

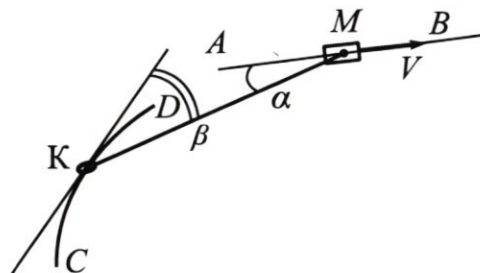
# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

## Вариант 11-02

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

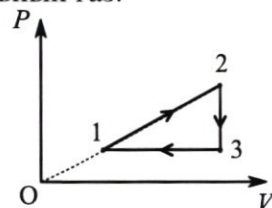
1. Муфту М двигают со скоростью  $V = 40$  см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой  $m = 1$  кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом  $R = 1,7$  м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной  $l = 17R/15$ . Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол  $\alpha$  ( $\cos \alpha = 3/5$ ) с направлением движения муфты и угол  $\beta$  ( $\cos \beta = 8/17$ ) 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.



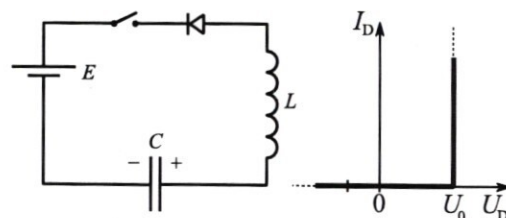
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния  $d$  между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью  $V_1$  и останавливается 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.

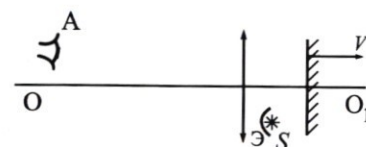
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника  $E = 3$  В, конденсатор емкостью  $C = 20$  мкФ заряжен до напряжения  $U_1 = 6$  В, индуктивность идеальной катушки  $L = 0,2$  Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода  $U_0 = 1$  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  $\alpha$  к оси  $OO_1$  движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.







## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$p_2$   $p_1$   
 $V_1$   $V_2$

$p = \alpha V$   
 $p_1 = \alpha V_1$   
 $p_2 = \alpha V_2$

$Q = \frac{Q}{M}$   $Q = c_{M\Delta T}$   
 $\frac{Q}{M\Delta T} = c$   
 $\frac{Q}{M\Delta T} = c_M$

$\frac{p_2(V_2 - V_1)}{2}$   $Q = \alpha U = \frac{3}{2} \alpha R \Delta T = \frac{3}{2} \alpha R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} p_2 V_2$   
 $\frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$   $Q = \alpha U + A = \frac{3}{2}$   
 $Q = \frac{3}{2} \alpha (V_2^2 - V_1 V_2)$

$2 p_2 V_2 - p$   $Q = \frac{3}{2} \alpha (V_1^2 - V_1 V_2) + (V_2 - V_1) \alpha V_1$   
 $Q = \frac{3}{2} \alpha (V_1^2 - V_1 V_2 + V_1 V_2 - V_1^2) = \frac{3}{2} \alpha (V_1^2 - V_1 V_2)$   
 $Q = \frac{3}{2} \alpha (V_2 V_1 - V_2^2) = \frac{3}{2} \alpha V_2 (V_1 - V_2)$   $T = p$

$c = \frac{3 \alpha V_2 (V_1 - V_2)}{2 M \cdot \frac{\alpha}{J R}}$   $\frac{3 \alpha V_1 (V_1 - V_2)}{2 M}$   $\frac{2 V_1 V_2 - 2 V_2^2}{J R}$   
 $\frac{3}{2} J R \Delta T + 2 V_1 (V_2 - V_1)$   $\frac{5 J R}{2 M}$   $\frac{2 V_1 + 2 V_2 + V_2 - V_1}{2}$   
 $\frac{3}{2} J R \Delta T \neq \Delta T \cdot J R$   $\frac{4x-1-4(x+1)}{-1-4}$   $\frac{2(V_1^2 - V_2^2)}{2}$   
 $M \Delta T$   $\frac{3}{2} (2 V_2^2 - 2 V_1^2)$   $\frac{2(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)}{2}$   
 $\frac{3}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2)$   $\frac{V_2 - V_1}{4(V_2 - V_1)^2}$   $\frac{V_2 + V_1}{4(V_2 - V_1)}$   $\frac{2(V_2 - V_1)^2}{2}$   
 $\frac{(x+1)(4x-1) - (x+1)(4(x+1))}{(x-1)^2}$



$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad (V_2 - V_1) P = \frac{(V_2 - V_1) d V_2}{2} \quad \frac{1}{2} d (V_2^2 - V_1^2)$$

$$\phi = F = \frac{k q d}{d^2} = \frac{k q d}{0,09 d^2} = \frac{k q}{0,09 d}$$

$$\Delta U = A + q$$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{k q d}{0,2 d^2} + \frac{k q d}{(0,8)^2 d^2} \quad 60 + \frac{k q d}{0,64 d^2}$$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{k q d}{0,09 d^2} + \frac{k q d}{0,64 d^2}$$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{k q d}{0,09 d^2} + \frac{k q d}{0,64 d^2}$$

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

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

$$V^2 = \sqrt{\frac{24 \gamma d k}{25 d^2}} \quad \frac{L I^2}{2} \times$$

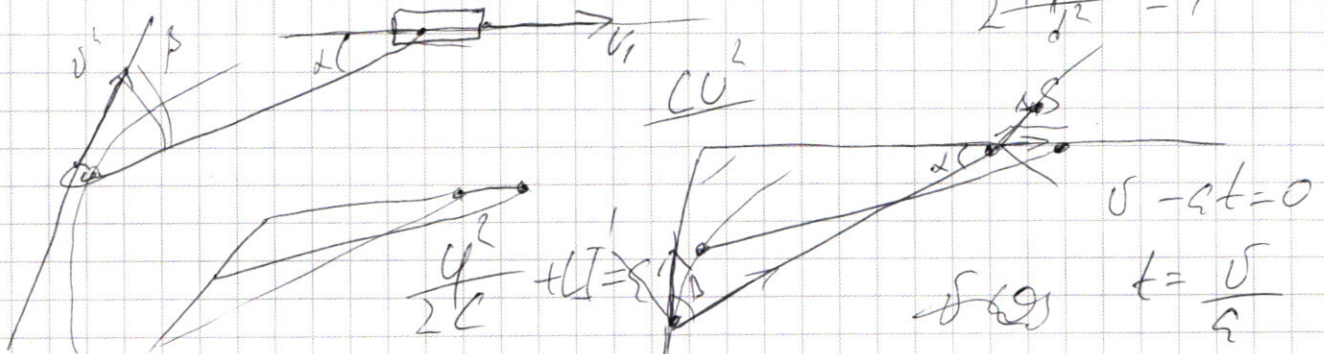
$$\frac{1}{0,09} + \frac{1}{0,64}$$

$$\frac{1}{25} + \frac{16}{25}$$

$$\frac{17}{25}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{k q d}{d^2} = - \frac{1}{25} \frac{k q d}{d^2} \quad v_1^2 = \frac{16}{25} \frac{k q d}{d^2}$$

$$\frac{2 k q d}{d^2} = m g$$



$$x \sqrt{R} \quad z \quad y \quad z \quad U_1 \cos R = U_2 \cos \alpha$$

$$\frac{C U^2}{2} - \frac{L I^2}{2} = \epsilon q \quad x + y > z \quad \frac{q^2}{2c} + \frac{c q^2}{2}$$

$$\frac{C U^2}{2} - \frac{L I^2}{2} = \epsilon q \quad x + y > z \quad \frac{q^2}{2c} + \frac{c q^2}{2}$$

$$w = \frac{v}{r} \quad (44 \pm 9) \quad (1008)^2$$

$$F = \frac{k q}{d^2} \quad \frac{m v^2}{2} = \frac{2 k q d}{d}$$

$$U_2 = U_1 + U_0 \quad U_0 = U_2 - U_1 \quad U^2 = 4 k \gamma d \quad U_1 = 0$$

$$\frac{144}{800} + \frac{59}{100} \quad \frac{1}{d}$$

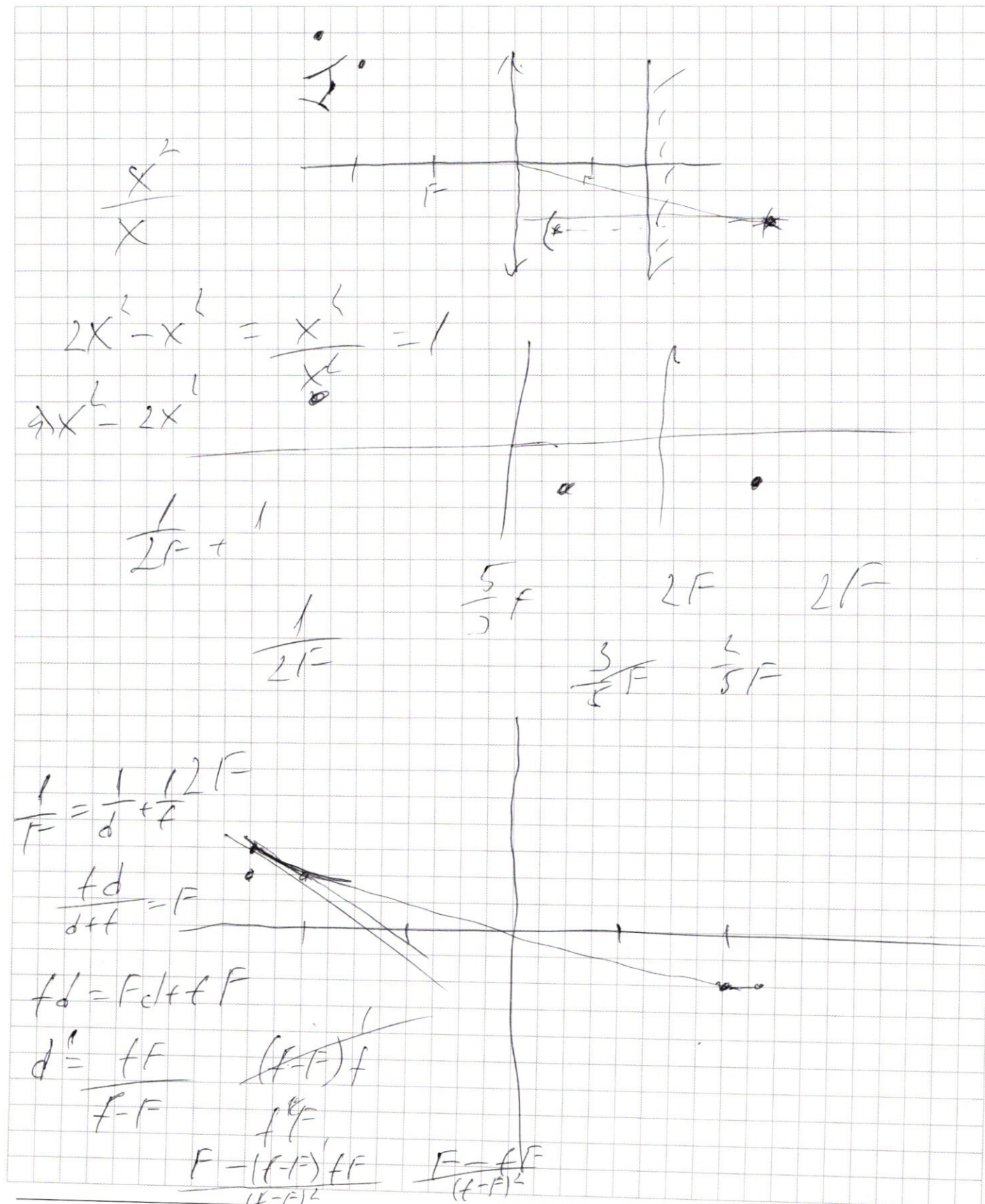
$$U - at = 0 \quad t = \frac{U}{a}$$

$$U - \frac{a t^2}{2} = 0,81$$

$$U_2 - U_1 = U_2 + U_1$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$$\Delta V = \frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{5}{2}F + \Delta V_{\text{ст}}} + \frac{1}{d'}$$

$$F = \frac{d' S}{d' + S}$$

$$d' = \frac{SF}{S-F}$$

$$d' = \frac{\left(\frac{5}{2}F + \Delta V_{\text{ст}}\right) F}{\frac{2}{3}F + \Delta V_{\text{ст}}}$$

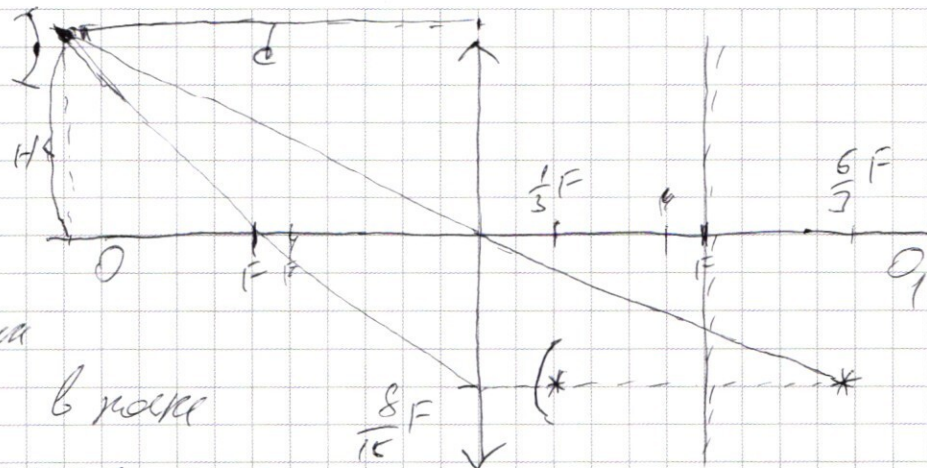
$$\frac{H_1}{h} =$$

$$\frac{d_H}{f_H}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

источник света  
Изображение  
отражаемый в  
зеркале — точка  
света, исходящая  
симметрично с расстоянием по-  
стоянным от источника по зеркалу (касательная зеркалу)  
без наклона зеркала. Расстояние до изображения в зе-  
ркале:  $F + \frac{1}{3}F = \frac{5}{3}F$ , высота точки, что и у источ.



Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{3}{5}F + \frac{1}{d} \Rightarrow \frac{1}{d} = \frac{2}{5F} \Rightarrow d = 2,5F$$

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{2,5F}{\frac{5}{3}F}, \quad \frac{H}{h} = 1,5, \quad H = 1,5h, \quad h = \frac{8}{15}F$$

$$H = \frac{12}{15}F$$

На расстоянии  $2,5F$  от линзы  
можно увидеть изображение источника

Пусть зеркало пересекает ~~ось~~<sup>ОХ</sup>, тогда расстояние  
до от линзы до изображения в зеркале уменьшится,  
по формуле тонкой линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F}$ , тогда

$d = \frac{f \cdot F}{f - F}$ , увеличение произведения  $d'$  — это расстояние  
узел между осью и пересечением дви-  
жения изображения в этой точке



$$d' = \frac{(fF)'(f-F) - (f-F)'(fF)}{(f-F)^2} = \frac{F(f-F) - f+F}{(f-F)^2} =$$

$$= \frac{F-1}{f-F}, \text{ при } f = \frac{5}{3}F, d' = \frac{F-1}{\frac{5}{3}F-F} =$$

$$= \frac{3(F-1)}{2F} \Rightarrow \operatorname{tg} d = \frac{3}{2} \frac{(F-1)}{F}, \text{ где } d - \text{ угол}$$

между осью ОО<sub>1</sub> и направлением свечения  
устройства в текущий момент.

~~Решение~~ Пусть прошло  $\Delta t$  времени, тогда

$$d_H = \frac{\left(\frac{5}{3}F + V_{\Delta t}\right)F}{\frac{2}{3}F + V_{\Delta t}}$$

$$d_H S_x = d - d_H =$$

$$= -\frac{\left(\frac{5}{3}F + V_{\Delta t}\right)F}{\frac{2}{3}F + V_{\Delta t}} + \frac{2.5F}{\frac{2}{3}F + V_{\Delta t}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S = \frac{\frac{5}{2}F \left(\frac{2}{3}F + V_{\Delta t}\right)}{\frac{2}{3}F + V_{\Delta t}} - \frac{F \left(\frac{5}{3}F + V_{\Delta t}\right)}{\frac{2}{3}F + V_{\Delta t}} =$$

$$= \frac{\frac{3}{2}F V_{\Delta t}}{\frac{2}{3}F + V_{\Delta t}} \quad \frac{S}{\Delta t} = \frac{\frac{3}{2}F V}{\frac{2}{3}F + V_{\Delta t}}, \text{ т.к. } V_{\Delta t} \approx 0,$$

$$\text{то } \frac{S}{\Delta t} = v_x = \frac{9}{2}V = 4.5V$$

$$\frac{d_H}{\frac{5}{3}F + V_{\Delta t}} = \frac{H_{\text{кр.}}}{\frac{8}{15}F} \Rightarrow \frac{F}{\frac{2}{3}F + V_{\Delta t}} = \frac{H_H}{\frac{8}{15}F} \Rightarrow H_{\text{кр.}} = \frac{4}{5}F$$

$$\Delta H = \frac{12}{15}F - \frac{4}{5}F = 0 \Rightarrow V_{\text{ог.}} = v_x = 4.5V$$

$$\text{Ответ: 1) } d = 4.5F, \text{ 2) } \operatorname{tg} d = \frac{3}{2} \left( \frac{F-1}{F} \right), \text{ 3) } V_{\text{ог.}} = 4.5V$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3. 8 Движение частицы:  $0,8d = v_1 t = \frac{at^2}{2}$

$$0,8d = \frac{-v_1^2}{2a}, \quad a = \frac{-v_1^2}{1,6d}$$

1-ый закон Ньютона для

маленькой вёсны в конденсаторе:

$$2F = ma, \quad \text{где } F = \frac{kqQ}{d^2}$$

$q$  - заряд частицы,  $Q$  - заряд конденсатора.

$$\frac{2kqQ}{d^2} = ma, \quad \frac{2kYQ}{d^2} = ma \Rightarrow$$

$$\frac{2kYQ}{d^2} = \frac{-v_1^2}{1,6d}, \quad |a| = \frac{+v_1^2 d}{3,2YK}, \quad U = \frac{|Q|}{C}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \Rightarrow U = \frac{+v_1^2 d^2}{3,2YK\epsilon_0 S}$$

В момент остановки:  $v = 0 \Rightarrow v_1 + at = 0 \Rightarrow$   
 $T = \frac{-v_1}{a} = -v_1 : \left( \frac{-v_1^2}{1,6d} \right) = \frac{1,6d}{v_1}$

ЗСН от начала полёта частицы до остановки:

$$W_k = W_k \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{2kqQ}{d}, \quad v_0 = \sqrt{\frac{4kYQ}{d}} =$$

$$= 2\sqrt{\frac{v_1^2}{3,2}} = \frac{1}{\sqrt{0,8}} \cdot v_1 = \frac{1}{2\sqrt{0,2}} v_1 \quad \text{Ответ: } 1) T = \frac{1,6d}{v_1}$$



$$2) U = \frac{U_1^2 d^2}{3,2 \cdot 10^{-4} S}, \quad 3) V_0 = \frac{1}{2\sqrt{0,2}} V_1$$

У. Правило Кирхгофа для

контура:

$$\frac{CU_1^2}{2} + LI' = \mathcal{E}, \text{ откуда}$$

$$I' = \frac{\mathcal{E} - \frac{CU_1^2}{2}}{L}$$

$$I' = \frac{3 - \frac{6 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{2}}{0,2} = \frac{3 - 6 \cdot 10^{-5}}{0,2} =$$

$$= \frac{3 - 0,00036}{0,2} = \frac{2,99964}{0,2} = 14,9982 \approx 15$$

Максимальный ток в цепи будет, когда напряжение заряда конденсатора будет равно нулю.

$$ЗЧ: W_H = \frac{CU_1^2}{2} \quad W_K = \frac{LI^2}{2}$$

$$\Delta W = \frac{LI^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = \mathcal{E}q, \quad q = C U_1 \Rightarrow$$

$$\mathcal{E} C U_1 = \frac{LI^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}, \quad I = \sqrt{\frac{2 C U_1 (\mathcal{E} + U_1)}{L}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot (3 + 3)}{0,2}} = \sqrt{12 \cdot 10^{-4} \cdot 6} =$$

$$= 6 \sqrt{2 \cdot 10^{-4}} = 0,06 \sqrt{2} \text{ A}$$

$$ЗЧ: W_H = \frac{CU_1^2}{2} \quad W_K = \frac{CU_2^2}{2} \quad \Delta W = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = q\mathcal{E},$$

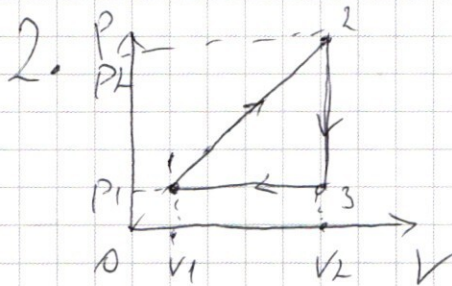
$$q = C(U_2 - U_1) \Rightarrow \frac{C(U_2 - U_1)(U_2 + U_1)}{2} = \frac{C}{2} \mathcal{E}(U_2 + U_1)$$

$$U_2 - U_1 = \mathcal{E}, \quad U_2 = \mathcal{E} + U_1 = 6 + 6 = 12 \text{ В}$$

Ответ: 1)  $I' = 15$ , 2)  $I = 0,06\sqrt{2} \text{ A}$ , 3)  $U_2 = 12 \text{ В}$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



На участке 1-2  $P = \text{const}$ , где  $d = \text{const}$   
 Тогда  $P_1 = dV_1$ ,  $P_2 = dV_2$

Понижение температуры происходит  
 на участках 2-3 и 3-1

$$C_{2-3} = \frac{Q_{2-3}}{M \Delta T_{2-3}} = \frac{\Delta U_{2-3} + A_{2-3}}{M \Delta T_{2-3}} \quad A_{2-3} = 0 \Rightarrow$$

$$C_{2-3} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{2-3}}{M \Delta T_{2-3}} = \frac{3 \nu R}{2 M}$$

$$C_{3-1} = \frac{Q_{3-1}}{M \Delta T_{3-1}} = \frac{\Delta U_{3-1} + A_{3-1}}{M \Delta T_{3-1}} = \frac{\frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_1 V_2) + (V_2 - V_1) P_1}{M \left( \frac{P_1 V_1 - P_1 V_2}{\nu R} \right)} =$$

$$= \frac{\frac{5}{2} P_1 (V_1 - V_2) \cdot \nu R}{M P_1 (V_1 - V_2)} = \frac{5 \nu R}{2 M}$$

$$\frac{C_{2-3}}{C_{3-1}} = \frac{3 \nu R}{2 M} \cdot \frac{2 M}{5 \nu R} =$$

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

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2} = \frac{5}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) + (V_2 - V_1) (P_2 + P_1) =$$

$$= \frac{5}{2} d (V_2^2 - V_1^2) + 2 \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2} = 2 d (V_2^2 - V_1^2)$$

$$A_{1-2} = \frac{1}{2} d (V_2^2 - V_1^2)$$

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

$$\eta = \frac{A_{123}}{Q_{1-2}}$$

$$A_{123} = \frac{(V_2 - V_1) (P_2 - P_1)}{2}, \quad Q_{1-2} = 2 d (V_2^2 - V_1^2)$$

$$A_{123} = \frac{d (V_2 - V_1)^2}{2}$$

$$\frac{A_{123}}{Q_{1-2}} = \frac{\frac{d (V_2 - V_1)^2}{2}}{4 d (V_2 - V_1) (V_2 + V_1)} =$$

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

$$\max \eta = \frac{1}{4} \cdot 100\% = 25\% \text{ при } V_2 - V_1 = V_2 + V_1$$

Ответы: 1)  $\frac{3}{5}$ ; 2) 4; 3) 25%

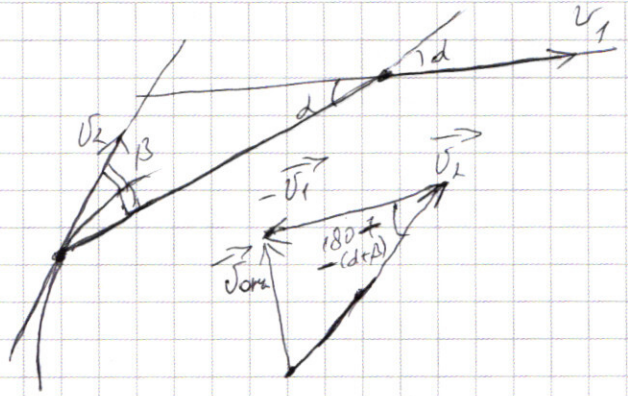


1. Если колесо и мучка связаны нерастяжимым тросом, то соблюдается равенство:

$$v_1 \cos \alpha = v_2 \cos \beta$$

Отсюда:  $v_2 = \frac{v_1 \cos \alpha}{\cos \beta}$

$$v_2 = 40 \text{ м/с} \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{11}{8} = 51 \text{ м/с} = 0,51 \text{ м/с}$$



$\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{v}_{отк}$ , где  $\vec{v}_{отк}$  — скорость колеса относительно мучки.

$$|\vec{v}_{отк}| = |\vec{v}_2 - \vec{v}_1| = \sqrt{(v_2 - v_1 \cos(180 - (\alpha + \beta)))^2 + (v_1 \sin(180 - (\alpha + \beta)))^2} = \sqrt{(v_2 - v_1 \cos(\alpha + \beta))^2 + (v_1 \sin(\alpha + \beta))^2} = \sqrt{(v_2 - v_1 \cos \alpha \cos \beta + v_1 \sin \alpha \sin \beta)^2 + (v_1 \sin \alpha \cos \beta + v_1 \sin \beta \cos \alpha)^2}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \frac{15}{17}$$

$$v_{отк} = \sqrt{\left(v_2 - v_1 \cdot \frac{24}{85} + v_1 \cdot \frac{60}{85}\right)^2 + \left(v_1 \cdot \frac{32}{85} + v_1 \cdot \frac{45}{85}\right)^2} = \sqrt{\left(v_2 + \frac{36}{85} v_1\right)^2 + \left(\frac{44}{85} v_1\right)^2} = \sqrt{\left(0,51 + \frac{36}{85} \cdot 0,4\right)^2 + \left(0,4 \cdot \frac{44}{85}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{4355 + 144}{8500}\right)^2 + \left(\frac{308}{8500}\right)^2} = \sqrt{\frac{4445^2 + 308^2}{8500}} = ?$$

Ответ: 1)  $v_2 = 0,51 \text{ м/с}$  2)  $v_{отк} \approx 0,5 \text{ м/с}$