

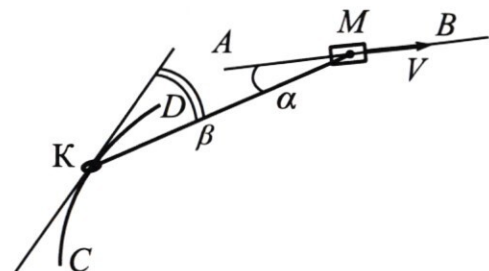
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-04

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



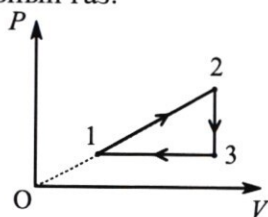
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа 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. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

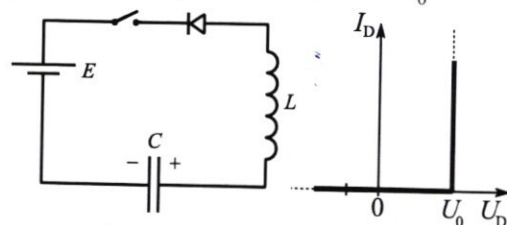
2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?

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 $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ 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.

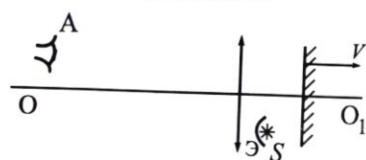


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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

21

Дано

$$v = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$R = 1,8 \text{ м}$$

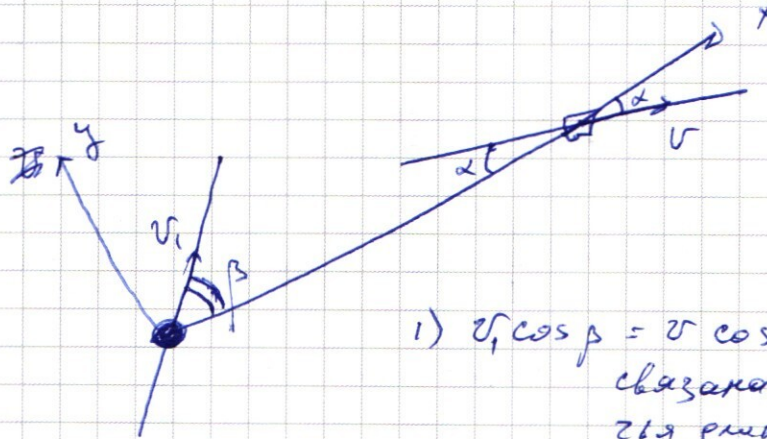
$$L = \frac{12}{15} R$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

$$v_1 = ?$$

Решение



1) $v_1 \cos \beta = v \cos \alpha$ - т.к. тела связаны тросом, т.е. длина не увеличивается.

$$v_1 = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$v_1 = 2 \cdot \frac{\frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{17}{5} = 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) ~~брос~~ скорости на проекции ос:

$$v_{1y} = v_1 \sin \beta \quad v_y = -v \sin \alpha$$

Т.к. на ос скорости тел одинаковы, относительно шара кольцо движется по ос.

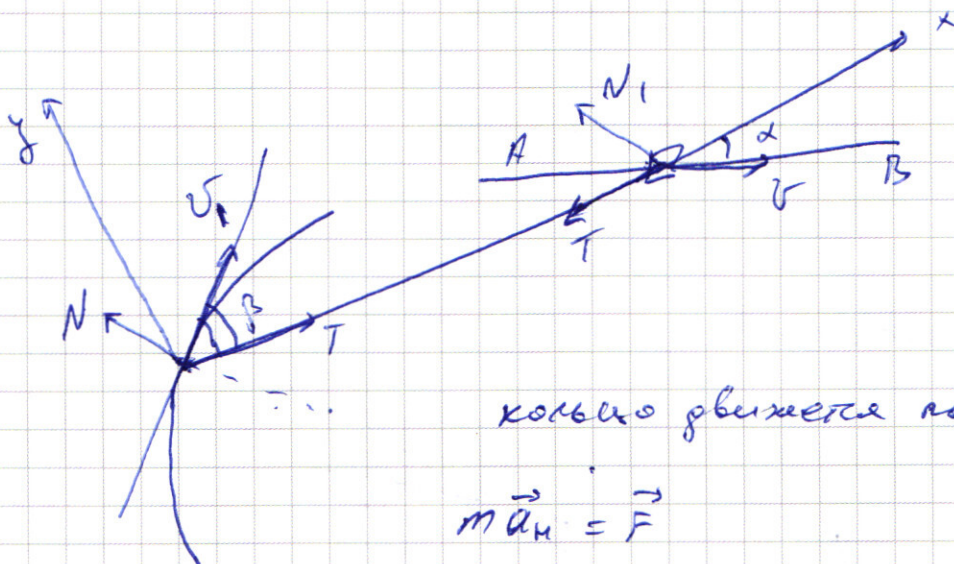
$$v_{\text{отн}} = v_1 \sin \beta + v \sin \alpha$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \frac{15}{17}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$v_{\text{отн}} = \frac{17}{5} \cdot \frac{15}{17} + 2 \cdot \frac{3}{5} = 3 + \frac{6}{5} = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



кольцо движется по окружности;

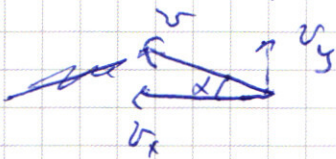
$$m \vec{a}_n = \vec{F}$$

$$m \frac{v_c^2}{R} = F, \text{ где } F - \text{сумма сил,}$$

действующих на кольцо.

1 этот момент $v_x = \cancel{v} \quad v_x = \sqrt{v} \cdot 2\sigma = \frac{5 \cdot 8 \cdot 8}{2} = \frac{5}{2} v$

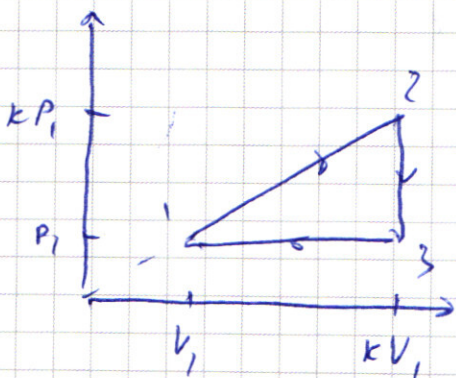
$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{\frac{5}{2} v}{\frac{5}{2} v} = 1$$



$$3) v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = v^2 \sqrt{\frac{25}{2} + \frac{25}{5}} = 5v^2 \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{5}}$$

$$v = 5v^2 \sqrt{\frac{11}{10}} = \frac{5}{3} \sqrt{\frac{11}{2}} v$$

22.



$$\eta = \frac{Q^+ - Q^-}{Q^+}$$

$$\eta = \frac{Q_{12} - Q_{23} - Q_{31}}{Q_{12}}$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{1}{2} v_1 (k-1) p_1 (k-1)}{\frac{1}{2} p_1 (k+1) v_1 (k-1) + \Delta U_{12}}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (kp_1, kv_1 - p_1 v_1)$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} p_1 v_1 (k-1)^2}{\frac{1}{2} p_1 v_1 (k-1)^2 + \frac{3}{2} p_1 v_1 (k-1)(k+1)}$$

$$\eta = \frac{(k-1)^2}{(k-1)(k+1) + 3(k-1)(k+1)} = \frac{k-1}{k+1 + 3k+3}$$

$$\eta = \frac{k-1}{4k+4} \quad \frac{2}{16} \quad \frac{1}{8} \quad \frac{3}{20}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) увеличение $\Gamma = \frac{F}{d} = \frac{\frac{8}{4} F}{\frac{8}{5} F} = \frac{5}{4}$

Тогда высота изображения $H = h \Gamma$, где h — высота источника

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

$$H = \frac{8}{15} F \cdot \frac{5}{4} = \frac{2}{3} F$$

$$d(t) = \frac{3}{5} F + d(t) = \frac{8}{5} F + 20t$$

$$d(t) = \frac{8}{5} F + 20t$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{d-F}{dF}$$

$$\Gamma = \frac{F}{d} = \frac{F}{d-F}$$

$$H = \Gamma h, \text{ т.е. } H(t) = \frac{8}{15} F \cdot \frac{F}{\frac{8}{5} F - F + 20t}$$

$$H(t) = \frac{8}{15} F^2 \cdot \left(\frac{4}{5} F + 20t \right)^{-1}$$

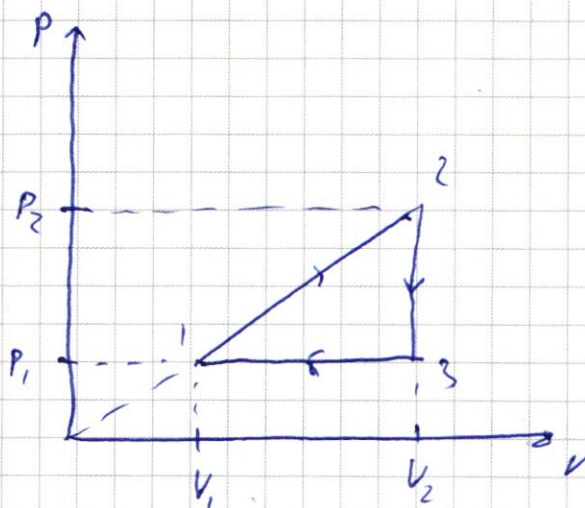
скорость по о.у. $v_y = H' = \frac{8}{15} F^2 \cdot \left(-\frac{4}{5} F + 20t \right)^{-2} \cdot 20$

в $t=0$

$$v_y = \frac{8}{15} F^2 \left(\frac{4}{5} F \right)^{-2} v = \frac{8}{15} F^2 \cdot \frac{25}{16 F^2} v = \frac{10}{6} v = \frac{5}{3} v$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

22



1) Температура повышается
в процессе $1 \rightarrow 2$ и
понижается в процессе
 $2 \rightarrow 3$, а также $3 \rightarrow 1$

$2 \rightarrow 3$ $V = \text{const}$

$$C_{23} = C_V = \frac{3}{2} R \text{ — для}$$

одноатомного газа

$$3 \rightarrow 1 \quad p = \text{const} \quad C_{31} = C_p = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

ответ: $\frac{3}{5}$

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

по 3-му закону термодинамики — Менделеева

$$p \frac{V}{T} = \nu R$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

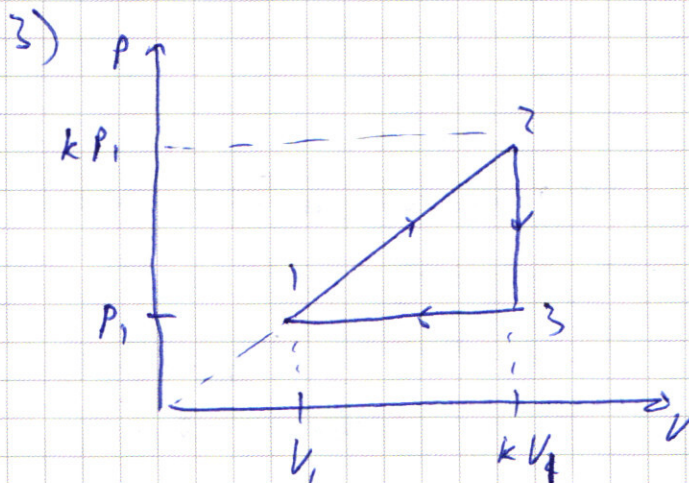
Работу можно найти как площадь под графиком

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

при этом $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow p_2 V_1 = p_1 V_2 \Rightarrow A_{12} = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)}{\frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)} = 3$$

ответ: 3



Пусть $P_2 = k P_1$; тогда $V_2 = k V_1$

1) $\eta = \frac{A}{Q^+}$ и. Площадь работы газа - площадь $\Delta 123$.

$$A = \frac{1}{2} V_1 (k-1) P_1 (k+1) = \frac{1}{2} P_1 V_1 (k-1)^2 (k+1)$$

$$Q^+ = Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 4 A_{12} \quad (\text{т.к. } \Delta U_{12} = 3 A_{12})$$

$$Q^+ = \frac{1}{2} V_1 (k+1) \cdot P_1 (k+1) = \frac{1}{2} V_1 (k-1) \cdot P_1 (k+1) \cdot 4$$

$$Q^+ = \frac{4}{2} P_1 V_1 (k-1)(k+1) = 2 P_1 V_1 (k-1)(k+1)$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} P_1 V_1 (k-1)(k-1)}{2 P_1 V_1 (k-1)(k+1)} = \frac{k-1}{4(k+1)} = \frac{k-1}{4k+4}$$

Продифференцируем η по k , чтобы найти максимум функции.

$$\eta' = \frac{4(k-1) - 1(4k+4)}{(4k+4)^2} = \frac{4k-4-4k-4}{(4k+4)^2} = \frac{-8}{(4k+4)^2}$$

т.е. функция η убывает.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

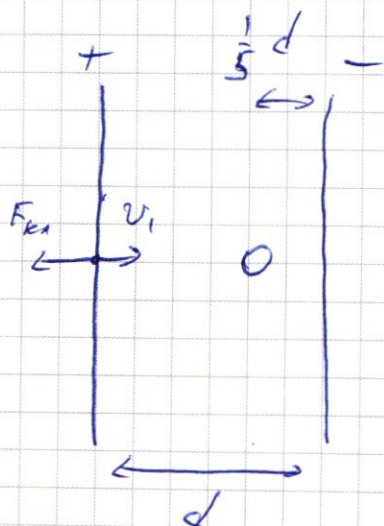
$$z = \frac{k-1}{4k+4} = \frac{\frac{1}{4} \cancel{4k+4}}{\cancel{4k+4}} = \frac{1}{4} \frac{k-1}{k+1} = \frac{1}{4} \left(\frac{k+1-2}{k+1} \right)$$

$$z = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{2}{k+1} \right) \quad \text{при стремлении } k \rightarrow \infty$$

$$z = \frac{1}{4}$$

ответ: $\frac{1}{4}$

23



напряженность внутри конденсатора

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

сила Кулона

$$F_{кл} = qE$$

из 2-го з-на Ньютона

$$a = \frac{F_{кл}}{m} = \frac{q}{m} \frac{U}{d}$$

$$\frac{4}{5} d = \frac{v_1^2}{2a}$$

$$v_1^2 = \frac{4}{5} \cdot 2 \cdot \frac{q}{m} \frac{U}{d}$$

$$\boxed{\gamma = \frac{9}{m} = \frac{5}{8} \frac{v_1^2}{U}} \quad \text{ответ: } \gamma = \frac{5}{8} \frac{v_1^2}{U}$$

По теореме Гаусса поток напряженности

$$N = \frac{\varepsilon q_i}{\varepsilon_0} \text{ . Значит вке конденсатора}$$

Напряженность $E=0$. То есть на заряды не действуют силы, и скорость не меняется.

$$v_0 = v_1$$

Ответ: $v_0 = v_1$

24

$$E = 6 \text{ В}$$

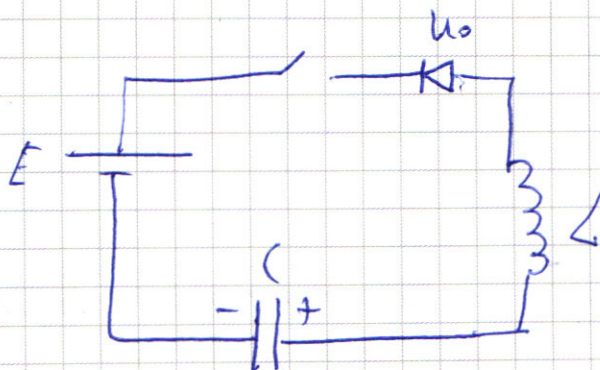
$$C = 10 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 8 \text{ В}$$

$$L = 0,4 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$I_0' = ?$$



1) по 2-му Кирхгофа

$$E = (U_1 - U_0) + U_L$$

$$U_L = L I_0' = E + U_0 - U_1$$

$$\text{т.е. } I_0' = \frac{E + U_0 - U_1}{L} = \frac{6 + 1 - 8}{0,4} = -\frac{1}{0,4} = -2,5 \text{ А}$$

т.е. ток нарастает против часовой стрелки

Ответ: $I_0' = 2,5 \text{ А}$

2) $I_{\max} = ?$

Ток возрастает, пока $U_C \rightarrow U_0 + E$. Значит

ток максимален при $U_C = U_0 + E$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.4 (продолжение)

$$U_3 \text{ изменение заряда } \Delta q = -U_1 C + (U_0 + E) C. \quad (1)$$

по 3-му сохранение энергии:

$$\Delta E = \Delta W_C + W_L$$

$$E(U_1 C - U_0 C - E C) = \frac{C(U_0 + E)^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} + W_L$$

$$\cancel{W_L} - 2EC - 2W_L = 2EC(U_1 - U_0 - E) + C U_1^2 - C(U_0 + E)^2$$

$$2W_L = C(2 \cdot 6(9 - 1 - 6) + 81 - (1 + 6)^2)$$

$$2W_L = C(24 + \underbrace{81 - 49}_{32}) = 56C$$

$$\frac{2 L I^2}{2} = 56C$$

$$I^2 = \frac{56 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{0,4} = \frac{56 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{4} = 1400 \cdot 10^{-6} = 14 \cdot 10^{-4}$$

$$I = 0,01 \sqrt{14} \text{ A}$$

3) к моменту прекращения тока U_3 конденсатора

зависит еще Δq (1). Т.е. всего $2\Delta q$. В итоге

$$\text{заряд на конденсаторе } q = q_0 + 2\Delta q = (U_0 - 2U_1 + 2(U_0 + E))C$$

$$\cancel{q = q_0} \quad \cancel{q = C U_0 - 2C U_1 + 2C U_0 + 2C E}$$

$$\Delta q = C(U_0 + E - U_1)$$

$$q = C u_0 + 2C(u_0 + E - u_1) \quad \Delta q = u_1 C - E C + u_0 C$$

$$q = C(u_0 + 2u_0 - 2E + 2u_1) \quad \Delta q = C(u_1 - E + u_0)$$

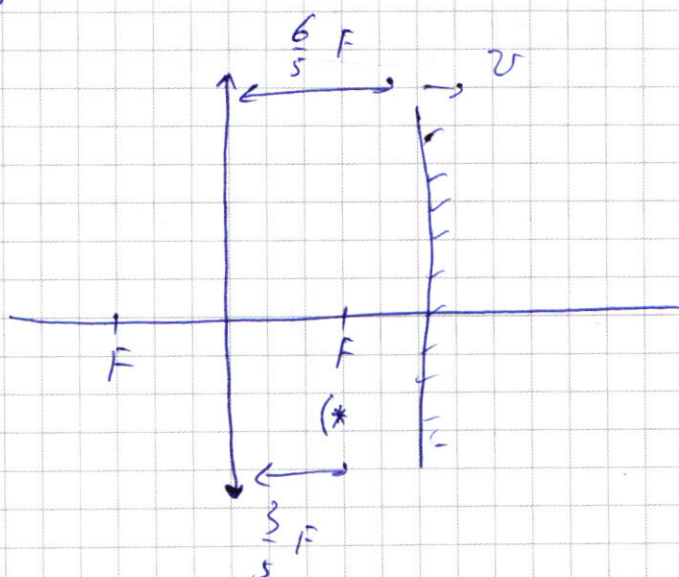
$$q = C(u_0 + 2u_0) \quad C u = C u_1 - 2C(u_1 - E + u_0)$$

$$u = u_1 - 2u_1 + 2E - 2u_0 = 2E - u_1 - 2u_0$$

$$u = 2 \cdot 6 - 8 - 2 = 1 \text{ В}$$

Ответ: 1 В

25



Изображение зеркала от зеркала находится
от линзы на расстоянии $d = \frac{3}{5}F + \left(\frac{6}{5}F - \frac{3}{5}F\right) = \frac{3}{5}F$

Изображение в линзе на расстоянии f

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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f} + \frac{5}{8f} = \frac{4}{8f}$$

$$f = \frac{8}{4}F$$

Ответ: $\frac{8}{4}F$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) найдем увеличение Γ в этот момент

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{\frac{8}{5} F}{\frac{4}{5} F} = \frac{5}{4}$$

$$d(t) = \frac{8}{5} F + 2vt$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{d-F}{dF}; \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{F}{d-F}$$

$$\Gamma(t) = \frac{F}{\frac{8}{5} F + 2vt - F} = \frac{F}{\frac{4}{5} F + 2vt}$$

Высота изображения в этот момент:

$$H = h \Gamma, \quad h - \text{высота источника}, \quad h = \frac{8}{5} F$$

$$H = \frac{8}{5} F \cdot \left(\frac{4}{5} F + 2vt \right)^{-1}$$

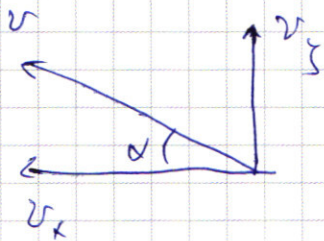
Скорость по вертикали тогда:

$$H' = \frac{8}{5} F^2 \cdot (-1) \left(\frac{4}{5} F + 2vt \right)^{-2} \cdot 2v$$

$$\text{в момент } t=0 \quad H' = - \frac{8}{5} F^2 \cdot 2v \cdot \frac{25}{4 F^2} = - \frac{5}{3} v$$

$$\text{т.е. } v_y = - \frac{5}{3} v$$

По горизонтали $v_x = \underbrace{2v}_{\text{скорость источника}} \cdot \Gamma = 2v \cdot \frac{5}{4} = \frac{5}{2} v$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{\frac{5}{3} v}{\frac{5}{2} v} = \frac{2}{3}$$

Ответ: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{2}{3}$

3) $v_{\text{от}} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = v \sqrt{\frac{25}{4} + \frac{25}{9}}$
 скорость изображения

$$v_x = \frac{5}{2} v \quad | \quad v_{\text{от}} = v \cdot 5 \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{9}} = \frac{5v}{2 \cdot 3} \sqrt{13}$$

$$v_y = \frac{5}{3} v \quad | \quad v_{\text{от}} = \frac{5}{6} \sqrt{13} v$$

Ответ: $\frac{5}{6} \sqrt{13} v$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v = 2 \frac{40}{\text{с}}$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$R = 1,8 \text{ м}$$

$$L = \frac{17}{15} R$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

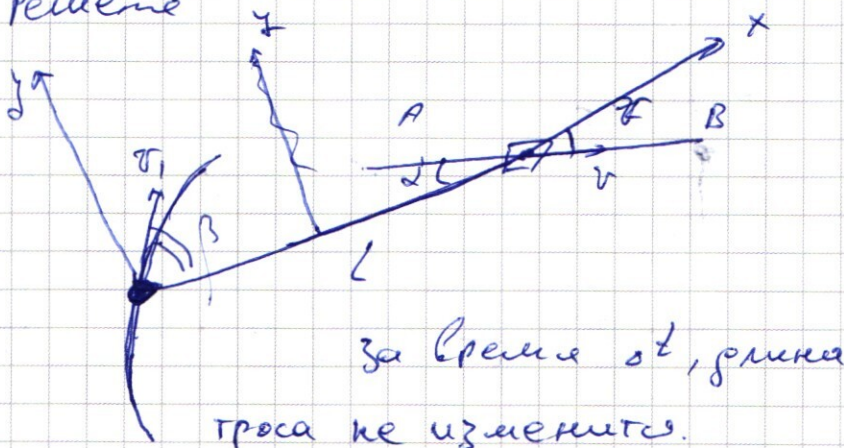
$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

$$1) v_2 = v_1 = ?$$

$$2) v_{\text{отн}} = ?$$

$$3) T = ?$$

Решение



изгот по ох:

$$x_m = v \cos \alpha \cdot dt + L$$

$$y_m = -v \sin \alpha \cdot dt$$

кольцо: $x_k = v_1 \cos \alpha \cdot dt$

$$y_k = v_1 \sin \alpha \cdot dt$$

тогда $(x_m - x_k)^2 + (y_m - y_k)^2 = L^2$

$$(v \cos \alpha \cdot dt + L - v_1 \cos \alpha \cdot dt)^2 + (-v \sin \alpha \cdot dt + v_1 \sin \alpha \cdot dt)^2 = L^2$$

$$(\cos \alpha \cdot dt (v - v_1) + L)^2 + \sin^2 \alpha \cdot dt^2 (v + v_1)^2 = L^2$$

$$L = \frac{12}{15} R$$

$$R = 1,8$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

$$v = 2,4 \frac{m}{c}$$



$$1) v \cos \alpha = v_1 \cos \beta$$

$$v_1 = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 2,4 \cdot \frac{4}{8} = 1,2$$

$$v_1 = v \cdot \frac{\frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} = v \cdot \frac{17}{10} = 1,7v \quad v_1 = 1,7v$$

$$v_1 = 1,7 \cdot 2 = 3,4 \frac{m}{c}$$

2) скорости по ох равны, ~~скорости v_{1x}~~

$$v_{1y} = v_1 \sin \beta$$

$$v_y = \cancel{v \sin \alpha} = v \sin \alpha$$

$$v_{1.огн} = v_1 \sin \beta + v \sin \alpha$$

$$v_{1.огн} = 1,7v \cdot \frac{15}{17} + v \cdot \frac{3}{5} = v \left(\frac{17}{10} \cdot \frac{15}{17} + \frac{3}{5} \right)$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \frac{15}{17}$$

$$v_{1.огн} = v \left(\frac{3}{2} + \frac{3}{5} \right) = 2,1v = 4,2 \frac{m}{c}$$

3) $T = ?$

$$x_1 = v \cos \alpha t + L$$

$$y_1 = v \sin \alpha t$$

$$x_2 = v_1 \cos \beta$$

$$y_2 = v_1 \sin \beta t$$

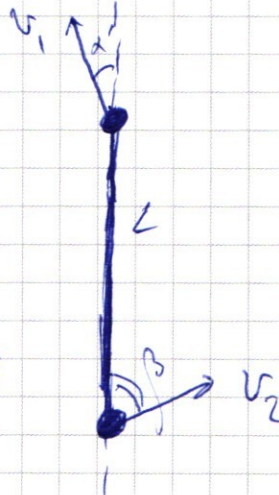
$$(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 = L^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$x_1^2 + x_2^2 - 2x_1x_2 + y_1^2 + y_2^2 - 2y_1y_2 = L^2$$

~~$$v_1^2 t^2 \cos^2 \alpha + v_2^2 t^2 \cos^2 \beta$$~~

$$v_1^2 \cos^2 \alpha t^2 + L^2$$



$$(a+b+c)^2 = a^2 + 2ab + b^2 + 2(a+b)c + c^2$$

$$= a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2ac + 2bc$$

~~$$v_2^2 t^2 + v_1^2 t^2 + 2L v_2 \cos \beta t = 2 v_1 \cos \alpha t L + 2 v_2 \cos \beta t L$$~~

$$2L v_2 \cos \beta = 2 v_1 \cos \alpha + 2 v_2 \cos \beta$$

$$0 = (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta)$$

$$0 = (v_1 \sin \alpha + v_2 \sin \beta) t$$

$$v_1^2 \cos^2 \alpha + v_2^2 \cos^2 \beta + v_1 v_2 \cos \alpha \cos \beta = v_1^2 \sin^2 \alpha + v_2^2 \sin^2 \beta + 2 v_1 v_2 \sin \alpha \sin \beta$$

$$v_1^2 \cos 2\alpha + v_2^2 \cos 2\beta + v_1 v_2 \cos(\alpha + \beta) = 0$$

~~$$x = v_2 \cos \beta t + v_1 \cos \alpha t$$~~

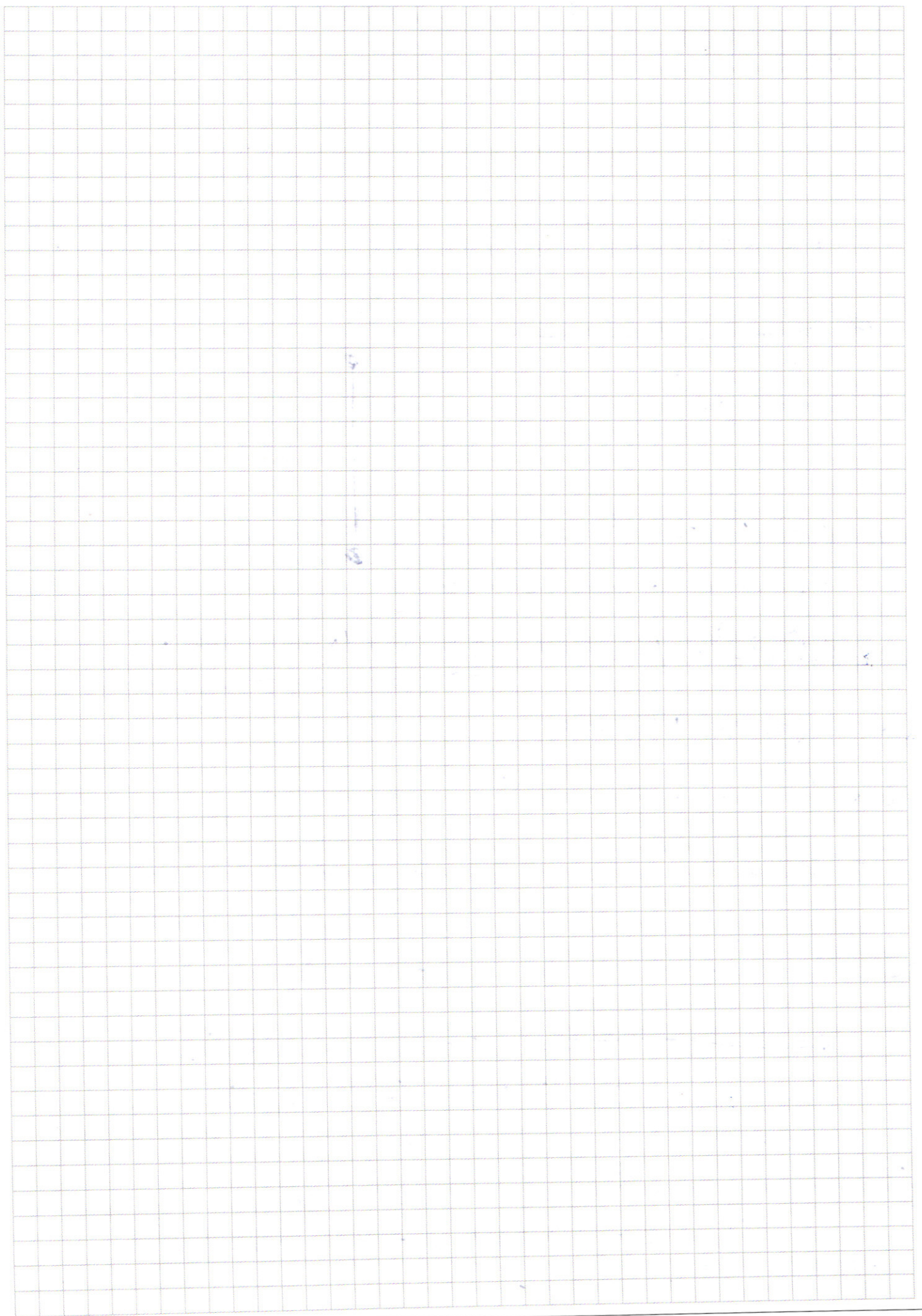
$$x = (v_2 \sin \beta + v_1 \sin \alpha) t$$

$$y = (v_1 \cos \alpha t - L - v_2 \cos \beta t)$$

$$x^2 + y^2 = L^2$$

~~$$t^2 v_2^2 \sin^2 \beta + v_1^2 \sin^2 \alpha t^2 + v_1^2 \cos^2 \alpha t^2 + v_2^2 \cos^2 \beta t^2 + L^2$$~~
~~$$+ 2L v_2 \cos \beta t - 2 v_1 \cos \alpha t L - 2 v_2 \cos \beta t L =$$~~

$$v_1^2 t^2 + v_2^2 t^2 +$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow p_2 = p_1 \frac{V_2}{V_1}$$

$$\eta = \frac{2 \left(p_1 \frac{V_2}{V_1} V_2 - p_1 V_1 \right) - \frac{3}{2} \left(p_1 \frac{V_2}{V_1} - p_1 \right) V_2 - \frac{5}{2} p_1 (V_2 - V_1)}{2 p_1 \frac{V_2^2 - V_1^2}{V_1}}$$

$$\eta = \frac{2 p_1 \frac{V_2^2 - V_1^2}{V_1} - \frac{3}{2} p_1 \frac{(V_2 - V_1) V_2}{V_1} - \frac{5}{2} p_1 \frac{(V_2 - V_1) V_1}{V_1}}{2 p_1 \frac{(V_2 - V_1)^2}{V_1}}$$

$$\eta = \frac{2(V_2^2 - V_1^2) - \frac{3}{2}(V_2 - V_1)V_2 - \frac{5}{2}(V_2 - V_1)V_1}{2(V_2 - V_1)^2}$$

$$\eta = \frac{4(V_2 - V_1)^2 - 3(V_2 - V_1)V_2 - 5(V_2 - V_1)V_1}{4(V_2 - V_1)^2}$$

$$\eta = \frac{4V_2^2 + 4V_1^2 - 8V_2V_1 - 3V_2^2 + 3V_1V_2 - 5V_1V_2 + 5V_1^2}{4(V_2 - V_1)^2}$$

$$\eta = \frac{4}{4} \eta = \frac{V_2^2 + 5V_1^2 - 10V_1V_2}{4(V_2 - V_1)^2}$$

поскольку $p_2 = k V_1$

$$\eta = \frac{k^2 V_1^2 + 5V_1^2 - 10k V_1^2}{4V_1^2 (k^2 - 1)}$$

$$x^2 - 10x + 9 = 0$$

$$x = 1 ; 9$$

$$(k-1)(k-9)$$

$$\frac{k-9}{k}$$

$$z = \frac{k^2 - 10k + 9}{(k^2 - 1)} = \frac{(k-1)(k-9)}{(k-1)(k+1)} = \frac{k-9}{k+1}$$

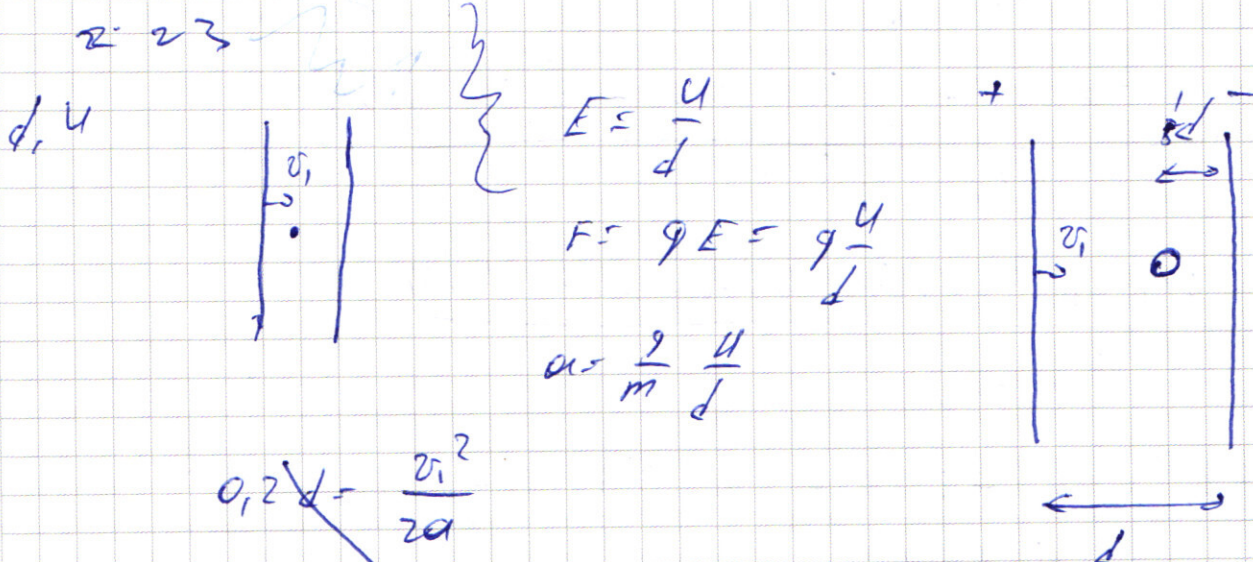
$$z \rightarrow \left(\frac{v}{u}\right)' = \frac{v^2 u - u^2 v}{u^2}$$

$$z' = \frac{1(k+1) - 1(k-9)}{(k+1)^2} = \frac{k+1-k+9}{(k+1)^2} =$$

$$z = \frac{k-9}{k+1} = \frac{k+1-10}{k+1} = 1 - \frac{10}{k+1}$$

$$V_2 > V_1 \Rightarrow k > 1$$

поэтому при приближении



$$\frac{1}{5} d = 2 \frac{q}{m} \frac{U}{d} = v_1^2$$

$$\frac{2}{5} U = \frac{q}{m} = v_1^2$$

$$\gamma = \frac{q}{m} = \frac{5}{2} \frac{v_1^2}{U}$$

$$\boxed{\frac{q}{m} = \frac{5}{8} \frac{v_1^2}{U}}$$

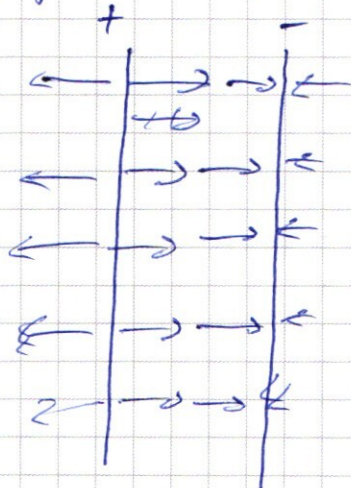
$$\frac{4}{5} d = \frac{v_1^2}{2a}$$

$$4 \frac{4}{5} d = 2 \frac{q}{m} \frac{U}{d} = v_1^2$$

$$\frac{8}{5} U = \frac{q}{m} = v_1^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

23 (продолжение)



В первой обкладке со знаком +,
второй с -.

Тогда по Г. Гаусса

$$E_1 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$\alpha E_2 = -\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

поэтому вне конденсатора

на заряды не действует кулоновские силы, и
скорость не меняется.

$$v_0 = v_1$$

24

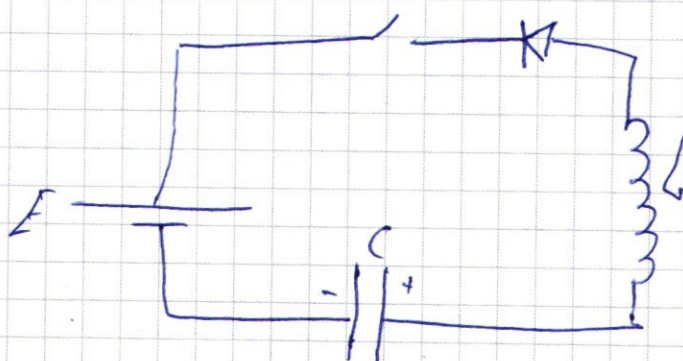
$$E = 6 \text{ В}$$

$$C = 10 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$R_1 = 8 \text{ Ом}$$

$$L = 0,4 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$



Как только ключ замкнется, ток через
контур не идет, а зарядка конденсатора в
этот момент $U_C = 0$

по 2-му правилу Кирхгофа: $E = U_C + U_L$

$$U_c = \Delta I = E - U_1$$

$$I = \frac{E - U_1}{L} = \frac{6 - 3}{0,4} = \frac{3}{\frac{4}{10}} = \frac{10 \cdot 3}{4} = \frac{6 \cdot 3}{2} = 7,5 \text{ A}$$

Одес. 2) $I_{\max} = ?$

~~$E = U_c$~~ при $E < U_c$ ток увеличивается против
засовой стрелки

при $E \geq U_c$ ток будет уменьшаться против
засовой стрелки, т.е. $I_{\max}$ будет при $E = U_c$.

$$~~E = U_0 + U_c~~ \quad \text{при} \quad U_c = E - 1$$

т.е. по 3 через

$$\text{через источник перейдет } \Delta q = \frac{U_1 \cdot U_c}{E} - E \cdot C$$

$$\Delta q = U_1 C - (E - 1) C$$

по 3-ку закон сохранения энергии

$$\Delta q \cdot E = \Delta W_c + \cancel{W_L} W_L$$

$$~~E(U_c - E) = \frac{E^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}~~$$

$$~~E(U_c - U_0) \Delta q = U_1 C - (E - U_0) C~~$$

$$\Delta q E = \Delta W_c + W_L$$

$$E(U_1 C - EC + U_0 C) = \frac{C(E - U_0)^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$

$$~~U_1 C E = E^2 C + E U_0 C~~$$

$$2E(U_1 C - EC + U_0 C) - C(E^2 + U_0^2 - 2EU_0) + CU_1^2 = LI^2$$

$$LI^2 = 2EU_1 C - 2E^2 C + 2EU_0 C - CE^2 - CU_0^2 + 4EU_0 C$$

$$E = 6 \text{ В}$$

22 (продолжение)

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \left(P_2 V_1 \frac{P_2}{P_1} - P_1 V_1 \right) = \frac{3}{2} V_1 \left(\frac{P_2^2}{P_1} - P_1 \right)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} V_1 \cdot \frac{P_2^2 - P_1^2}{P_1}$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} \left(P_2 V_1 \frac{P_2}{P_1} - P_1 V_1 + \right.$$

$$\left. P_1 V_1 \right) = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)}{\frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)} = 3$$

$$3) \eta_{\max} = ? \quad \eta = \frac{Q^+ - Q^-}{Q^+}$$

$$Q^+ = Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \left(\frac{1}{2} + 3 \cdot \frac{3}{2} \right) (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$Q^+ = 2 (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$Q^- = |Q_{23}| + |Q_{13}|$$

$$|Q_{23}| = |A_{23} + \Delta U_{23}| = |\Delta U_{23}| = \frac{3}{2} (P_1 V_2 - P_2 V_2)$$

$$|Q_{23}| = \cancel{\frac{3}{2} P_2} \cdot \frac{3}{2} V_2 (P_2 - P_1)$$

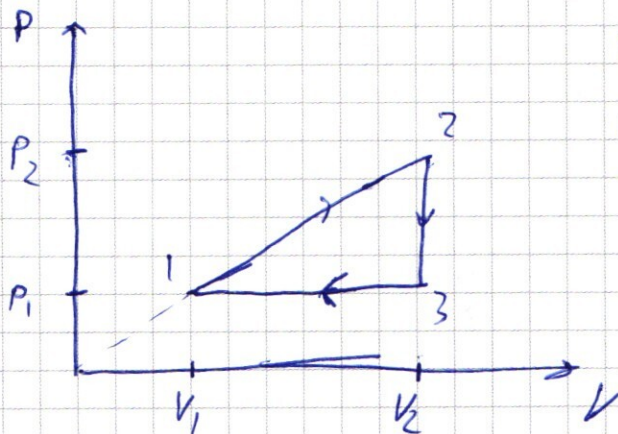
$$|Q_{13}| = |C_p \Delta T| = \left| \frac{5}{2} \Delta R (T_1 - T_3) \right| = \frac{5}{2} |P_1 V_1 - P_1 V_2|$$

$$Q_{13} = \frac{5}{2} P_1 (V_2 - V_1)$$

$$\eta = \frac{2 (P_2 V_2 - P_1 V_1) - \frac{3}{2} (P_2 - P_1) V_2 - \frac{5}{2} P_1 (V_2 - V_1)}{2 (P_2 V_2 - P_1 V_1)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

22



1)

Температура увеличивается
в процессе $1 \rightarrow 2$

$T \downarrow$ в процессах $2 \rightarrow 3$ и $3 \rightarrow 1$

$2 \rightarrow 3$

в процессе $2 \rightarrow 3$ $V = \text{const}$

$C_V = \frac{3}{2} R$ для одноатомного
газа

в процессе $3 \rightarrow 1$ $p = \text{const}$ $C_p = \frac{5}{2} R$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

2) изменение внутренней энергии $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \Delta R (T_2 - T_1)$

~~ΔU~~ по 3-му началу термодинамики

$$\frac{pV}{T} = \nu R, \quad pV = \nu RT$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$



~~ΔU~~ Найдем работу как площадь под графиком

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

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

при этом $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow V_2 - V_1 = \frac{p_2}{p_1} V_1$, т.е.

$$p_1 V_2 - p_2 V_1 = p_1 \cdot \frac{p_2}{p_1} V_1 - p_2 V_1 = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$E = 6 \quad U_1 = 9 \cdot 10^{-6}$$

$$\cancel{EI^2 = 2EU_1C - 4E^2C + 6EU_0C} \quad \cancel{E_0 = 1 \quad U_0 = 1}$$

$$\Delta I^2 = 2EU_1C - 2E^2C + 6EU_0C - CE^2 - CU_0^2$$

$$I^2 = 2 \cdot 6 \cdot$$

$$I^2 = \frac{C}{L} (2 \cdot 6 \cdot 9 - 2 \cdot 36 + 6 \cdot 6 \cdot 1 - 1)$$

$$I^2 = \frac{C}{L} (2EU_1C - 3E^2C + 6EU_0C - CU_0^2)$$

$$I^2 = \frac{C}{L} (2 \cdot 6 \cdot 9 - 3 \cdot 36 + 6 \cdot 6 \cdot 1 - 1)$$

$$I^2 = \frac{C}{L} \cdot 35$$

$$I^2 = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{0,4} \cdot 35 = 10 \cdot \frac{5}{2} \cdot 35 \cdot 10^{-6}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 35 \\ \hline 125 \\ 75 \\ \hline 875 \end{array}$$

$$875 \cdot 10^{-6}$$

$$I = \sqrt{875} \cdot 10^{-3}$$

28.

По мере ток начнет ослабевать, когда $U_2 = E - U_0$,
и прекратится, когда пройдет еще Δq .

т.е. заряд конденсатора уменьшится на $2\Delta q$.

$$\Delta q = C(E - U_0) - \frac{1}{2}CU_1 = C(E - U_0 - U_1)$$

$$CU_2 = CU_1 + 2\Delta q$$

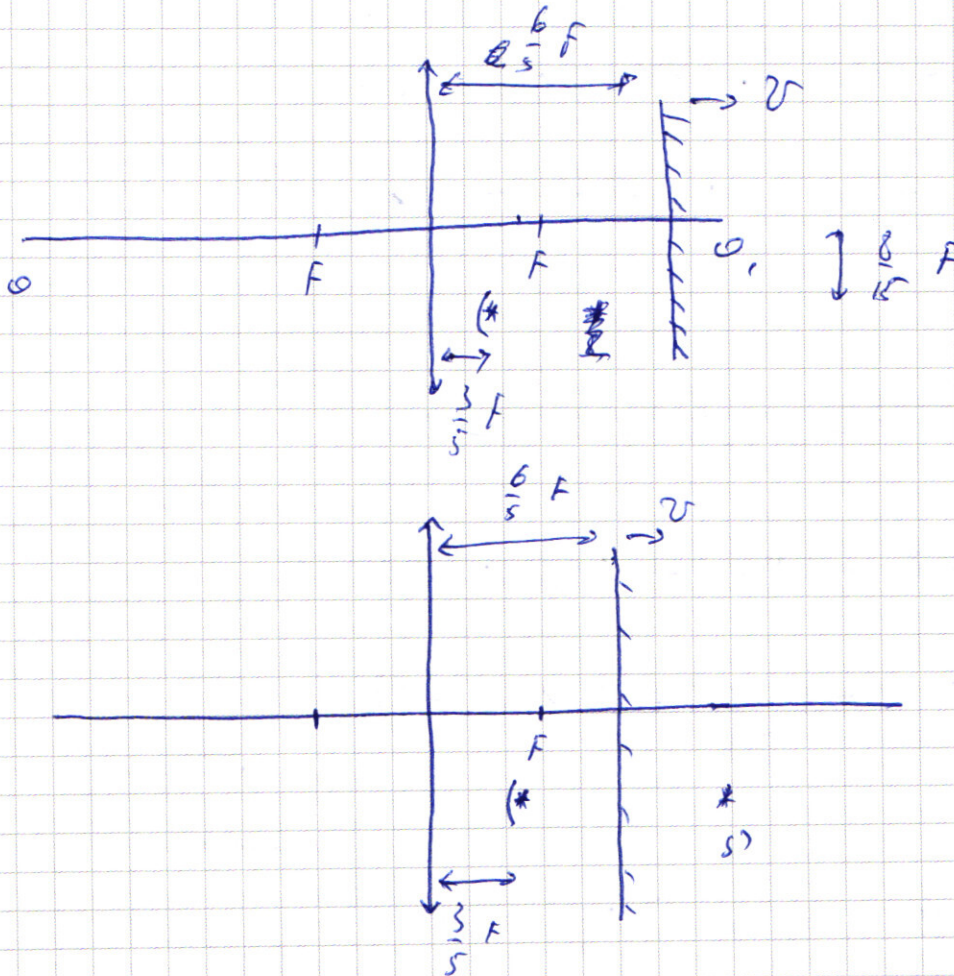
$$CU_2 = CU_1 + 2C(E - U_0 - U_1)$$

$$U_2 = U_1 + 2E - 2U_0 - 2U_1 = 2E - U_1 - 2U_0$$

$$U_2 = 2.6 - 3 - 425 \text{ В}$$

0.725 В.

25.



Изображение от зеркала находится на

$$d = \frac{3}{5}F + \left(\frac{6}{5}F - \frac{3}{5}F\right)2 = \frac{3}{5}F + \frac{6}{5}F = \frac{9}{5}F$$

Изображение лупы также в линзе находится на f от линзы?

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

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

$$\boxed{f = \frac{5}{4}F}$$