3 (P_2 - P_1)} = \frac{3}{5}$$

$$\text{ВО 23 } \frac{Q}{A} = \frac{\frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_1)}{P_2 (V_3 - V_1)} = \frac{5}{2}$$

$$\eta = \frac{Q_A - Q_B}{Q_A} = \frac{(P_2 - P_1) \cdot (V_3 - V_1) \cdot \frac{1}{2}}{(P_1 + P_2) \cdot (V_3 - V_1)} = \frac{P_2 - P_1}{P_1 + P_2}$$

$$\frac{(P_1 + P_2) \cdot (V_3 - V_1)}{2} - \text{нап. разом}$$

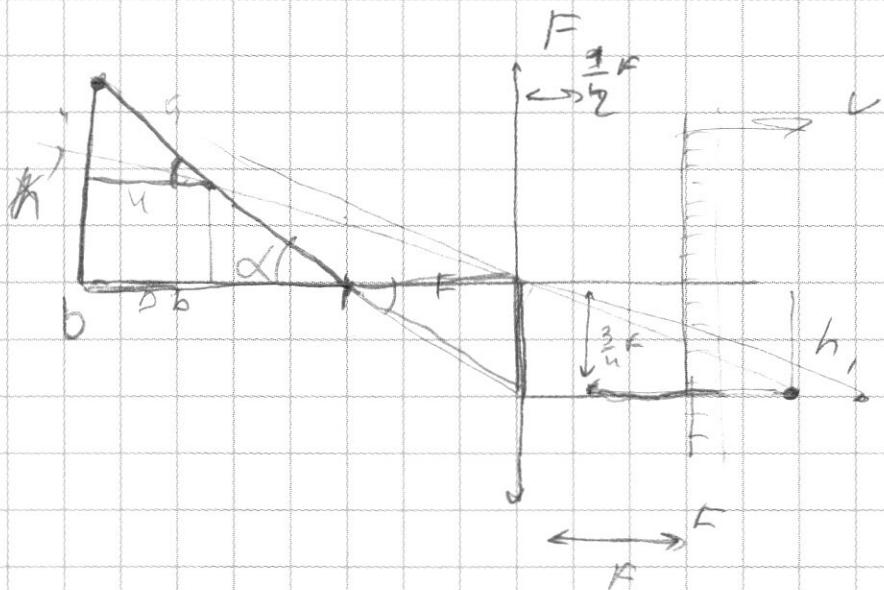


$$\frac{h_2}{b_1 - F} = \tan \alpha$$

$$\frac{2h_1}{3F - F} = \tan \alpha = \frac{h_1}{F}$$

$$\sin \alpha = \frac{F}{\sqrt{h_1^2 + F^2}} = \frac{F}{\sqrt{h_1^2 + F^2}}$$

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{9V_0 \sqrt{h_1^2 + F^2}}{(4V_0 t + F) \sqrt{h_1^2 + F^2}}$$



$$S_1 - \text{рас-че от чет до зерк} = F - \frac{F}{2} = \frac{F}{2}$$

$$S_2 - \text{рас-че от изоб-ли в зеркне до линз} = \frac{F}{2} + 2S_1 =$$

$$b_1 - \text{рас-че из зеркала набл-ли смещен укажет изобр.} = \frac{F}{2} + \frac{2F}{2} = \frac{3F}{2}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow b = \frac{F a}{a - F}, \text{ где } a \text{ рас-че от линз до источника изобр-ли}$$

$$b = \frac{\frac{3F}{2} \cdot F}{\frac{3F}{2} - \frac{F}{2}} = \frac{\frac{3}{2} F \cdot F}{1 F} = \frac{3F}{2}$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{b}{a} \Rightarrow h_2 = h_1 \cdot \frac{3F/2}{3F} = \frac{h_1}{2}$$

$$a_2 = \frac{F}{2} + \left(\frac{F}{2} + V_0 t\right) \cdot 2 = \frac{F}{2} + \frac{7F}{2} + 2V_0 t = \frac{3F}{2} + 4V_0 t$$

$$b_2 = \frac{F \cdot \left(\frac{3F}{2} + 4V_0 t\right)}{\frac{3F}{2} + 4V_0 t - \frac{F}{2}} = \frac{2F \left(\frac{3F}{2} + 4V_0 t\right)}{4V_0 t + F}$$

$$h_{22} = h_1 \cdot \frac{F \left(\frac{3F}{2} + 4V_0 t\right)}{4V_0 t + F} \cdot \frac{2}{\left(\frac{3F}{2} + 4V_0 t\right)} = \frac{h_1 \cdot 2F}{4V_0 t + F}$$

$$h'_{22} = h_2 \cdot \frac{3}{4} = \frac{F(3F + 4V_0 t)}{(4V_0 t + F)} \cdot \frac{3}{4}$$

$$b_0 = |b_2 + b_1| = \frac{F(3F + 4V_0 t) + 3F(4V_0 t + F)}{4V_0 t + F} = \frac{9FV_0 t \sqrt{h_1^2 + F^2}}{4V_0 t + F}$$

