

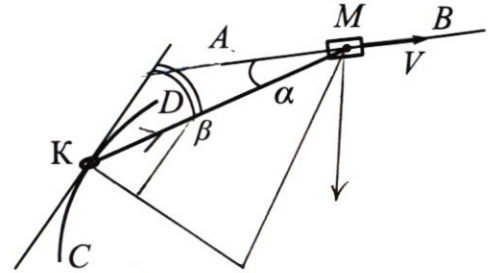
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

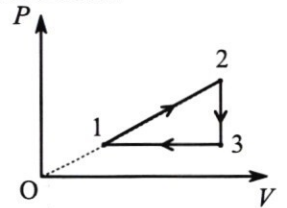
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной 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.

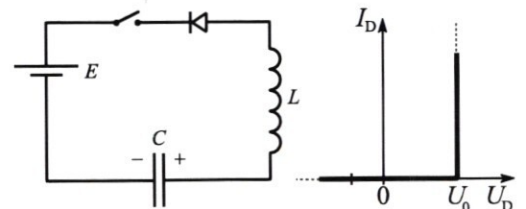


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между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

Дано

$$v = 40 \text{ см/с} = 0,4 \text{ м/с}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$R = 1,4 \text{ м}$$

$$l = \frac{14}{15} R$$

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

$$\cos \beta = \frac{8}{14}$$

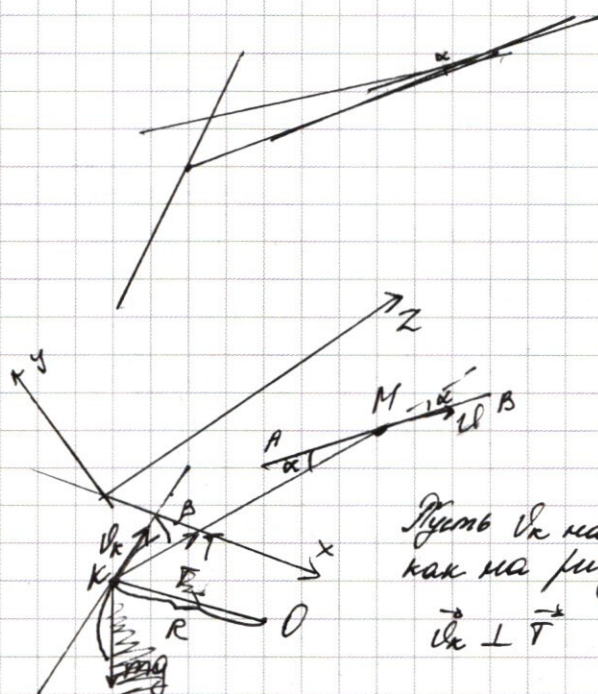
Найти

v_k - ?

$v_k \cos M$

T - ?

Решение



Пусть v_k направлена
как на рисунке

$$\vec{v}_k \perp \vec{T}$$

Проведем ось z || пути; так как путь некасательный то: $v_z - v_k \cos \alpha = 0 \Rightarrow v \cos \alpha - v_k \cos \beta = 0 \Rightarrow v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} =$

$$\frac{0,4 \cdot \frac{3}{5}}{\frac{8}{14}} = \frac{14 \cdot 3 \cdot 4}{400} = \frac{51}{100} \text{ м/с}$$

Проведем в CO M , тогда чтобы найти $\vec{v}_k$ в COM нужно к $\vec{v}_k - \vec{T}$ $\rightarrow v_k \cos M = \sqrt{v_k^2 \cos^2 M_z + v_k^2 \cos^2 M_y}$

$$v_k \cos M_z = v_k z - v_z = 0; \quad v_k \cos M_y = v_k \sin \beta + v_y = v_k \sin \beta + v \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{3}{5}\right)^2} = \frac{4}{5}; \quad \sin \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{8}{14}\right)^2} = \frac{15}{14}$$

$$v_k \cos M_y = 0,51 \cdot \frac{15}{14} + 0,4 \cdot \frac{4}{5} = 0,77 \text{ м/с} = v_k \cos M$$

K движется по дуге окружности $\Rightarrow \frac{v_k}{R} = a_{ц.с}$

$OK \parallel x \Rightarrow 2 \text{ Ньют. ОХ: } mg \sin \alpha = T_x = m a_{ц.с}$

$$m \cdot \frac{v_k^2}{R} = T \cos(90 - \beta) = \frac{T \sin \beta}{m} \Rightarrow T = \frac{51^2 \cdot 1}{100^2 \cdot 1,4 \cdot \frac{15}{17}} = \frac{438}{10000} = 0,0438 \text{ Н}$$

Ответ: 0,51 м/с; 0,44 м/с; 0,0438 Н

~ 2

Дано

3 → 1 P = const

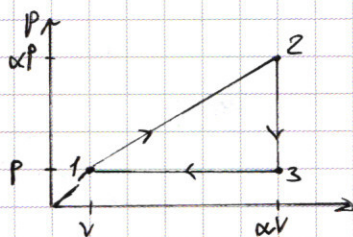
2 → 3, V = const

Найти

$\frac{C_1}{C_2}$ - ?

$\frac{Q_{1-2}}{A_{1-2}}$ - ?

$\int_{\text{макс}}$ - ?



Решение

$P_2 = \alpha P$; $V_2 = \alpha V$ т.к. 1-2 - прямая пропорц. зав.

3 углов между - клан. сил т. 1; 2; 3:

$$1) PV = \nu RT_1; \quad 2) \alpha P \alpha V = \nu RT_2$$

$$3) P \cdot \alpha V = \nu RT_3; \quad T_2 = \alpha^2 T_1; \quad T_3 = \alpha T_1$$

т.к. $\alpha > 1$, то $T_2 > T_3 > T_1$, а значит на 2-3 и 3-1 $T \downarrow$

$$C_1 = C_{2-3} = C_V = \frac{3}{2} R, \quad C_2 = C_{3-1} = C_P = \frac{5}{2} R \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$Q_{1-2} = A_{1-2} + \Delta U_{1-2} \Rightarrow A_{1-2} = \frac{(P + \alpha P)(\alpha V - V)}{2} = \frac{PV(\alpha^2 - 1)}{2}$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (\alpha^2 - 1) (PV) \quad i = 3 \text{ т.к. газ одноат.}$$

$$Q_{1-2} = \frac{4}{2} PV(\alpha^2 - 1); \quad \frac{Q_{1-2}}{A_{1-2}} = \frac{\frac{4}{2}}{\frac{1}{2}} = 4$$

$$\eta = \frac{Q_H - Q_K}{Q_H} = \frac{(\alpha P - P)(\alpha V - V)}{Q_{1-2}} \quad Q_K = Q_{1-2}$$

$$\eta = \frac{(\alpha - 1)^2 \frac{PV}{2}}{(\alpha - 1)(\alpha + 1) \frac{PV}{2} \cdot 4} = \frac{(\alpha - 1)}{4(\alpha + 1)}$$

чем больше α , тем больше $\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}$, увеличим α в ∞ , тогда

$$\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} \approx 1, \text{ тогда } \eta = \frac{1}{4}$$

Ответ: 0,6; 4; $\frac{1}{4}$

~ 3

Дано

$$\frac{q}{m} = 2$$

$$0,2 \text{ м}$$

V_1

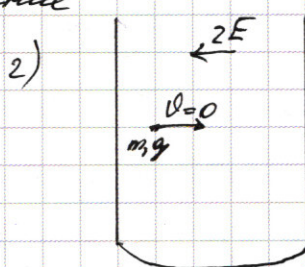
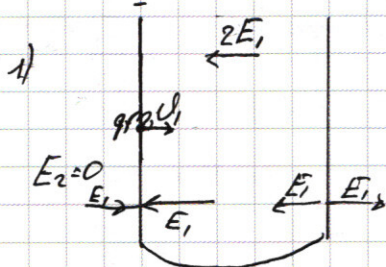
Найти

T - ?

U - ?

v_0 - ?

Решение



Внешнее поле в конденс. = $2E_1$, и оно вверх. А по уменьшению v , значит, оно направл. против v .

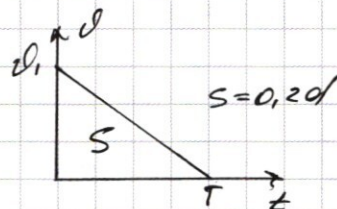
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

т.к. поле $\mathcal{E}$ в конд. везде однородно, то $a = \frac{F}{m} = \frac{2E \cdot q}{m}$ по закону
Зак. Ньют. $a = \text{const}$, то построим график $v \text{ от } t$

$$S = \frac{v_1 \cdot T}{2} = 0,2d \Rightarrow T = \frac{0,4d}{v_1}$$

$$a \cdot T = \Delta v = v_1 - 0 = v_1 \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{0,4d} = 2E \cdot q$$

$$\Rightarrow 2E = \frac{v_1^2}{0,4 \cdot d \cdot q} ; U = 2E \cdot d = \frac{v_1^2}{0,4q}$$



Вне конденсатора $E_2 = E_1 - E_1 = 0$, а значит вне конденсатора
на частицу не будут действовать никакие силы,
а значит $a_2 = 0$, $v_0 = \text{const}$, по ЗЛЗ: частица вылетит с
той же v_1 , что и вошла, т.к. $A_{\text{внут. конд.}} = Eq \cdot l$, а $l = 0$
значит $v_1 = v_0$

Ответ: $\frac{2d}{5v_1}$; $\frac{5v_1^2}{2q \cdot d}$; 0

~4

Дано

$$C = 20 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 6 \text{ В}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$E = 3 \text{ В}$$

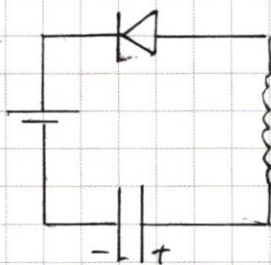
Найти

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t_1} - ?$$

$$I_m - ?$$

$$U_2 - ?$$

Решение



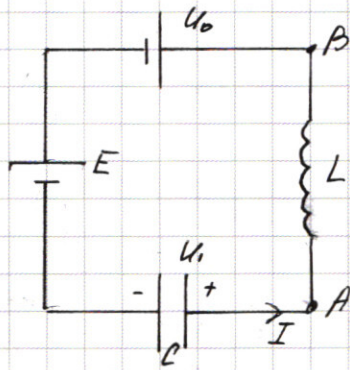
После КЗ: диод идеальной, значит
колебания будут отсутствовать, до
установившегося уст. реж. мы можем

замкнуть диод на источник с напряжен. $= U_0$, с
положительной стороной напряжением U_0

Тогда для начального напряжения рассмотрим

$$U_A - U_B = U_1 - E - U_0 - \text{слева обход}$$

$$U_A - U_B = \frac{\Delta I_1}{\Delta t_1} L - \text{справа обход}$$



$$U_1 - E - U_0 = \frac{\Delta I_1}{\Delta t_1} L = \Delta \frac{I_1}{\Delta t_1} = L \left(\frac{U_1}{-E - U_0} \right) = 0,2 (8 - 3 - 1) = 0,4 \text{ A/s}$$

Конденсатор разряжается, пока $U_A - U_B > 0$, I через катушку $\uparrow$

ЗЛЭ для начального момента и момента, когда $U_A - U_B = 0$

$$L \frac{U_1^2}{2} = L \frac{U_3^2}{2} + \frac{I_m^2 L}{2} + U_0 q_2 + E q_2 \quad ; \quad U_3 = U_0 + E = 4 \text{ В}; \quad q_2 = L U_1 - L U_3$$

$$= 20 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 4 \cdot 10^{-5}, \text{ подставим это и упростим}$$

$$20 \cdot 10^{-6} \cdot 36 = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 16 + \frac{I_m^2 L}{2} + 1 \text{ В} \cdot 10^{-5}$$

$$420 \cdot 10^{-6} - 320 \cdot 10^{-6} - 160 \cdot 10^{-6} = 240 \cdot 10^{-6} = \frac{I_m^2 L}{2}$$

$$I_m = \sqrt{\frac{240 \cdot 10^{-6}}{0,2}} = 10^{-2} \cdot 2\sqrt{3} = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-3} \text{ А} = 2\sqrt{3} \text{ мА}$$

Когда установится напряжение $U_2 \rightarrow I = 0$

ЗЛЭ для начального момента и устрем. : $L \frac{U_1^2}{2} = L \frac{U_2^2}{2} + (U_0 + E) q_3$

$$q_3 = L U_1 - L U_2 \Rightarrow L U_1^2 = L U_2^2 + 2 L U_1 U_0 + 2 L U_1 E - 2 L U_2 U_0 - 2 L U_2 E$$

$$U_1^2 = U_2^2 + U_1 U_0 + U_1 E - U_2 U_0 - U_2 E$$

$$(U_1 - U_2)(U_1 + U_2) = U_1(U_0 + E) - U_2(U_0 + E) = (U_1 - U_2)(U_0 + E), \text{ т.к. } U_1 \neq U_2$$

$$36 = U_2^2 + 6 + 18 - 4 U_2 \Rightarrow U_2^2 - 4 U_2 - 12$$

$$\text{А } U_1^2 - U_2^2 = 2(U_1 U_0 + U_1 E - U_2 U_0 - U_2 E) = 2(U_1 - U_2)(U_0 + E)$$

$$\text{т.к. } U_1 \neq U_2, \text{ то } U_1 + U_2 = 2(U_0 + E) \Rightarrow 6 + U_2 = 2 \cdot 4 \Rightarrow U_2 = 2 \text{ В}$$

Ответ: 0,4 А/с; 32 мА; 2 В

~5

Дано

$$a = \frac{8}{15} \text{ F}$$

$$b = \frac{1}{3} \text{ F}$$

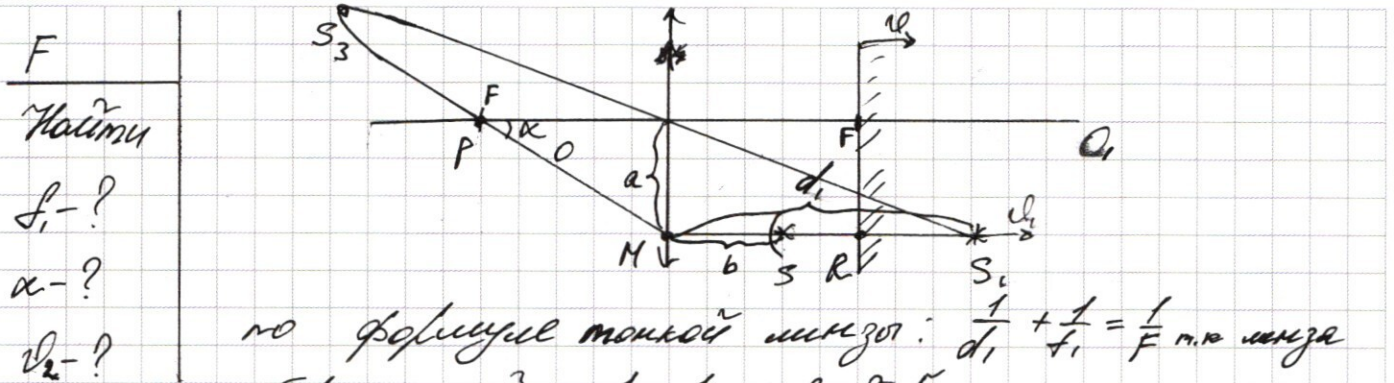
В

Решение

В задании найдём т. S_1 , она - отражение S и будет предметом для наблюдения

$$d_1 = F - b = \frac{4}{3} \text{ F} + (F - b) = \frac{5}{3} \text{ F}; \text{ построим прав. лучи}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



по формуле тонкой линзы: $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$ т.к. линза собирающая.
 $\frac{3}{5F} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow f_1 = \frac{5}{2} F$, на таком расстоянии от линзы
света должен находиться наблюдатель
рассмотрим зеркало и ист. света в его отраж.

* $\vec{v}$ в со зеркала $\leftarrow \vec{v}$ $\Rightarrow \vec{v} = \vec{v} - \vec{v} \Rightarrow v_1 = 2v$

S_1 движется по MS_1 , значит его изображение движется по $MP \Rightarrow \alpha = \angle O_1 P M$

$$\tan \alpha = \frac{a}{F} = \frac{\frac{1}{3} F}{F} = \frac{1}{3}$$

$$\cos \alpha = \frac{F}{\sqrt{F^2 + \left(\frac{1}{3} F\right)^2}} = \frac{3}{\sqrt{10}}$$

$$\tan \alpha = \frac{a}{F} = \frac{\frac{8}{15} F}{F} = \frac{8}{15}$$

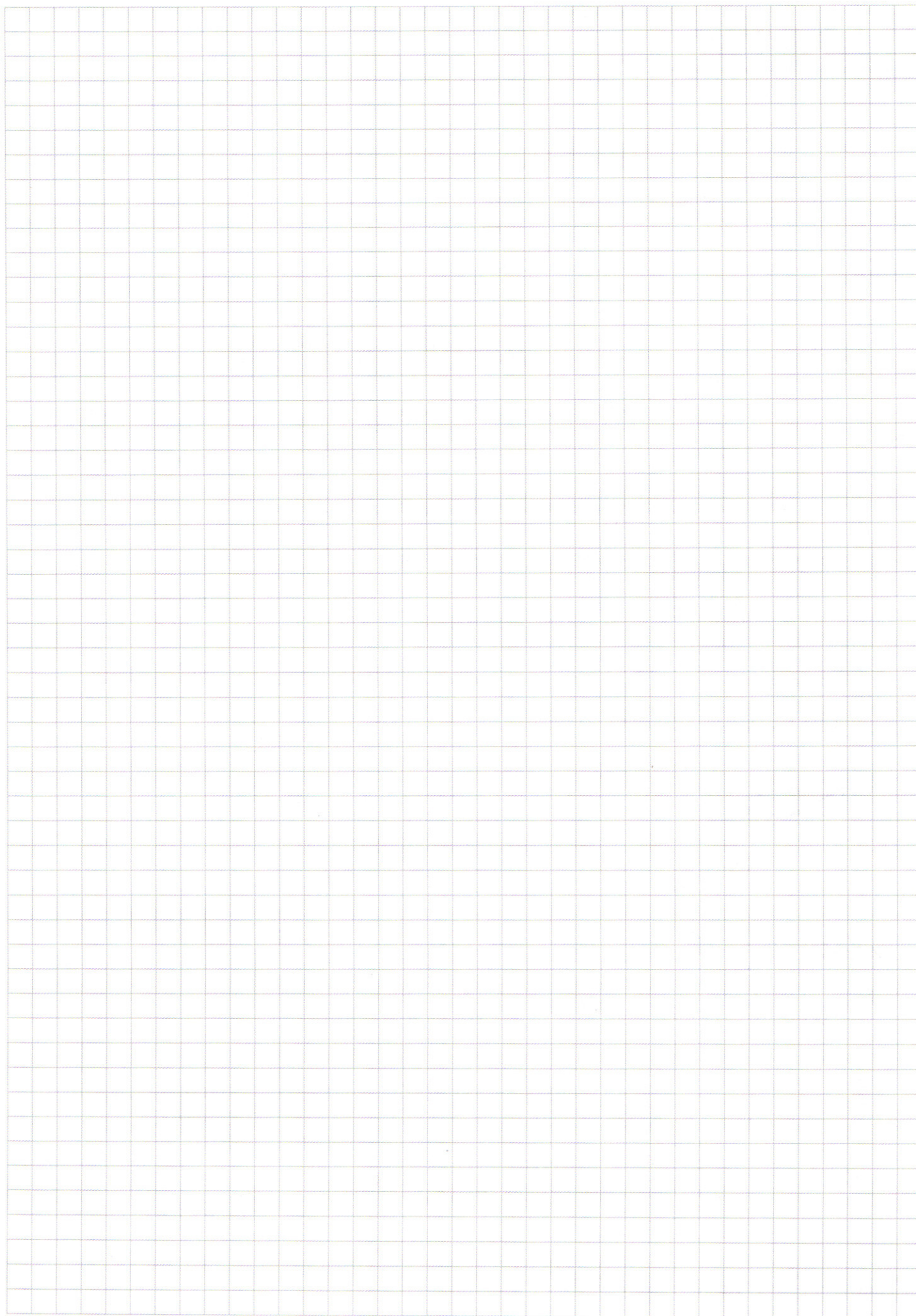
проекция v_2 на ось $OO_1 = v_2 \cos \alpha = v_1 \cdot \frac{3}{\sqrt{10}}$

$$\Gamma = \frac{f_1}{d_1} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{5}{3}} = \frac{3}{2} \Rightarrow v_2 \cos \alpha = v_1 \cdot \frac{3}{4} = \frac{9}{2} v$$

$$v_2 = \frac{v_2 \cos \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\frac{9}{2} v}{\frac{3}{\sqrt{10}}} = \frac{3v}{\sqrt{2}} = 1,5 \sqrt{2} v = \frac{3}{2} \frac{v}{\sqrt{2}} = \frac{3\sqrt{2}}{2} v = 1,5 \sqrt{10} v$$

$$\cos \alpha = \frac{F}{\sqrt{\left(\frac{8}{15} F\right)^2 + \left(\frac{15}{15} F\right)^2}} = \frac{15}{16} \Rightarrow v_2 = \frac{\frac{9}{2} v}{\frac{15}{16}} = \frac{3}{5} \cdot \frac{16}{2} v = 4,8 v$$

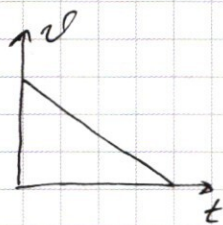
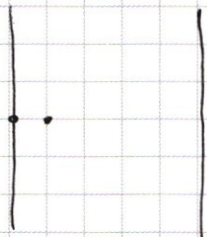
Ответ: $\frac{5}{2} F$; $\tan \alpha = \frac{8}{15}$; $4,8 v$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{1}{a+0.2t} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$-\frac{1}{b} = \frac{1}{a+0.2t} + \frac{1}{F}$$

$$\frac{v_1 t}{2} = 0.2d$$

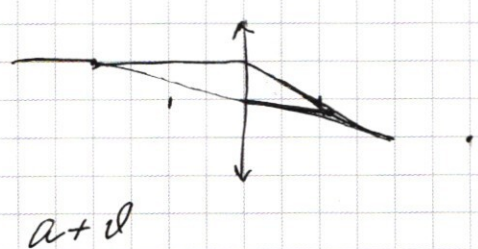
$$\frac{v}{t} = a \quad a = \frac{q}{m} E = 8E \cdot 2$$

$$\frac{v^2}{2m} = E q \cdot 0.2d \Rightarrow v^2 = 8E \cdot 0.4d$$

$$t = \frac{v}{a} \Rightarrow \frac{v}{28E} \quad \frac{v^2}{28E} = 0.2d$$

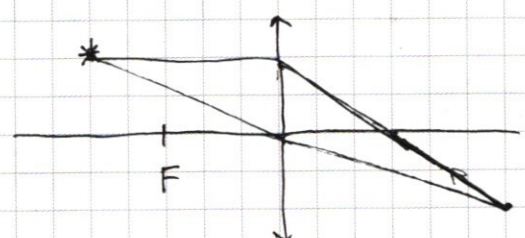
$$E = \frac{v^2}{8 \cdot 0.4d} \Rightarrow a = \frac{v^2}{0.4d} = \frac{28}{E}$$

$$t = \frac{0.4d}{v_1}$$



$$U = 2Ed ; \quad a = \frac{v_1^2}{0.4d} = 8 \cdot 2E$$

$$U = \frac{v_1^2}{0.48} \quad 2E = \frac{v_1^2}{0.4d \cdot 8}$$



$$+ \frac{225}{64} = 289 \approx 16^2$$

$$\frac{16}{14} = \frac{16}{14} = \frac{16}{14}$$

$$0.45 + 0.32 = 0.77$$

$$\frac{17}{15} = 1$$

$$\frac{X}{8} = \frac{16}{17}$$

$$\frac{165}{165} = \frac{825}{262,25}$$

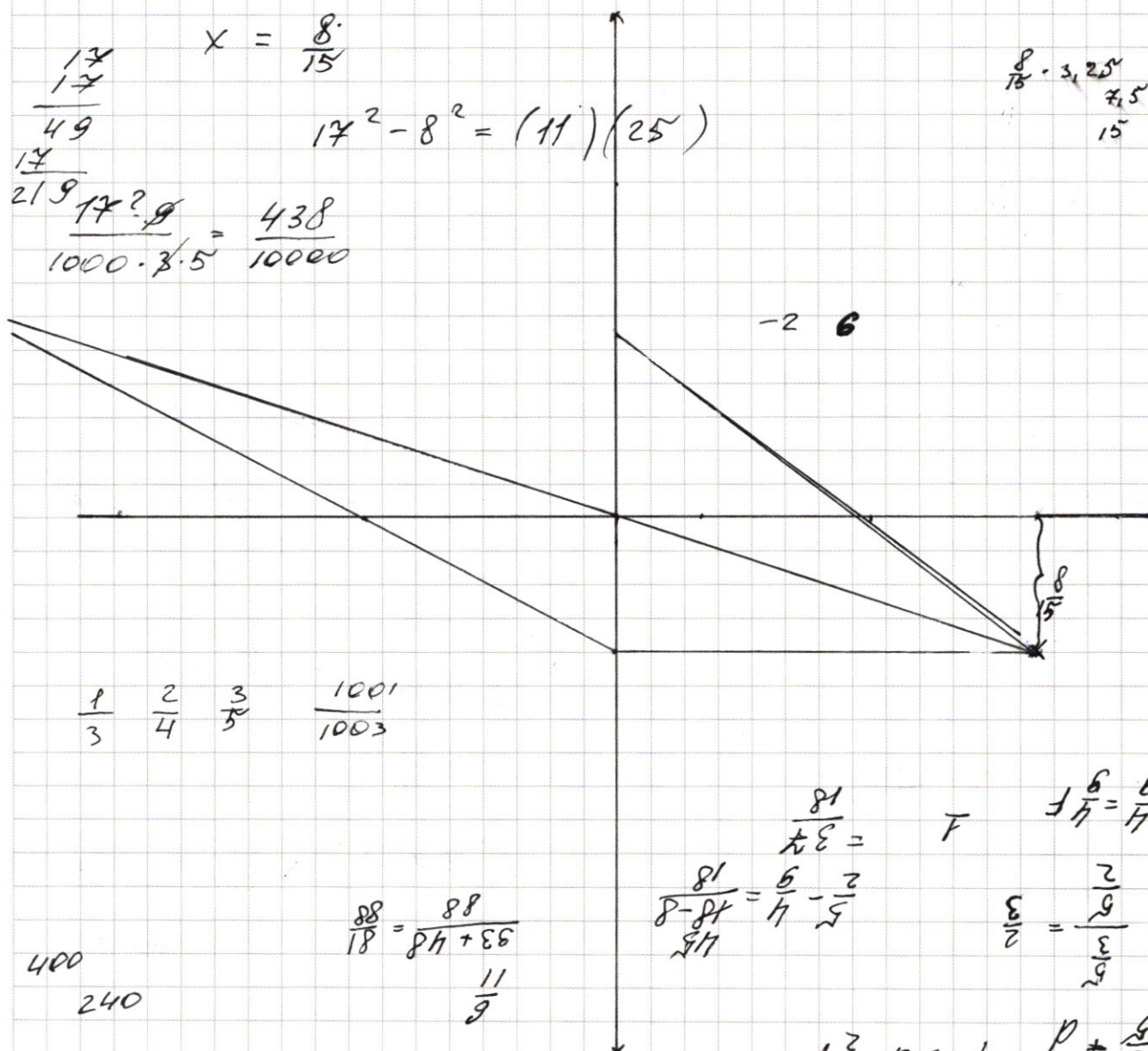
$$X = \frac{8}{15}$$

$$17^2 - 8^2 = (11)(25)$$

$$\frac{8}{15} \cdot 3,25 = \frac{7,5}{15}$$

$$\frac{17}{17} = \frac{49}{219} = \frac{438}{1000 \cdot 3 \cdot 5} = \frac{438}{10000}$$

-2 6



$$\frac{1}{3} \quad \frac{2}{4} \quad \frac{3}{5} \quad \frac{1001}{1003}$$

400
240

$$\frac{88}{18} = \frac{88}{84 + 48} = \frac{11}{6}$$

$$\frac{18}{8-84} = \frac{6}{4} = \frac{2}{5}$$

$$\frac{18}{8-84} = \frac{6}{4} = \frac{2}{5}$$

$$\frac{6}{11} = \frac{6}{15-4} = \frac{3}{2} = \frac{2}{5} - \frac{3}{2}$$

16

114

12

$$\frac{U_1^2 - U_2^2}{2} = (U_0 + E) q_3$$

$$q_3 = C_1 U_1 - C_2 U_2$$

$$1 = \frac{3}{8} + \frac{8}{3}$$

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)



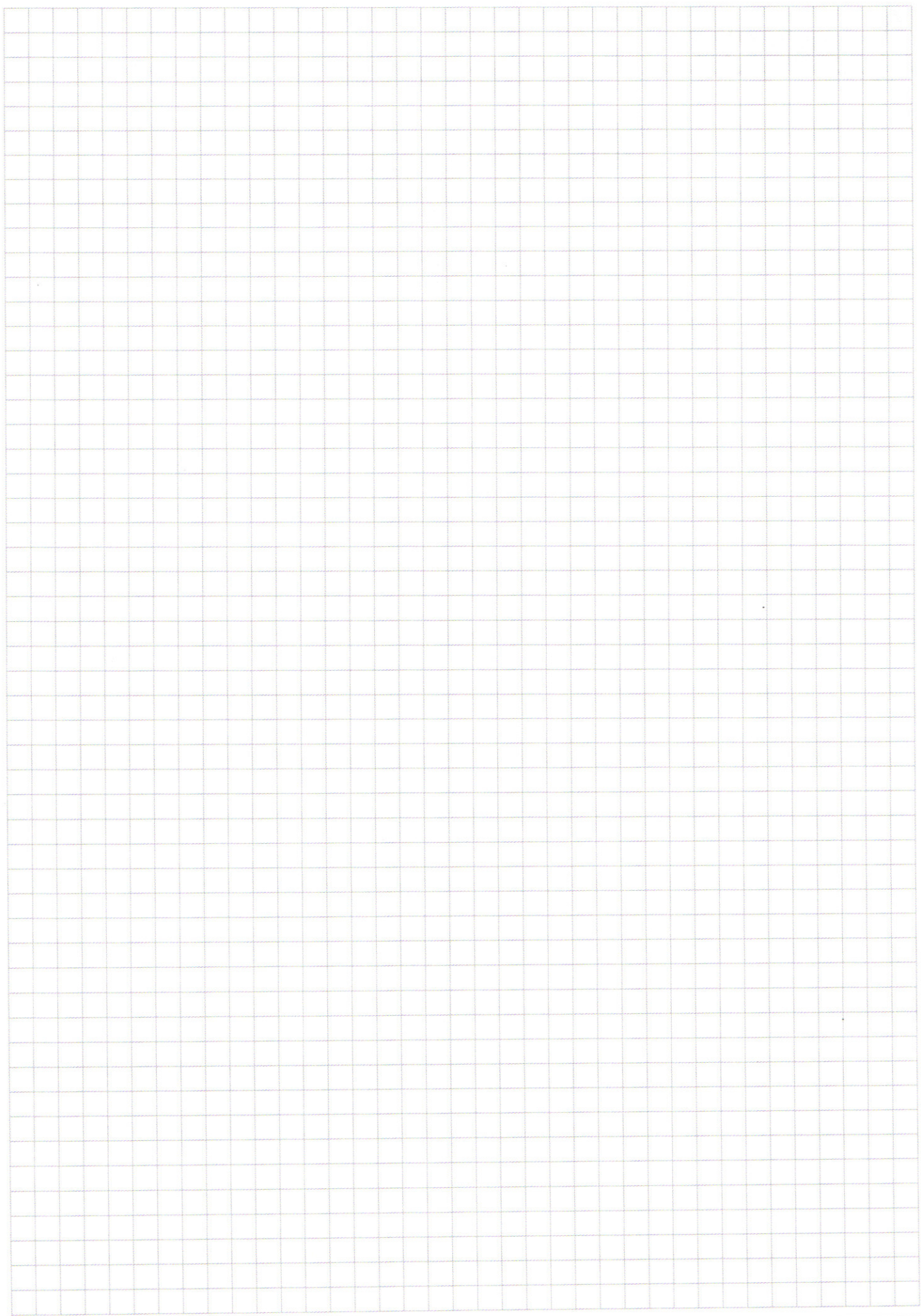
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ____
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)