

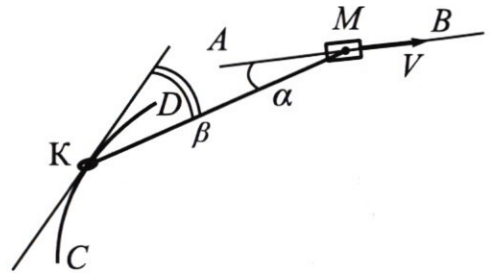
Олимпиада «Физтех» по физике, фе

Класс 11

Вариант 11-01

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

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.



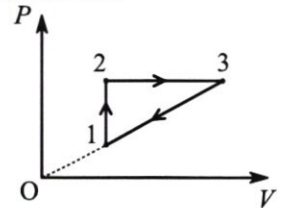
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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?

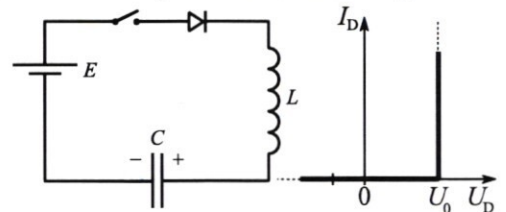
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

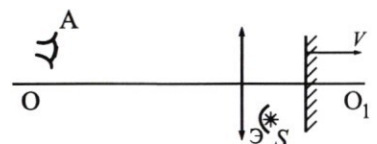


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

Дано:

$$v = 68 \text{ м/с}$$

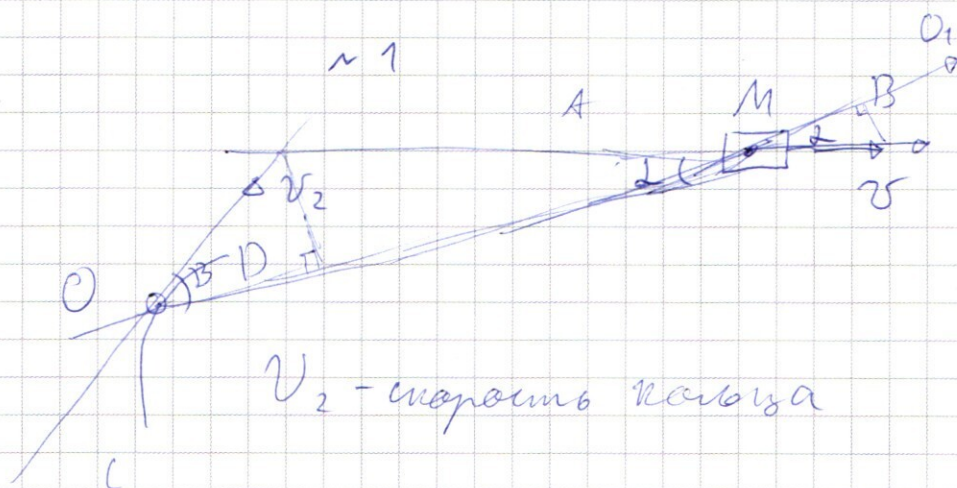
$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

$$L = 5R/3$$

$$\cos \alpha = 15/17$$

$$\cos \beta = 4/5$$

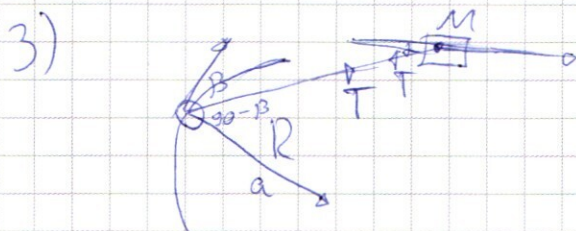


1) Для точек C O1:

$$v_2 \cdot \cos \beta = v \cdot \cos \alpha$$

$$v_2 = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 75 \text{ м/с}$$

Ответ: 0,75 м/с

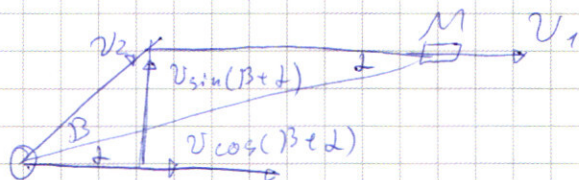


$$ma = T \cdot \sin \beta$$

$$T = \frac{ma}{\sin \beta} = \frac{m v^2}{R \sin \beta} = \frac{0,1 \cdot 75 \cdot 75}{1,9 \cdot \frac{3}{5} \cdot 10000} =$$

$$= 0,0493 \text{ Н}$$

2)



$v_{\text{рез}}$ — $v_{\text{рез}}$ катера относительно M

$$v_{\text{рез}} = \sqrt{(v - v_2 \cos(\alpha + \beta))^2 + v_2^2 \sin^2(\alpha + \beta)}$$

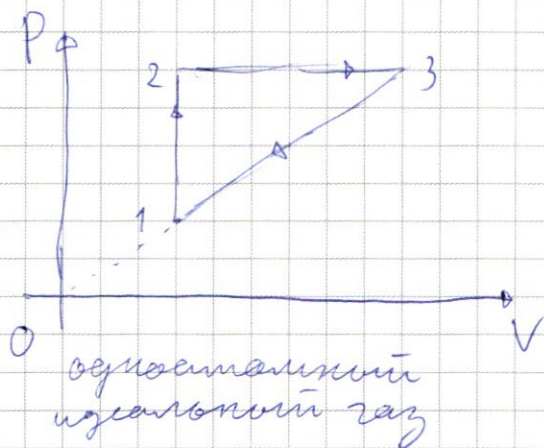
$$= \sqrt{v^2 + v_2^2 - 2vv_2 \cos(\alpha + \beta)}$$

$$v_{\text{рез}} = \sqrt{68 \cdot 68 + 75 \cdot 75 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} \right)}$$

$$= \sqrt{4624 + 5625 - 4320} = \sqrt{5929} = 77 \text{ м/с}$$

Ответ: 0,77 м/с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



процесс 12

$$V = \text{const}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

давление растет $\Rightarrow$
температура
растет

$$Q = \Delta U$$

$$C_{m12} V \Delta T = \frac{3}{2} V R \Delta T$$

$$C_{m12} = \frac{3}{2} R$$

процесс 23

$$P = \text{const}$$

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$$

объем растет $\Rightarrow$
температура
растет

$$Q = A + \Delta U$$

$$C_{m23} V \Delta T = p \Delta V + \frac{3}{2} V R \Delta T$$

$$C_{m23} V \Delta T = V R T_3 - V R T_2 + \frac{3}{2} V R \Delta T$$

$$C_{m23} = \frac{5}{2} R$$

процесс 31

$$\frac{P V}{T} = \text{const}$$

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

давление и
объем умень-
шаются $\Rightarrow$
температура
уменьшается

$$1) \frac{C_{m23}}{C_{m12}} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3} \quad \frac{C_{m12}}{C_{m23}} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = 0,6$$

Ответ: 0,6

2) Процесс (23)

$$Q = A + \Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

$$A = p_0 V = \nu R \Delta T$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T}{\nu R \Delta T} = 2,5$$

Ответ: 2,5

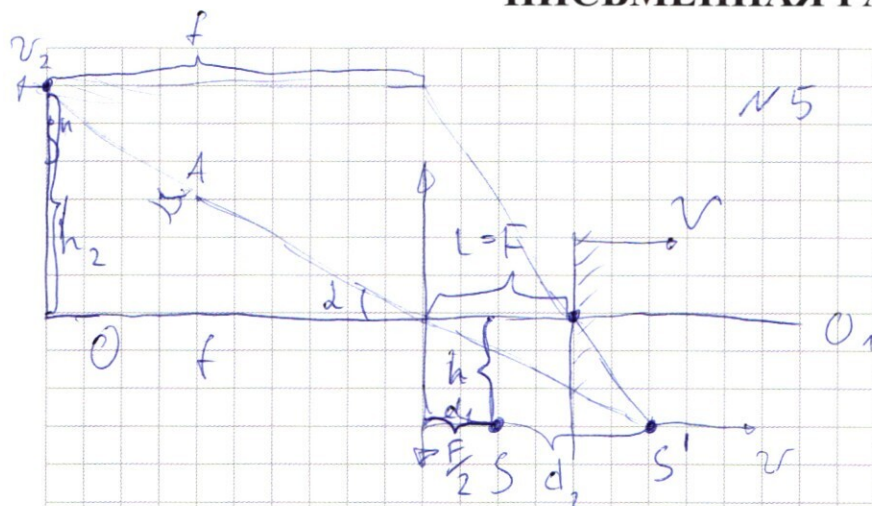
$$3) \eta = \frac{Q^+ - |Q^-|}{Q^+}$$

$$\begin{aligned} \text{Процесс (31)} \quad Q &= A + \Delta U = \frac{(p_3 - p_1)(V_3 - V_1)}{2} + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) = \\ &= \frac{1}{2} (p_3 V_3 - p_3 V_1 - p_1 V_3 + p_1 V_1) + \frac{3}{2} \nu R T_3 - \frac{3}{2} \nu R T_1 = \\ &= 2 \nu R T_3 - \nu R T_1 - \nu R T_2 - p_1 V_3 \end{aligned}$$

$$\eta_{\text{max}} = \frac{T_3 - T_1}{T_3} = 1 - \frac{p_1 V_1}{p_3 V_3} = 80\%$$

Ответ: 80%.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано:

$$d_1 = \frac{F}{2}$$

$$h = \frac{3}{4} F$$

$$v_{\text{зеркала}} = F$$

$$L = F$$

- 1) $f = ?$
- 2) $L = ?$
- 3) $v_{\text{изобр}} = ?$

1) Рассмотрим, как какое расстояние d_2 будет находиться S' в зеркале от плоскости линзы

$$d_2 = d_1 + 2(L - d_1) = 2L - d_1 = 2F - \frac{F}{2} = \frac{3}{2} F$$

Теперь вычислим расстояние f от S'' до линзы

S'' - изображение S' в линзе

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d_2} \Rightarrow f = \frac{d_2 \cdot F}{d_2 - F} \Rightarrow f = \frac{\frac{3}{2} F \cdot F}{\frac{3}{2} F - F} = 3F$$

Ответ: $3F$

2) h_2 - расстояние от S'' до OO_1 S'' - изображение

$$L = \arctg \frac{f}{h_2}$$

$$\frac{f}{d_2} = \frac{h_2}{h_1}$$

$$\alpha = \arctg \frac{d_2}{h_1} = \arctg \frac{\frac{3}{2}F}{\frac{3}{4}F} = \arctg 2$$

Ответ: $\alpha = \arctg 2$

3) γ - увеличение мизор

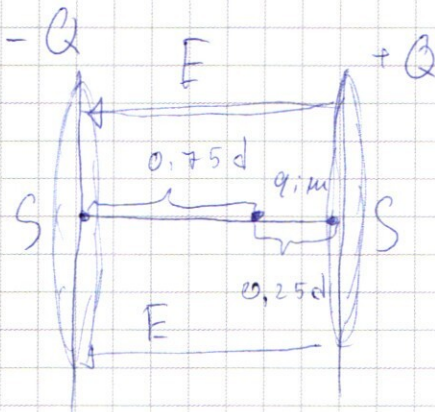
$$\gamma = \frac{f}{d_2} = \frac{3F}{\frac{3}{2}F} = 2$$

V_2 - скорость изображения S''

$$V_2 = \gamma \cdot V = 2V$$

Ответ: $2V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~ 3

Дано:

$$\begin{aligned} d \\ S \\ T \\ \frac{q}{m} = \gamma \end{aligned}$$

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

Q — заряд пластин конденсатора

1) За время, которое частица пробудет в конденсаторе, она пройдет до отрицательно заряженной обкладки, а значит, пройдет:

$$d - 0,25d = 0,75d$$

Если скорость в конце пути можно считать по формуле $V_1 = \sqrt{2Sa}$

$$\begin{cases} \frac{V_1^2}{2a} = 0,75d \\ V_1 = aT \end{cases} \Rightarrow V_1 = 1,5 d/T$$

1) Ответ: $1,5 d/T$

$$V_1 = \frac{1,5 d}{T}$$

$$2) \quad ma = Eq$$

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$ma = \frac{v}{T} = \frac{1,5d}{T^2}$$

$$m \cdot \frac{1,5d}{T^2} = \frac{Qq}{\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{1,5d\epsilon_0 S}{\cancel{\epsilon_0 S} \gamma T^2} = \frac{1,5dS\epsilon_0}{\gamma T^2}$$

$$\text{Ответ: } Q = \frac{1,5dS\epsilon_0}{\gamma T^2}$$

$$3) \quad \frac{mv_{max}^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

$$v_{max} =$$

$$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{Q^2}{mC}} = \frac{1,5d\epsilon_0 S}{\gamma T^2 \sqrt{m \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d}}}$$

$$\frac{mv_2}{t} = F$$

$$F = qE$$

$$v_2 = \int E dt = \frac{1,5d}{T^2} t$$

$$\frac{mv^2}{2} = qEL$$

$$3) \quad \frac{mv_2^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

$$v_2 = \frac{1,5d\sqrt{\epsilon_0 S d}}{\gamma T^2 \sqrt{m}}$$

$$\text{Ответ: } \frac{1,5d\sqrt{\epsilon_0 S d}}{\gamma T^2 \sqrt{m}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$\mathcal{E} = 9 \text{ В}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

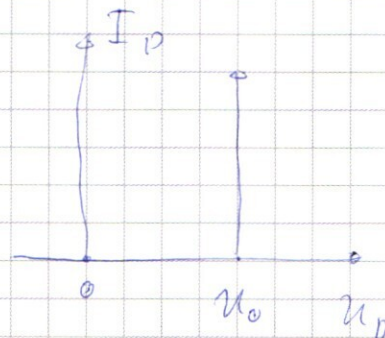
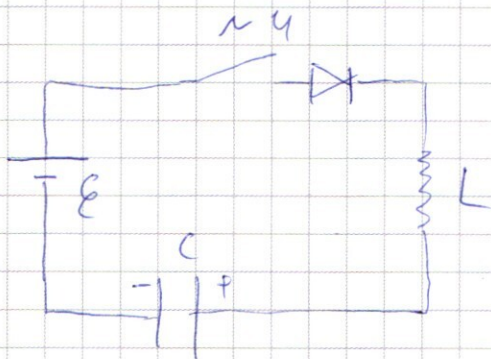
$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_i = ?$$

$$I_{\text{max}} = ?$$

$$U_2 = ?$$



3) Ток будет возрастать, пока не достигнет своего максимального значения I_{max} . Когда он не достигнет, на катушке не будет напряжения. Значит, $U_2 = \mathcal{E} - U_0 = 8 \text{ В}$

Ответ: 8 В

2) А - работа по перезарядке конденсатора

W_1 - энергия в цепи до замыкания ключа

W_2 - энергия после замыкания ключа в цепи

$$A + W_1 = W_2$$

$$A = (C U_2 - C U_1) \mathcal{E}$$

$$W_1 = \frac{C U_1^2}{2}$$

$$W_2 = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} + \frac{C U_2^2}{2}$$

$$C U_2 \mathcal{E} - C U_1 \mathcal{E} + \frac{C U_1^2}{2} = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} + \frac{C U_2^2}{2}$$

$$\frac{L I_{\text{макс}}^2}{2} = C u_2 \varepsilon - C u_1 \varepsilon + \frac{C u_1^2}{2} - \frac{C u_2^2}{2}$$

$$I_{\text{макс}} = \frac{\sqrt{C(2u_2\varepsilon - 2u_1\varepsilon + u_1^2 - u_2^2)}}{\sqrt{L}}$$

$$I_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1}} \cdot \sqrt{2 \cdot 8 \cdot 9 - 2 \cdot 5 \cdot 9 + 25 - 64} =$$

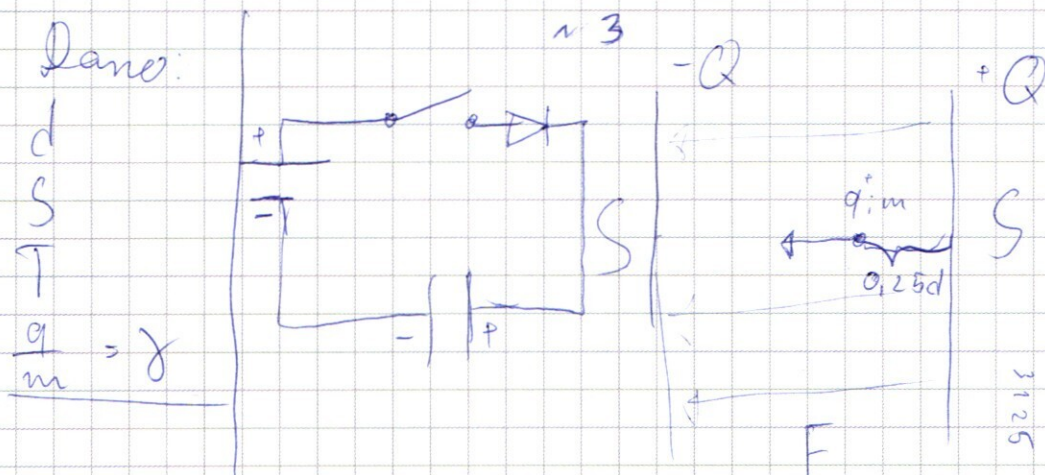
$$= 0,02 \cdot \sqrt{15} \approx 0,08 \text{ A} \quad \text{Ответ: } 0,08 \text{ A}$$

1) $v_i = \frac{I}{t}$ v_i - скорость возрастания тока

$$v_i = \frac{I}{t} = \frac{I_{\text{макс}}^2}{\underbrace{q_{\text{прошедший}}}_{\text{через диод}}} = \frac{I_{\text{макс}}^2}{\varepsilon(u_2 - u_1) \cdot \varepsilon}$$

$$u_i = \frac{0,0064}{40 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 9} = \frac{160}{27} \approx 6 \text{ A/c} \quad \text{Ответ: } 6 \text{ A/c}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\epsilon = \frac{2Q}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$ma = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} q$$

$$a = \gamma \cdot \frac{\Delta Q}{\cos}$$

$$V_1 = aT$$

$$C = \frac{E_0 S}{d}$$

$$C\mathcal{U} = \mathbb{Q}$$

$$\frac{E_0 S}{d} \cdot E d = Q$$

~~Q = 228~~

$$v = \frac{I}{t}$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{0.27}{t}$$

$$(c u_2 - c u_1) \{$$

$$0,75d = \frac{v^2}{2a}$$

$$1,5 da = v^2$$

$$v = \frac{1,5 \text{ d}}{1}$$

$$a = \frac{qQ}{\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{a \epsilon_0 S}{\gamma} = \frac{v \epsilon_0 S}{T \gamma} = \frac{1,5 d \epsilon_0 S}{T^2 \gamma}$$

$$A = \frac{Eqd}{q}$$

$$A = mV$$

$$v = \frac{Q \delta d}{S} = \frac{1,5 d^2}{T^2}$$

$$u_1 = 5$$

$$\frac{P_1}{T_1}$$

$$\frac{1}{72}$$

$$\frac{P_2}{V_2} = \frac{P_1}{V_1}$$

$$\frac{P_2 V_1}{V_2 T_1}$$

$$\frac{103}{41}$$

$$P_3 V_2 = P_2 V_1$$

23

$$\sim$$

3 2 1

2
2
3

W N V

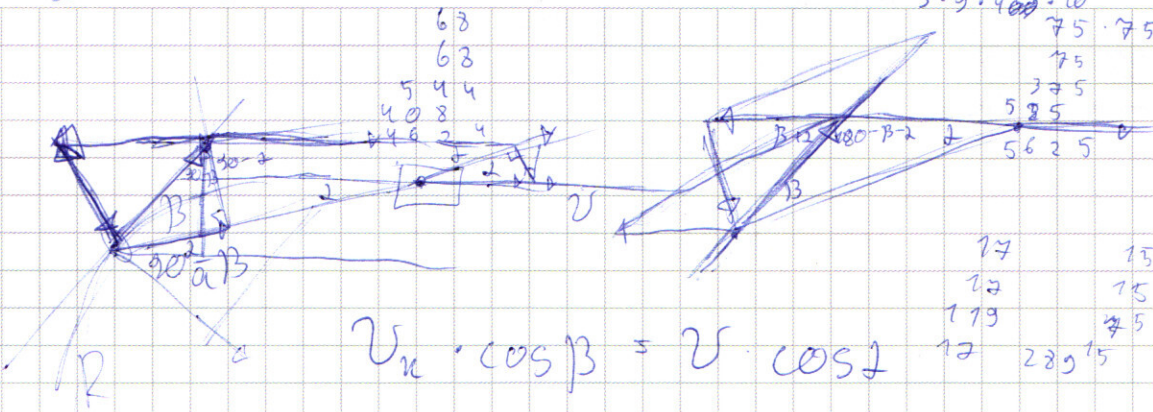
✓✓✓

$$60 \cdot 10^{-4} = 0,006$$

$$0,006$$

$$0,08 \cdot 0,08 = 0,0064$$

$$\frac{6400}{4 \cdot 3 \cdot 9} = \frac{1600}{27} = 60$$



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

$$u = \frac{68 \cdot \frac{15}{17}}{\frac{4}{5}} = \frac{17 \cdot 4 \cdot 15 \cdot 5}{4 \cdot 17} = 75$$

$$ma = T \sin \beta$$

$$68 \cdot 68 + 75 \cdot 75 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \frac{36}{5 \cdot 17}$$

$$4624 + 5625 - 2160 = 8089$$

$$T = \frac{0,1 \cdot 5 \cdot 75^2}{1,9 \cdot 3} = \frac{5 \cdot 25 \cdot 25}{19} = 75 \cdot 25 / 4 = 15$$

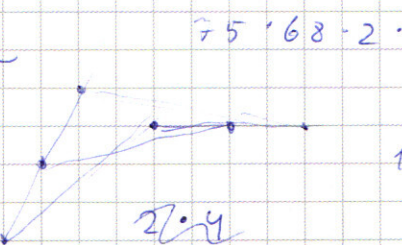
$$\frac{0,1 \cdot 3 \cdot 5}{16} = 15$$

$$\cos 60^\circ = \frac{1}{2} = -\sin 30^\circ \sin 30^\circ + \cos 30^\circ \cos 30^\circ$$

$$\frac{u^2}{1 - (\cos 130^\circ - \beta - 2)} = \sin \beta + 2 - 90^\circ = \cos \beta - 2 = -\sin 90^\circ - \beta - 2 = -\cos \beta + 2$$

$$\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{3}{5} \cdot \frac{2}{17} =$$

$$I = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$



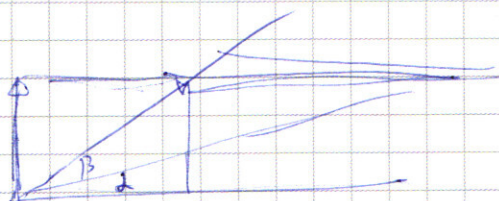
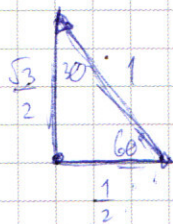
$$\frac{60 - 24}{5 \cdot 17} = \frac{36}{5 \cdot 17} \cdot 68 \cdot 75 =$$

$$36 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 15$$

$$144 \cdot 30 = 4320 = 36 \cdot 4 \cdot 15 = 3600 = 2160$$

$$\frac{252}{3} = 84$$

$$68 + 75 = 143 = 11 \cdot 13 \cdot 36$$



$$\frac{7 \cdot 36}{5 \cdot 17} = \frac{252}{85}$$

$$(u - v_2 \cdot \cos(\alpha + \beta))^2 + v_2^2 \sin^2(\alpha + \beta) = u^2 + v_2^2 - 2uv_2 \cos(\alpha + \beta)$$