

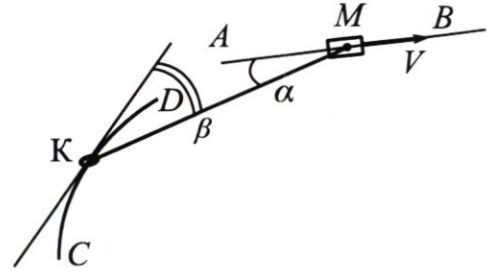
# Олимпиада «Физтех» по физике, фе

## Вариант 11-04

Класс 11

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

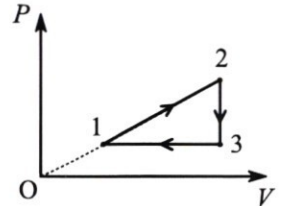
1. Муфту М двигают со скоростью  $V = 2$  м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой  $m = 0,4$  кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом  $R = 1,9$  м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной  $l = 17R/15$ . Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол  $\alpha$  ( $\cos \alpha = 4/5$ ) 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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



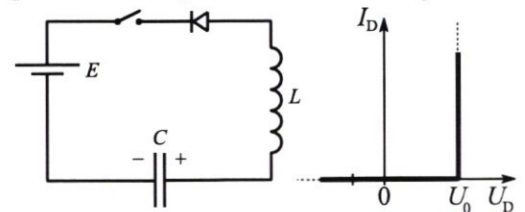
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния  $d$  между обкладками. Напряжение на конденсаторе  $U$ . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него 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.

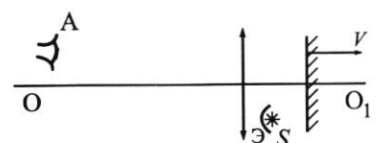
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника  $E = 6$  В, конденсатор емкостью  $C = 10$  мкФ заряжен до напряжения  $U_1 = 9$  В, индуктивность идеальной катушки  $L = 0,4$  Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода  $U_0 = 1$  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.

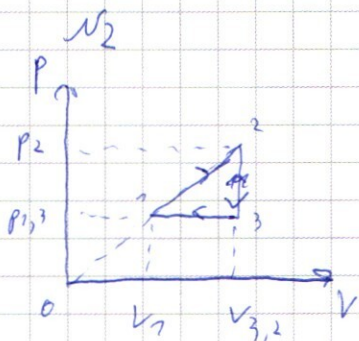
- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- 2) Под каким углом  $\alpha$  к оси  $OO_1$  движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.







## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



на 1-2  $P \uparrow V \uparrow \Rightarrow T \uparrow$  (т.к. из  
изотермический)

на 2-3  $T \downarrow$  (т.к.  $P \downarrow$ )

на 3-1  $T \downarrow$  (т.к.  $V \downarrow$ )

на 2-3: по I з-му м.м  $Q_{2-3} = A_{2-3} + \Delta U_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$   
(т.к.  $\Delta V = 0$ )

на 3-1:  $Q_{3-1} = A_{3-1} + \Delta U_{3-1} = (V_3 - V_1) P_1 + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) =$   
 $= P_1 V_1 - P_3 V_3 + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \nu R (T_1 - T_3) + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$   
(по формуле Менделеева-Клапейрона)

$$C_{2-3} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{(T_3 - T_2) \nu} = \frac{3}{2} R; \quad C_{3-1} = \frac{\frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)}{(T_1 - T_3) \nu} = \frac{5}{2} R;$$

$$\frac{C_{3-1}}{C_{2-3}} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3} \approx 1,67$$

2)  $A_{1-2} = S \text{ (м.м.)} = \frac{P_2 V_2}{2} - \frac{P_1 V_1}{2} =$

$$= \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1);$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1);$$

$$\frac{\Delta U_{1-2}}{A_{1-2}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)} = 3$$



$$3) \quad T_1 = \frac{P_1 L_1}{\gamma R}; \quad T_2 = \frac{P_2 L_2}{\gamma R} = \frac{2 V_2^2}{\gamma R} = \frac{2 V_3^2}{\gamma R} \quad \text{где } d = \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$$

$$\frac{P_2 L_2}{T_2} = \frac{P_2 L_2}{T_3}, \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_3} \cdot \frac{L_2}{L_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_1}; \quad \frac{V_3}{V_1} = \frac{T_2}{T_3};$$

$$V_3 = \frac{T_2}{T_3} V_1$$

$$T_2 = \frac{2}{\gamma R} \frac{T_2^2}{T_3^2} V_1^2 = \frac{2}{\gamma R} \left( \frac{P_1}{V_1} \frac{T_2^3}{T_3^2} V_1^2 \right) =$$

$$= \frac{P_1 L_1}{\gamma R} \left( \frac{T_2^2}{T_3^2} \right) = T_1 \frac{T_2^2}{T_3^2}$$

$$\Rightarrow T_3^2 = T_1 T_2;$$

$$\epsilon = \gamma - \frac{|ax|}{ax} = \gamma - \frac{\frac{3}{2} \gamma R (T_2 - T_3) + \frac{5}{2} \gamma R (T_3 - T_2)}{4 (T_2 - T_1) \gamma R} \quad \text{где } T_2 = \frac{T_3^2}{T_1}$$

$$\epsilon = \gamma - \frac{4 \left( 3 \gamma \left( T_3 - \frac{T_3^2}{T_1} \right) + 5 \left( T_3 - T_2 \right) \right)}{4 \left( \frac{T_3^2}{T_1} - T_1 \right)}$$

$$= \gamma - \frac{3 (T_1 T_3 - T_3^2) + 5 T_1 (T_3 - T_2)}{4 (T_3^2 - T_1^2)}$$

$$= \gamma - \frac{T_3 (T_3 - T_1) (-3 T_1 - T_3) + 5 (T_3 - T_1) T_1}{4 (T_3 - T_1) (T_3 + T_1)} = \gamma - \frac{3 T_3 (-T_3 - T_1) + 5 T_1}{4 (T_3 + T_1)}$$

$$= \gamma - \frac{-3 T_3 - 3 T_1 + 5 T_1}{4 (T_3 + T_1)} = \frac{4 T_3 + 4 T_1 - 3 T_3 - 5 T_1}{4 (T_3 + T_1)} = \frac{T_3 - T_1}{4 (T_3 + T_1)}$$

где  $T_1 = \frac{T_3}{2}$  искомое  $\epsilon = \frac{T_3 - \frac{T_3}{2}}{4 \left( T_3 + \frac{T_3}{2} \right)} = \frac{2}{8 \left( \frac{3}{2} \right)} = \frac{1}{12}$

ответ: а)  $\frac{5}{3} \approx 1,67$  б) 3



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

дано:

$$V = 2 \frac{m}{c}$$

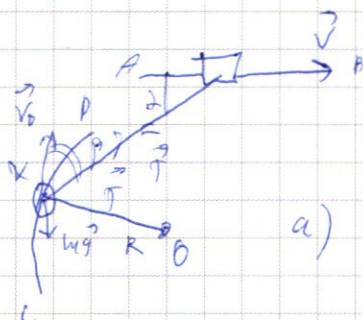
$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$R = 7,9 \text{ м}$$

$$l = \frac{77R}{8}$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{12}$$



$V_0$  — тангенциальная

а) из геометрии равнобедренного треугольника  
 $V_0 \cos \beta = V \cos \alpha;$

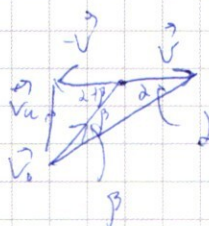
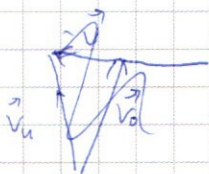
$$V_0 = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = 2 \cdot \frac{4 \cdot 77}{5 \cdot 8} = \frac{77}{5} = 15,4 \frac{m}{c}$$

б) 3-й закон Ньютона:

$$\vec{V}_{\text{н}} = \vec{V}_0 - \vec{V}$$

млю — касательная  
 П(О — радиус  
 Н(О — нормаль

величина  $V_{\text{н}}$ :



$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{144}} = \frac{2}{3}$$

$$V_{\text{н}} = \sqrt{V^2 + V_0^2 - 2V \cdot V_0 \cos(\alpha + \beta)} =$$

$$= \sqrt{4 + \frac{77^2}{5^2} - 2 \cdot 2 \cdot \frac{77}{5} \left( \frac{4}{5} \cdot \frac{2}{3} - \frac{3}{5} \cdot \frac{25}{77} \right)} =$$



$$= \sqrt{4 + \frac{77^2}{5^2} + \frac{4}{5} \cdot \frac{77}{5 \cdot 77} \cdot 77} = \sqrt{4 + \frac{289}{25} + \frac{52}{25}} =$$

$$= \frac{\sqrt{700 + 289 + 52}}{5} = \frac{\sqrt{1039}}{5} = \frac{21}{5} = 4,2 \frac{4}{5}$$

3)  $\log_2 4 = 2$   $\gamma = F \cdot \frac{R}{l} \approx 4,2 \frac{4}{5}$

ответ: а)  $3,4 \frac{4}{5}$

б)  $4,2 \frac{4}{5}$

в)



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

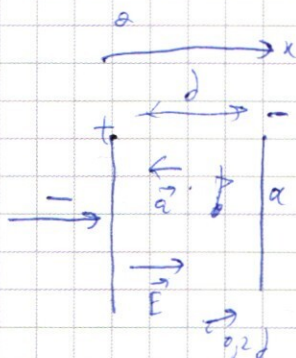
№ 3

Дано:

$u$

$d, \rho, \epsilon$

$v_1$



У.к.  $d \ll a$   $\epsilon$  — диэлектрик

конденсатор  $\Rightarrow$

(плоский)

У.к. сила тяжести пренебрежимо  
мал по сравнению с  $F$

$$1) u = Ed; F = \frac{q}{d}$$

~~при этом  $u = Ed$~~

но для нас без учета времени:

$$0,8d = \frac{v_1^2 - 0}{2a}, \text{ где } a = \frac{F}{m} = \frac{Eq}{m} = \frac{uq}{dm}$$

$$0,8d \cdot \frac{uq}{dm} = v_1^2; \quad \frac{uq}{m} = \frac{v_1^2}{0,8d} = 2$$

2) Если он с левой обкладкой  $\rightarrow$  (выбросит)

тогда  $\vec{a}$  влево и  $q$  не  $\rightarrow$  не  $\rightarrow$

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}; \quad a = 0 \text{ для } 0,8d \text{ (пока } x \text{ не } 0)$$

$$0 = 0 + v_1 T + \frac{a}{2} T^2; \quad a = \frac{uq}{dm}$$

$$T = \frac{2v_1 dm}{uq} \quad \text{где } \frac{uq}{m} = 2$$

$$T = \frac{2v_1 d}{2} \cdot \frac{2}{v_1} = 2 \frac{3,2d}{v_1}$$



3) ф.к. в д.д. аз (см-м конформно) в скалярно  
~~и та-о (ф.к.)~~, тогда ~~в~~  $v_2$ , где  $v_2$  - см-м в ~~в~~  
 в конформно.

при координатах:  $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{r}_1$   
 $\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$

на ось x:

$$-v_2 = v_1 \cdot \frac{3,2d}{v_1} = \frac{u|q|}{d h}$$

$$-v_2 = v_1 \cdot \frac{3,2d}{v_1} \cdot \frac{u}{d} \cdot \frac{v_1^2}{7,6 \pi} = v_1 \cdot 2 v_1 = 2 v_1$$

$$v_2 = v_1$$

то 3(2):  $E_{k1} + v_1 + v_2 = E_{k2}$  или

он ~~ошибся~~:  $\frac{m v_1^2}{2} + k q$  где ~~маленькая, тогда~~

$$0 + k \frac{|q|}{(0,8d)^2} - \frac{k|q|}{(0,2d)^2} = \frac{m v_0^2}{2}; \quad | : m$$

$$\frac{k|q|}{m(0,64d^2)} - \frac{k|q|}{m(0,04d^2)} = \frac{v_0^2}{2}; \quad (\text{уч. 6})$$

$$\frac{k v_1^2}{m \cdot 7,6 \cdot 0,64 d^2} - \frac{k v_1^2}{m \cdot 7,6 \cdot 0,04 d^2} = \frac{v_0^2}{2};$$

$$v_0 = v_1 \sqrt{\frac{k}{m \cdot 0,8^3 d^2} - \frac{k}{m \cdot 0,8 \cdot 0,04 d^2}}$$

Ответ:  $v_0 = \frac{v_1}{d} \sqrt{\frac{k}{m \cdot 0,8^3} - \frac{k}{m \cdot 0,8}}$

$$\frac{m v_1^2}{2} + 0 - \frac{k q}{d^2} = \frac{m v_0^2}{2}; \quad \frac{m v_1^2}{2} - \frac{k q}{m d^2} = \frac{v_0^2}{2} \quad \checkmark$$



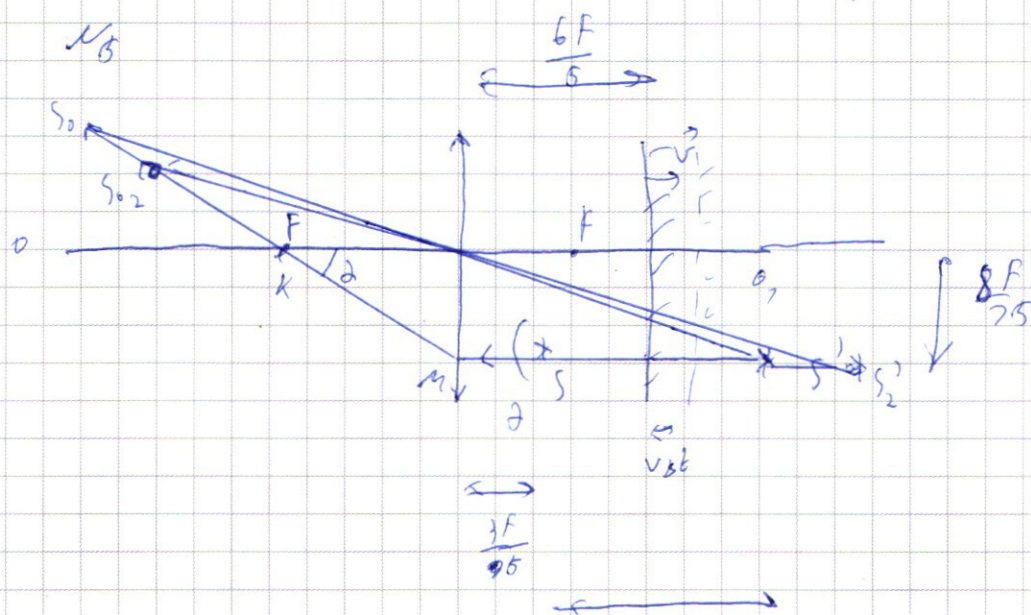
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_0 = \sqrt{v_1^2 - \frac{k}{J^2} \frac{2,2}{2,6}}$$

Answer: 7)  $\frac{v_1^2}{7,6 \cdot u}$

$$2) \quad \begin{array}{r} 3,22 \\ \hline 4 \end{array}$$

$$3) \sqrt{2,2 - \frac{4 \cdot 5,2}{2 \cdot 7,6}}$$



$S$  - излучает свет длиной  $\frac{6F}{5}$ ;  $SS' = 2 \left( \frac{6F}{5} - \frac{3F}{8} \right)$   
 По ф-ле тонкой линзы:

$$\frac{2}{0} + \frac{2}{f} = \frac{2}{f}, \quad \frac{5}{6f} + \frac{2}{f} = \frac{2}{f}$$

$$\frac{2}{f} = \frac{2}{E} - \frac{\frac{5}{4}}{f} = \frac{7}{6P}$$

$$\Rightarrow \sqrt{f} = 6 \text{ A}$$



2) изобразите векторное поле вектора на  $\gamma$

и найти его величину (в отн. ед.), и изобразите  
векторное поле вектора на  $KM$  (11/12, величина  $\pi/8$   
протяж.) ;  $\tan \alpha = \frac{8F}{15 \cdot F} = \frac{8}{15} \Rightarrow \alpha = \arctan\left(\frac{8}{15}\right)$

3)  $\Gamma = \frac{f}{g}$  ;  $V' = V \cdot \Gamma^2$  (т.к.  $\Gamma$  имеет размерность угла)

$\Gamma = \frac{h'}{h} = \frac{f}{g}$   
(из условия)

$V' = \frac{f^2}{g^2} V$  (т.к.  $\Gamma$  имеет размерность угла)

$V' = \frac{36F^2 - 25}{9F^2} \cdot V = 700V$ ;

Ответ: ~~700V~~;

1) 6F

2)  $\arctan\left(\frac{8}{15}\right)$

3) 700V

нч

Дано:

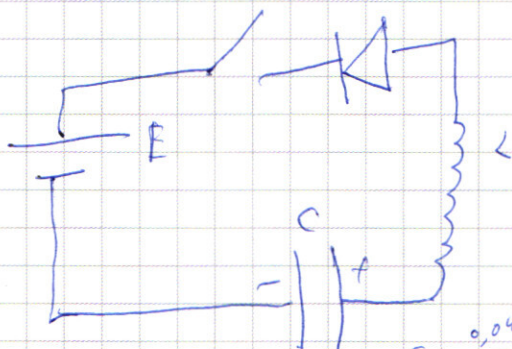
$U_1 = 9V$

$E = 6V$

$C = 70 \text{ нФ}$

$L = 9,4 \text{ Гн}$

$U_0 = 7V$



1)  $I = I' = I_{\text{max}} \omega = \frac{U}{Z}$

$I = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = \frac{0,045}{\sqrt{0,4 \cdot 10^{-6}}} = \frac{0,045 \cdot 1000}{2} = 22,5 \frac{A}{\sqrt{2}}$

2) 3(а):  $\left(\frac{U}{2}\right)^2 = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} \Rightarrow I_{\text{max}}^2 = \frac{U}{L} \sqrt{\frac{C}{2}}$

$= 9 \sqrt{\frac{70 \cdot 10^{-6}}{0,4}} = 9 \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-4}}} =$

$= 9 \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-4}}} =$

$= \frac{9}{2 \cdot 100} = \frac{9}{200} = \frac{45}{1000} =$

Ответ: а)  $22,5 \frac{A}{\sqrt{2}}$  ; б)  $0,045 A$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten work on grid paper showing physics problems and calculations.

**Top Left:** Vector diagram showing velocity  $\vec{v}$  and acceleration  $\vec{a}$  components. A small diagram shows a particle moving along a curved path.

**Top Right:** Vector diagram showing velocity  $\vec{v}$  and acceleration  $\vec{a}$  components. A small diagram shows a particle moving along a curved path.

**Center:** Calculations for velocity components and magnitude.

$$w = \frac{K \cdot 9}{(R + 8)^2}$$

$$V_0 \cos \beta = V \cos 2, \quad V_0 = V \frac{\cos 2}{\cos \beta} = 2 \cdot \frac{4 \cdot 77}{5 \cdot 8} = \frac{77}{5} = 15.4$$

**Bottom Left:** Vector diagram showing velocity  $\vec{v}$  and acceleration  $\vec{a}$  components. A small diagram shows a particle moving along a curved path.

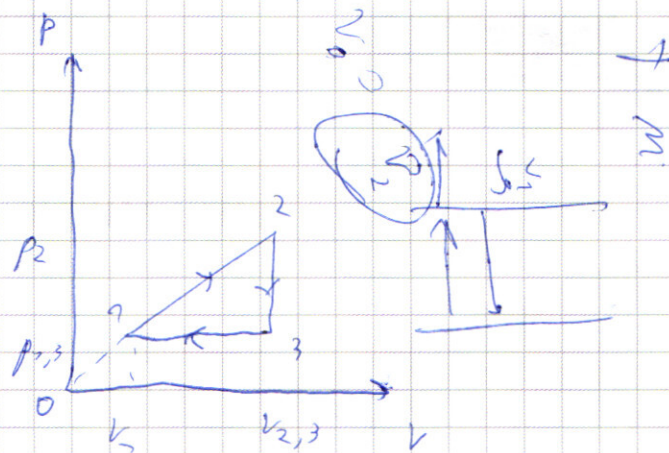
**Bottom Center:** Calculations for velocity components and magnitude.

$$V_n = \sqrt{V^2 + V_0^2 + 2 V V_0 \cos(\alpha + \beta)}$$

$$V_n = \sqrt{4 + \frac{77^2}{5^2} + 2 \cdot 2 \cdot \frac{77}{5} \cdot \left( \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{27} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{27} \right)}$$

**Bottom Right:** Vector diagram showing velocity  $\vec{v}$  and acceleration  $\vec{a}$  components. A small diagram shows a particle moving along a curved path.





$$PL = JAT$$

$$a_{23} = \Delta u_{23} = \frac{3}{2} \Delta R (T_3 - T_2)$$

$$q_{1-3} = p_1(v_1 - v_3) + \frac{3}{2} 2k(T_1 - T_2) =$$

$$a_{\text{avg}} = a_1 - 2 =$$

$$\sim \frac{5}{2} \ln(T_7 - T_3)$$

9 only -

$$\frac{\partial R(T_2 - T_1)}{2} + \frac{3}{2} \partial R(T_2 - T_1) = 2 \partial R(T_2 - T_1)$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$p = dV \quad T_7;$$

$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2}$$

$$d^2 = \frac{1}{52}$$

$$2 = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{P_1}{v_1} = d = \frac{P_2}{v_2}$$

$$p_1 = \rho v_1$$

$$T_2 = \frac{T_1}{2} = \frac{273}{2} = 136.5$$

$$p = 2V$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{d^2}{dx^2} = \frac{d}{dx} \frac{d}{dx}$$

$\alpha$



~~11-12~~

$$p_2 = 2 \sqrt{2}$$

$$\frac{17}{12} = \frac{42}{12}$$

$$= \frac{P_1^2}{P_2^2} \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$$

$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$   
 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$

$$D_1 = \frac{P_1 V_1}{\sqrt{R}};$$

$$q_2 = \sqrt{\gamma_2 T_2} \quad \text{and} \quad \frac{q_2}{T_2} = \frac{q_1}{T_1}$$

$$p = \partial V,$$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{\gamma R} = \frac{P}{\gamma R} (2 V_1^2) = \frac{2 V_1^2}{\gamma R}$$

$$\frac{p_1}{v_1} = 2$$

$$\frac{p_3 V_3}{T_3} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$t_2 = \frac{2}{\sqrt{R}}$$

$$\frac{\gamma_1^2}{\gamma_2^2} \cdot \frac{B_1}{B_2} \cdot \frac{C_1^2}{C_2^2} \cdot \frac{P_1}{P_2}$$

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

$$L_3 = \frac{T_3}{T_2} \cdot L_2$$

$$= \frac{2}{\sqrt{R}} \frac{\sqrt{R}^2}{\sqrt{R}^2} \sqrt{\frac{1}{R}} = \frac{2}{\sqrt{R}}$$

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

$$= \frac{\gamma_3^2}{\gamma_2^2} \frac{p_2 L_2}{JK}$$

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3}$$

$$T_1 T_2 \approx T_3^2$$

$$= \frac{T_3^2}{T_2}$$

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

$$T_3 = \sqrt{T_1 T_2}$$

7-  
5 1 5



$$\frac{P_2^2}{T_2} = \frac{P_3^2}{T_3}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

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

$$T_2^2 = T_1 T_3$$

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{P_2^2}{T_2} = \frac{P_3^2}{T_3}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{V_2}{V_3}$$

$$P_3 = \frac{P_2 V_3}{V_2}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

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

$$P_1 = P_2$$

$$T_1 = \frac{2}{5} \frac{T_2 T_3}{T_2 + T_3}$$

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$P_1 = P_2 + P_3$$

$$P_1 T_1 = P_2 T_2$$

$$P_1 T_1 = P_2 T_2$$

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

$$\frac{T_2^2}{V_2} = \frac{T_1^2}{V_1}$$

$$P_1 T_1 = P_2 T_2$$

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

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_1}$$

$$4T_2^2 + 60T_3^2 = \frac{T_2^2}{T_3^2}$$

$$T_2 = T_3$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$T_2 = \frac{T_3^2}{T_1}$$

$$5T_1^2 - 2T_1 T_3 - 3T_3^2 = 0$$

$$\frac{2T_3 \pm 8T_3}{20} = \frac{T_3 \pm 4T_3}{8}$$

$$5T_1^2 - 3\frac{T_3^2}{T_1} - 2T_3$$

$$3T_1^2 - 3T_3^2 - 2T_1 T_3$$

$$\frac{5T_1^2 - 4\frac{T_3^2}{T_1}}{4T_1^2 - 4T_3^2} = \frac{3T_1^2 - 3T_3^2 - 2T_1 T_3}{4T_1^2 - 4T_3^2}$$

$$\frac{5}{4} \frac{T_1 + \frac{3T_3}{5}}{T_1 + T_3}$$

$$= \frac{5(T_1 - T_3)(T_1 + \frac{3T_3}{5})}{4(T_1 - T_3)(T_1 + T_3)}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{r_1}{r_2} = 2^2$   
 $r_2 = \frac{r_1}{2^2}$

$\frac{r_1 k_1}{r_1} = \frac{r_2 k_2}{r_2}$   
 $\frac{r_2 k_2}{r_2} = \frac{r_3 k_3}{r_3}$   
 $2^2 \frac{r_2 k_2}{r_1} = \frac{r_3 k_3}{r_3}$

$\frac{6F}{8} + \frac{7}{F} = \frac{7}{F}$   
 $\frac{7}{F} = \frac{7}{F} - \frac{5}{F}$   
 $\frac{7}{F} = \frac{7}{6F}$

$\frac{6F}{8} - \frac{3F}{8} = \frac{3F}{8}$   
 $r_3 = \frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{r_2}{2} = \frac{r_1}{2}$   
 $F = 6F$



$$\frac{k_1}{r^2}$$

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

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2 = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

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

$$3T_2 - 3T_3 + 5T_3 - 5T_1$$

$$4T_2 - 4T_1$$

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} T_2$$

$$= 5 - 3 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2 - 2 \left(\frac{V_3}{V_1}\right)$$

$$4 - 4 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2$$

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

$$V_3 = T_3$$

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

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

$$5 - 3 \frac{V_3}{V_1} \frac{P_3}{P_2} - 2 \frac{P_2 P_3}{P_1^2}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

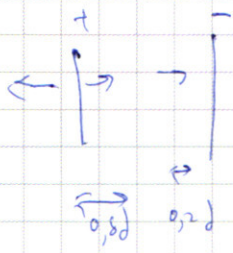
$$T_3 - T_2 = \frac{P_3}{\gamma(T_3 + T_2)}$$
$$\frac{T_2}{T_3} = \frac{P_2}{P_3}$$
$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$
$$\frac{\gamma}{4} \cdot \frac{T_3 - T_2}{T_3 + T_2}$$
$$P_2 = P_3 \frac{T_2}{T_3}$$
$$\frac{\gamma}{4} \left( \frac{P_3 V_3 - P_2 V_2}{P_3 V_3 + P_2 V_2} \right)$$
$$\frac{P_2 - P_3}{P_2 + P_3}$$
$$P_2 (V_3 - V_2) \\ P_2 \overline{V_3 + V_2}$$
$$\frac{P_2 - P_3}{P_2 + P_3}$$
$$\frac{\gamma}{4} \frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2} = \frac{\gamma}{4} \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} =$$
$$= \frac{\gamma}{4} \frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1}$$
$$\frac{T_2}{T_3} = \gamma$$
$$\frac{T_2 - T_3}{T_2 + T_3} = \frac{T_2 - T_3}{T_2 + T_3}$$
$$T_2^2 - T_3^2 = T_2^2 - T_3^2$$
$$\frac{T_2 - T_3}{T_2 + T_3} = \frac{T_3 - T_2}{T_3 + T_2}$$
$$T_2^2 - T_3^2 = T_2^2 - T_3^2$$



$$u = E d$$

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

$$f = \frac{v_1}{\lambda}$$



$\lambda_1$

$\lambda_2$

$$\frac{u_1}{\rho}$$

$q =$

$$0,8d = \frac{v_1^2 d h}{2 u_1}$$

$$0 = v_1 - \frac{u_1}{\rho} t$$

$$7,6 \text{ м} = \frac{v_1 \lambda}{\rho}$$

$$m f = L_1 d m$$

$$\frac{m f}{u_1} =$$

$$\frac{v_1 d}{\lambda}$$

$$\frac{7,6 \pi}{v_1 \lambda} = \frac{2 \pi \cdot 7,6}{\lambda_1}$$

$$\lambda = \frac{d}{v_1} \cdot 7,6$$

$\lambda \approx$

$$70^{-9}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned}
 \alpha_{\text{max}} &= 2 \gamma R (T_2 - T_1) & \frac{p_1 v_1}{T_1} &= \frac{p_2 v_2}{T_2} & v_1 < v_2 & T_1 < T_2 \\
 p_1 v_1 &= 2 \gamma R T_1 & p_1 &= 2 \gamma R & p_2 &= 2 \gamma R \\
 p_2 v_2 &= 2 \gamma R T_2 & \alpha_{\text{max}} &= \frac{3}{2} \gamma R (T_2 - T_3) + \frac{5}{2} \gamma R (T_3 - T_1) & \frac{p_1}{p_2} &= \frac{v_1}{v_2} \\
 p v &= 2 \gamma R T & \frac{p v}{T} &= \frac{3}{2} \gamma R (T_2 - T_3) + \frac{5}{2} \gamma R (T_3 - T_1) & & \\
 p_1 v_1 &= 2 \gamma R T_1 & & & & \\
 p_2 v_2 &= 2 \gamma R T_2 & \gamma &= \frac{2 \gamma R (T_2 - T_1)}{\frac{3}{2} \gamma R (T_2 - T_3) + \frac{5}{2} \gamma R (T_3 - T_1)} & p v &= 2 \gamma R T \\
 \frac{p_1 v_1}{p_2 v_2} &= \frac{T_1}{T_2} & & & & \\
 \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^2 &= \frac{T_1}{T_2} & & & & \\
 T_1 &= x & & & & \\
 &= \frac{3 T_2 - 3 T_3 - 4 T_2 + 4 T_1}{3 T_2 - 3 T_3 + 5 T_3 - 5 T_1} & & & & \\
 T_2 &= \frac{4 T_1 - T_2 - 3 T_3}{-5 T_1 + 3 T_2 + 2 T_3} & & & & \\
 p_2 v_2 &= 2 \gamma R T_2 & p_3 v_3 &= 2 \gamma R T_3 & & \\
 p_3 v_3 &= 2 \gamma R T_3 & p_1 v_1 &= 2 \gamma R T_1 & & \\
 \frac{p_2}{p_3} &= \frac{T_2}{T_3} & \frac{v_3}{v_1} &= \frac{T_3}{T_1} & & \\
 \frac{p_1^2}{p_2^2} &= \frac{T_1}{T_2} & \frac{p_3^2}{p_1^2} &= \frac{T_3}{T_1} & & \\
 \frac{p_2^2}{p_3^2} &= \frac{T_2^2}{T_3^2} & & & & \\
 \frac{p_1^2}{p_3^2} &= \frac{T_1}{T_2} \frac{T_2^2}{T_3^2} & & & &
 \end{aligned}$$



$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2} = \frac{p_3 v_3}{T_3}$$

$$\frac{v_1}{v_3} = \frac{T_1}{T_3}$$

$$p_1 = 2 p_2$$

$$\frac{p_1 v_1}{p_2 v_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{p_1}{p_3} = \frac{T_1}{T_3}$$

$$\frac{p_1^2}{p_2^2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{v_1 p_3}{v_3 p_2} = \frac{T_1 T_3}{T_3 T_2}$$

$$p_1 v_1 =$$

$$\frac{p_1^2}{p_2^2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{v_1}{v_3} \frac{p_3}{p_2} = \frac{p_1^2}{p_2^2}$$

$$\frac{p_1}{p_3} = \frac{T_1}{T_3}$$

$$\frac{v_1}{v_3} = \frac{p_1^2}{p_2 p_3}$$

$$\frac{v_1}{v_3} = \frac{T_1}{T_3}$$

$$T_1 =$$

$$p_1 v_1 =$$

$$T_1 = \frac{p_1 v_1}{v_1}$$

$$\frac{p_1 v_1}{T_1}$$

$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2} ; T_2 = \frac{p_2 v_2}{\frac{p_1 v_1}{T_1}}$$

$$=$$

