

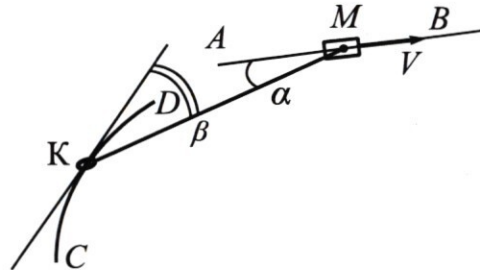
# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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.



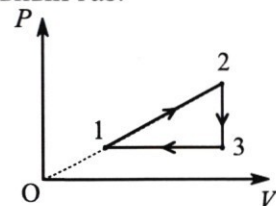
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.



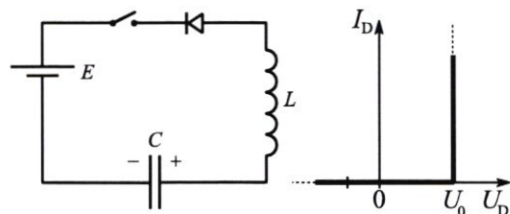
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния  $d$  между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью  $V_1$  и останавливается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

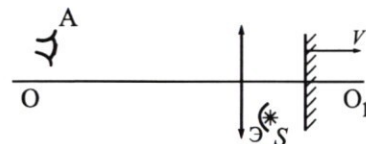


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F$ , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника  $S$  может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси  $OO_1$ 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

N2

1) Температурная нагрузка происходит на изохоре (2-3) и изобаре (3-1)

Максимальная теплоемкость в изохоре равна  $\frac{3}{2}R$ , т.к. газ одноатомный  
Максимальная теплоемкость в изобаре равна  $R$ .

$$\frac{\frac{3}{2}R}{R} = 1,5$$

2)  $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$  ~~где  $Q_{12}$ ,  $A_{12}$  и  $\Delta U_{12}$  - соответственно тепло~~

$A_{12}$  ~~к газу, работа, совершенная газом, и изменение~~

$$A_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{2}$$

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

внутренней энергии газа в процессе 1-2 (соответственно по формуле).

$V_1, p_1, T_1$  - объем, давление и температура в точке 1 (2 или 3) соответственно.

$\Delta p$  - это  $p_2 - p_1$

$\Delta V$  - это  $V_2 - V_1$

$K$  - коэффициент пропорциональности зависимости  $p(V)$  из уравнения 1-2.

$\gamma$  - индекс КПД

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \gamma R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$Q_{12} = 2(p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$$

$$3) \eta = \frac{A_{12} - A_{31}}{Q_{12}} = \frac{\Delta p \cdot \Delta V}{4(p_1 + \Delta p)(V_1 + \Delta V) - 4p_1 V_1} = \frac{\Delta p \Delta V}{4p_1 \Delta V + 4V_1 \Delta p + 4\Delta p \Delta V}$$

Максимальное  $\eta$  достигается при  $V_1 \rightarrow 0$  и  $p_1 \rightarrow 0$ .

$$\eta = \frac{\Delta p \cdot \Delta V}{4\Delta p \cdot \Delta V} = 0,25$$

$V_1 \ll \Delta V$  и  $p_1 \ll \Delta p$ .

Ответ: 1) 1,5

2) 4

3) 0,25

N4

$$1) U_1 = L I'(t) + U_0 + \mathcal{E}$$

$$I'(t) = \frac{U_1 - U_0 - \mathcal{E}}{L} = 10 \frac{A}{C}$$

$$2) \frac{q(t)}{C} + L q''(t) - U_0 - \mathcal{E} = 0$$

$$L q''(t) = U_0 + \mathcal{E} - \frac{q(t)}{C}$$

$$q(t) = C(U_0 + \mathcal{E}) + C(U_1 - U_0 - \mathcal{E}) \cdot \cos \sqrt{\frac{1}{LC}} \cdot t$$

$$I(t) = \sqrt{\frac{C}{L}} (U_1 - U_0 - \mathcal{E}) \sin \sqrt{\frac{1}{LC}} \cdot t$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot (U_1 - U_0 - \mathcal{E}) \approx 0,02 A$$

сумма зарядов конденсатора  
исчезает, т.е.  $I_{max}$  будет  
максимальна, когда  $I_{фазовый}$   
обнуляется (покажем)

$$3) q_{min} = C(U_0 + \mathcal{E}) - C(U_1 - U_0 - \mathcal{E})$$

$\frac{q_{min}}{C} = 2B$  — при  $U_1 = 0$  когда напряжение  
на конденсаторе стало равно нулю,  
ток не пойдет в другую сторону из-за  
глюка. Значит  $U_2 = 2B$

68

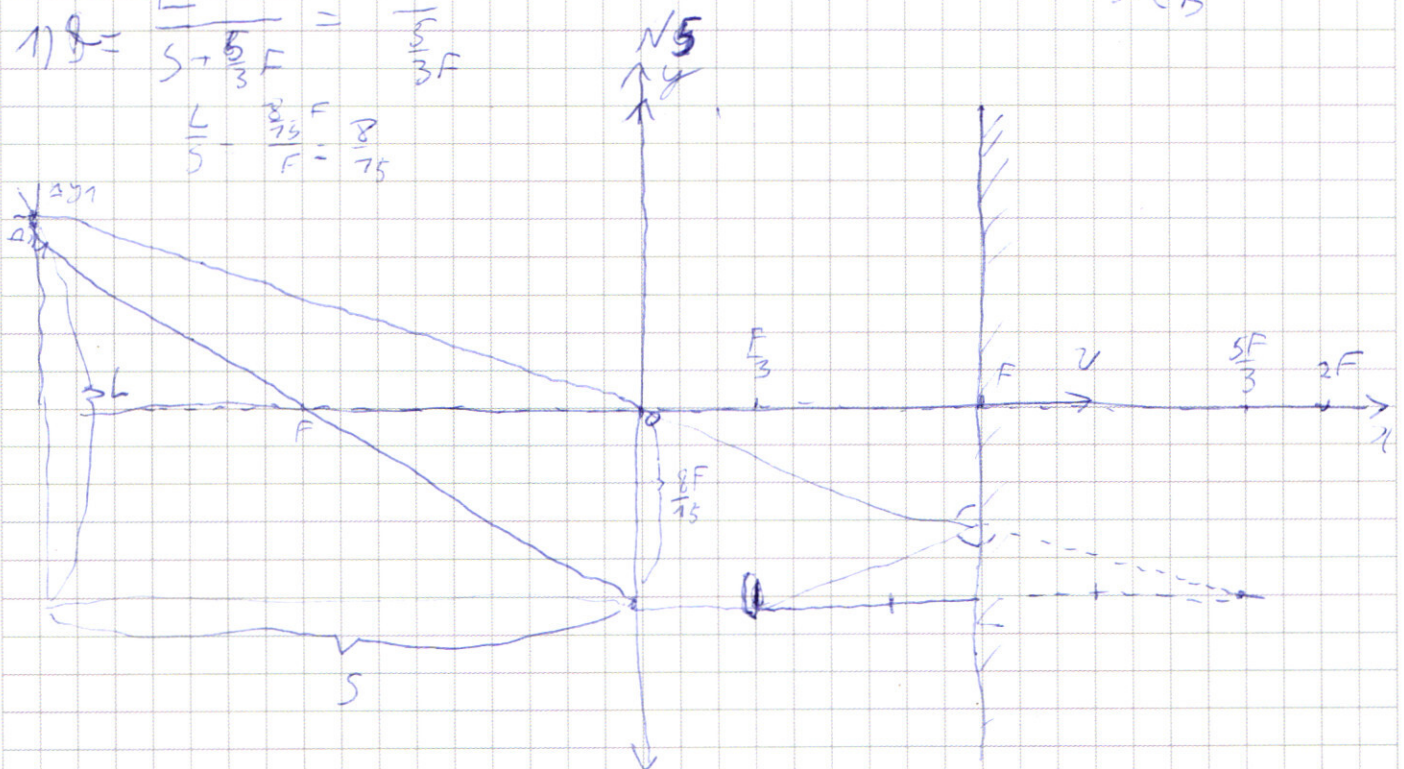
$$\begin{array}{r} 95 \overline{) 68} \\ 68 \phantom{00} \\ \hline 270 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \phantom{00} \\ 24 \overline{) 3} \\ \hline 10 \phantom{00} \\ 24 \phantom{00} \\ \hline 10 \phantom{00} \end{array}$$

Ответ: 1)  $10 \frac{A}{C}$

2)  $0,02 A$   
 $3/2 B$

$$1) B = \frac{L}{S + \frac{5}{3}F} = \frac{\frac{8}{15}F}{\frac{5}{3}F} = \frac{8}{25}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$L = \frac{7}{15} \text{ s}$$

$$\frac{8}{75} \div \frac{5}{3} = \frac{8}{25}$$

$$\frac{8}{75} S = \frac{8}{25} S + \frac{8}{75} F$$

$$\frac{16}{75} S = \frac{8}{75} F$$

$$S = 2,5 F$$

$$21 L = \frac{4}{3} F$$

Пусть, зеркало извинилось на  $\Delta x \ll F$ .

изображение сформировано на дне по вертикали и дуге по радиусу

$$L + \Delta y_1 = \frac{8}{15} (5 + \Delta x_1)$$

$$\Delta y_1 = \frac{1}{75} \Delta x_1$$

$$\frac{\Delta y_1}{\Delta x_1} = \frac{8}{75} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{8}{75}, \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\alpha = \arctan \frac{8}{75} \approx 30^\circ$$

$$\frac{8}{15} \frac{L + \Delta y_1}{S + \Delta x_1 + 2\Delta x} = \frac{8}{15} F + \frac{5}{3} F + \Delta x_1$$

$$\left(\frac{4}{3}F + \Delta x_1\right) \left(\frac{5}{3}F + \Delta x_2\right) = \frac{8}{15}F(2,5F + \Delta x_1 + 2\Delta x_2 + \frac{5}{3}F)$$

$\frac{1}{9} \cdot 3 + \frac{4}{3} \cdot 5 = \Delta x_2$  переоборудован.

$$\frac{20}{9} F^2 + \frac{20}{9} \Delta_{11} F = \frac{4}{3} F^2 + \frac{8}{15} F \Delta_{11} + \frac{16}{15} \Delta_{11} F + \frac{8}{9} F^2$$

$$\frac{16}{75} \Delta x = \frac{8}{45} \Delta x = \frac{76}{45} \Delta x$$

$$\Delta K \quad \Delta K = - \frac{48}{56} \Delta K$$

$$V_{12} = \frac{12}{10} \text{ V}$$

$$v_{\text{avg}} = \quad v =$$

$$\frac{V_{12}}{\cos \phi} = \frac{12.17}{0.75} = 16.23 \approx 16.23 \text{ V}$$

Übungen  
1) 2,5 F  
2) 30  
3) 0,7 V

N 3

1)  $E = \frac{q_0}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_0}{2\epsilon_0 S} = \frac{q_0}{\epsilon_0 S}$ ,  $q_0$  - заряд конденсатора,  $S$  - его площадь

$a = \frac{\lambda \cdot q_0}{2\epsilon_0 S}$ ,  $a$  - ускорение пластин в конденсаторе

$T \cdot a = V_{n1}$

$a = \frac{V_{n1}}{T}$

$0,8d = V_{n1} T - \frac{a T^2}{2}$

$0,8d = V_{n1} T - \frac{V_{n1} T}{2}$

$T = \frac{1,6d}{V_{n1}}$

2)  $U = \frac{q_0 d}{\epsilon_0 S} = \frac{a \cdot d}{\lambda} = \frac{V_{n1} \cdot d}{\lambda T} = \frac{V_{n1}^2}{1,6\lambda}$

Ответ: 1)  $1,6d$   
2)  $\frac{V_{n1}^2}{1,6\lambda}$

N 1

1) Применяем метод малых отклонений.

За короткий промежуток времени колесо движется по прямой

$x^2 + 2x + \Delta x^2 + y^2 \cos(100^\circ + 93^\circ) = y^2 \cos(100^\circ)$

$S \cdot \sin 2 = \frac{4}{5}$

$S \cdot \sin 3 = \frac{15}{14} \cdot \frac{1}{7} = \frac{15}{98}$ ,  $\frac{15}{98} \cdot 2 = \frac{4}{5} \cdot \lambda$

$\frac{y}{S \cdot \sin 2} = \frac{x}{S \cdot \sin 3} = \frac{2}{S \cdot \sin(2+3)} = \frac{x + \Delta x}{S \cdot \sin(3+\Delta 2)} = \frac{y - \Delta y}{S \cdot \sin(3+\Delta 2)}$

$S \cdot \sin(2+\Delta 2) = S \cdot \sin 3 + \cos 3 \cdot \Delta 2 = \frac{15}{14} + \frac{8}{14} \cdot \Delta 2$

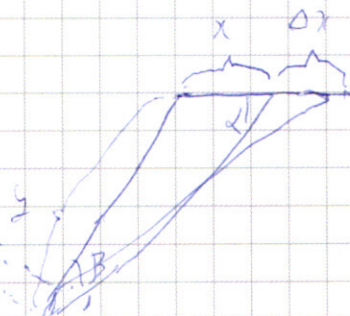
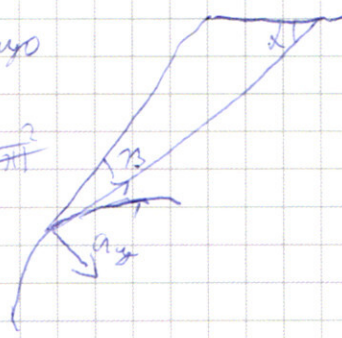
$S \cdot \sin(3+\Delta 2) = \frac{15}{14} + \frac{8}{14} \Delta 2$ ,  $S \cdot \sin 2 - \Delta 2 \cdot S \cdot \sin 2 \cdot \cos 2 \cdot \Delta 2 = \frac{4}{5} - \frac{3}{5} \cdot \Delta 2$

$\frac{15}{14} x + \frac{8}{14} \Delta 2 \cdot x = \frac{15}{14} \cdot x + \frac{15}{14} \Delta x$

$\frac{8}{14} \Delta x = \frac{8}{14} \Delta 2 = \frac{15}{14} \frac{\Delta x}{x}$ ,  $\Delta 2 = \frac{15}{8} \frac{\Delta x}{x}$

$\frac{x}{S \cdot \sin 3} = \frac{2 - \Delta y}{\frac{15}{14} - \frac{15}{14} \frac{\Delta x}{x}}$ ,  $\frac{x}{S \cdot \sin 3} = \frac{2 - \Delta y}{\frac{4}{5} - \frac{3}{5} \Delta 2}$

$\frac{15}{14} \frac{1}{7} - \frac{15}{14} \Delta y = \frac{4}{5} x - \frac{8}{8} \Delta x$ ,  $\Delta y = \frac{17 \cdot 9}{15 \cdot 8} = \frac{17 \cdot 3}{5 \cdot 8} \approx 1,25$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)  $v_k = 1,25 \cdot v \approx 0,5 \frac{m}{c}$  (Скорость кольца) Ответ 1)  $0,5 \frac{m}{c}$

3)  $T \cdot S \cdot n_3 = a_{из}$

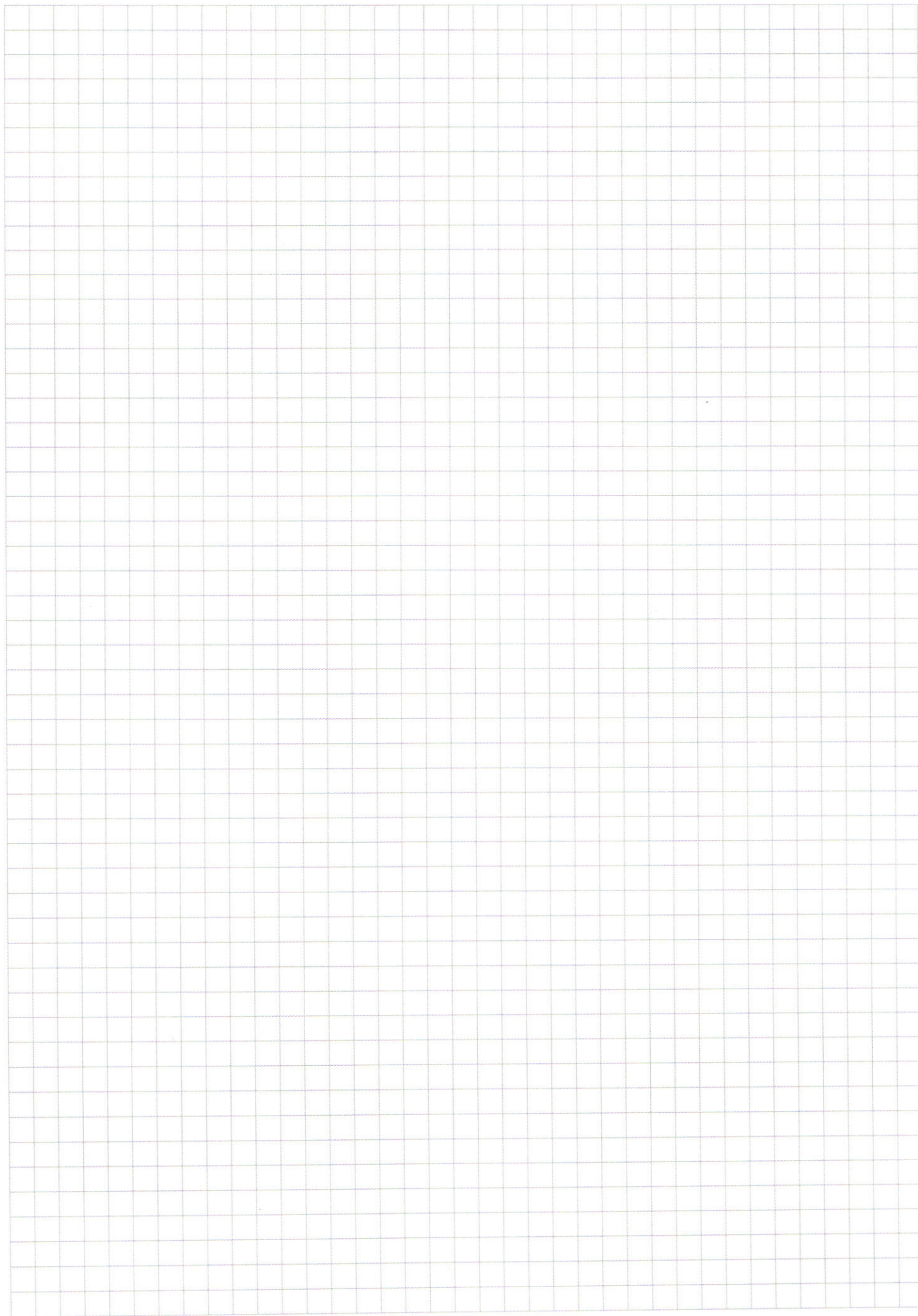
$$a_{из} = \frac{v_k^2}{R}$$

$$T = \frac{14}{15} \cdot \frac{0,25}{1,4} H \approx 0,1,7 H$$

3)  $0,77 H$

2)

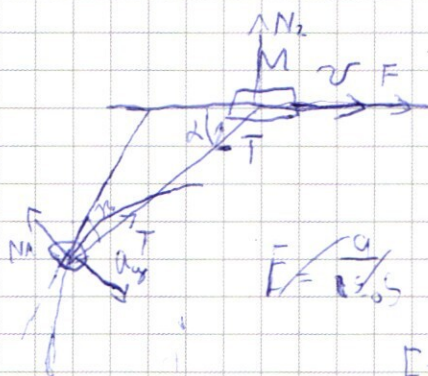
2)  $u = \sqrt{(v_k \cos \alpha_3 + v \cos \alpha_2)^2 + (v_k \sin \alpha_3 - v \sin \alpha_2)^2}$  - иском. скор



☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$T = F$$

$$\frac{F}{F} = \frac{9}{12.5}$$

$$F = \frac{906}{c}$$

$$a = \frac{\sqrt{6} A \cdot \{a_1\}}{T_1 - T_2}$$

$$\text{Soln } Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} nR(T_3 - T_2)$$

$$C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$0,80d = V_{gt} - \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$Q_{31} = A_{31} = p(V_2 - V_3) = \sqrt{R(T_1 - T_2)}$$

$$C = \begin{bmatrix} 8 & 2 \\ 3 & 1 \end{bmatrix} R$$

$$\frac{a_1^2}{5} = 0,8 \text{ d}$$

$$I = \sqrt{\frac{r \cdot 6d}{a}}$$

$$C_{23} = 1,5$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = L$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} UR(T_2 - T_1) + \lambda_{12} \Delta x = 2 UR(T_2 - T_1)$$

$$A_{12} = \int_{V_1}^{V_2} K V dV = \frac{K V_2^2}{2} - \frac{K V_1^2}{2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2} = \frac{R(T_2 - T_1)}{2}$$

$$p = \frac{(V_3 - V_1)(P_2 P_3)}{2 \cdot V_{12}} = \frac{V_3 - V_1}{2 P_2 V_3 - 2 P_2 V_1} = P_2 V_3 + V_{12} \frac{3}{2} P + \Delta P (V + \Delta V) - \frac{3}{2} P V = \frac{3}{2} P$$

$$p = \frac{\Delta V \cdot \Delta p}{2 p_1 \Delta p (p_1 + \Delta p) (V_1 + \Delta V) - 2 p_1 V_1} = \frac{\Delta V \cdot \Delta p}{2 p_1 \Delta p + 2 \Delta p V_1 + 2 \Delta p \Delta V} < \frac{1}{2}$$

$$Q + \frac{x}{y} = K$$

$x =$

10/10/2020

$$\frac{(2x + 1) \cdot 1}{2 - 4y} = 1$$



$$q_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 3 \\ \hline 25 \\ \hline 6 \end{array}$$

1625

Hand-drawn graph on grid paper showing a piecewise linear function. The function is defined by three segments: a horizontal segment at  $y=1$  from  $x=-1$  to  $x=0$ , a downward sloping segment from  $(-1, 1)$  to  $(1, -1)$ , and an upward sloping segment from  $(0, 1)$  to  $(2, 0)$ . The x-axis is labeled with  $-1$ ,  $0$ , and  $1$ . The y-axis is labeled with  $1$  and  $-1$ . The function is labeled  $f(x)$  at the top left.

$$q'' = \frac{1}{LC} (V_0 LC + LC - q)$$

$N_5$

A hand-drawn diagram of a triangle on a grid background. The triangle has two interior angles labeled:  $75^\circ$  at the top-left vertex and  $20^\circ$  at the bottom-right vertex. The side opposite the  $20^\circ$  angle is labeled with the variable  $y$ .

$$(x + \Delta x)^2 + (y + \Delta y)^2 =$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot (U_1 - U_0 - \varepsilon)$$

$$\frac{\frac{8F}{15}}{\frac{5}{3}F} = \frac{L}{5 + \frac{5}{3}F}$$

$$\frac{L}{S} = \frac{8}{75}$$

$$L = \frac{8}{15} S$$



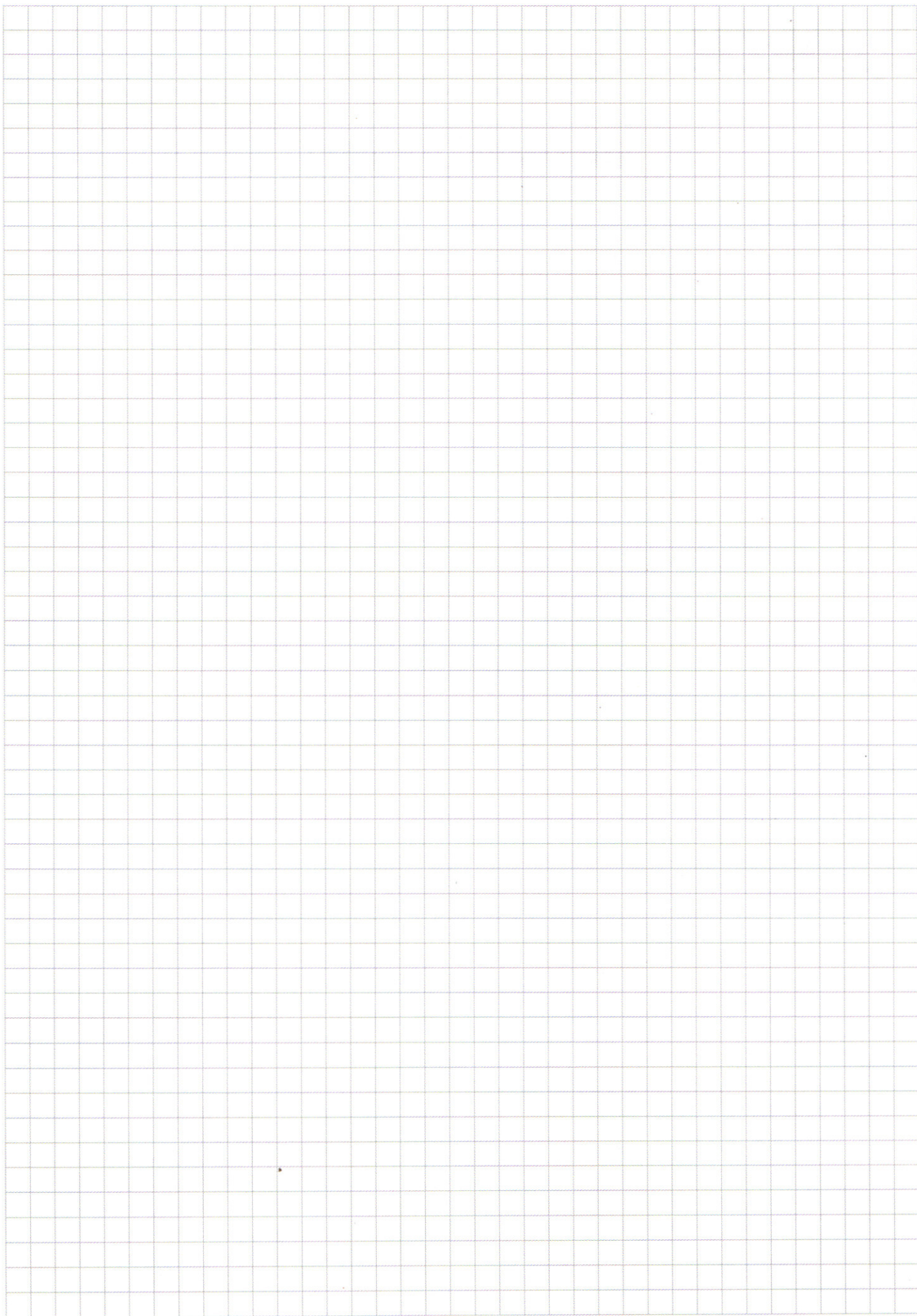
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ)»

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)