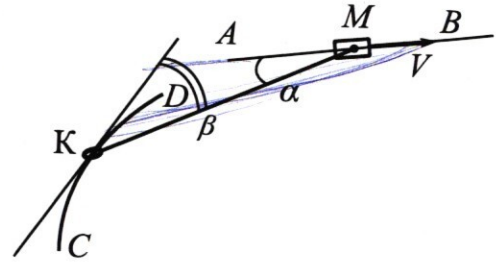


Олимпиада «Физтех» по физике, Вариант 11-03

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложенного задания не проверяются.

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.



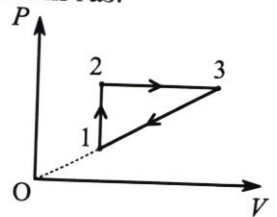
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

Задание

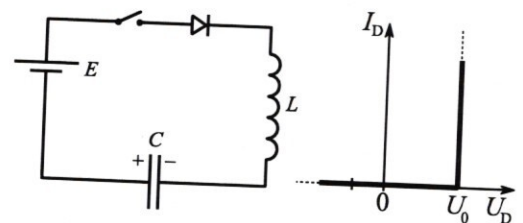
1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

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.

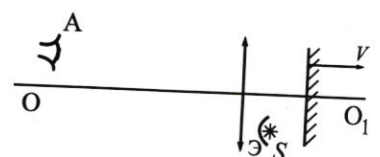


1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

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

$$1: p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$2: p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$3: p_2 V_2 = \nu R T_3$$

$$p_1 V_2 = \nu R T_4$$

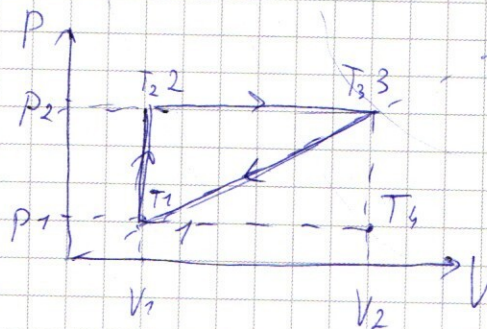
$$T_1 < T_2 < T_3$$

$$\text{так } p_1 < p_2 \text{ и } V_1 < V_2$$

$$V_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$V_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2$$

$$V_3 = \frac{3}{2} \nu R T_3$$



$$12: A_{12} = 0 \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \quad \Delta U_{12} > 0 \quad Q_{12} = \Delta U_{12} \quad \Delta T_{12} > 0 \quad Q_{12} > 0$$

$$23: A_{23} = p_2 (V_3 - V_2) \quad \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) \quad \Delta U_{23} > 0 \quad Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} \quad \Delta T_{23} > 0 \quad Q_{23} > 0$$

$$31: A_{31} = -p_1 (V_2 - V_1) = -\frac{(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)}{2} \quad \Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) \quad \Delta U_{31} < 0 \quad Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} \quad \Delta T_{31} < 0$$

$$1) C_{v12} = \frac{Q_{12}}{\nu \Delta T_{12}}$$

$$C_{v23} = \frac{Q_{23}}{\nu \Delta T_{23}}$$

$$\frac{C_{v12}}{C_{v23}} = \frac{Q_{12} \Delta T_{23}}{Q_{23} \Delta T_{12}} = \frac{\Delta U_{12} (T_3 - T_2)}{(A_{23} + \Delta U_{23}) (T_2 - T_1)}$$

$$= \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) (T_3 - T_2)}{(p_2 (V_3 - V_2) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)) (T_2 - T_1)} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu R T_3 - \nu R T_2 + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}$$

$$= \frac{\frac{3}{2} \nu R}{\frac{5}{2} \nu R} = \frac{3}{5}$$

$$\text{Ответ: } \frac{C_{v12}}{C_{v23}} = \frac{3}{5}$$

2) 23 - изобарный

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{p_2 (V_3 - V_2)} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu R T_3 - \nu R T_2} = \frac{3}{2}$$

$$\text{Ответ: } \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}$$

$$3) \eta = \frac{A_{23} + A_{12} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}} = \frac{A_{43}}{\Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{31} + A_{43}} = \frac{A_{43}}{A_{43}} = 1$$

A_{43} - работа цикла - это равна площади фигуры затенен в $p(V)$ координатах.
 $A_{43} = \frac{(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2}$
 $A_{43} = A_{31} + A_{23} + A_{12}$

$$= \frac{(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2 \left(\frac{5}{2} p_1 R (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} p_1 R (T_3 - T_2) + \frac{5}{2} p_2 R (T_1 - T_3) + \frac{(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2} \right)}$$

$$Q_{31} < 0$$

$$\eta = \frac{A_4}{Q_{12} + Q_{23}} \cdot 100\% = \frac{(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2 \left(\frac{3}{2} p_1 R (T_2 - T_1) + p_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2} p_2 R (T_3 - T_2) \right)} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2 \left(\frac{3}{2} p_2 V_1 - \frac{3}{2} p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1 + \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_2 V_1 \right)} \cdot 100\% \neq$$

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

$$p_1 V_2 = p_2 V_1$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2} = k$$

$$\neq \frac{(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2 \left(\frac{5}{2} p_2 V_2 - p_2 V_1 - \frac{3}{2} p_1 V_1 \right)} = \frac{p_2 V_2 - p_2 V_1 - p_1 V_2 + p_1 V_1}{5 p_2 V_2 - 2 p_2 V_1 - 3 p_1 V_1} =$$

$$= \frac{T_3 - T_2 - T_4 + T_1}{5 T_3 - 2 T_2 - 3 T_1}$$

$$T_3 > T_2 > T_1$$

$$T_3 - T_2 = T_4 - T_1$$

$$= \frac{p_2 V_2 - 2 p_2 V_1 + p_1 V_1}{5 p_2 V_2 - 2 p_2 V_1 - 3 p_1 V_1} \stackrel{p_2 V_1}{=} \frac{\frac{V_2}{V_1} - 2 + \frac{p_1}{p_2}}{5 \frac{V_2}{V_1} - 2 - 3 \frac{p_1}{p_2}} = \frac{1 - 2 + k}{5 - 2 - 3k} = f(k)$$

$$f^*(k) = \frac{k^2 - 2k + 1}{-3k^2 - 2k + 5} = \frac{(k-1)^2}{-3(k-1)(k+\frac{5}{3})} = \frac{k-1}{-3(k+\frac{5}{3})}$$

$$f'(k) = \frac{1 - 3(k+\frac{5}{3}) + 3(k-1)}{9(k+\frac{5}{3})^2} = 0$$

$$\frac{5-3}{9(k+\frac{5}{3})^2} = 0 \quad \text{нельзя делить}$$

$$\frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\%$$

max η достигается при $k=0$ и $k=\infty$

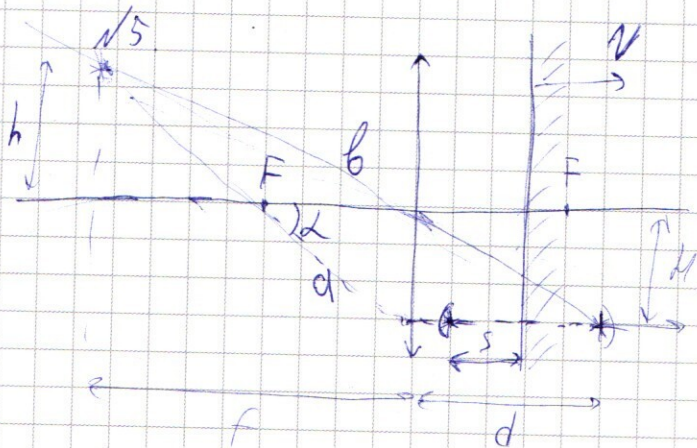
$$f(0) = \frac{1}{5} > f(\infty) = -\frac{1}{3}$$

Ответ: 20%

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{h}{h} = \frac{d}{f}$$



$$1) S = \frac{3}{4}F - \frac{F}{4} = \frac{F}{2}$$

- Fallenerwartung von ungenutzten Ressourcen

$$d = 2S + \frac{F}{4} = \frac{5}{4}F$$
 - Folgeartene von additiven Normen in Bezug zu d

$$\frac{1}{F} + \frac{4}{5F} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{5F}$$

$$f = \sqrt{f}$$

$$h = \frac{rH}{d} = \frac{5F \cdot \frac{3}{4}F}{\frac{5}{4}F} = 3F$$

Problem: $f = 5 \text{ Hz}$

Замечание: муз не идет как на рисунке, потому что не может пройти через экран, но от способа построения ответа не меняется, поэтому можно считать, что экран не мешает ходу охваченного муз.

2) ~~Известно, что~~ Пл. и луч. д. не меняются при движении зеркала, но изображение будет двигаться по этому лучу. $\Rightarrow$

$$\Rightarrow 00_1^1 a = \lambda$$

$$\epsilon_g 2 = \frac{\mu}{F} = \frac{3F}{4 \cdot A} = \frac{3}{4}$$

Orbiter: $\ell_{\text{gl}} = \frac{3}{4}$

$$b: y = -\frac{3}{5}x$$

~~$b': y = -\frac{\frac{3}{4}F + \Delta x}{\frac{5}{4}F + \Delta x} x$~~

$$\partial B' = N$$

$$-\frac{\frac{3}{4}F}{\frac{5}{4}F + \Delta x} \cdot X = -\frac{3}{4}X - \frac{3}{4}F$$

$$X \left(\frac{3}{4} - \frac{3F}{5F + 4\Delta x} \right) = -\frac{3}{4}F$$

$$X = \frac{-\frac{3}{4}F}{\frac{3}{4} - \frac{3F}{5F+40x}} \cdot \frac{F}{\frac{4F}{5F+40x} - 1} =$$

$$y = \frac{3 F(5F + 40x)}{4(F + 40x)} - \frac{3}{4} F$$

$$\Delta z = \left| \vec{MP} \right| = \sqrt{\left(\frac{F(5F+4\Delta x)}{-F-4\Delta x} + 5F \right)^2 + \left(\frac{3F(5F+4\Delta x)}{4(F+4\Delta x)} - \frac{3}{4}F - 3F \right)^2} =$$

$$= \frac{16 F \Delta x}{(F - 4 \Delta x)^2} + \frac{-48 F \Delta x}{(F + 4 \Delta x)^2} = \frac{256 F^2 \Delta x^3 (F + 4 \Delta x)^2 + 144 (F - 4 \Delta x)^2}{(F - 4 \Delta x)^2 (F + 4 \Delta x)^2} =$$

$$1 = \frac{\sqrt{400 F^3 \Delta x^2 + 448 F^2 \Delta x^3}}{F^2 - 16 \Delta x^2} = \frac{4 F \Delta x \sqrt{25 F + 28 \Delta x}}{F^2 - 16 \Delta x^2}$$

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta x}{\Delta z} \right) = \frac{2V}{V_M}$$

~~$$\frac{\partial x}{\partial z} = \frac{F^2 - 16\Delta x^2}{4F\sqrt{25F - 28\Delta x}}$$~~

$$\lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta z} = \frac{F^2}{20F^2}$$

$$-\frac{3}{4}F - \frac{5}{4}F = -\frac{5}{4}F + \Delta x$$

$$-3x - 3F = -4 \cdot \frac{5F + 4\Delta x}{3F} x$$

$$-3 \times F - 9F^2 = -20F \times -16 \Delta x \times x$$

$$(16\Delta x - 27F)x = 9F^2$$

$$X = \frac{9F^2}{16\Delta X + 17F}$$

$$\begin{array}{r} F(5F+4\Delta x) \\ -F-4\Delta x \\ \hline \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \frac{F \Delta x \sqrt{256 F^2 \Delta x^2 (F^2 + 8 F \Delta x + 16 \Delta x^2) + 144 F^2 \Delta x^2 (F^2 - 8 F \Delta x + 16 \Delta x^2)}}{F^2 - 16 \Delta x^2} =$$

$$= \frac{F \Delta x \sqrt{400 F^2 + 896 F \Delta x + 400 \cdot 16 \Delta x^2}}{F^2 - 16 \Delta x^2}$$

$$\frac{2V}{V_m} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta z} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{F^2 - 16 \Delta x^2}{F \sqrt{400 F^2 + 896 F \Delta x + 400 \cdot 16 \Delta x^2}} = \frac{F^2}{20 F^2} = \frac{1}{20}$$

создание
магнитного поля

$$V_m = 40 \text{ V}$$

Ответ: 40 V

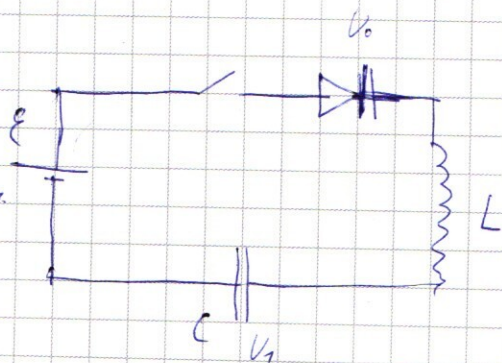
1/4

1) Можно считать, что напряжение конденсатора ξ не меняется, для $t \rightarrow 0$ он только создает напряжение

$$\xi + V_1 + \xi_c = I(t) \cdot R \quad R \rightarrow 0$$

$$\xi_c = -L \dot{I}(t)$$

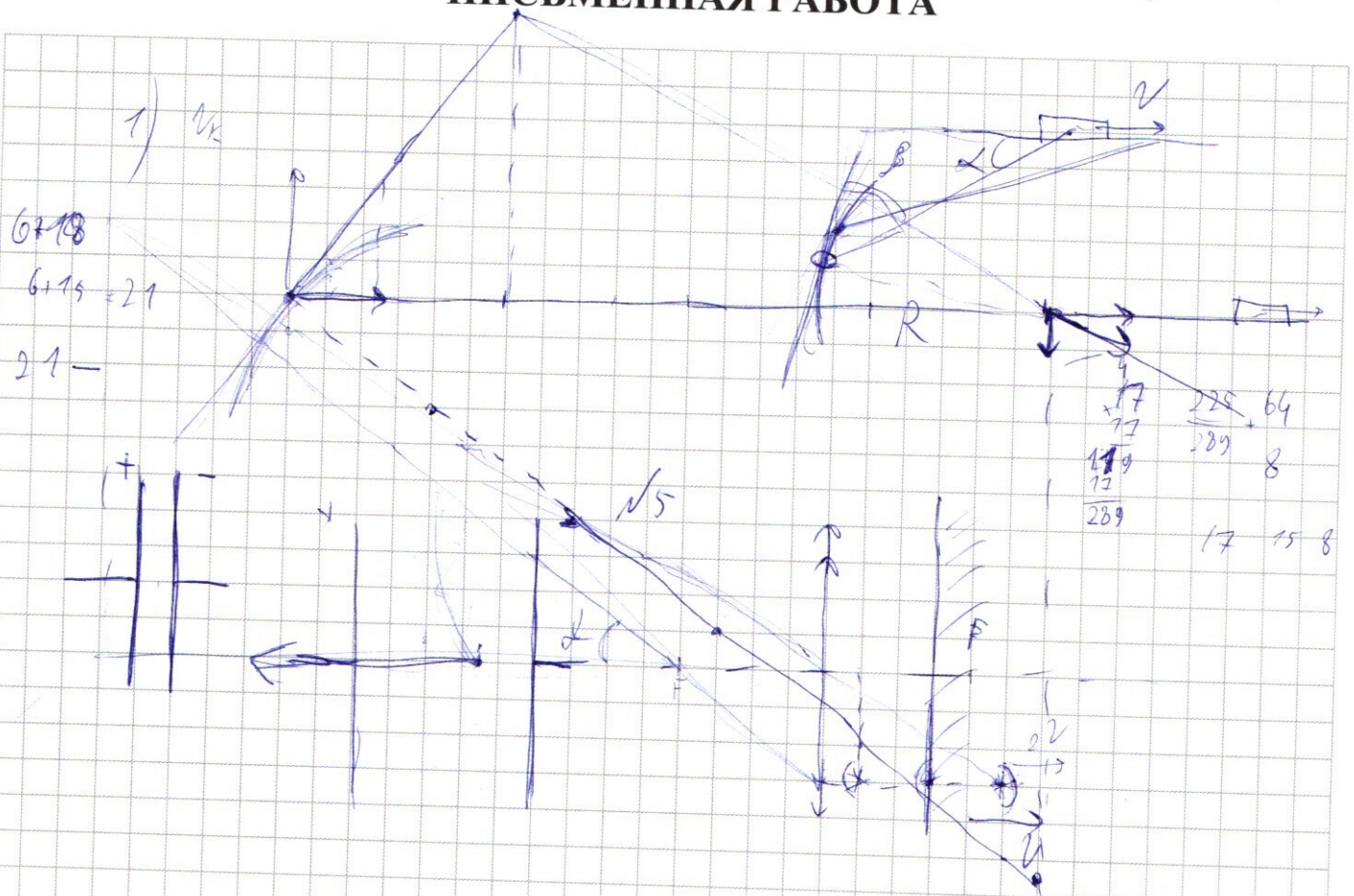
$$\xi + V_1 + L \dot{I}(t) = I(t) \cdot R$$



~~$V_{K\perp} = V \sin \alpha$~~
 1) $V_{B\perp} = V_B \cos \alpha = V \cos \alpha$
 $V_{B\perp} = V \sin \alpha$
 $V_{B\perp} = V_{K\perp}$
 ~~$V_{K\perp}$~~ $\frac{V_{K\perp}}{V_{K\parallel}} = \cos \beta$
 $V_K = \frac{V_{K\perp}}{\cos \beta} = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} =$
 $= \frac{34 \text{ м/с} \cdot \frac{5}{17} \cdot 5}{17} = 50 \text{ м/с}$ Ответ: 50 м/с

2) $\vec{V}_{KB} = \vec{V}_K - \vec{V}_B = \vec{V}_{K\perp} + \vec{V}_{K\parallel} - \vec{V}_{B\perp} - \vec{V}_{B\parallel} =$
 $= \vec{V}_{K\perp} - \vec{V}_{B\perp}$
 $|\vec{V}_{KB}| = V_{K\perp} + V_{B\perp} = V_K \sin \beta + V \sin \alpha =$
 $= \frac{50 \cdot 4}{5} + \frac{34 \cdot 8}{17} = 56 \text{ м/с}$
 Ответ: 56 м/с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

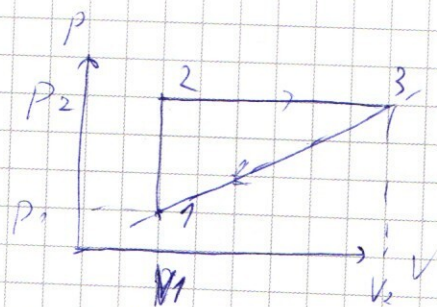


$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_1 = \nu R T_2$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_3$$

$$T_1 < T_2 < T_3$$



12: $A=0$ $U_1 = \frac{3}{2} NRT_1$ $U_2 = \frac{3}{2} NRT_2$ $T \uparrow$

23: $A = P_2(V_2 - V_1)$ $V_2 = \frac{3}{2} VRT_2$ $V_3 = \frac{3}{2} VRT_3$ TM

$$34: A = -p_1(V_2 - V_1) - \frac{(V_2 - V_1) \cdot (p_2 - p_1)}{2} = -\frac{(V_2 - V_1)(p_2 + p_1)}{2}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nRT_2 - \frac{3}{2} nRT_1$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_3$$

$$3 - \frac{5}{3}$$

$$1 - \frac{5}{3}$$

$$\frac{k + \frac{5}{3} + \frac{3}{3}}{-3k + \frac{5}{3}} \rightarrow \frac{1}{3} + \frac{\frac{5}{3}}{3}$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{p_1 V_2 - p_2 V_1}{2} =$$

$$= \frac{4p_1 V_1 - 4p_2 V_2 - p_1 V_2 + p_2 V_1}{2}$$

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

$$p_1 V_2 = p_2 V_1$$

$$4 \nu R T_1 - 4 \nu R T_3 - \cancel{p_1 V_2} + \nu R T_2$$

$$= \frac{\nu R (4T_1 - 4T_3 - T_4 + T_2)}{2}$$

$$T_3 - 2T$$

$$p_2 V_1$$

$$T_3 - T_1 = -3X - 3F = -\frac{5F + 40X}{3F} 4X$$

$$X \left(-4 \frac{5F + 40X}{3F} + 3 \right) = -3F$$

$$X = \frac{-9F^2}{(-5F - 40X)4 + 9F}$$

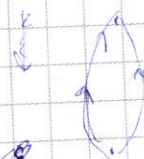
$$\mathcal{E}_c = -L \dot{I}$$

$$\mathcal{E} = U =$$

$$\frac{1}{5} = \frac{1}{3}$$

$$\mathcal{E} - \mathcal{E}_c - \mathcal{E} = I$$

$$\mathcal{E} - L \dot{I} = I$$



$$\mathcal{E}_c = \mathcal{E}$$

$$\mathcal{E} + U_1 = I(t) R$$

$$\mathcal{E} + U_1 - \mathcal{E}_c = I(t) R$$

$$\mathcal{E} + U_1 + L \dot{I} = I(t) R$$

$$I(t) = I_0 (1 - e^{-\epsilon x})$$

$$448 \quad 112 \cdot 4$$

$$56 \cdot 8$$

$$28 \cdot 16$$

$$112 \cdot 8$$

$$\sqrt{448}$$

$$896$$



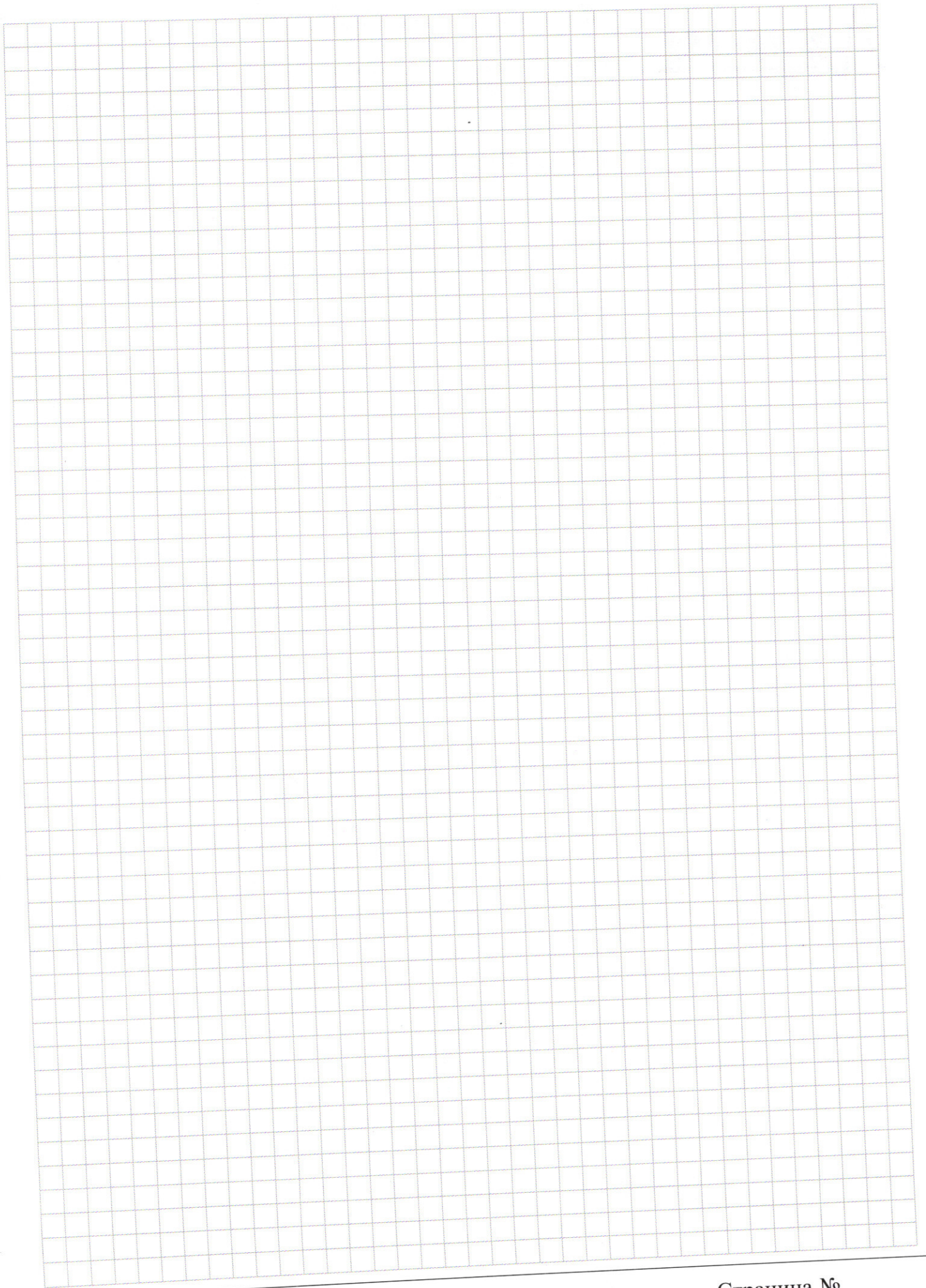
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)