

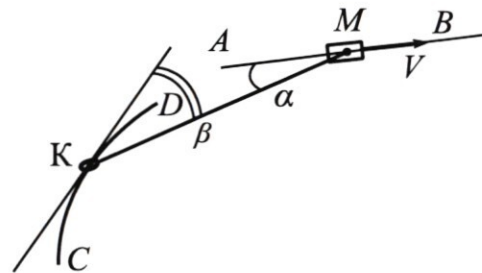
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-02

Класс 11

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

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.



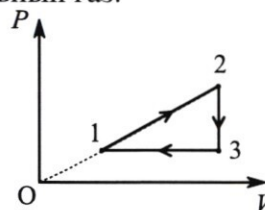
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.



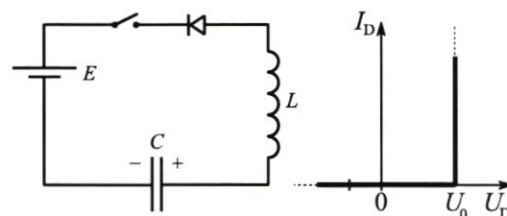
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между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

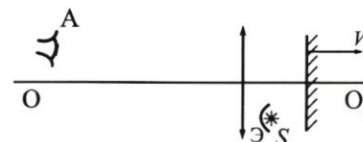


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

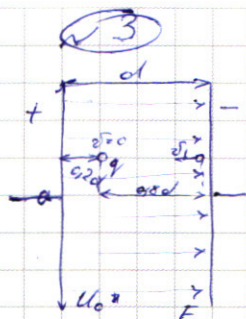
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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.



Дано:
 v_1
 $d, a \gg d$
 1) T_2 ?
 2) U_0 ?
 3) v_0 ?



$$2) \gamma = \frac{q}{m} \Rightarrow q = \gamma m$$

$$A = q \phi U \quad \Delta U = 0,8 d E \quad E = \frac{U_0}{0,8 d} \Rightarrow$$

$$\Delta U = 0,8 U_0 \Rightarrow A = q \gamma m \cdot 0,8 U_0$$

П.к. частица останется, продвинув ее
 работа будет равна начальной кин. эн.

$$\frac{m v_1^2}{2} = \gamma m \cdot 0,8 U_0 \Rightarrow U_0 = \frac{v_1^2}{1,6 \gamma}$$

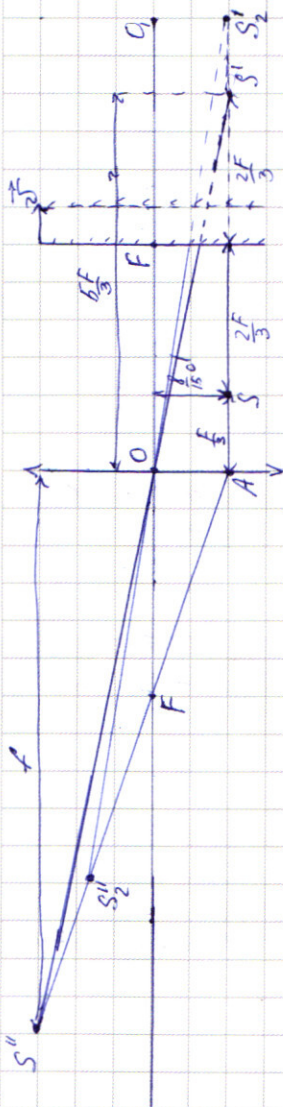
$$1) m a d = q U_0$$

$$a = \frac{q U_0}{m d} = \frac{\gamma U_0}{d}$$

$$T_2 = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1 d}{\gamma U_0} = \frac{v_1 d \cdot 1,6 \gamma}{\gamma \cdot v_1^2} = \frac{1,6 d}{v_1}$$

Ответ: 1) $\frac{1,6 d}{v_1}$; 2) $\frac{v_1^2}{1,6 \gamma}$

25



$$1) f = ?$$

$$2) d = ?$$

$$3) v = ?$$

1) т.к. линза собирающая:

$$\frac{1}{f} = \frac{3}{5f} + \frac{1}{f} \Rightarrow$$

$$f = \frac{5}{2} F$$

2) точки изображения S' (изображения S на зеркале) в линзе, S'' будет пересекаться по прямой AF , для доказательства возьмем произвольно положение зеркала и всего построим S'' , то оно, также как и S' , будет лежать на AF . Следовательно, угол α будет равен углу между OO_1 (нормалью) и AF .

$$\tan \alpha = \frac{2F}{F} = \frac{2}{1}$$

3) для изображения в зеркале будет двигаться со скоростью

$$2v \Rightarrow$$

$$v_0 = 2v \cos \alpha = \frac{2v_0 F}{\sqrt{F^2 + 4F^2}} = \frac{2v_0 \cdot 15}{17} = \frac{30}{17} v_0$$

Ответ: 1) $\frac{5}{2} F$; 2) $\arctan \frac{2}{1}$; 3) $\frac{30}{17} v_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:

$$v = 0,4 \text{ м/с}$$

$$R = 1,4 \text{ м}$$

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

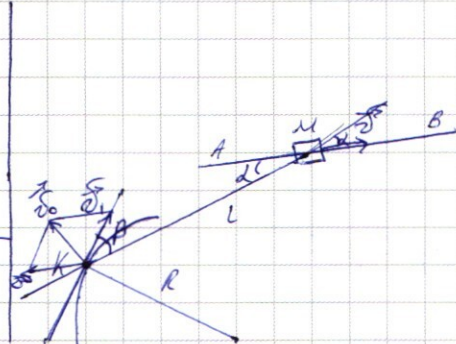
$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

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

$$1) v_1 = ?$$

$$2) v_{\text{см}} = ?$$

$$3) T = ?$$



3) т.к. трения нет;
масса камня перпендикулярна
траектории, то:

$$T = m \frac{v_1^2}{R} \sin \beta$$

$$T = 1 \cdot \frac{0,51^2 \cdot 0,51 \cdot \frac{15}{14}}{1,4} =$$

$$= 0,03 \cdot 0,3 \cdot 15 = 0,135 \text{ (Н)}$$

1) т.к. длина троса постоянна:

$$2 \cos \alpha = 2 \cos \beta$$

$$v_1 = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{3}{4} v = \frac{51}{41} v \Rightarrow v_1 = 0,51 \text{ (м/с)}$$

2) «стандартный» путь и получим,
что $v_{\text{см}} = v_1 + v$

$$v_{\text{см}} = \sqrt{v_1^2 + v^2 + 2 v_1 v \cos(\alpha + \beta)}$$

$$= \sqrt{v_1^2 + v^2 + 2 v_1 v \cos(\alpha + \beta)}$$

$$\sin \alpha = \frac{4}{5} \quad \sin \beta = \frac{15}{14}$$

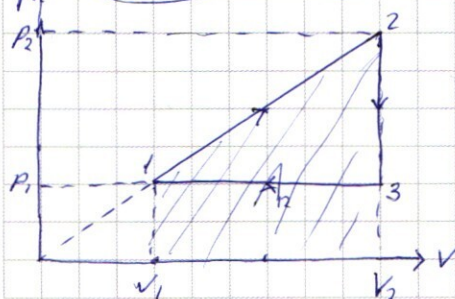
$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta =$$

$$= \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{14} = \frac{-24 + 60}{85} = -\frac{36}{85}$$

$$v_{\text{см}} = \sqrt{0,51^2 + 0,4^2 - 0,0864} \text{ (м/с)}$$

Ответ: 1) 0,51 м/с; 2) $\sqrt{0,51^2 + 0,4^2 - 0,0864}$ м/с; 3) 0,135 Н

№2



Найти:

$$1) \frac{Q_{23}}{Q_{31}} = ?$$

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

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

Решение:

$$1) Q_{23} \vee \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \vee R \Delta T_{23}, \text{ т.к. } V = \text{const} \Rightarrow A_{23} = 0$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23}$$

$$Q_{31} \vee \Delta T_{31} = p \Delta V_{31} + \frac{3}{2} \vee R \Delta T_{31}, \text{ т.к. } p = \text{const} \Rightarrow$$

$$Q_{31} = p \Delta V_{31} + \Delta U_{31}$$

$$\frac{Q_{23}}{Q_{31}} = \frac{\frac{3}{2} \vee R \Delta T_{23}}{p \Delta V_{31} + \frac{3}{2} \vee R \Delta T_{31}} = \frac{3}{5}$$

$$2) Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}; p_1 V_2 = p_2 V_1$$

$$A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} \vee R (T_2 - T_1), \text{ т.к. } S_{\text{изогр.}}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \vee R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \vee R (T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \vee R (T_2 - T_1)} = 4$$

$$3) \eta_{\text{max}} = \frac{A_{12}}{Q_{12}} = \frac{1}{4} \Rightarrow$$

$$\eta_{\text{max}} = 25 \%$$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$; 2) 4; 3) 25%

23

$$A = \gamma \Delta U = \frac{q}{m} \cdot m \cdot \Delta U$$

$$\Delta U = \frac{q}{C} E = \frac{q}{C} \frac{U_0}{d}$$

$$\Delta U = 0.2 U_0$$

$$\frac{m v^2}{2} = \gamma m 0.2 U_0$$

$$0.2 q U_0 = m a x d$$

$$\gamma a = m a$$

$$\gamma \frac{U_0}{d} = a$$

$$0.2 q U_0 = m a \cdot 0.2 d$$

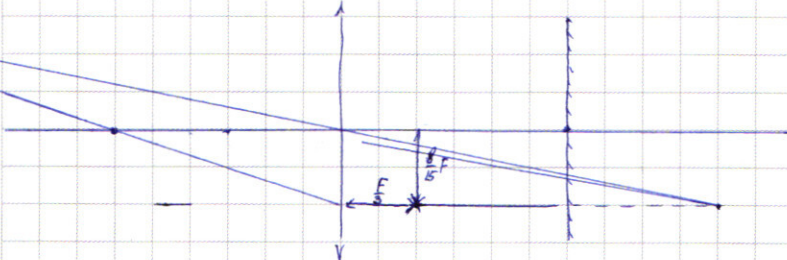
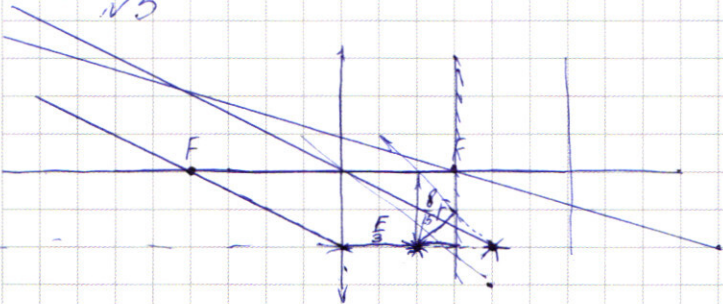
$$t = \frac{v_1}{a} = \frac{d v_1}{\gamma U_0} = \frac{q d d v_1}{v_1^2} = \frac{q d d}{v_1}$$

$$d_0 = \frac{v_1^2}{a}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = \gamma m 0.2 U_0$$

$$U_0 = \frac{v_1^2}{0.4} = \frac{v_1^2}{1.6}$$

25



$$1) \frac{1}{F} = \frac{3}{5F} + \frac{1}{F}$$

$$2) \tan \alpha = \frac{8/15 F}{F} = \frac{8}{15}$$

$$F = \frac{5}{2} F$$

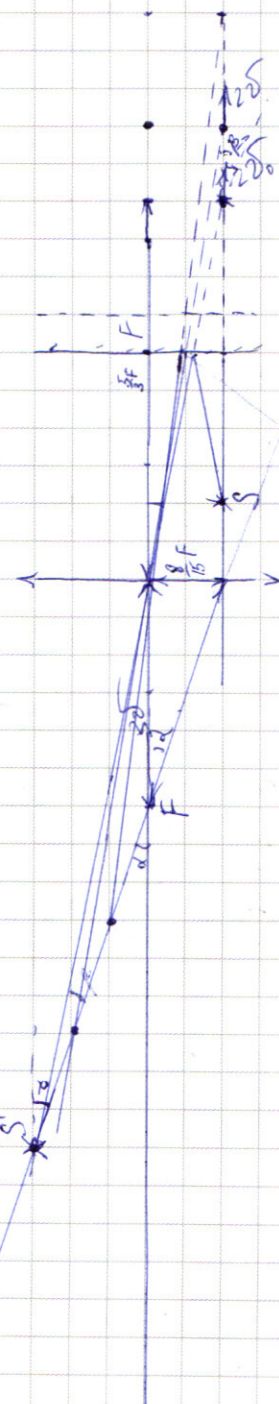
$$3) \frac{1}{F} = \frac{1}{5F+2\sqrt{5}} + \frac{1}{5F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{5}{3}F+2\sqrt{5}} + \frac{1}{\frac{5}{2}F+\sqrt{5}}$$

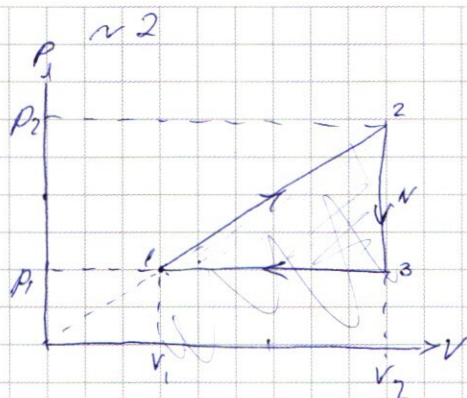
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{5}{3}F+2\sqrt{5}} + \frac{1}{\frac{5}{2}F+\sqrt{5}}$$

$$\frac{1}{\frac{5}{2}F+\sqrt{5}} = \frac{\frac{5}{3}F+2\sqrt{5}-F}{(\frac{5}{3}F+2\sqrt{5})F}$$

$$\sqrt{5} = \frac{(\frac{5}{3}F+2\sqrt{5})F - \frac{5}{2}F(\frac{2}{3}F+2\sqrt{5})}{(\frac{5}{3}F+2\sqrt{5})F}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = ?$

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

3) $\eta_{max} = ?$

1) $P_1 V_1^2 = P_2 V_2$

$C_{23} \ln(T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$

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

$C_{31} \ln(T_1 - T_3) = P_1 (V_1 - V_2) + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$

$C_{31} = R + \frac{3}{2} R = \frac{5}{2} R$

$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$

2)

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

$A_{12} = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (P_1 V_2 - P_1 V_1 + P_2 V_2 - P_2 V_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)$

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

$Q_{12} = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = 2 \nu R (T_2 - T_1)$

$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \nu R (T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)} = 4$

3) $\eta = \frac{A_{12} - A_{31}}{A_{12}} = 1 - \frac{A_{31}}{A_{12}} = 1 - \frac{P_1 (V_2 - V_1)}{\frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_2 - V_1)} = 1 - \frac{2 P_1}{P_1 + P_2} = \frac{T_2 - T_3}{T_2 - T_1}$

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

$A_{31} = P_1 (V_2 - V_1)$

$-Q_{23} = -\Delta U_{23}$

$-Q_{31} = -\Delta U_{31}$

$\eta = 1 - \frac{T_2 - T_3}{T_2 - T_1} = \frac{T_2 - T_3}{T_2 - T_1}$

$\frac{T_2 - T_3}{T_2 - T_1} = 0 \Rightarrow T_2 - T_3 = 0 \Rightarrow T_2 = T_3$

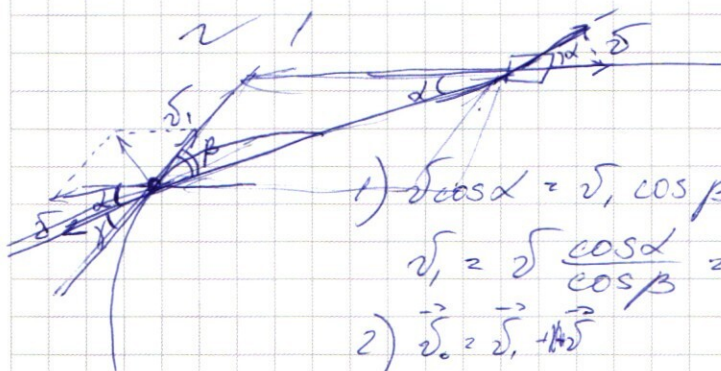
$T_1 = \frac{T_2 + T_3}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\vec{v} = \frac{\frac{5}{3}F^2 + 2v_0F - \frac{5}{3}F^2 - 5v_0F}{\left(\frac{5}{3}F + v_0 + 1\right)F} = \frac{-3v_0F}{\dots}$$

$$v = 2v_0 \cos \alpha = \frac{2v_0 F}{\sqrt{F^2 + 64F^2}} = \frac{2v_0 \cdot 15}{\sqrt{225 + 64}} = \frac{30v_0}{17} = \frac{30}{17}v_0$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 14 \\ \hline 149 \\ 14 \\ \hline 289 \end{array}$$



$$1) v \cos \alpha = v_1 \cos \beta$$

$$v_1 = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{3}{8} v = \frac{51}{40} v = 51 \text{ (км/ч)}$$

$$2) \vec{v}_0 = \vec{v} + \vec{v}_1$$

по формуле

$$v_0 = \sqrt{|\vec{v}_1|^2 + |\vec{v}|^2 + 2|\vec{v}_1| \cdot |\vec{v}| \cos(\alpha + \beta)}$$

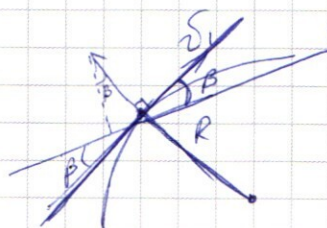
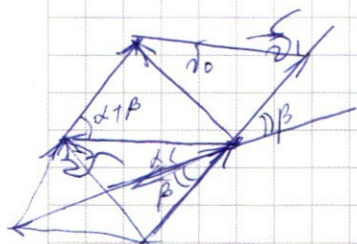
$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{24 - 60}{85} = \frac{-36}{85}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{51^2}{40^2} v^2 + v^2 - 2 \cdot \frac{51}{40} v \cdot v \cdot \frac{36}{85}} = \sqrt{\frac{51^2}{40^2} + 1 - \frac{2 \cdot 51 \cdot 36}{40 \cdot 85}} v = \sqrt{\frac{51^2}{40^2} + 1 - \frac{27}{50}} v$$

$$3) \frac{m v_1}{R} \sin \beta = T$$

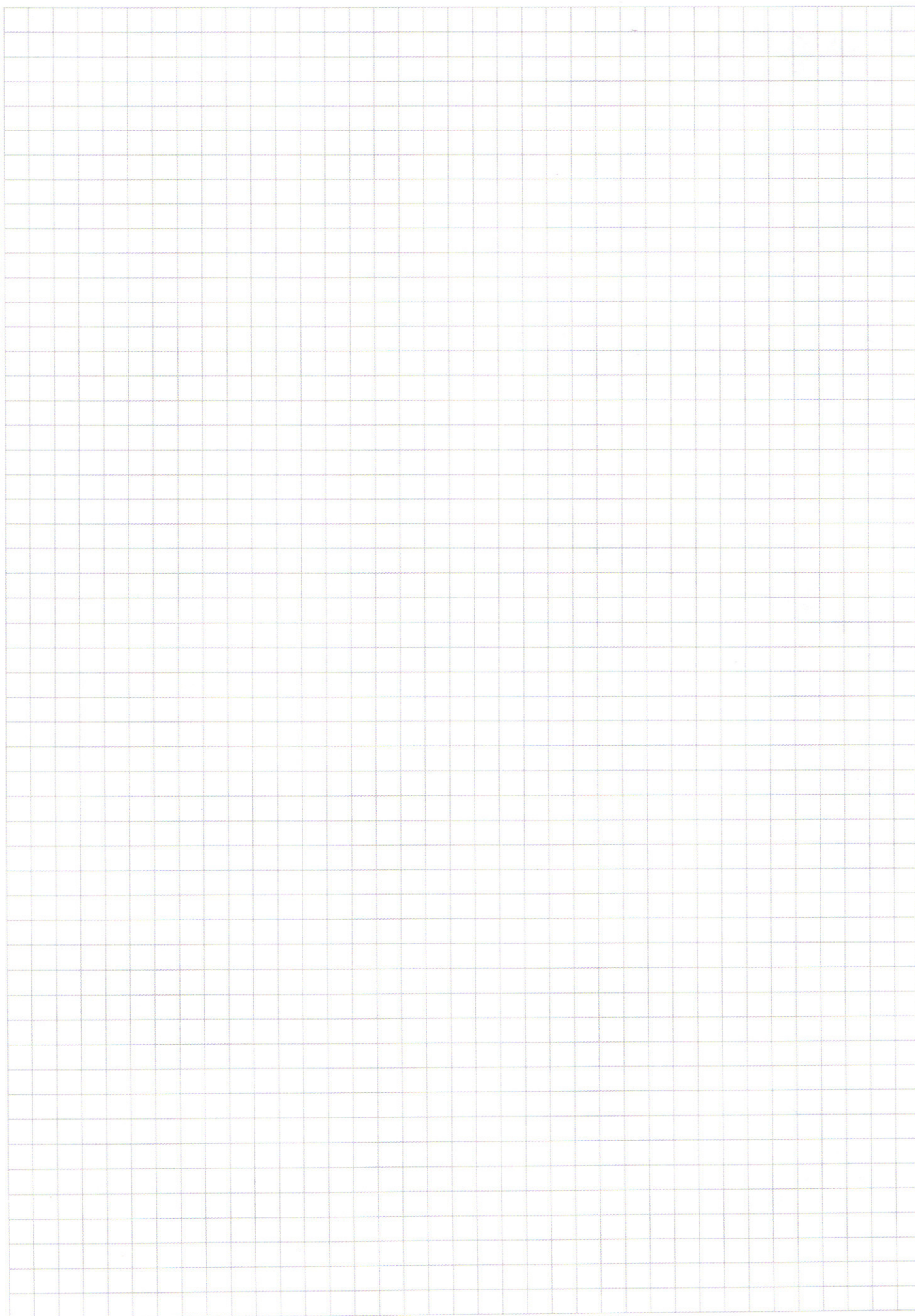
$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \frac{15}{17}$$

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



$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 24 \\ \hline 144 \\ 72 \\ \hline 864 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15 \\ \times 0,09 \\ \hline 15 \cdot 9 = \\ 90 + 45 = 135 \end{array}$$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



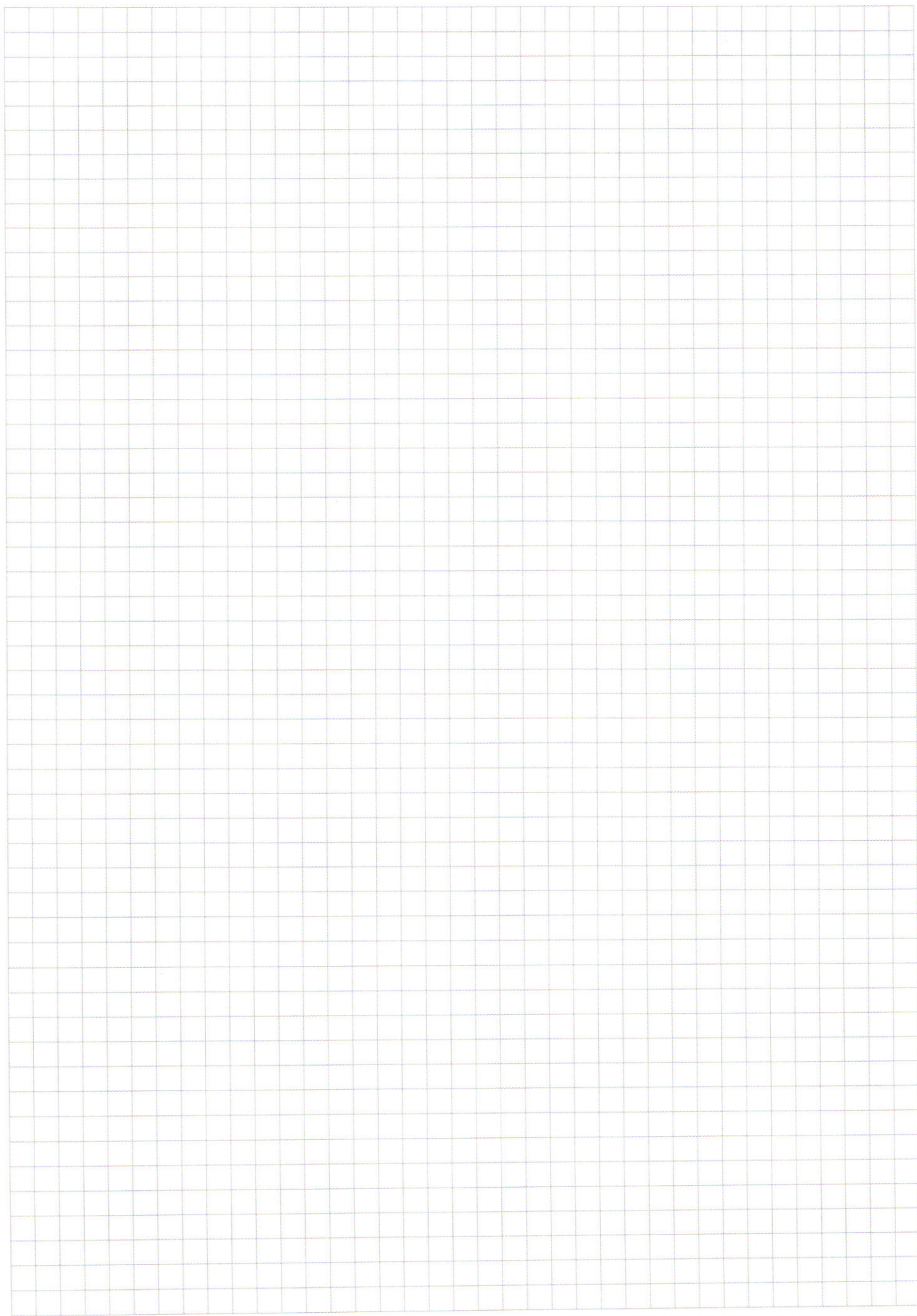
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



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)

