

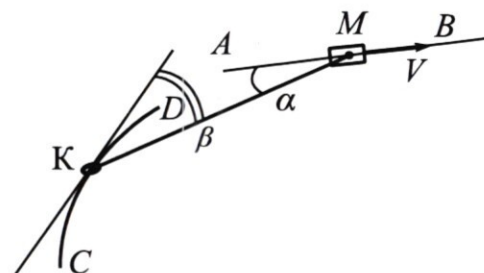
Олимпиада «Физтех» по физике, (

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.



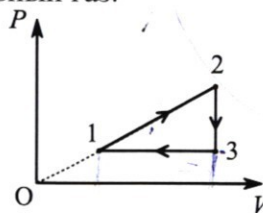
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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

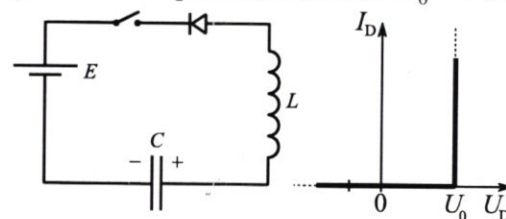
2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?

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.

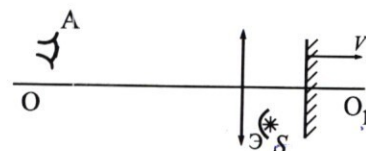


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

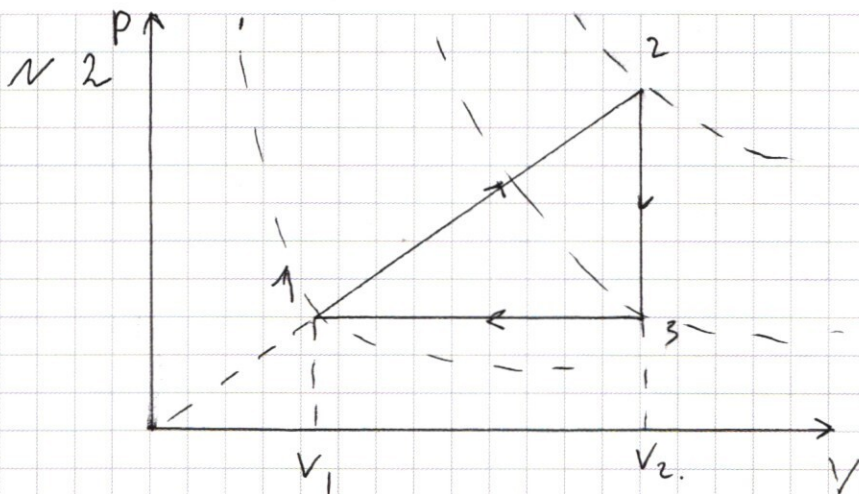
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



- 1) изотерма проходящая через 2 выше
чем через 3 и выше чем через 1 $\Rightarrow$
температура понижалась на 23 и 31 $\Rightarrow$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{V \Delta T_{23}} \quad \left. \begin{array}{l} \\ Q_{23} = \frac{i}{2} V R \Delta T_{23} \text{ (изохора)} \end{array} \right\} \Rightarrow C_{23} = \frac{i}{2} R$$

$$C_{31} = \frac{Q_{31}}{V \Delta T} \quad \left. \begin{array}{l} \\ Q_{23} = \left(\frac{i}{2} + 1\right) V R \Delta T_{31} \text{ (изобара)} \end{array} \right\} \Rightarrow C_{31} = \left(\frac{i}{2} + 1\right) R \Rightarrow$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{i}{2 \left(\frac{i}{2} + 1\right)} \stackrel{i=3}{=} \frac{3 \cdot 2}{2 \cdot 5} = \frac{3}{5}$$

$$2) \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}}$$

$$P = \alpha V \Rightarrow \alpha V^2 = \nu R T$$

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{i}{2} \alpha \Delta(V^2)$$

$$A = \text{коэффициент по графику} = \frac{\alpha}{2} \Delta(V^2) \quad \} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \cdot \frac{i}{2} \alpha \Delta(V^2)}{2 \alpha \Delta(V^2)} = i = 3$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_+}$$

$$A = \text{коэффициент внутри цикла} = \frac{\Delta P_{23} \cdot \Delta V_{31}}{2} =$$

$$= \frac{\alpha}{2} (V_2 - V_1) \cdot (V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2} (V_2 - V_1)^2$$

$$Q_+ = Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$$

$$\text{из пункта 2: } \Delta U_{12} = 3 A_{12} \Rightarrow$$

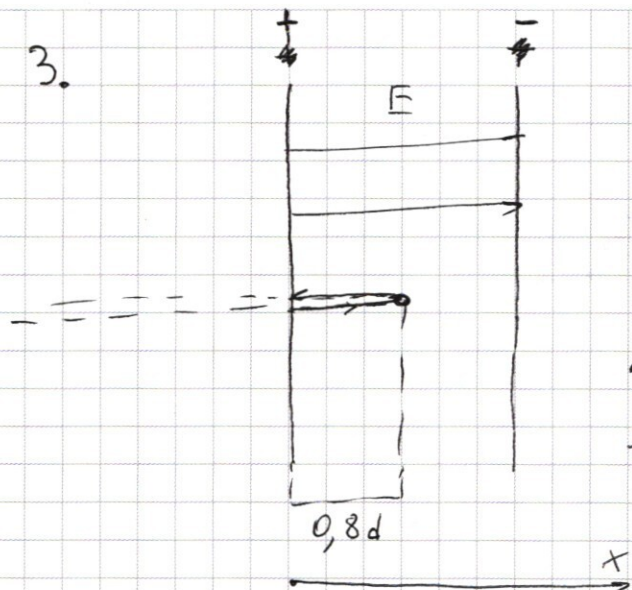
$$Q_+ = 4 A_{12} = \frac{4 \cdot \alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2) \Rightarrow$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{1}{4} \frac{(V_2 - V_1)^2}{(V_2^2 - V_1^2)} = \frac{1}{4} \frac{(V_2 - V_1)}{(V_2 + V_1)}$$

Заметим, что при фиксированном V_2 $V_2 - V_1$ убывает,
а $V_2 + V_1$ - возрастает $\Rightarrow \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$ - тоже убывает при возрастании $V_1 \Rightarrow$
 $\max \eta = \frac{1}{4}$ при $V_1 = 0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.



Снаружи конденсатора
поля нет, а значит,
если частица остановилась,
то она это сделала внутри
конденсатора, влетев со стороны
+ частицы.

$$1) E = U/d \Rightarrow F = \frac{qU}{d} \Rightarrow a = \frac{qU}{m d} = \gamma \frac{U}{d}$$

поле постоянное, $\Rightarrow$

$$\begin{cases} x(t) = V_1 t - \frac{a t^2}{2} \\ V(t) = V_1 - a t \end{cases}$$

во время когда остановилась: $V(t_0) = 0 \Rightarrow$

$$t_0 = \frac{V_1}{a} \Rightarrow x(t_0) = 0,8d = \frac{V_1^2}{2a} \Rightarrow$$

$$da = \frac{V_1^2}{1,6} \Rightarrow \gamma \frac{d}{d} \cdot U = \frac{V_1^2}{1,6} \Rightarrow \boxed{\gamma = \frac{V_1^2}{1,6U}}$$

2) $t_{\text{go влета}} = 2t_0$ (поле однородное) $\Rightarrow$

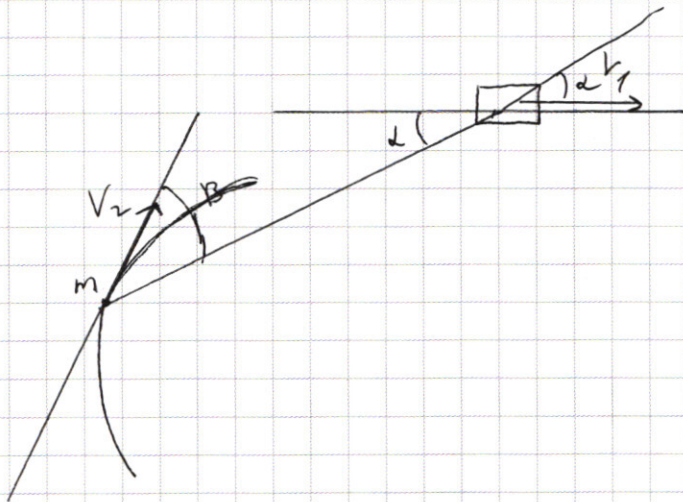
$$t_{\text{go влета}} = \frac{2V_1 \cdot 1,6U \cdot d}{V_1^2 \cdot U} = \boxed{\frac{3,2d}{V_1}}$$

3) В данной системе нет центральных сил,
а значит выполняется закон сохранения
энергии $\Rightarrow V_{\text{бюлета}} = V_1$

шарушки конденсатора ноль нет $\Rightarrow V_0 = V_{\text{бюлета}} = V_1$

$$V_0 = V_1$$

1.



1) трое не растяжим, а значит можем записать
условие неразрывности: $V_2 \cdot \cos \beta = V_1 \cdot \cos \alpha \Rightarrow$

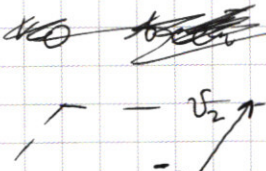
$$V_2 = \frac{V_1 \cdot \cos \alpha}{\cos \beta}$$

, где будем считать, что V_2 известно.

$$V_2 = \frac{2 \cdot 4 \cdot 17}{8 \cdot 5} = \frac{17}{5}$$

2) при добавлении ~~не~~ ~~вектор~~ к кольцу вектор

$\vec{V}_1$ влево



$$\Rightarrow V_{\text{отн}}^2 = V_2^2 + V_1^2 - 2V_1V_2 \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

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

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{3}{5}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{15}{17}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{1}{5}$$

$$V_{\text{отн}} = \sqrt{\left(\frac{17}{5}\right)^2 + 4 - 2 \cdot \frac{17 \cdot 2}{5} \cdot \frac{1}{5}}$$

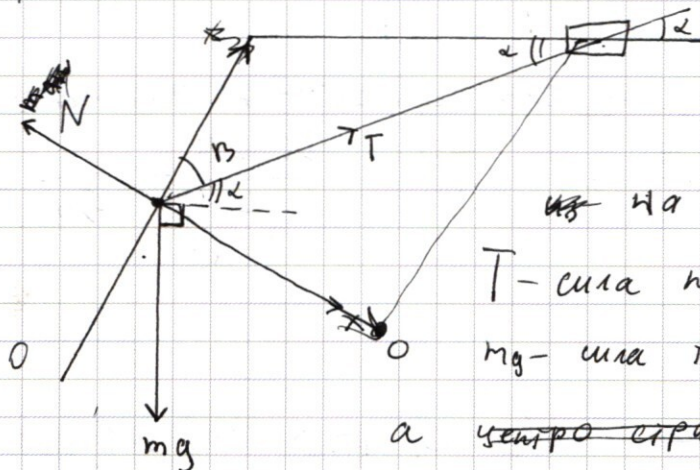
$$V_{\text{отн}} = \sqrt{\frac{17 \cdot 17 - 17 \cdot 4}{25} + 4}$$

$$V_{\text{отн}} = \frac{11}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1 (продолжение)

3)



~~на~~ на кольцо действует

T — сила натяжения нити.

mg — сила тяжести.

а центростремительное ускорение ~~и~~
реакция опоры от ~~тяги~~ ^{проблем.} направлена

перпендикулярно. направлению движения. Значит T

если записать 2ЗН. в проекции на ось x :

$$N \cos \beta = mg$$

$$\begin{cases} N - N + mg \cos(\alpha + \beta) + T \cdot \cos(90 - \beta) = m \frac{v_2^2}{R} \\ mg \cdot \cos(90 - \beta - \alpha) + T \cdot \cos \beta = a \sin \alpha. \end{cases}$$

н.ч.

$$1) I' = \frac{U_L}{L}$$

в начале цепи

будет открыт, если

$$E > \mathcal{E}_0$$

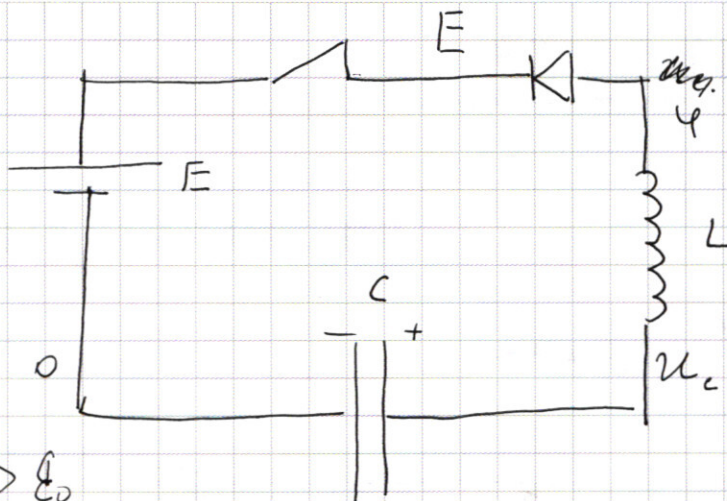
катушка будет разрывом и ток пойдет через

$$\text{диод} \Rightarrow U_L = U_c - E \Rightarrow I' = \frac{U_c - E}{L} = \frac{3}{0,4} =$$

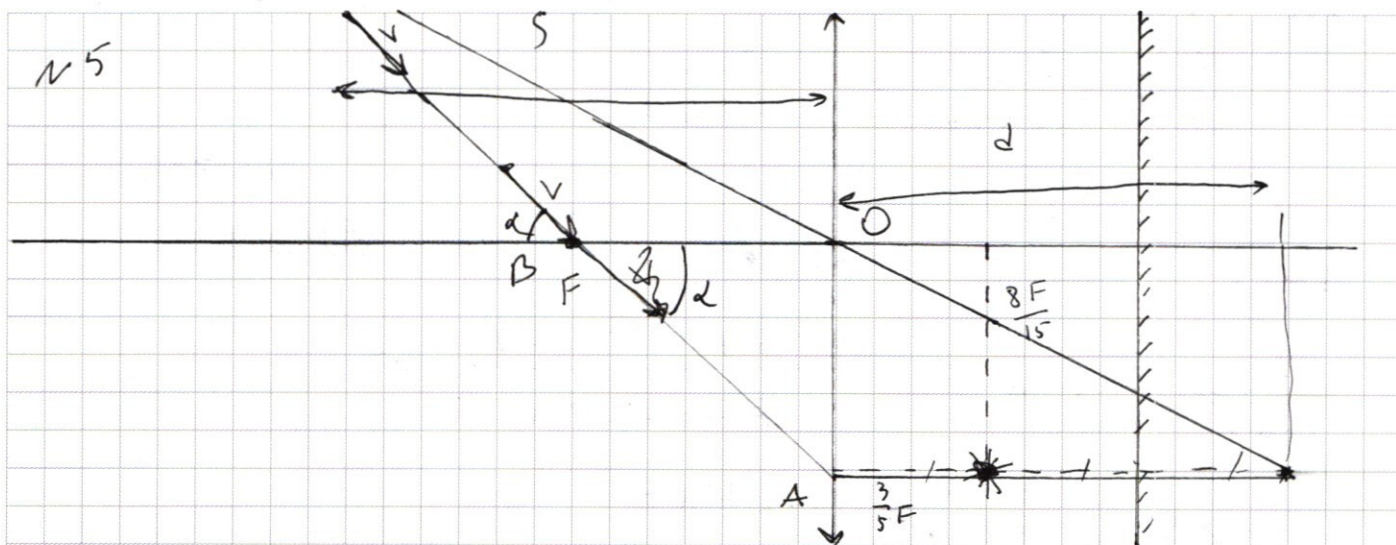
$$= \frac{15}{2} \frac{A}{c}.$$

$$2) I_{max} \Rightarrow I' = 0 \Rightarrow U_L = 0 \Rightarrow U_c = E \Rightarrow$$

$$U = U_c$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



- 1) В условии говорится, что на линзу попадает только отраженный в зеркале свет $\Rightarrow$ отобразим источник относительно зеркала. Тогда от экрана больше нет света. Тогда запишем формулу тонкой

линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{s} + \frac{1}{\frac{8}{5}F} \Rightarrow$

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{F} - \frac{5}{8F} = \frac{4}{8F} \Rightarrow \boxed{s = \frac{9}{4}F}$$

- 2) Изображение всегда будет лежать на луче, который идет параллельно и попадает в фокус ~~экрана~~ и будет стремиться к $F \Rightarrow$

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

возьмем маленькое время dt , тогда

$$\Delta d = V dt \Rightarrow \text{заменим формулу}$$

Зеркало сдвинется на $V dt$, а источник на $2V dt$

$$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{d + 2V dt} + \frac{1}{S - \Delta S} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{S - \Delta S} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d + 2V dt} \quad d + \rightarrow 0.$$

$$\frac{1}{S - \Delta S} = \frac{F \cdot d + F \cdot 2V dt}{F \cdot d + 2V dt - F} \Rightarrow$$

$$S - \Delta S = \frac{\frac{9}{5} F^2 + F \cdot 2V dt}{\frac{4}{5} F + 2V dt} = S(t)$$

$$V_1(t) = \frac{(S - \Delta S)^1}{\cos \alpha} = \frac{F \cdot 2V \cdot (\frac{4}{5} F + 2V dt) - (2V \cdot \frac{9}{5} F^2 + F \cdot 2V dt)}{(\frac{4}{5} F + 2V dt)^2 - \cos^2 \alpha} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ на момент времени при $t=0 \Rightarrow$

$$V_1 = \frac{\frac{8}{5} F^2 \cdot V + - 2V \cdot \frac{9}{5} F^2}{\frac{16}{25} F^2 \cdot \cos \alpha} = \frac{\frac{18}{5} - \frac{18}{5}}{\frac{16}{25} \cdot \cos \alpha} \Rightarrow$$

$$V_1 = \frac{50}{\sqrt{16 \cdot \cos \alpha}}$$

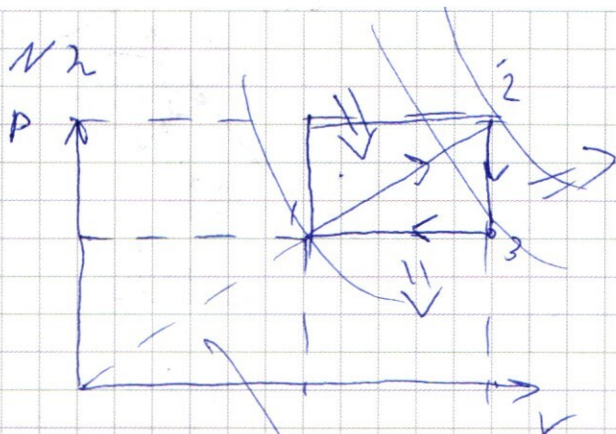
$$\text{та } \cos \alpha = \frac{8}{15} \Rightarrow$$

$$\cos \alpha = \frac{8}{15} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{17}{15}$$

$$\tan \alpha = \frac{8}{15}, \quad \sin \alpha = \frac{8}{17}, \quad \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17} \Rightarrow V_1 = \sqrt{\frac{50 \cdot 17}{16 \cdot 15}} = \sqrt{\frac{85}{24}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$t_1, \dots, t_{2-3}$$

$C_{23} \approx - \text{изопора} \Rightarrow \frac{Q}{V_{RAT}} = \frac{\frac{i}{2} V_{RAT}}{V_{RAT}} = \frac{i}{2} R.$

а) $C_{13} - \text{изобара} \Rightarrow \frac{(\frac{1}{2} + 1) V R \Delta T}{V \Delta T} = \frac{1}{2} + 1 R \Rightarrow$

$$\frac{1}{2} \quad R/$$

$$\left(\frac{1}{2} + 1\right) R/$$

$$\frac{i}{2} + 1 = \frac{2+i}{2} \Rightarrow \frac{i}{2(2+i)} = \frac{3}{5}$$

$$\delta) p = \alpha V \Rightarrow \alpha V^2 = V R \Delta T \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta u}{A} \Rightarrow \Delta u = \frac{j}{2} (v R \Delta t) = \Delta (v^2) A = \frac{\Delta v_2^2 - \Delta v_1^2}{2} =$$

$$= \frac{\Delta (v_2 - v_1)(v_2 + v_1)}{2} \Delta (v^2) \Rightarrow \frac{\Delta (v^2)^2 - 2}{\Delta (v^2)} = 2$$

$$6) \eta = \frac{Q}{A} \Rightarrow$$

$$1 - \frac{64}{289}$$

$$\frac{289-64}{289}$$

$$225$$

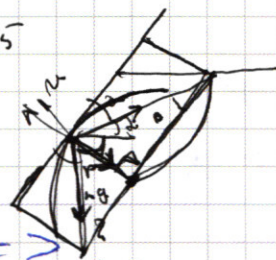
$$A = \frac{\rho \Delta v^2}{2} = \frac{\rho \Delta v^2}{2}$$

$$Q = A_{12} + \Delta U_{12}$$

$$\frac{17}{17} = 1$$

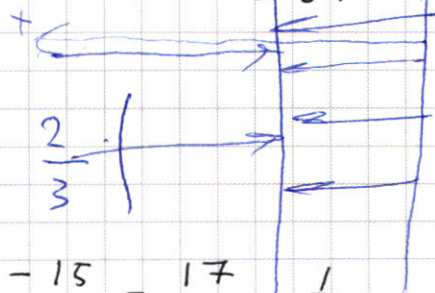
$$289$$

$$\Delta U_{12} = 2A_{12} \Rightarrow$$



$$\Rightarrow Q = 3A_{12} = \frac{3 \cdot \rho}{2} \Delta(v^2) \Rightarrow$$

$$\eta = \frac{2 \cdot \frac{\rho}{2} \Delta(v^2) \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cdot 1 \right)}{3 \cdot \frac{\rho}{2} \Delta(v^2)} = \frac{2}{3}$$



$$\frac{4 \cdot 8}{5 \cdot 17} - \frac{3 \cdot 5}{5 \cdot 17} = \frac{32 - 15}{5 \cdot 17} = \frac{17}{5 \cdot 17} = \frac{1}{5}$$

$$A_{12} = \frac{\rho}{2} \Delta(v^2) - P \cdot V = \rho V_1^2$$

$$\rho V_1 \cdot (V_2 - V_1)$$

$$2) \frac{\Delta U}{A_2} \quad \Delta U = \frac{\rho}{2} V R T = \rho \Delta(v^2)$$

$$\frac{\rho \cdot V_2^2 - \rho V_1^2}{2}$$

$$\frac{\rho \Delta(v^2)}{2}$$

$$\frac{\Delta U}{A_2} = 2 \Rightarrow$$

$$\Delta U = 2A_2$$

$$\frac{17}{17} = 1$$

$$Q_+ = A_{12} + \Delta U_{12} = 3A_{12}$$

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

$$A = A_{12} - A_{13} = A_{12} - \rho V_1 V_2 + \rho V_1^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{3 A_{12}}{3 A_{12}} = \frac{\Delta_{12} - \alpha V_1 V_2 + \alpha V_1^2}{3 A_{12}} =$$

$$A_{12} = \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2) = \frac{\nu R (T_2 - T_1)}{2} = \nu R \Delta T_{21}$$

$$P \cdot \Delta V = \nu R \Delta T_{31}$$

$$Q_{32} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{32} \Rightarrow$$

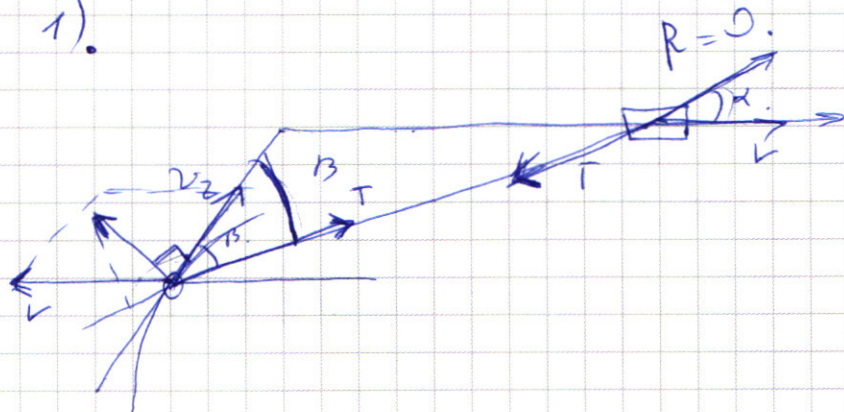
$$Q_{13} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{13}$$

$$2). V_1 t - \frac{a t^2}{2} = 0 \Rightarrow$$

$$t = \frac{-V_1 \pm \sqrt{V_1^2 + 2V_1 \cdot a}}{a} \quad t = \frac{2V_1}{a}$$

$$3). V_0 = V_1$$

1).



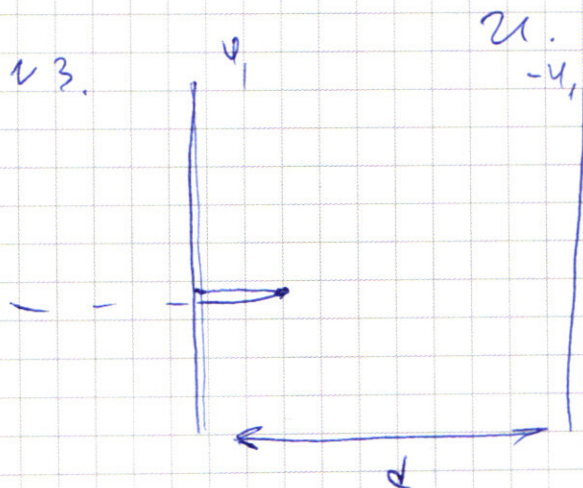
$$180 - 90 - \beta = 90 - \beta$$

учетом зависимости:

$$a) V \cdot \cos \alpha = V_2 \cdot \cos \beta \Rightarrow V_2 = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$2) \Rightarrow V_{oin}^2 = V_2^2 + V_1^2 - 2 V_1 V_2 \cdot \cos (\alpha + \beta)$$

$$3) T = m \frac{V_2^2}{R} \cdot \sin \beta$$



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

$$\bar{a} = q E = \frac{q U}{m \cdot d} = \gamma \frac{U}{d}$$

$$x(t) = V_1 t - \frac{a t^2}{2}$$

$$u(t) = V_1 - a t \Rightarrow$$

$$A = \frac{V_1}{a} \Rightarrow \frac{V_1^2}{a} - \frac{V_1^2}{2a} \Rightarrow$$

$$x(t) = V_1^2 = 0,4 a d = 0,4 \gamma \frac{U}{2a} = 0,2 d \Rightarrow \gamma = \frac{V_1^2}{0,4 U}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2v

$$1) \quad \frac{C_{13}}{C_{13}} \Rightarrow$$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{V \Delta T_{23}} = \frac{\frac{i}{2} R \Delta T_{23}}{V \Delta T_{23}}$$

$$C_{13} = \frac{Q_{13}}{V \Delta T_{13}} = \frac{\left(\frac{i}{2} + 1\right) R \Delta T_{13}}{V \Delta T_{13}}$$

$$3) \quad \frac{\Delta P_{23} \cdot \Delta V_{21}}{2} \Rightarrow$$

$$AB = \sqrt{1 + \frac{69}{225}}$$

$$\frac{289}{225} =$$

$$A = \alpha (V_2 - V_1)^2$$

$$Q = \frac{32}{2} (V_2^2 - V_1^2)$$

$$\frac{8 \cdot 17}{3 \cdot 5} = \frac{85}{24}$$

$$Q_n = A + Q_x \Rightarrow A = Q_n - Q_x$$

$$1 - \frac{Q_x}{Q_n}$$

$$Q_x = \frac{i}{2} R \Delta T_{23} + \left(\frac{i}{2} + 1\right) R \Delta T_{13} =$$

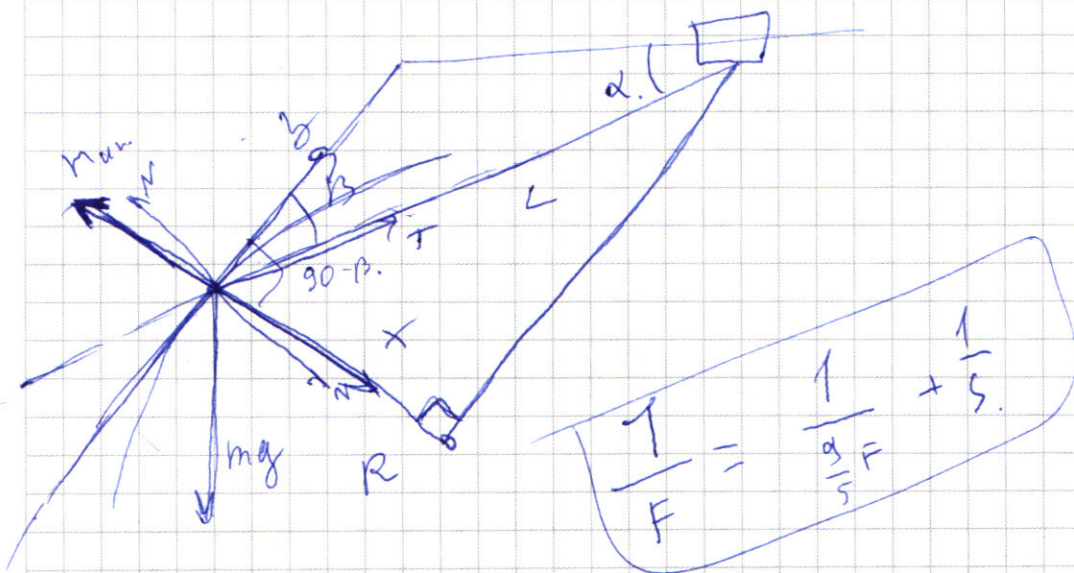
$$= \frac{i}{2} R \Delta T_{12} + R \Delta T_{13}$$

$$\frac{2(V_2 - V_1)}{3(V_2 + V_1)} \Rightarrow \frac{2}{3} \left(\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} \right)$$

$$T = N + m_{an}.$$

$$T_1 = ma$$

~~123~~



NS.

