

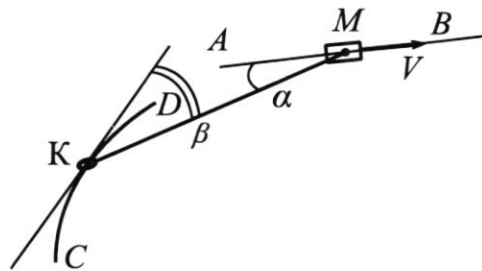
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

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.



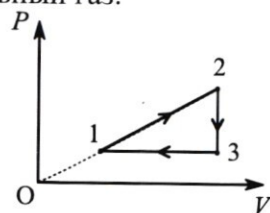
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

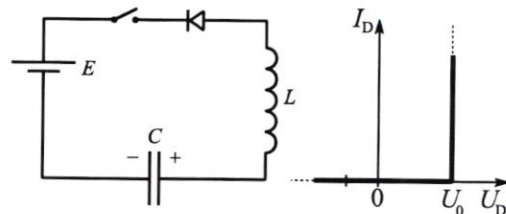
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

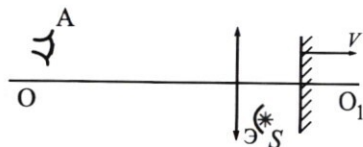


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник 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.

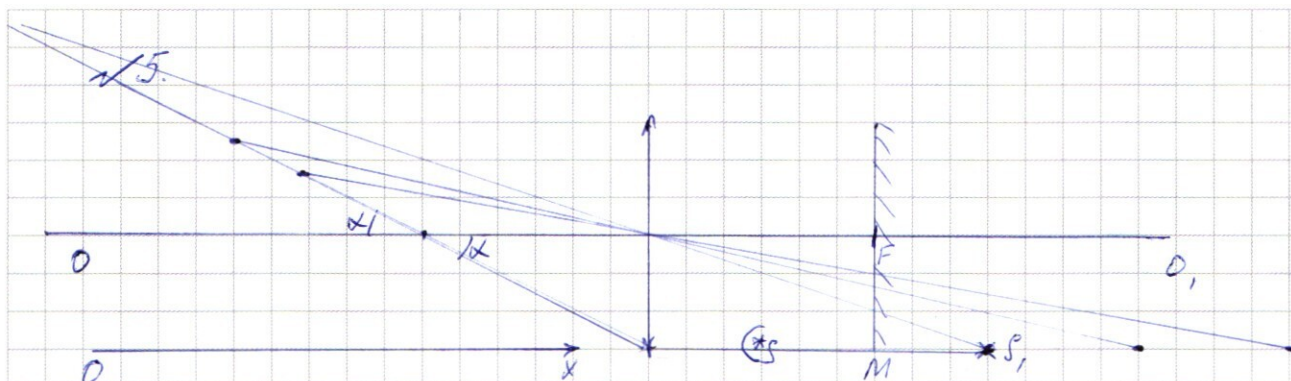
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



Dato: $d = \frac{E}{3}$, $h = \frac{8F}{15}$, F

Наименование: ф, х, ч

Решение

1) По формуле тонкой линзы: $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$
Зеркало даст симметричное изображение S_1 ,
при этом $SM = S_1M = \frac{2}{3}F \Rightarrow d = F + \frac{2}{3}F = \frac{5}{3}F$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{3}{5F} = \frac{2}{5F} \Rightarrow f = \frac{5F}{2}$$

2) Для построения изображения источника мы используем два луча. один сначала идёт $\perp$ линзе, а затем через F , а другой через оптический центр. Первый луч будет всегда неизменным, а второй изменяться. На рисунке показаны несколько случайных моментов. Получается, изображение движется вдоль первого луча $\tan \alpha = \frac{H}{F} = \frac{8}{15} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \alpha = \arctg\left(\frac{8}{15}\right)$$

$$3) \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad \left| \frac{d}{dt} \right. \Rightarrow -\frac{v_d d'}{d^2} - \frac{f'}{f^2} = 0, \text{ но } d' = v_d; f' = v_f,$$

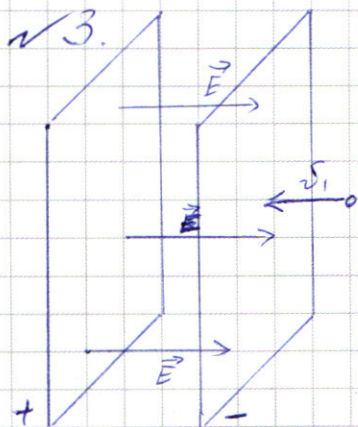
где v_d - скорость предмета, а v_f - скорость изображения $\Rightarrow \frac{v_d}{d^2} = -\frac{v_f}{f^2}$ минус, говорит о том, что скорости разнонаправлены

Пусть ось O_x . Т.е. источник неподвижен, а зеркало движется со скоростью v , то S_1 движется со скоростью $2v = v_d$. $v_f = u \cos \alpha$

$$u \cos \alpha = v_d \left(\frac{f}{d} \right)^2 = 2v \left(\frac{5F \cdot 3}{2 \cdot 5F} \right)^2 = 2v \cdot \frac{9}{4} = \frac{v \cdot 9}{2}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{\tan^2 \alpha + 1}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{64}{225} + 1}} = \frac{15}{17} \Rightarrow u = \frac{v \cdot 9 \cdot 17}{2 \cdot 155} = \frac{v \cdot 51}{10} = 5,1v$$

Ответ: 1) $f = \frac{5F}{2}$, 2) $\alpha = \arctg(\frac{8}{15})$ 3) $u = 5,1v$.



Дано: $v, d, \frac{q}{m} = 8$

Найти: T, u, v_0

Решение

1) Т.к. частица остановилась на расстоянии $0,2d$ от положительной пластины, значит она прошла расстояние $0,8d$

$$\begin{cases} v_1 = aT \\ 0,8d = v_1 T - \frac{aT^2}{2} \end{cases}, \text{ где } a - \text{ускорение под которым останавливается частица.}$$

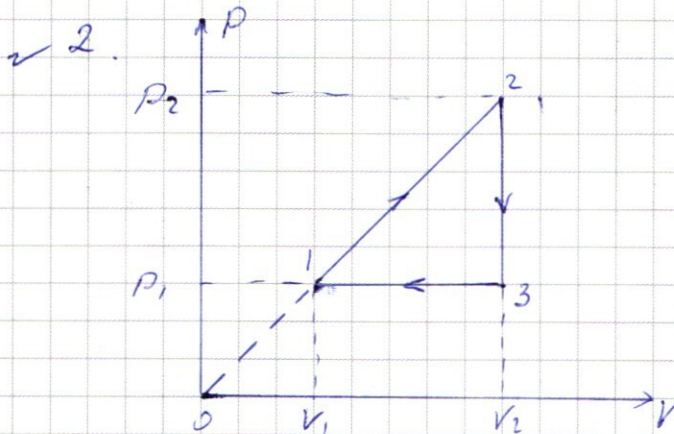
Получим: $0,8d = v_1 T - \frac{v_1 T}{2} \Rightarrow 0,8d = \frac{v_1 T}{2} \Rightarrow T = \frac{1,6d}{v_1}$

$$2) \left. \begin{aligned} &\text{Из 2 з. Ньютона } ma = Eq \\ &E = \frac{u}{d}; a = \frac{v_1}{T} = \frac{v_1^2}{1,6d} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{mv_1^2}{1,6d} = \frac{qu}{d} \Rightarrow$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Rightarrow U = \frac{m v_1^2}{q \cdot 1,6} = \frac{v_1^2}{1,6 \cdot 8}$$

3) В конденсаторе все поле сосредоточено внутри него, поэтому на пластину, летящую из бесконечности не будут действовать никакие силы, ^а значит $v_1 = v_0$. Ответ: 1) $T = \frac{1,6 d}{v_1}$ 2) $U = \frac{v_1^2}{1,6 \cdot 8}$ 3) $v_0 = v_1$



Дано: $p = \alpha V$

Найти: $\frac{C_{p23}}{C_{v31}}$; $\frac{Q_{12}}{A_{12}}$; $\eta_{\max}$

Решение.

1) Очевидно, что понижение температуры

будет на участках 2-3 и 3-1.

$$\begin{cases} Q_{23} = \Delta U_{23} \\ Q_{31} = \Delta U_{31} + A'_{31} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C_{v23} \cdot \Delta R(T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \Delta R(T_3 - T_2) \\ C_{v31} \cdot \Delta R(T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \Delta R(T_1 - T_3) + p_1(V_1 - V_3) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} C_{v23} = \frac{3}{2} \\ C_{v31} \cdot \Delta R(T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \Delta R(T_1 - T_3) + \Delta R(T_1 - T_3) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C_{v23} = \frac{3}{2} \\ C_{v31} = \frac{5}{2} \end{cases} \Rightarrow \frac{C_{v23}}{C_{v31}} = \frac{3}{5}$$

2) A'_{12} - это работа под процессом 1-2 $\Rightarrow$

$$\Rightarrow A'_{12} = \frac{(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1}{2} = \frac{p_1 V_2 - p_1 V_1 + (p_1 V_2 - p_1 V_1)}{2}, \text{ но } p = \alpha V \Rightarrow p_1 = \alpha V_1, p_2 = \alpha V_2 \Rightarrow p_1 V_2 - p_1 V_1 = 0$$

$$\Rightarrow A'_{12} = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{2}$$

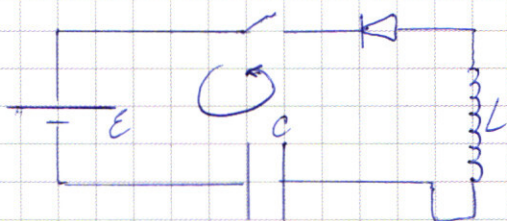
$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A'_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) + \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = 2(p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2(p_2 V_2 - p_1 V_1)}{\frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1)} = 4.$$

Пункт 3 на 5 странице.

✓ 4.



Дано: $\mathcal{E} = 3\text{В}$, $U_1 = 6\text{В}$, $U_0 = 1\text{В}$, $C = 20\text{мкФ}$,

$L = 0,2\text{Гн}$

Найти: I' ; I_{max} ; U_2

Решение.

1) Выберем направление обхода и запишем закон Кирхгофа

$$U_1 - LI' - U_0 - \mathcal{E} = 0 \Rightarrow LI' = U_1 - U_0 - \mathcal{E} \Rightarrow I' = \frac{U_1 - U_0 - \mathcal{E}}{L} = \frac{(6 - 1 - 3)}{1/5} = 10\text{ А/с}$$

2) Ток в цепи будет нарастать до тех пор, пока напряжение на конденсаторе не станет равным $\mathcal{E} + U_0$, после диод закроется.

$$\text{Изменение заряда равно: } q = C U_1 - C(\mathcal{E} + U_0) = C(U_1 - (\mathcal{E} + U_0)) = C \cdot 2.$$

$$\text{По ЗСЭ: } \frac{C U_1^2}{2} = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} + U_0 q + \mathcal{E} q + \frac{C(\mathcal{E} + U_0)^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} = C(18 - 2 - 6 - 8) = C \cdot 2 \Rightarrow I_{\text{max}}^2 = \frac{4C}{L} = \frac{4 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot 5}{1}$$

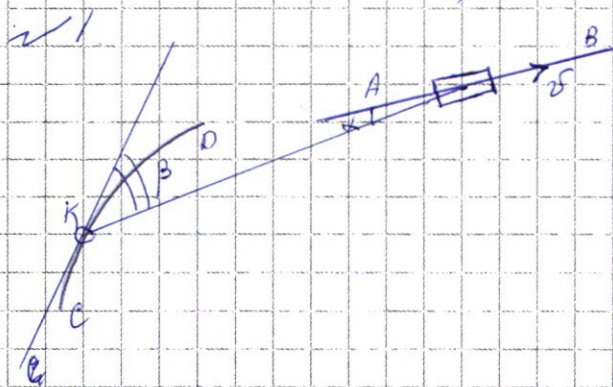
$$\Rightarrow 20 \cdot 10^{-3}\text{ А} = 20\text{ мА}.$$

3) Колебания в контуре будут затухающими и они прекратятся, когда напряжение не будет хватать, чтобы открыть диод

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Это произойдет, когда $u_z = \varepsilon + u_0 = 4 \text{ В}$.

Ответ: 1) $I = 10 \frac{\text{А}}{\text{с}}$; 2) $I_{\text{max}} = 20 \text{ мА}$; 3) $u_z = 4 \text{ В}$



Дано: $v = 40 \text{ см/с}$, $m = 1 \text{ кг}$,
 $\cos \alpha = \frac{3}{5}$, $\cos \beta = \frac{8}{17}$, $R = 1,7 \text{ м}$,
 $\ell = \frac{17}{5}$

Найти: u , $u_{\text{от}}$, T

Решение.

1) Так, трое не растягиваем, то скорости
в проекции на ось ^{совпадающую} ~~совпадающую~~ с троей,
одинаковы $\Rightarrow v \cos \alpha = u \cos \beta \Rightarrow u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \cdot \frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

2) $\vec{u}_{\text{от}} = \vec{u}_{\text{от}} + \vec{u}_{\text{пр}}$, где $u_{\text{пр}} = v \Rightarrow \vec{u}_{\text{от}} = \vec{u}_{\text{от}} - \vec{v}$
По т. косинусов:

$$u_{\text{от}}^2 = u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u_{\text{от}} = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$



Ответ: 1) $u = 51 \text{ см/с}$ 2) $u_{\text{от}} = 77 \text{ см/с}$

2. Продолжение (пункт 3)

$$Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} (p_1 V_2 - p_2 V_1)$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + p_1 (V_1 - V_2) = \frac{3}{2} p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_1 V_2 + p_1 V_1 - p_1 V_2 = \frac{5}{2} p_1 V_1 - \frac{5}{2} p_1 V_2$$

$$Q_{\text{отг}} = Q_{23} + Q_{31} = \frac{3}{2} p_1 V_2 - \frac{3}{2} p_2 V_2 + \frac{5}{2} p_1 V_1 - \frac{5}{2} p_1 V_2 =$$

$$= \frac{5}{2} p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_2 V_2 - p_1 V_2 \quad (\text{знак учтён})$$

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{\text{отг}}}{Q_{12}} = \frac{2 p_2 V_2 - 2 p_1 V_1 + \frac{5}{2} p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_2 V_2 - p_1 V_2}{2 p_2 V_2 - 2 p_1 V_1} =$$

$$= \frac{4 p_2 V_2 - 4 p_1 V_1 + 5 p_1 V_1 - 3 p_2 V_2 - 2 p_1 V_2}{4 p_2 V_2 - 4 p_1 V_1} =$$

$$= \frac{p_2 V_2 + p_1 V_1 - 2 p_1 V_2}{4(p_2 V_2 - p_1 V_1)} \quad \text{учитывая } p = \alpha V =$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{\alpha V_2^2 + \alpha V_1^2 - 2 \alpha V_1 V_2}{4(\alpha V_2^2 - \alpha V_1^2)} = \frac{(V_2 - V_1)^2}{4(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)} = \frac{V_2 - V_1}{4(V_2 + V_1)}$$

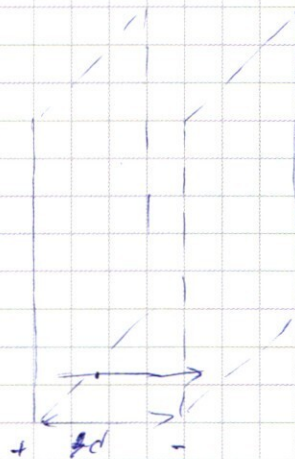
$$\text{Пусть } V_2 = k V_1 \Rightarrow \frac{k V_1 - V_1}{4(k V_1 + V_1)} = \frac{k - 1}{4(k + 1)} = \frac{k + 1 - 2}{4(k + 1)} =$$

$$= \frac{1}{4} - \frac{1}{2(k + 1)} \quad \eta \text{ будет максимальным, когда}$$

$$k \rightarrow \infty \Rightarrow \eta = \frac{1}{4} = 25\%$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{C_{p23}}{C_{p31}} = \frac{3}{5}; 2) \frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4; 3) \eta_{\text{max}} = 25\%$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$S = 0,8d$$

$$v_1 = at \Rightarrow a = \frac{v_1}{t}$$

$$ma = qE$$

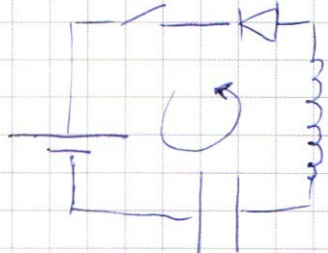
$$0,8d = v_1 t - \frac{at^2}{2}$$

$$\Rightarrow 0,8d = v_1 t - \frac{v_1 t^2}{2} \Rightarrow 0,8d = \frac{v_1 t}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{1,6d}{v_1}$$

$$m \frac{v_1}{t} = q \frac{U}{d} = \frac{v_1^2}{1,6d} = \frac{q}{m} \frac{U}{d} \Rightarrow U = \frac{v_1^2}{1,6 \cdot 8}$$

$$q = CU$$



$$U_0 + U_1 - LI' - \mathcal{E} = 0$$

$$LI' = U_1 - \mathcal{E} = 6 - 3 = 3$$

$$I' = \frac{3}{0,2} = 15$$

$$A_{\text{ист}} = e q$$

$$U_1 = 4 \text{ В} \quad q = CU - CU_1 =$$

$$= C(U - U_1) = C \cdot 2$$

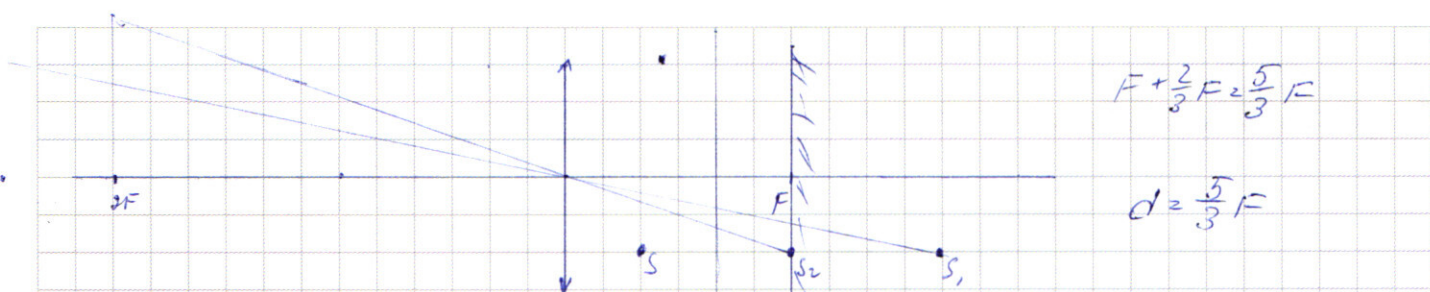
$$\frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2} + U_0 q = e q$$

$$LI^2 = CU^2 - C(U - U_0)^2 - 2U_0 C(U - U_0) - 2\mathcal{E}(U - U_0)C$$

$$LI^2 = C(6^2 - 4^2 - 2 \cdot 1 \cdot 2 - 2 \cdot 3 \cdot 2) = C(36 - 16 - 4 - 12) =$$

$$= C \cdot 4 \Rightarrow I = \frac{4C}{0,2} = 20C = 20 \cdot 10^{-6} \Rightarrow I = 20 \cdot 10^{-3} = 0,02 \text{ А}$$

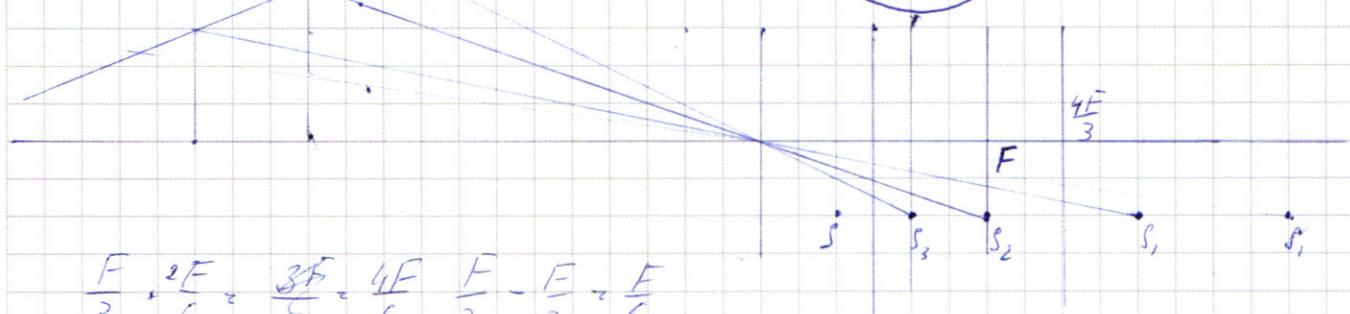
$$\frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2} +$$



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

$$d = \frac{5}{3}F$$

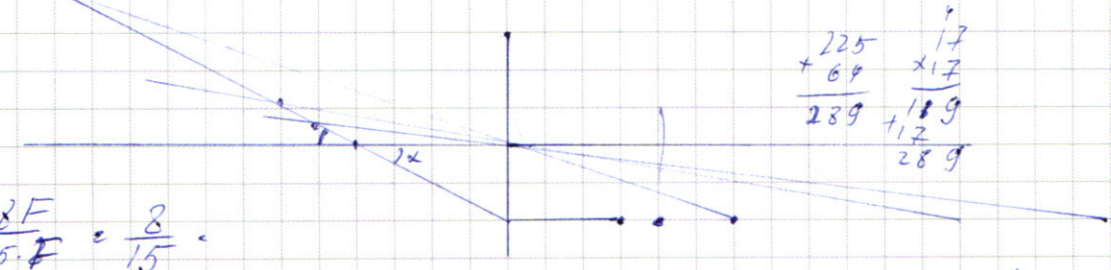
$$\frac{1 \cdot 3}{5F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{3}{5F} = \frac{2}{5F} \Rightarrow f = \frac{5F}{2}$$



$$\frac{F}{3} + \frac{2F}{6} = \frac{3F}{6} = \frac{4F}{6} \quad \frac{F}{3} - \frac{F}{3} = \frac{F}{6}$$

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

$$\frac{4F}{3} + F = \frac{2F}{3} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{3}{2F} = \frac{2-3}{2F} = -\frac{1}{2F} \Rightarrow f = \frac{2F}{4} = \frac{3 \cdot 7}{4} = \frac{21}{4} = 5.25$$



$$\begin{array}{r} 225 \\ + 64 \\ \hline 289 \end{array} \quad \begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 189 \\ + 189 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\tan \alpha = \frac{8F}{15F} = \frac{8}{15}$$

$$\sin^2 + \cos^2 = 1 \Rightarrow \tan^2 + 1 = \frac{1}{\cos^2} = \frac{64}{225} + 1 = \frac{289}{225} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\begin{array}{r} 6 \\ \times 17 \\ \hline 102 \\ + 120 \\ \hline 1020 \end{array}$$

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \Rightarrow f^{-1} + d^{-1} = F^{-1} \Rightarrow -1 \cdot f^{-2} \cdot f' - 1 \cdot d^{-2} \cdot d' = 0 \Rightarrow \frac{102}{100} \cdot \frac{1}{5}$$

$$\Rightarrow d^{-2} \cdot d' = \sqrt{f} \cdot f^{-2} \Rightarrow \frac{\sqrt{f}}{\sqrt{d}} = \left(\frac{f}{d}\right)^2 \Rightarrow \frac{\sqrt{f}}{\sqrt{d}} = \left(\frac{5F \cdot 3}{2 \cdot 5F}\right)^2 = \frac{9}{4} \Rightarrow \times 5.1$$

$$11 \cdot \cos \alpha = 2\sqrt{\frac{9}{4}} \Rightarrow 11 = \frac{2 \cdot 9 \cdot 17}{4 \cdot 155} \sqrt{\frac{102}{20}} \Rightarrow \sqrt{\frac{102}{20}} = 5.1 \sqrt{\frac{102}{20}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on grid paper.

Diagram 1: A vector diagram showing a force N acting on a mass m on an inclined plane. The angle of the incline is α . The force N is perpendicular to the incline. The weight mg acts vertically downwards. The tension T acts along the incline. The angle between the incline and the horizontal is α . The angle between the force N and the vertical is β . The angle between the tension T and the horizontal is α . The angle between the weight mg and the vertical is β .

Calculations:

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

$$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \cdot \frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{40 \cdot 3 \cdot 17}{5 \cdot 8} = 3 \cdot 17 = 51 \text{ м/с}$$

Vector Addition:

$$\vec{v}_a = \vec{v}_{am} + \vec{v}_{mp}$$

$$\gamma = \alpha + \beta$$

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

$$\sin \gamma = \frac{4}{5}$$

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

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

$$v_{am}^2 = v^2 + u^2 - 2vu \cos(\alpha + \beta) = 1600 + 2601 + \frac{2 \cdot 40 \cdot 51 \cdot 36}{5 \cdot 17} = 1600 + 2601 + 8 \cdot 3 \cdot 36 = 4201$$

$$v_{am} = 27$$

Handwritten Equations:

$$\frac{1}{4} \cdot \frac{k-1}{k+1} = \frac{k+1-2}{4(k+1)}$$

$$\frac{1}{4} - \frac{1}{4(k+1)} = \frac{k+1-1}{4(k+1)}$$

$$\frac{1}{4} - \frac{1}{4(k+1)} = \frac{k}{4(k+1)}$$

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

Arithmetic:

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 3 \\ \hline 51 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 51 \\ \times 51 \\ \hline 255 \\ + 2601 \\ \hline 2601 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 3 \\ \hline 51 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 3 \\ \hline 108 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 108 \\ \times 3 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1600 \\ + 2601 \\ \hline 4201 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4201 \\ + 1728 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5929 \\ \times 2 \\ \hline 11858 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5929 \\ \times 77 \\ \hline 539 \\ + 539 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5929 \\ \times 75 \\ \hline 375 \\ + 375 \\ \hline 525 \\ + 525 \\ \hline 5625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5625 \\ \times 5 \\ \hline 28125 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 28125 \\ \times 5 \\ \hline 140625 \end{array}$$

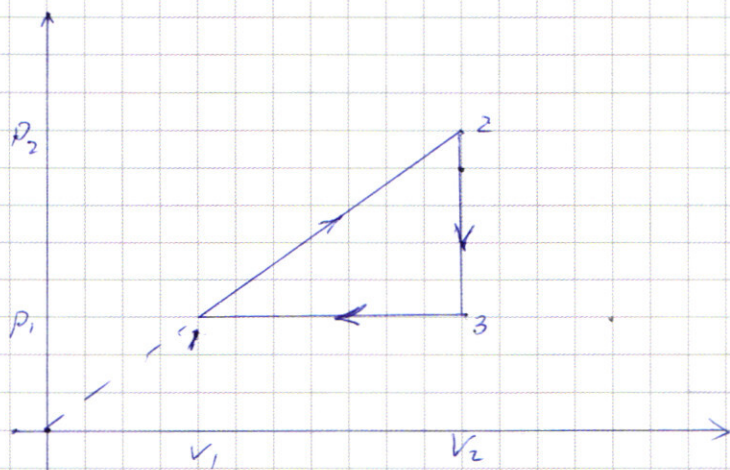
$$\begin{array}{r} 140625 \\ \times 5 \\ \hline 703125 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 703125 \\ \times 5 \\ \hline 3515625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3515625 \\ \times 5 \\ \hline 17578125 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17578125 \\ \times 5 \\ \hline 87890625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 87890625 \\ \times 5 \\ \hline 439453125 \end{array}$$



$$P = \alpha V$$

$$Q = \Delta U + A'$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + \frac{(P_1 + P_2)(V_2 - V_1)}{2}$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + 0$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + P_1(V_2 - V_1)$$

$$Q = C_p R \Delta T$$

$$\frac{1}{2} C_{p,23} R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} R (T_3 - T_2) \Rightarrow C_{p,23} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{1}{2} C_{p,31} R (T_3 - T_1) = \frac{3}{2} R (T_3 - T_1) + R (T_3) - R T_1 =$$

$$C_{p,31} (T_3 - T_1) = (T_3 - T_1) \left(\frac{3}{2} + 1 \right) = 5$$

$$\frac{C_{p,23}}{C_{p,31}} = \frac{3 \cdot 2}{2 \cdot 5} = \frac{3}{5}$$

$$V_2 = 2V_1$$

$$V_3 = 3V_1$$

$$V_2 = \frac{3}{2} V_1$$

$$V_2 = kV_1$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + \left(\frac{P_1 V_2 - P_1 V_1 + P_2 V_2 - P_2 V_1}{2} \right) = \frac{k-1}{k+1}$$

$$= \frac{(P_2 V_2 - P_1 V_1) + P_1 V_2 - P_2 V_1}{2} =$$

$$= \frac{(P_2 V_2 - P_1 V_1) + \alpha V_1 V_2 - \alpha V_2 V_1}{2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2} = A_{12}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = 2 (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2}{\frac{1}{2}} = 4$$

$$A = \frac{1}{2} (P_2 - P_1)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_2 - P_2 V_1 + P_1 V_1) =$$

$$= \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1 - 2\alpha V_1 V_2)$$

$$\eta = \frac{2}{2} \frac{(P_2 V_2 + P_1 V_1 - 2\alpha V_1 V_2)}{2 (P_2 V_2 - P_1 V_1)} = \frac{1}{4} \frac{(\alpha V_2^2 + \alpha V_1^2 - 2\alpha V_1 V_2)}{\alpha V_2^2 - \alpha V_1^2} =$$

$$= \frac{1}{4} \frac{(V_2 - V_1)^2}{(V_2^2 - V_1^2)} = \frac{1}{4} \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} = \frac{1}{4} \frac{kV_1 - V_1}{kV_1 + V_1} = \frac{1}{4} \frac{k-1}{k+1} = \frac{1}{4} \left(\frac{k+1}{k+1} \cdot \frac{2}{k+1} \right) =$$

$$\frac{1/(k+1) - (k-1)/4}{(k+1)^2} = 0$$

$$\frac{2V_2 - V_1}{3V_1} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{3V_2 - V_1}{4V_1} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{\frac{3}{2} - 1}{\frac{3}{2} + 1} = \frac{1}{2} = \frac{1}{5} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{2}{k+1} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$A_{12} = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{2}$$

$$A_{31} = (V_2 - V_1) \rho_1 = \rho_1 V_2 - \rho_1 V_1$$

$$Q_{12} = 2(\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1) \quad A = A_{12} - A_{31} = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1 - 2\rho_1 V_2 + 2\rho_1 V_1}{2}$$

$$= \frac{\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1 - 2\rho_1 V_2}{2}$$

$$\eta = \frac{1}{4} \frac{\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1 - 2\rho_1 V_2}{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1} = \frac{\alpha V_2^2 + \alpha V_1^2 - 2\alpha V_1 V_2}{\alpha V_2^2 - \alpha V_1^2}$$

$$= \frac{(V_2 - V_1)^2}{(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)} = \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} = \frac{k-1}{k+1}$$

$$Q_{max} = 4A_{12}$$

$$A_{31} = \frac{k+1}{2} A_{12}$$

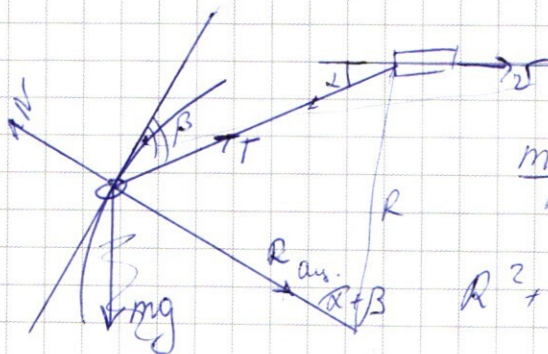
$$A_{12} = \frac{k+1}{2} A_{31}$$

$$Q_{max} = 2(k+1) A_{31}$$

$$A_{12} - A_{31} = \left(\frac{k+1}{2} - 1\right) A_{31} = \frac{k-1}{2} A_{31}$$

$$\begin{array}{r} 8 \\ \times 12 \\ \hline 96 \\ 85 \end{array} \quad \begin{array}{r} 65 \\ \times 5 \\ \hline 325 \\ 85 \end{array}$$

$$\eta = \frac{\frac{k-1}{2} A_{31}}{\frac{k+1}{2} A_{31}} = \frac{k-1}{k+1}$$



$$\frac{mv^2}{R} = T \sin \beta - N$$

$$R^2 + R^2 + 2R^2 \cos \frac{36}{5 \cdot 12} = 2R^2 \left(\frac{121}{85} \right)$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} 2R(T_3 - T_2) = \frac{3}{2} (p_1 V_2 - p_2 V_2)$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} 2R(T_1 - T_3) + p_1 (V_1 - V_2) = \frac{3}{2} p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_1 V_2 + p_1 V_2 + p_1 V_1 =$$

$$= \frac{5}{2} p_1 V_1 - \frac{5}{2} p_1 V_2$$

$$\eta = Q_{23} + Q_{31} = \frac{3}{2} p_1 V_2 - \frac{3}{2} p_2 V_2 + \frac{5}{2} p_1 V_1 - \frac{5}{2} p_1 V_2 = \frac{5}{2} p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_2 V_2 - p_1 V_2$$

$$\eta = \frac{2p_2 V_2 - 2p_1 V_1 - \frac{5}{2} p_1 V_1 + \frac{3}{2} p_2 V_2 + p_1 V_2}{2p_2 V_2 - 2p_1 V_1}$$

$$= \frac{4p_2 V_2 - 4p_1 V_1 - 5p_1 V_1 + 3p_2 V_2 + 2p_1 V_2}{4p_2 V_2 - 4p_1 V_1} = \frac{7p_2 V_2 - 9p_1 V_1 + 2p_1 V_2}{4(p_2 V_2 - p_1 V_1)}$$

$$= \frac{7 \cancel{p_2} V_2 - 9 \cancel{p_1} V_1 - 2 \cancel{p_1} V_2}{4 (\cancel{p_2} V_2 - \cancel{p_1} V_1)} = \frac{7V_2^2 - 9V_1^2 - 2V_1 V_2}{4(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)}$$

$$= \frac{7V_2^2 + 7V_1 V_2 - 9V_1 V_2 - 9V_1^2}{4(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)} = \frac{7V_2(V_2 + V_1) - 9V_1(V_2 + V_1)}{4(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)}$$

$$= \frac{7V_2 - 9V_1}{4(V_2 - V_1)} = \frac{7k - 9}{4(k - 1)} = \frac{7(k-1) - 7k + 9}{4(k-1) - (7k-9)}$$

$$V_2 = kV_1$$