

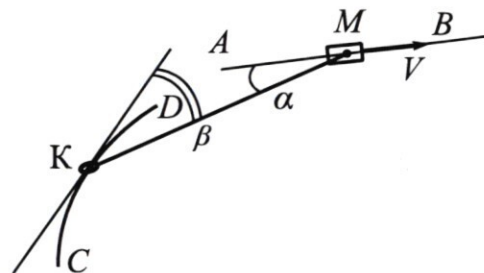
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-03

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка задания не принимаются.

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



1) Найти скорость кольца в этот момент.

2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.

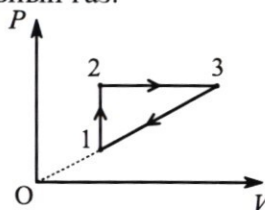
3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

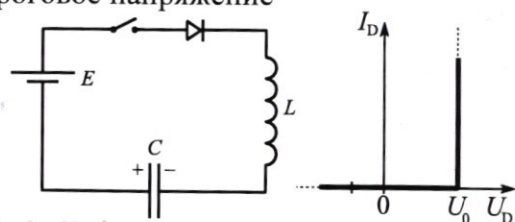
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ 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.

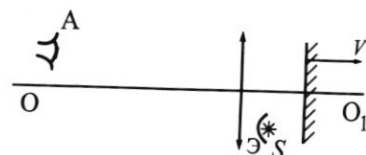


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ от линзы.

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

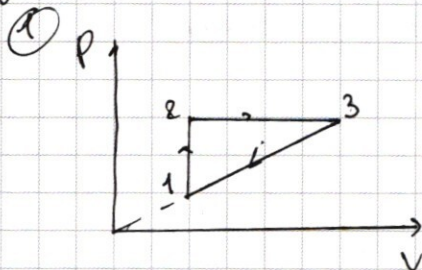
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2.



Температура меняется на
участках 1-2 и 2-3.

$$Q_{1-2} = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T.$$

$$Q_{2-3} = \Delta U + A = \Delta U + p \Delta V = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R(T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R \Delta T.$$

$$C_{1-2} = \frac{Q_{1-2}}{\Delta T \cdot \nu}.$$

$$C_{2-3} = \frac{Q_{2-3}}{\Delta T \cdot \nu}.$$

$$\frac{C_{1-2}}{C_{2-3}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}.$$

Ответ: $\frac{C_{1-2}}{C_{2-3}} = \frac{3}{5}.$

② Изobarный процесс 2-3.

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + p \Delta V.$$

По ур-нию Менделеева

$$\begin{aligned} p_2 V_2 &= \nu R T_2 \\ p_3 V_3 &= \nu R T_3 \end{aligned} \quad / \div$$

$$p_3 V_3 - p_2 V_2 = \nu R (T_3 - T_2)$$

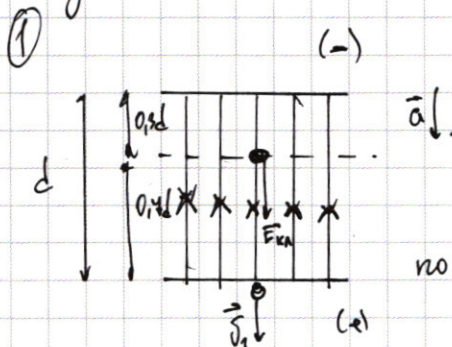
$$p_2 (V_3 - V_2) = \nu R \Delta T.$$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T}{p_2 \Delta V} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T}{\nu R \Delta T} = \frac{3}{2}.$$

Ответ: $\frac{\Delta U}{A} = \frac{3}{2}.$

Продолжение на ~~этой~~ странице 8.

Задача 3.



На заряд будет действовать сила Кулона, направленная в сторону положительной обкладки.

по IIЗН: $m\vec{a} = \vec{F}_{kn} = E \cdot q$

Полн однородное $\Rightarrow a = \text{const.}$

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

$$\begin{cases} 0.4d = \frac{E \cdot \gamma \cdot T^2}{2} \\ \gamma_1 = T \cdot E \gamma \end{cases}$$

$$0.4d = \frac{\gamma_1 \cdot T}{2} \Rightarrow T = \frac{1.4d}{\gamma_1}$$

Ответ: $T = \frac{1.4d}{\gamma_1}$

~~прогнозирование на поверхности~~

②. Для удобства будем считать, что заряд сконцентрирован на 1 из обкладок конденсатора.

$$E_{\text{созд пластинами конден}} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{2\pi R^2 \epsilon_0} = \frac{\epsilon_0 - \text{дизл. прониц.}}{Q} \text{ воздуха.}$$

$$Q = \frac{\gamma_1^2}{1.4d \cdot \gamma} \cdot 2\pi R^2 \epsilon_0 = \frac{\pi \gamma_1^2 \cdot R^2 \cdot \epsilon_0}{0.7d \gamma} \quad \text{где } R - \text{радиус обкладок}$$

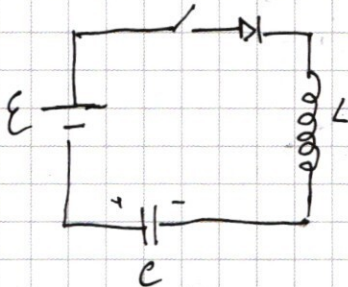
Ответ: $Q = \frac{\pi \gamma_1^2 \cdot R^2 \cdot \epsilon_0}{0.7d \gamma} = \frac{\gamma_1^2 S}{0.7d \gamma}$

③ & Конденсатор - пара проводников. Проводник устроен так, что через себя он электрическое поле не пропускает. Если в ~~рав~~ реальном конденсаторе пластины заряжены разноименно ~~и~~ одинаковыми по модулю зарядами $\Rightarrow$ вне конденсатора поле быть не должно $\Rightarrow \gamma_1 = \gamma_2$.

Ответ: $\gamma_2 = \gamma_1$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4.



$$y' = \frac{6 - 1 + 2}{0,1} = 40 \text{ A/c.}$$

① По правилу Кирхгофа после замыкания:

$$E = U_0 + E^y - U_\varphi.$$

$$E^y = L y'$$

$$y' = \frac{E - U_0 + U_\varphi}{L}.$$

Ответ: $y' = 40 \text{ A/c.}$

② Зная, что ~~то~~ зарядка и разрядка конденсатора происходят ~~экспоненциально~~ экспоненциально, максимальный ток будет, когда конденсатор начнет перезарядаться, т.е.

$$U_c = 0.$$

По з. сохр энергии: $\frac{L y^2}{2} - \frac{C U_{c1}^2}{2} = q E.$

$$q = q_c = U_1 \cdot C$$

$$y = \sqrt{\frac{2 U_1 C (E + \frac{U_1}{2})}{L}}$$

$$y = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot 4}{0,1}} = 4 \cdot 10^{-2} \sqrt{4} \text{ A.} = 4 \sqrt{4} \cdot 10^{-2} \text{ A.}$$

Ответ: $4 \sqrt{4} \cdot 10^{-2} \text{ A.}$

③ Если напряжение установилось, то можно сделать вывод о том, что ток перестал меняться. Из этого следует, что $E^y = 0 \Rightarrow$ по правилу Кирхгофа

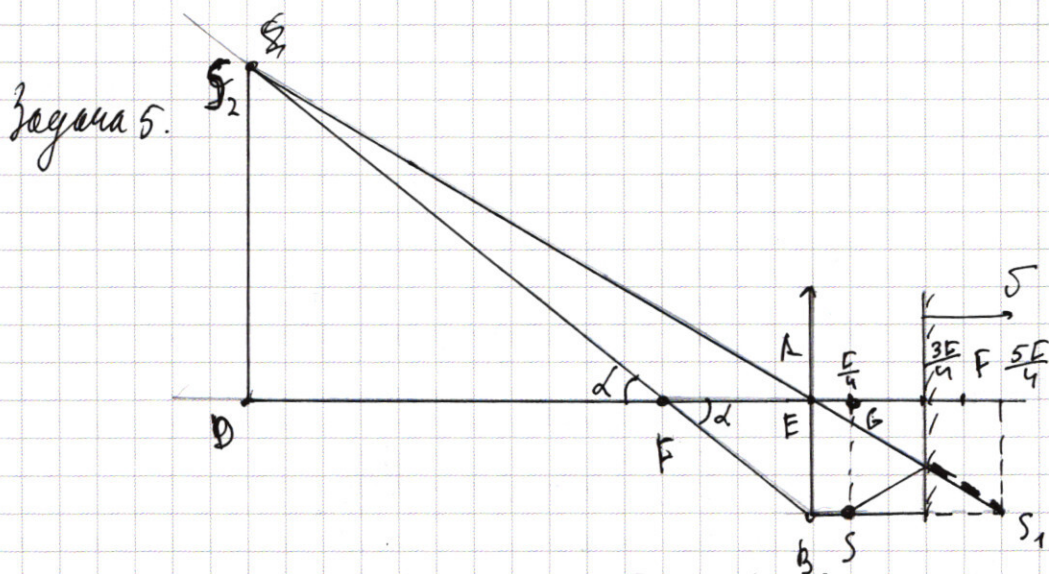
$$E = U_0 + U_2.$$

$$U_2 = E - U_0$$

$$U_2 = 6 - 1 = 5 \text{ B.}$$

Ответ: $U_2 = 5 \text{ B.}$

~~Нужно сделать на странице 2~~



① Построим изображение предмета в зеркале и обозначим его S_1 . Проведем 2 луча, под которыми мы точно знаем (луч $[S_1, B)$ на самом деле идти не будет, т.к. ему помещает экран, но изображение я буду строить через него, т.к. его под я знаю, а остальные лучи, образующие φ изображение в любом случае пересекнутся в ~~о~~ S_2 .

Для моего изображения S_1 напишем формулу тонк. линзы:

$$d = \frac{3F}{4} + \left(\frac{3F}{4} - \frac{F}{4} \right) = \frac{5F}{4}.$$

$$\frac{1}{f} - \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{4}{5F} = \frac{1}{5F}.$$

$$f = 5F.$$

Ответ: $f = 5F.$

② Изображение S_1 будет ^{удаляться} ~~приближаться~~ ^{от линзы} к S со скоростью $25.$ ~~см~~

Зеркало движется $\parallel$ оси OO_1 . Аналогично движется и изображение S_1 . При этом луч $[S_1, B)$ не будет менять своего наклона, а вот луч $[S_1, E)$ будет ~~пересекаться~~ стремиться стать параллельным $OO_1 \Rightarrow$ новые изображения будут получаться на луче $[B, E)$ ближе к т.-ти зеркала.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

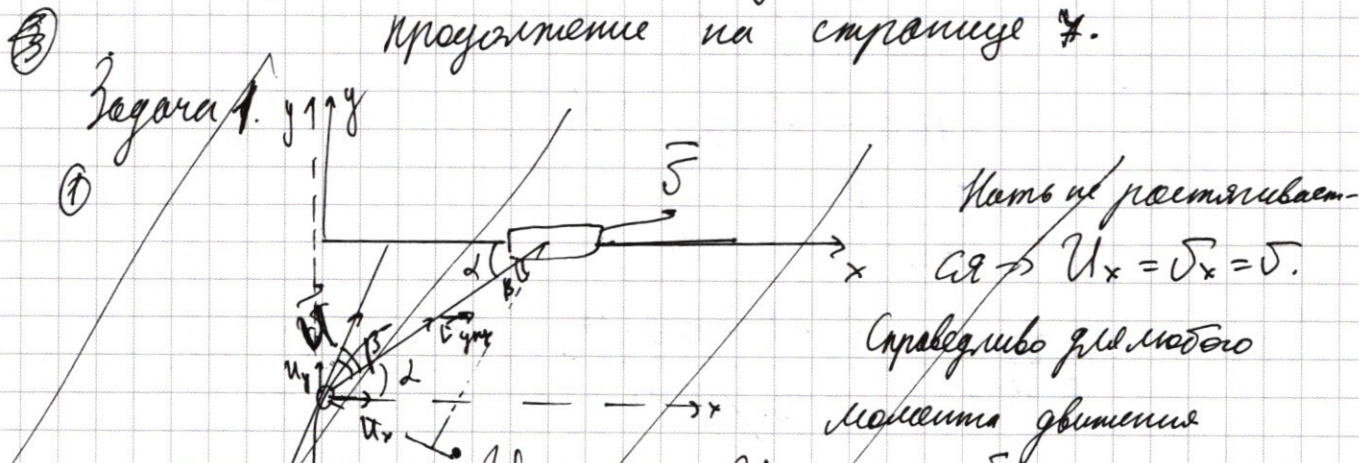
т.к. Отсюда можно сделать вывод о том, что изображение будет перемещаться по прямой (ВЕ) $\Rightarrow$ в нашем случае $\angle$ будет равен $\angle ВЕЕ$ (т.к. изображение приближается к линзе).

$$\angle ВЕЕ = \angle S_2 E D \text{ (накрест. лет.)}. |DE| = 5E - E = 4E.$$

$$\frac{|S_2 D|}{|SG|} = \frac{d_f}{d} = \frac{5E \cdot 4}{5E} = 4. \Rightarrow S_2 D = 4 \cdot \frac{3}{4} E = 3E.$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{3E}{4E} = \frac{3}{4}. \text{ Ответ: } \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}.$$

Продолжение на странице 4.



$$u_{\text{попеч}} = \frac{u_x}{\cos(\alpha + \beta)} = \frac{v}{\cos(\alpha + \beta)}$$

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

$$= \frac{15}{14} \cdot \frac{3}{5} - \frac{8}{14} \cdot \frac{4}{5} = \frac{45 - 32}{85} = \frac{13}{85}.$$

$$\text{Ответ: } u = \frac{34 \cdot 85}{13} = \frac{2890}{13} \text{ м/с}.$$

- ② По (оx) скорости кольца и муфты равны, но по y ~~муфта~~ и у кольца это есть скорость по y, а у муфты её нет $\Rightarrow$ скорость кольца от-но муфты равна U_y .

$$U_y = U \cdot \sin(\beta + \alpha)$$

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

$$= \frac{8}{14} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{14} =$$

$$= \frac{24 + 60}{85} = \frac{84}{85}$$

$$U_y = \frac{85.34}{13} \cdot \frac{84}{85} = \frac{84.34}{13} = \frac{2856}{13}$$

Ответ: скорость кольца от-но муфты равна $\frac{2856}{13}$ м/с.

- ③ Кольцо движется по к окружности $\Rightarrow$ у него есть центростремительное ускорение.

$$a_c = \frac{U^2}{R}$$

по II з. Н'

$$m a_c = \Gamma_{\text{упр}} \cdot \sin \beta$$

$$a_c = \frac{\Gamma_{\text{упр}} \cdot \sin \beta}{m}$$

$$\Gamma_{\text{упр}} = \frac{U_m^2}{R \sin \beta} = \frac{85^2 \cdot 34^2 \cdot 0.3 \cdot 14}{0.53 \cdot 8 \cdot 13^2} = \frac{14^3 \cdot 5^2 \cdot 14^2 \cdot 0.3}{0.53 \cdot 4 \cdot 13^2} =$$

$$= \frac{14^5 \cdot 25 \cdot 0.3}{0.53 \cdot 4 \cdot 13^2}$$

Ответ: $\Gamma_{\text{упр}} = \frac{14^5 \cdot 25 \cdot 0.3}{0.53 \cdot 4 \cdot 13^2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задание 4.

$$\textcircled{3}. \quad \eta = \frac{(p_3 - p_1) \cdot (V_3 - V_1)}{2} \cdot \frac{1}{(V_3 - V_1) p_3} = \frac{p_3 - p_1}{2 p_3} = 0,5 - \frac{p_1}{2 p_3}.$$

Максимальное $\eta = 50\%$. если $p_1 \rightarrow 0$.

Ответ: $\eta_{\max} = 50\%$ при $p_1 \rightarrow 0$.

Задание 5.

$$\textcircled{3} \quad \Delta x = E \sqrt{\left(\frac{F}{3}\right)^2 + 4} = \frac{10E}{3}.$$

$$\Delta t = \frac{E}{45 \text{ гер}} = E$$

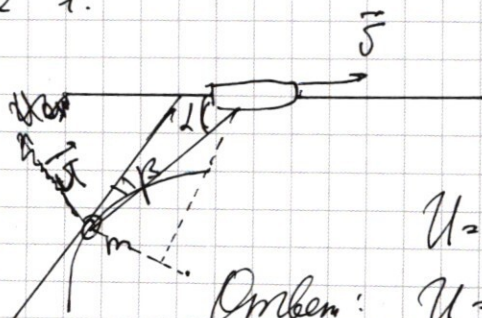
$$\Delta x = \frac{10E}{3} \cdot 45 \text{ гер} = 150E$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10E}{3E} \cdot 45 \text{ гер} = \frac{150}{3} \text{ гер}.$$

Ответ: $v = \frac{150}{3} \text{ гер}.$

Задание 1.

①.



П.к. нить не растягивалась,
 $U \cdot \cos \alpha = F \cdot \cos \alpha$

$$U = \frac{34 \cdot 15 \cdot 5}{14 \cdot 3} = 2 \cdot 5 \cdot 5 = 50 \text{ см/с}.$$

Ответ: $U = 50 \text{ см/с}.$

23.

$$U_{\text{отн}} = \sqrt{U^2 + v^2 - 2 U \cdot v \cdot \cos(2\beta)} = 0,2$$

переведем все величины в см

$$U = 0,5 \text{ м/с.}$$

$$v = 0,34 \text{ м/с}$$

$$U_{\text{отн}} = \sqrt{0,25 + 0,1156 - 2 \cdot 0,5 \cdot 0,34 \cdot \frac{13}{85}} =$$

$$= 0,56.$$

Ответ: $U_{\text{отн}} = 56 \text{ см/с.}$

24.

$$a_c = \frac{U^2}{R}$$

по др. к.

$$m a_c = \Gamma_{\text{гир}} \cdot \sin \beta$$

$$a_c = \frac{\Gamma_{\text{гир}} \cdot \sin \beta}{m}$$

$$\Gamma_{\text{гир}} = \frac{U^2 \cdot m}{R \cdot \sin \beta} = \frac{0,25 \cdot 0,3 \cdot 17}{0,53 \cdot 8} = \frac{0,3}{0,53} \cdot \frac{17}{82} = \frac{5,1}{16,96} \text{ Н.}$$

Полученный результат отвечает по округленности, у него есть центростремительное ускорение.

$$\text{Ответ: } \Gamma_{\text{гир}} = \frac{5,1}{16,96} \text{ Н.} = \frac{2,55}{848} \text{ Н.}$$

~~Задача 25.~~

~~по з. сопр. движению.~~

$$\Delta E_{\text{отн}} = E(cU_1 - cU_0).$$

$$\frac{c^2 U_1^2}{2} - \frac{c^2 U_0^2}{2} = E(cU_1 - cU_0).$$

$$\frac{c^2 U_1^2}{2} - E \cdot c U_0 = E$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

③.

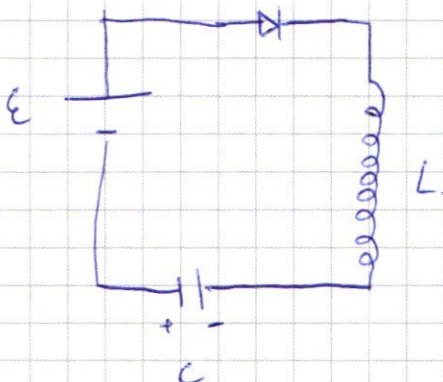
$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$$

$$\mathcal{E} = 6 \text{ В.}$$

$$U_1 = 2 \text{ В.}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн.}$$

$$U_0 = 1 \text{ В.}$$



$$1) \quad \mathcal{E} = L y' + U_0 - U_1.$$

$$L y' = \mathcal{E} - U_0 + U_1.$$

$$y' = \frac{6 - 1 + 2}{0,1} = 40 \text{ А/с.}$$

2).

$$U_C = \mathcal{E}.$$

$$q_C = \mathcal{E} \cdot C.$$

$$\mathcal{E} = L y'$$

$$\mathcal{E} = U_C + U_0 + L y'$$

$$L y' = \mathcal{E} - U_0.$$

$$y' = \frac{\mathcal{E} - U_0}{L}.$$

3) 2).

$$U_C \approx 0$$

$$\mathcal{E} = U_0 + L y'$$

$$\frac{L y'^2}{2} = U_C \cdot C \cdot \mathcal{E}.$$

4)

$$U_C = \mathcal{E}.$$

$$\frac{L y'^2}{2} - \frac{C U_C^2}{2} = C U_C \cdot \mathcal{E}.$$

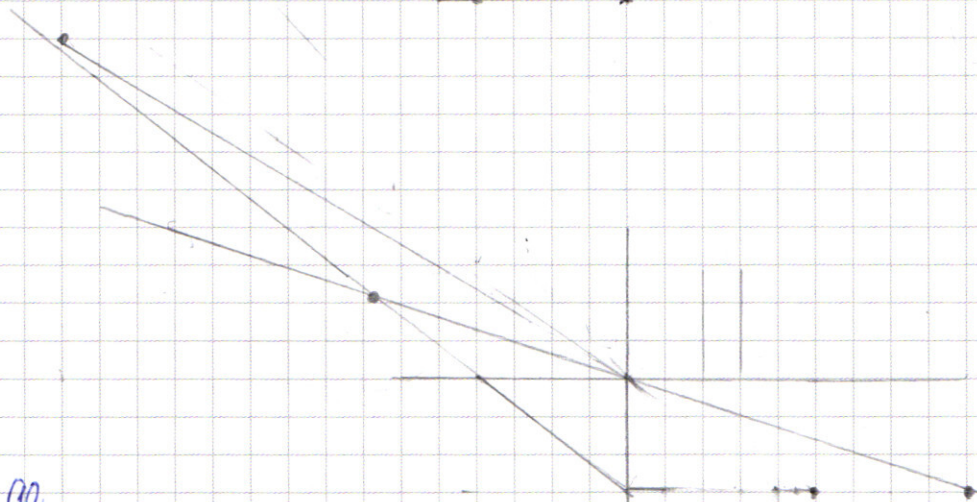
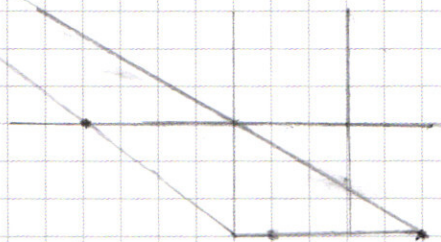
$$\frac{L y'^2}{2} = \frac{C U_C^2}{2} + C U_C \mathcal{E}.$$

$$y = \sqrt{\frac{2 C U_C (U_C + \mathcal{E})}{L}}.$$

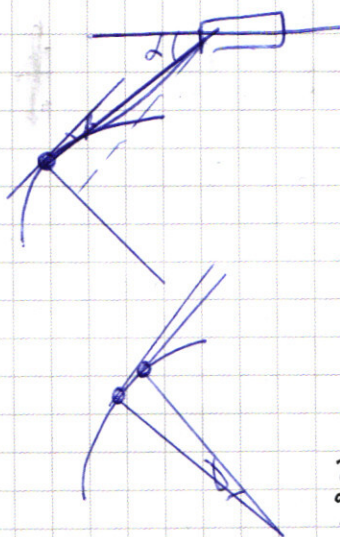
$$\epsilon = u_0 + u_c + \epsilon^y.$$

2

5



10



$dl =$
 ω

$$\frac{34}{18}$$

$$34.14$$

$$\begin{array}{r} 185 \\ 34 \\ \hline 255 \\ 2890 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 184 \\ 34 \\ \hline 336 \\ 252 \\ \hline 2856 \end{array}$$

$$\frac{34}{18}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ 14 \\ \hline 119 \\ 14 \\ \hline 289 \end{array}$$

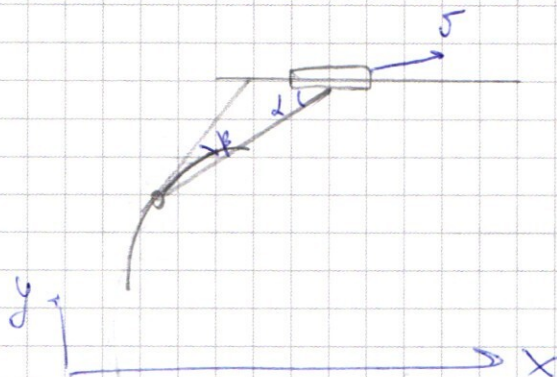
$$289 - 225 = 64$$

$$\frac{34}{18}$$

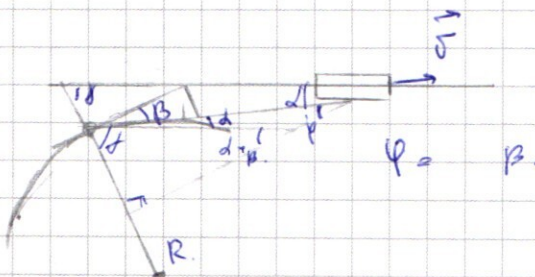
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3

1



$$\alpha = 90^\circ - \beta$$



$$F_r = F_{\text{норм}} \cdot \cos \alpha$$

$$m a_c = F_{\text{норм}} \cdot \sin(90^\circ - \alpha) = F_{\text{норм}} \cdot \cos \alpha = F_r$$

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \frac{F_r}{m}$$

распишем приращение Δt :

~~по β компоненте~~

~~F_r~~

$$m \cdot \frac{dv}{dt} \cdot \cos \alpha = \Delta p \text{ по } O_x$$

$$\frac{m v \cdot \sin \alpha \cdot dt}{dt} = \Delta p \text{ по } O_y$$

$$F_r \cdot dt = m \cdot dv \cdot \cos \alpha$$

$$\vec{a} = \vec{a}_c + \vec{a}_n$$

$$m a_n = F_{\text{норм}} \cdot \sin \alpha \quad m a_c = F_{\text{норм}} \cdot \cos \beta = \frac{F_r}{\cos \alpha} \cdot \cos \beta$$

$$m_{an} = \frac{F_T}{\cos \alpha} \cdot \sin \beta$$

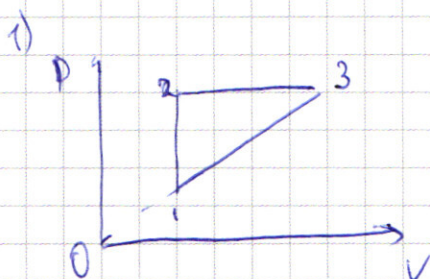
$$\frac{520}{255} \sqrt{2}$$

$$m_{ao} = \frac{F_T}{\cos \alpha} \cdot \cos \beta$$

$$\frac{1096}{848} \sqrt{2}$$

$$m_{ao} = \sqrt{\frac{F_T^2 \sin^2 \beta}{\cos^2 \alpha} + \frac{F_T^2 \cos^2 \beta}{\cos^2 \alpha}} = m_a = F_T$$

2)



$$\frac{C_{1-2}}{C_{2-3}} = ?$$

$$C_{1-2} = \frac{Q}{\Delta T} = ?$$

$$\begin{array}{r} 2: 53 \\ \sqrt{32} \\ 106 \\ 159 \\ \hline 1896 \end{array}$$

$$\frac{(P_2 - P_1) V_1}{(V_3 - V_2) P_2}$$

на участке 1-2 работа не совершается $\Rightarrow P = \text{const}$

$$Q = \frac{3}{2} \nu R_0 T_1 = 0.2$$

на участке 2-3 температура не меняется

$$Q = \frac{3}{2} \nu R_0 T_1 + p_0 \Delta V = \frac{3}{2} \nu R_0 T_1 + \nu R_0 T_1 = \frac{5}{2} \nu R_0 T_1$$

Ответ: $\frac{C_{1-2}}{C_{2-3}} = \frac{3}{5}$

3) $A = \frac{(P_2 - P_1) \cdot (V_3 - V_2)}{2}$

$$Q = \frac{3}{2} (P_2 - P_1) V_2 + P_2 (V_3 - V_2) + \frac{3}{2} P_2 (V_3 - V_2) =$$

$$= \frac{3}{2} P_0 V_2 + \frac{3}{2} P_2 V_2 + P_0 V_2 = \frac{3}{2} P_0 V_2 + \frac{5}{2} P_2 V_2$$