

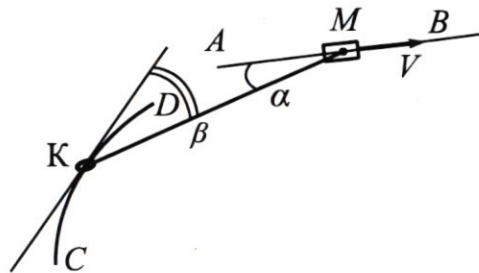
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

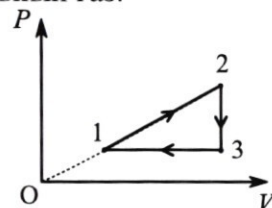
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной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

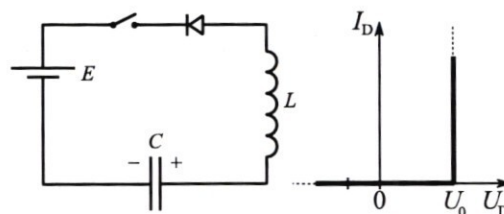


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между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

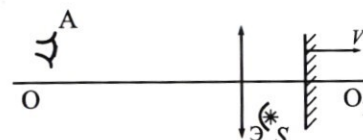
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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 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.

$$\begin{aligned} v &= 40 \frac{\text{см}}{\text{с}} \\ m &= 1 \text{ кг} \\ R &= 1,7 \text{ м} \\ l &= \frac{17R}{15} \end{aligned}$$

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

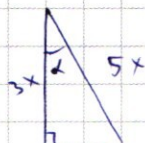
$$\beta: \cos \beta = \frac{3}{5}$$

$$u = ?$$

$$1) \text{ ? } \rightarrow$$

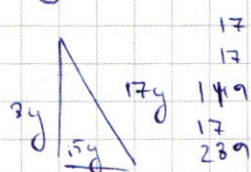
$$2) u' = ?$$

$$3) T = ?$$



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

$$\tan \alpha = \frac{4}{3}$$



$$\begin{aligned} y \sqrt{17^2 - 8^2} &= y \sqrt{289 - 64} \\ &= y \sqrt{225} = 15y \end{aligned}$$

$$\tan \beta = \frac{15}{8}$$

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

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

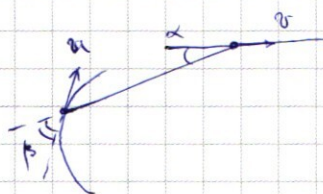
$$= \frac{32 + 45}{80} =$$

$$= \frac{77}{80}$$

$$\text{Ответ: } u = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$u' = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

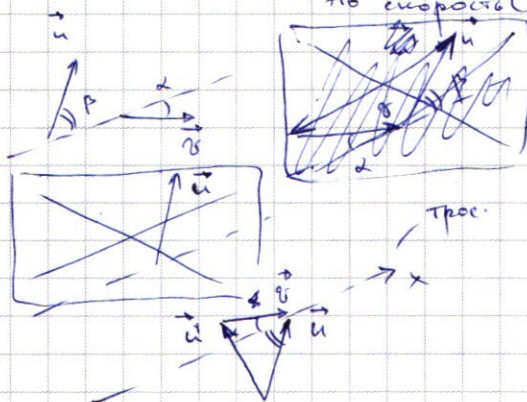
$$T = 0,76 \text{ Н}$$



$$2) \vec{v}_{\text{ABC}} = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v}_{\text{пар}}$$

Чтобы найти u'
перейдем в СО
мурты:

$$\vec{u} = \vec{u}' + \vec{v} \leftarrow \text{скорость мурты}$$

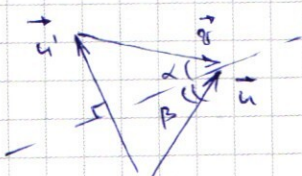


Заметим, что в СО
мурты

$$\vec{v}'_z = \vec{v}'_x = 0$$

т.е. направление скорости
мурты на трос - вдоль,
а значит

$$\vec{u}' \perp \vec{OX}$$



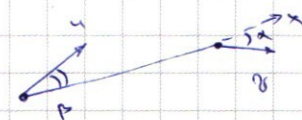
$$u' = v \sin \alpha + u \sin \beta =$$

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

$$u' = 40 \frac{\text{см}}{\text{с}} \left(\frac{4}{5} + \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{8} \right) = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

1) Трос - инерциальный
рассмотрим как инерциальную
систему

Кин. связь

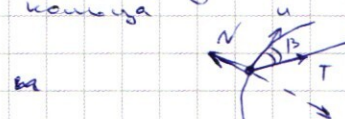


$$u \cos \beta = v \cos \alpha$$

$$u = v \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}; u = 40 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{4 \cdot 17}{3 \cdot 8} =$$

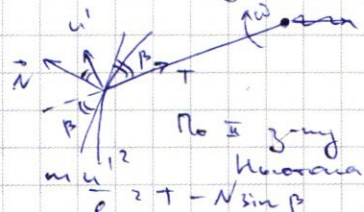
$$= 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

3). По II закону
Ньютона для
конца



$$\text{или: } \frac{m u^2}{R} = T \sin \beta - N$$

В СО мурты (инерциальной)



По II закону
Ньютона

$$\frac{m u^2}{R} = T - N \sin \beta$$

$$\frac{m u^2}{R} \sin \beta = \frac{m u^2}{R} =$$

$$= T (\sin^2 \beta - 1)$$

$$T = \frac{m}{\cos \beta} \left(\frac{u^2}{R} - \frac{u^2}{R} \sin \beta \right)$$

$$T = \frac{1 \cdot 17^2}{26} \left(\frac{11 \cdot 2 \cdot 15}{17 \cdot 1,7} - \right)$$

$$\text{где } u' = v(\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \tan \beta)$$

$$u = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} v$$

$$T = 0,76 \text{ Н}$$

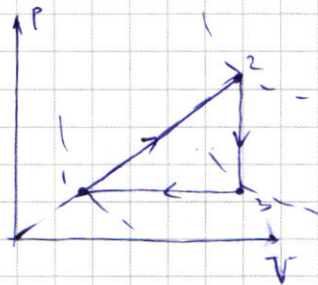
2.

 $i=3$

1) $\frac{C_1}{C_2} = ?$

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = ?$

3) $\eta_{\max} = ?$



1) Проанализируйте условия изотермичности, изохоричности.

$T_2 > T_3 > T_1$

Тогда получаемся на:

$2 \rightarrow 3 \quad \sim \quad 3 \rightarrow 1$

2 $\rightarrow$ 3: Изохора

$$C_V = \frac{dQ}{dT} = \frac{3}{2}R, \text{ так как } dV=0$$

3 $\rightarrow$ 1: Изобара

$$C_P = \frac{dQ}{dT} = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{C_V}{C_P} = \frac{3}{5}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$= \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (p_2 + p_1) (V_2 - V_1)$$

$$p = \alpha V$$

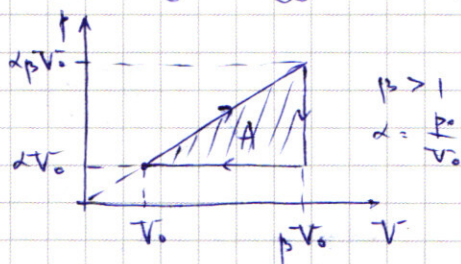
$$A_{12} = \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2)$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \left(\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} + 1 \right) = 3 + 1 = 4$$

3) $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{A}{Q_1}$

Введем "удобные" обозначения:



$$A = \frac{1}{2} (\alpha V_0 + \alpha p V_0) (p V_0 - V_0) - \alpha V_0 (p V_0 - V_0)$$

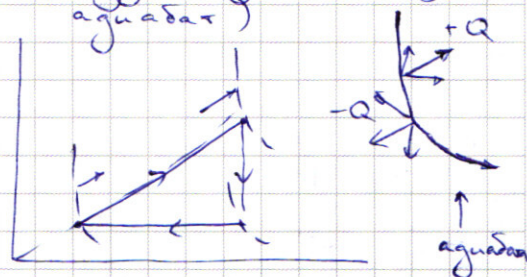
$$= \frac{\alpha}{2} V_0^2 (p^2 - 1) - \alpha V_0^2 (p - 1) = \alpha V_0^2 (p - 1) \left(\frac{p}{2} + \frac{1}{2} - 1 \right)$$

$$= \alpha V_0^2 (p - 1) (p - 1) \cdot \frac{1}{2} = \frac{\alpha}{2} V_0^2 (p - 1)^2$$

$$Q_1 = Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} (\alpha p V_0 - \alpha V_0) + \frac{1}{2} (\alpha V_0 + \alpha p V_0) (p V_0 - V_0)$$

$$= \frac{3}{2} \alpha V_0^2 (p^2 - 1) + \frac{\alpha}{2} V_0^2 (p^2 - 1) = 2 \alpha V_0^2 (p^2 - 1)$$

$$\eta_{\max} = \frac{\frac{\alpha}{2} V_0^2 (p - 1)^2}{2 \alpha V_0^2 (p^2 - 1)} = \frac{1}{4} \frac{p - 1}{p + 1} = \frac{1}{4} \frac{p + 1 - 2}{p + 1} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{2}{p + 1} \right)$$

Заметим, что к газу подводится тепло только на участке 1 $\rightarrow$ 2 (следует из анализа адиабат)☐ черновик☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 2

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. (продолжение)

$$\eta = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{2}{p+1} \right)$$

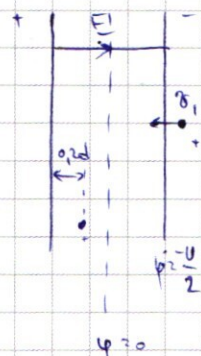
и больше, когда $1 - \frac{2}{p+1}$ больше, т.е. $\frac{2}{p+1}$ меньше

$$\frac{2}{p+1} \rightarrow 0, \text{ при } p \rightarrow \infty, \text{ т.е. } \eta_{\max} = \frac{1}{4} (1 - 0) = \frac{1}{4}$$

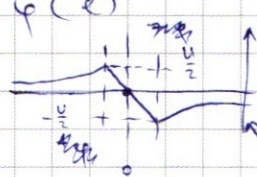
Ответ: $\frac{C_1}{C_2} = \frac{3}{5}$ $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$ $\eta_{\max} = \frac{1}{4}$

3.

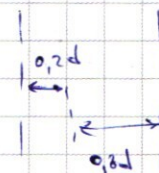
d	
v_1	
$x = \frac{q}{m}$	
T = ?	
V = ?	
$v_0 = ?$	



Качественно изобразим график



используем
на граничной
поверхности
 $\varphi = 0$



1) $0.8d = \frac{v_1^2 - 0}{2a}$, т.к. $a = \text{const}$ 2) ЗСЭ

$$T = \frac{0.8d}{v_1} = \frac{8}{5} \frac{d}{v_1}$$

$$W_2 - W_1 = A_{\text{век}}$$

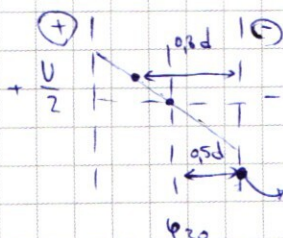
$$W_0 = \frac{mv_0^2}{2} = -E \cdot q \cdot 0.8d$$

$$\cos 135^\circ = -1$$

$$E = \frac{m}{q} \cdot \frac{v_1^2}{d} \cdot \frac{1}{2 \cdot 0.8} = \frac{1}{8} \cdot \frac{v_1^2}{d} \cdot \frac{5}{2}$$

$$V = E \cdot d = \frac{5}{8} \frac{v_1^2}{8}$$

3) $dV = E \cdot ad$



$$W_0 = -\frac{U}{2} \cdot q + \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\frac{5}{8} \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2}$$

$$= \frac{3}{16} mv_1^2$$

$$W_0 = E \cdot (0.8d - 0.5d) = E \cdot 0.3d$$

$$= \frac{1}{8} \frac{v_1^2}{d} \cdot \frac{5}{2} \cdot 0.3d = 0$$

На бесконечности

$$W_0 = 0 + W_{\text{к}} = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{3}{8} \frac{mv_1^2}{2}$$

$$v_0 = v_1 \cdot \sqrt{\frac{3}{8}}$$

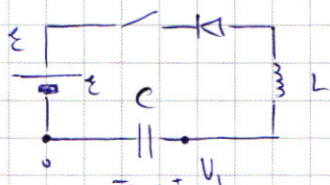
Ответ:

$$T = \frac{8}{5} \frac{d}{v_1}$$

$$v_0 = v_1 \sqrt{\frac{3}{8}}$$

4

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 3 \text{ В} \\ C &= 20 \text{ мкФ} \\ U_0 &= 6 \text{ В} \\ L &= 0,2 \text{ Гн} \\ U_0 &= 1 \text{ В} \end{aligned}$$



1) $U_1 > \varepsilon$, тогда происходит с ~~напряжением~~ ~~напряжением~~ ~~напряжением~~

$$U_1 = \varepsilon + U_0 + |U_L|$$

В нач. мом $I = 0$, т.е. катушка сопротивляется и ~~напряжением~~ ~~напряжением~~ ~~напряжением~~

$$|U_L| = L \cdot \frac{dI}{dt} \quad U_{L0} = L \cdot \alpha$$

$$U_1 = \varepsilon + U_0 + L \frac{dI}{dt}$$

$$U_1 = \varepsilon + U_0 + L \alpha$$

$$U_1 - \varepsilon - U_0 = 10 \text{ В}$$

$$\alpha = \frac{6 \text{ В} - 3 \text{ В} - 1 \text{ В}}{0,2 \text{ Гн}} = 10 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$$

$$2) U_C = \frac{q_C}{C}$$

$$\varepsilon + U_0 + |U_L| = U_C$$

$$\varepsilon + U_0 = L(\ddot{q})_0 = \frac{q_C}{C}$$

$$LC \ddot{q} + q_C - C(\varepsilon + U_0) = 0$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{LC}(q_C - C(\varepsilon + U_0)) = 0$$

В контуре можно наблюдать гармонический заряд, сначала он и гармонический

$$\ddot{q} = \frac{1}{LC}$$

$$q = (q_C - C(\varepsilon + U_0)) \sin \omega t$$

$$I = (q')_t = (q_C - C(\varepsilon + U_0)) \cdot \omega \cdot \cos \omega t$$

$$I_{\max} = \frac{q_C - C(\varepsilon + U_0)}{\sqrt{LC}} = \sqrt{\frac{C}{L}} (U_1 - \varepsilon + U_0)$$

Ответ: $\alpha = 10 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$
 $I_{\max} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ А}$
 $U_2 = 4 \text{ В}$

3) После момента перезарядки:

$$\frac{dI}{dt} = 0 \quad U_L = 0 \quad U_2 = \varepsilon + U_0; \quad U_2 = 3 \text{ В} + 1 \text{ В} = 4 \text{ В}$$

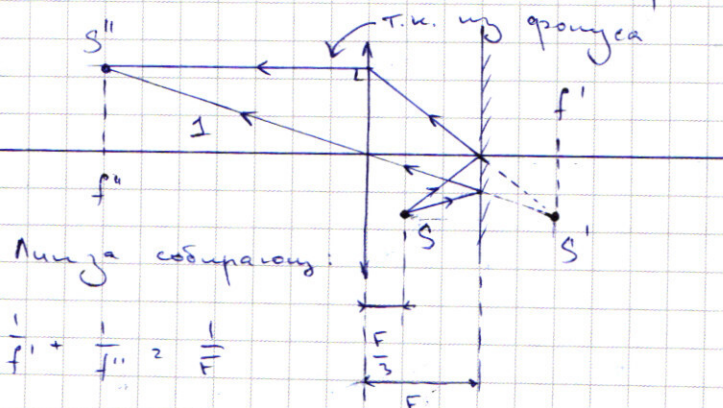
5.

F
B

$$1) f'' = ?$$

$$2) \varphi = ?$$

$$3) u = ?$$



$$f' = \frac{F}{3} + 2 \left(F - \frac{F}{3} \right) = \frac{5}{3} F$$

$$f'' = F \cdot \frac{1}{1 - \frac{2}{3}} = \frac{3}{2} F$$

1) Лучи от S будут отразиться от ~~зеркала~~ ~~зеркала~~ ~~зеркала~~ так же, как и

Построим ход лучей от S и зеркала

Луч 1 пройдет через оптический центр линзы

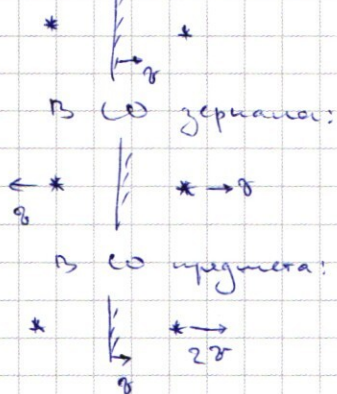
Луч 2 через фокус и параллельно оп. оси

Получили S''

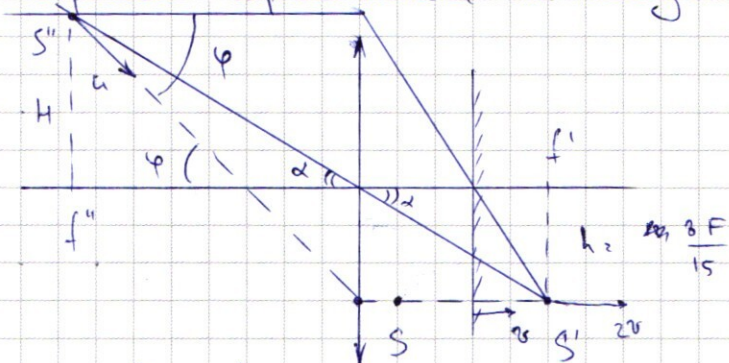
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5. (продолжение)

2) Рассмотрим
скорости пробной
и подвижной линзы
в подвижном зеркале



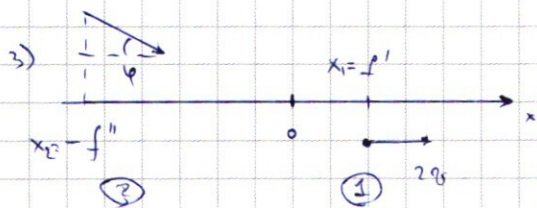
Заметим, что продолжение векторов
скоростей пересекаются на высоте:



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{f''} = \frac{h}{f'}$$

$$h = \frac{f''}{f'} h = \frac{3}{2} \cdot \frac{8}{15} F = \frac{4}{5} F$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{h + h}{f''} = \frac{\frac{4}{5} F + \frac{8}{15} F}{\frac{5}{2} F} = \frac{\frac{12 + 8}{15}}{\frac{5}{2}} = \frac{20 \cdot 2}{5 \cdot 15} = \frac{40}{75} = \frac{8}{15}$$



и скорость
или $2g \cdot 20$

и $u_x > 0$, т.е. линза
подвижна

$$\frac{1}{x_1} + \frac{1}{-x_2} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_2} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{d}{dt} \frac{1}{F} = 0 = -2g \cdot \frac{1}{f'} = -\left(-u_x \cdot \frac{1}{f''^2}\right)$$

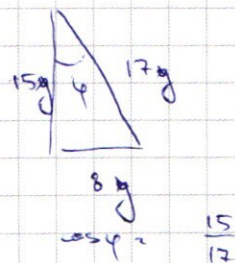
$$u_x = 2g \cdot \left(\frac{f''}{f'}\right)^2 = 2 \cdot 8 \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^2 = \frac{9}{2} g$$

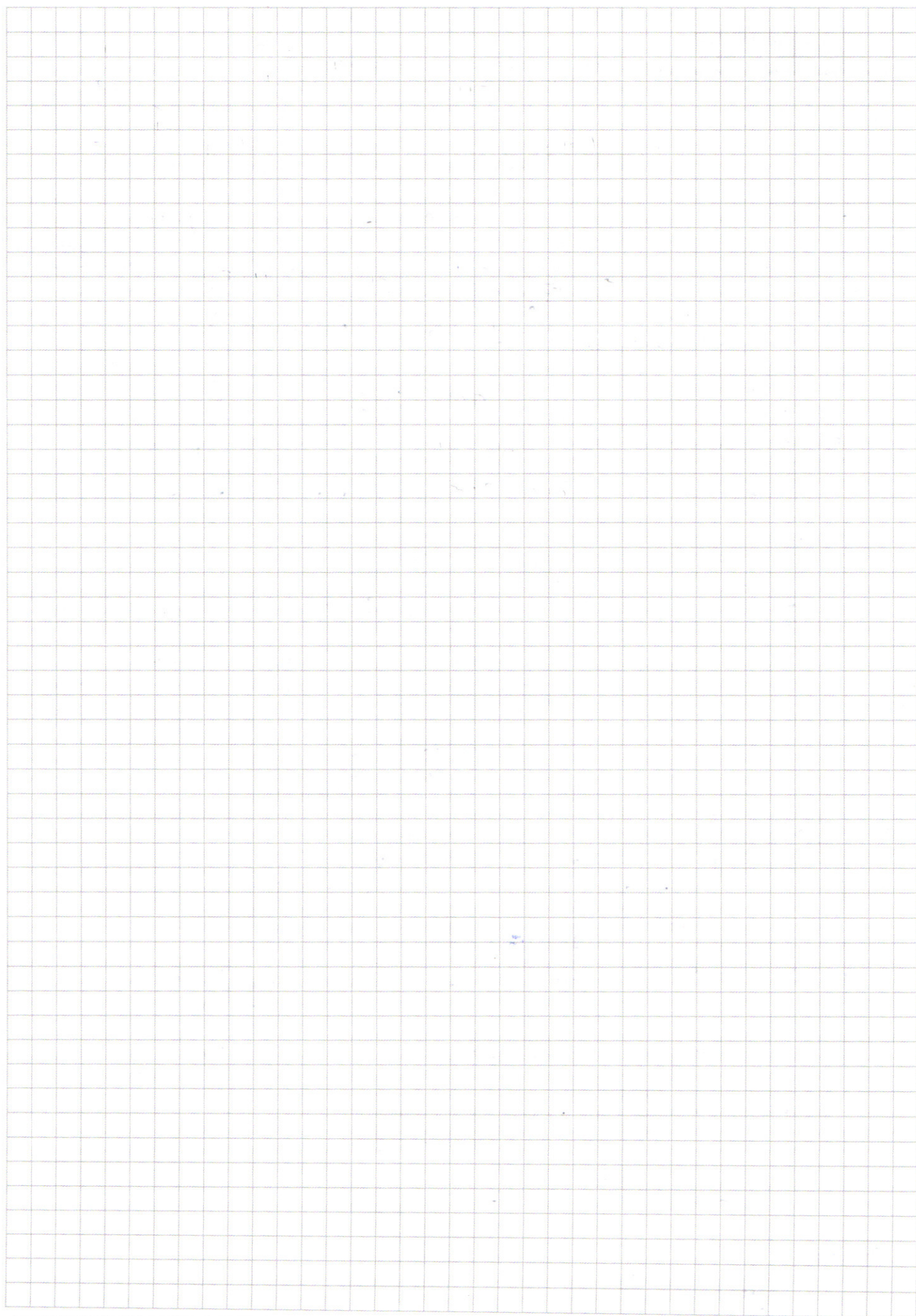
$$u = \frac{u_x}{\cos \varphi} = \frac{17 \cdot 3 \cdot 3}{15 \cdot 2} = \frac{3 \cdot 17}{10} g = 5,1 g$$

Ответ: $f'' = \frac{5}{3} F$

$$u = 5,1 g$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{8}{15}$$





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{q_1^2}{2\epsilon} = \frac{q_2^2}{2\epsilon} + (\xi + U_2)(q_1 - q_2)$$

$$\frac{U_2^2}{2} + (\xi + U_2)(U_1 - U_2) = \frac{U_1^2}{2}$$

$$U_2^2 + 2(\xi + U_2)(U_1 - U_2) = U_1^2 \Rightarrow$$

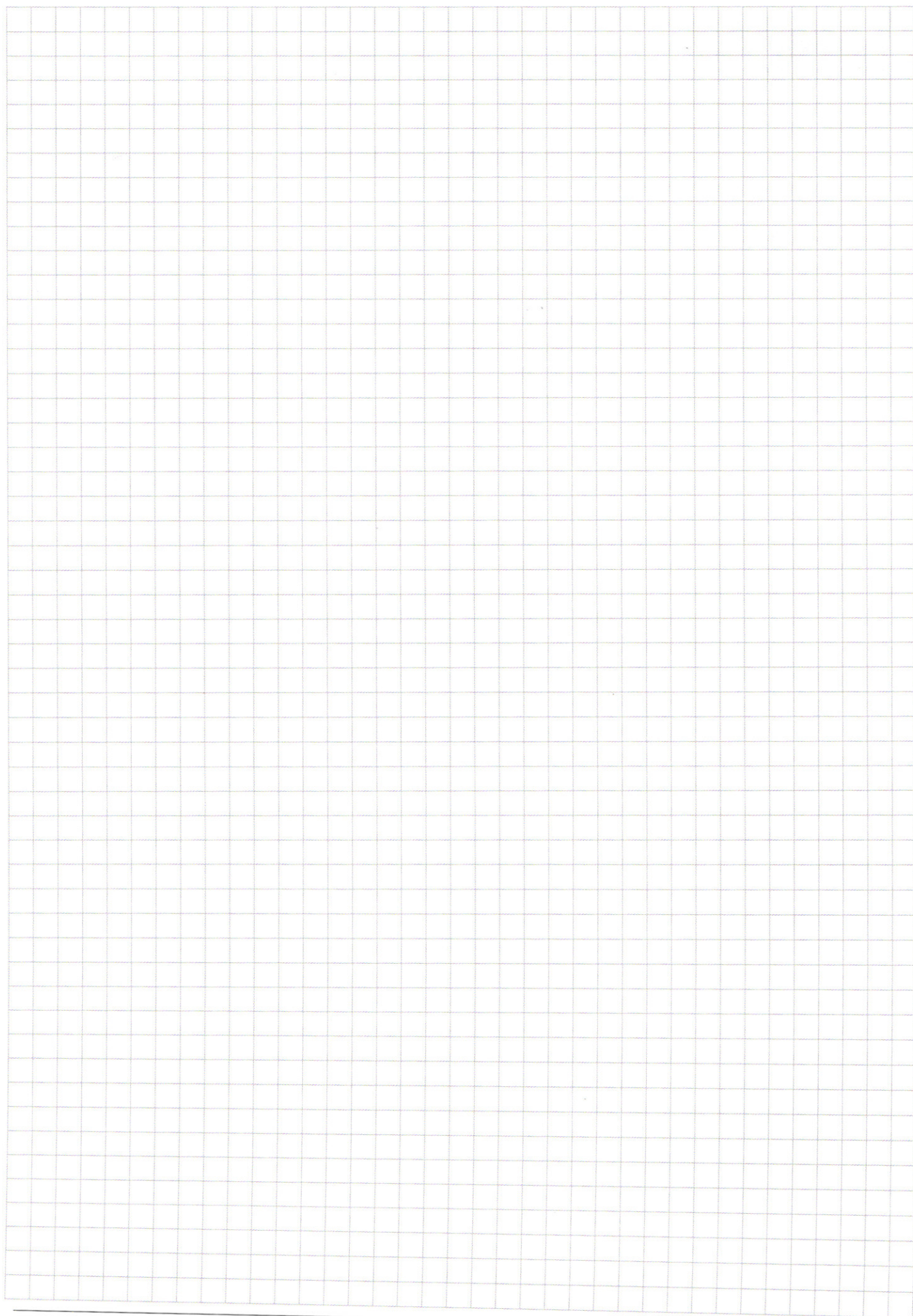
$$U_2^2 - 2(\xi + U_2)U_2 + 2(\xi + U_2)U_1 - U_1^2 = 0$$

$$U_2^2 - 2U_2(\xi + U_2) + 2U_1(\xi + U_2) - U_1^2 = 0$$

$$2U_1\xi - (U_2 - \xi - U_2)^2 = (U_1 - \xi - U_2)^2 \Rightarrow$$

$$(U_2 - U_1)$$

$$13 \quad 2 \quad 0$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

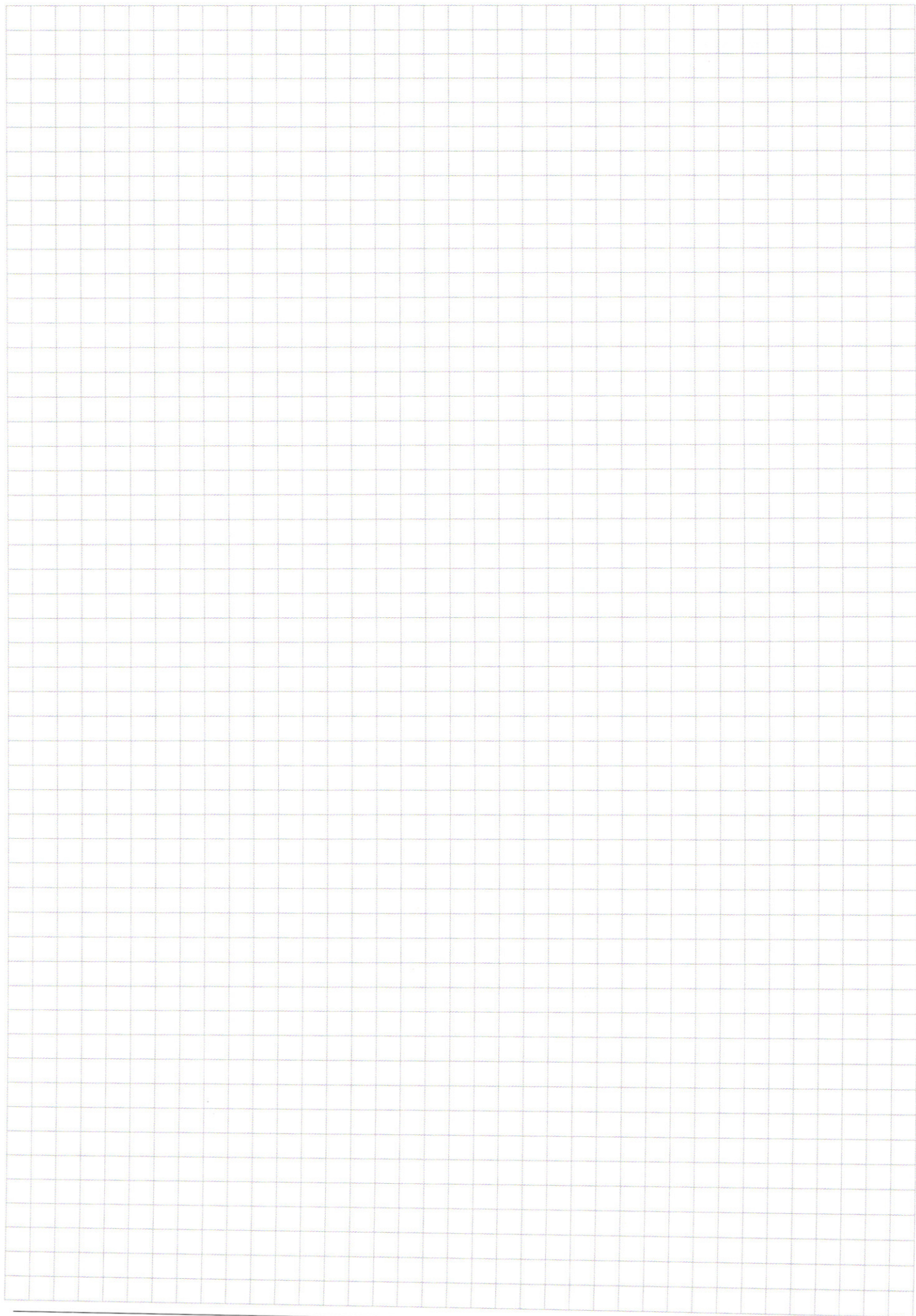
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)