

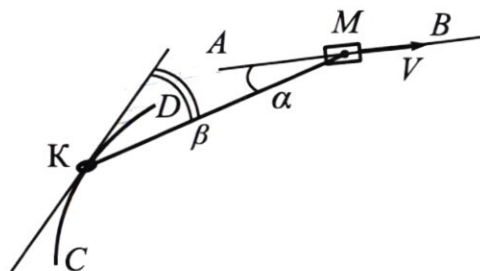
Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 11

Вариант 11-04

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



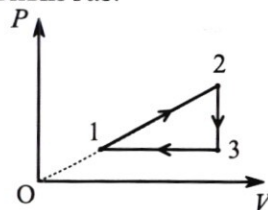
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа 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. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?

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.

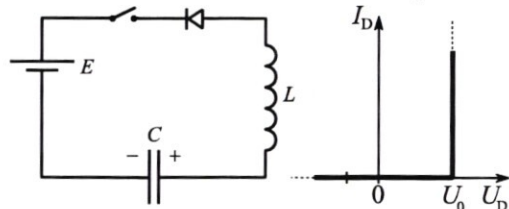
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

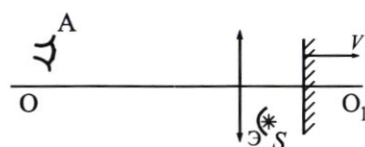


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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.

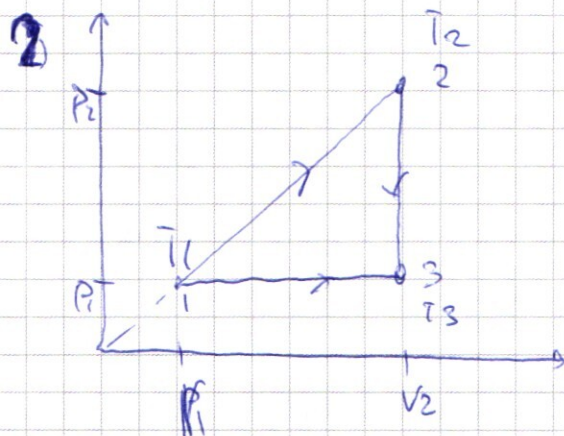


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3
в процессе 2-3 $T \downarrow$, $V = \text{const}$, C_V - молярная теплоемкость
изотермический процесс $C_V = \frac{3}{2} R$

В процессе 3-1 $T \uparrow$, $p = \text{const}$, C_p - молярная теплоемкость
изотермический процесс $C_p = \frac{5}{2} R$

$$\frac{C_V}{C_p} = \frac{3}{5}$$



И.к. 1-2 $p = kV$, то

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} = k \quad \int_{V_1}^{V_2} P_2 = dP_1 \quad V_2 = dV_1$$

A_{12}' - работа газа в 12

$$A_{12}' = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} P_1 V_1 (k^2 - 1)$$

(площадь под процессом 1-2)

ΔU_{12} - изменение внутренней энергии 1-2, $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} R (\bar{T}_2 - \bar{T}_1)$

по ур И-к:

$$P_1 V_1 = R \bar{T}_1$$

$$P_2 V_2 = R \bar{T}_2$$

$$\Rightarrow \Delta U_{12} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} P_1 V_1 (k^2 - 1)$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}'} = 3$$

3)

 η - коэффициент

$$\eta = \frac{A'}{Q_{\text{н}}} - \text{полезная работа дел}$$

$Q_{\text{н}}$ - механическая работа.

$$Q_{\text{н}} = Q_{12} = \Delta U_{\text{н}} + A_{12}' = 2 p_1 V_1 (x^2 - 1) = 2 p_1 V_1 (x-1)(x+1)$$

$$A' = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} p_1 V_1 (x-1)^2 \quad (\text{площадь трапеции})$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} p_1 V_1 (x-1)^2}{2 p_1 V_1 (x-1)(x+1)} = \frac{x-1}{4(x+1)}$$

находим предел при $x \rightarrow \infty$:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \eta = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x-1}{4(x+1)} = \frac{1}{4} \quad \text{или максимальный } \eta = \frac{1}{4}$$

Ответ: 3) $\frac{1}{4}$; 2) 3; 1) $\frac{3}{5}$

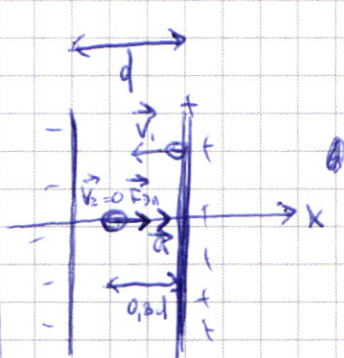
Дано:

 $d, U,$ V_1

1) $\gamma = \frac{|q|}{m} - ?$

2) $T - ?$

3) $V_0 - ?$



N3

Решение

по II з. Ньютона

$$\vec{F}_{\text{эл}} = m \vec{a}$$

$$F_{\text{эл}} = |q| E$$

ОК: $|q| E = m a$

$$a = \frac{|q|}{m} E = \gamma E, \quad E = \frac{U}{d}$$

$$a = \frac{V_1^2}{1.6d}$$

$$\frac{\gamma U}{d} = \frac{V_1^2}{1.6d}$$

$$\gamma = \frac{V_1^2}{1.6U}$$

2) ур движение по оси x.

$$x = x_0^0 + V_1 t - \frac{at^2}{2} \quad \text{в момент времени}$$

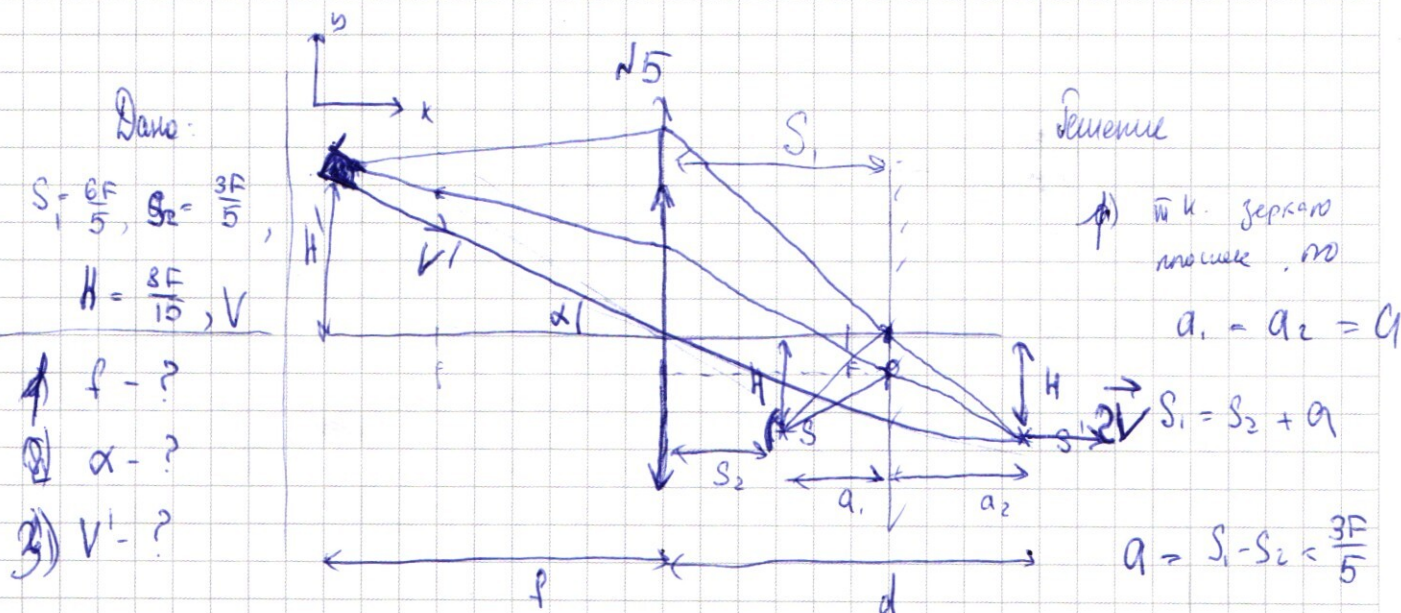
$$0 = V_1 T - \frac{aT^2}{2}$$

$$x=0, \quad a \quad t=T$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_1 t = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow T = \frac{2v_1}{a} = \frac{2v_1}{\frac{v_1^2}{1.6d}} = \frac{3.2d}{v_1}$$

Дано: 1) $\gamma = \frac{v_1^2}{1.6d}$; 2) $T = \frac{3.2d}{v_1}$



$$d = S_1 + a = \frac{9F}{5}$$

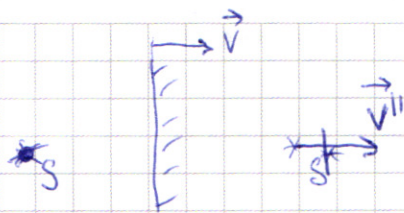
$$2) \Gamma = \frac{H'}{H} = \frac{f}{d} = \frac{5}{9}$$

Γ - увеличение линзы

$$H' = \frac{5 \cdot H}{9} = \frac{5 \cdot 8F}{9 \cdot 5} = \frac{8F}{9}$$

$$\tan \alpha = \frac{H'}{f} = \frac{8}{27}$$

3)



по 3. снов. скорости.

$$u = v + 0 = v$$

т.к. зерно движется,
то углубление s тоже
увеличится со скоростью v

по 5. снов. скорости

$$v_0'' = v + v = 2v - \text{скорость углубления в 2 раза.}$$

$$\frac{v_{0x}'}{v''} = r^2$$

$$v_x' = 2v \cdot \frac{25}{16} = \frac{25v}{8}$$

$$v_y' = v_x' \cdot \tan \alpha = \frac{25}{27} v$$

$$v' = \sqrt{(v_y')^2 + (v_x')^2} = \sqrt{\left(\frac{25}{27}v\right)^2 + \left(\frac{25}{8}v\right)^2} = \frac{25v}{27 \cdot 8} \sqrt{753}$$

Ответ: 1) $f = \frac{9F}{4}$; 2) $\tan \alpha = \frac{8}{27}$; 3) $v = \frac{25v}{216} \sqrt{753}$

Дано

$$V = 2 \text{ м/с}$$

$$M = 0,4 \text{ кг}$$

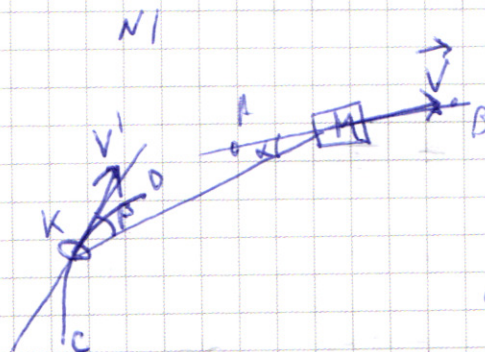
$$R = 1,9 \text{ м}$$

$$L = \frac{17R}{15}$$

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

$$\cos \beta = \frac{8}{12}$$

- 1) $v' - ?$
2) $u - ?$
3) $T - ?$



г) т.к. траектория
не радиус, то
скорость будет
увеличиваться.

$$V \cos \alpha = v' \cos \beta$$

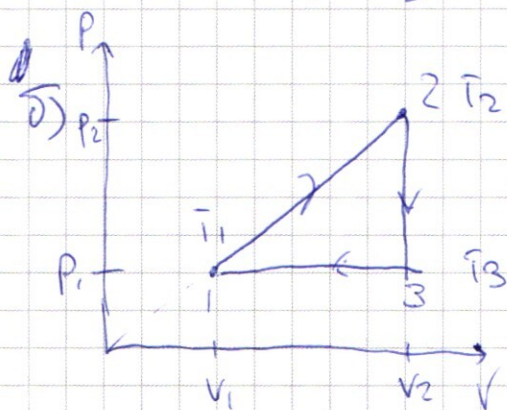
$$v' = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot \frac{4}{5}}{\frac{8}{12}} = 3,4 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) 3,4 м/с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

а) в процессе 2-3 $T \downarrow$, $V = \text{const}$, C_v - молярная изохорная теплоемкость
в этом процессе $C_v = \frac{3}{2} R$

в процессе 3-1 $T \downarrow$, $p = \text{const}$, C_p - молярная изобарная теплоемкость
 $C_p = \frac{5}{2} R$ $\frac{C_v}{C_p} = \frac{3}{5}$



так как 1-2 $P = \text{const}$, то

~~$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} = \alpha$$~~

A_{12} - работа газа в 1-2.

$$A_{12}' = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} P_1 V_1 (\alpha^2 - 1)$$

ΔU_{12} - изменение внутренней энергии в 1-2 $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} R (\bar{T}_2 - \bar{T}_1)$

по уравнению Клапейрона

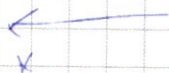
$$P_1 V_1 = \nu R \bar{T}_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R \bar{T}_2$$

$$\Rightarrow \Delta U_{12} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} P_1 V_1 (\alpha^2 - 1)$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}'} = 3$$

N2



$$x = V_1 \bar{T} - \frac{a \bar{T}^2}{2} = 0$$

$$\bar{T} = \frac{2V_1}{a} = \frac{2V_1 \cdot m \cdot d}{9u} = \frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-27} \cdot 3.2 \cdot 10^8}{9 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}} = \frac{1.024}{9} \cdot 10^8 \approx 1.14 \cdot 10^7 \text{ K}$$

б) η - КПД турбины

$\eta = \frac{A'}{Q_{in}}$ - КПД турбины
- механическая работа

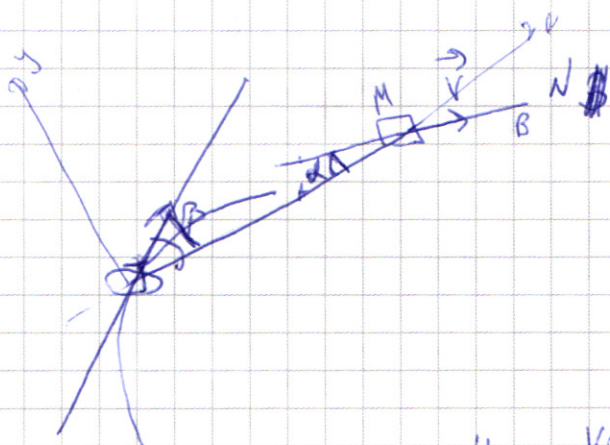
$$Q_{in} = Q_{out} = \rho U_{in} + A_{in}' = 2 \rho V_1 (\alpha^2 - 1) = 2 \rho V_1 (\alpha - 1)(\alpha + 1)$$

$$A' = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} \rho V_1 (\alpha - 1)^2$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} \rho V_1 (\alpha - 1)^2}{2 \rho V_1 (\alpha - 1)(\alpha + 1)} = \frac{(\alpha - 1)}{4(\alpha + 1)}$$

~~scribbles~~

$$\lim_{\alpha \rightarrow \infty} \eta = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \frac{\alpha - 1}{4(\alpha + 1)} = \boxed{\frac{1}{4}}$$



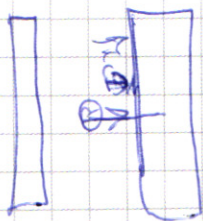
а) U - скорость колеса

$U \cos \beta = V \cos \alpha$ т.к. они
сдвигаются перпендикулярно трассе

$$U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 7}{5 \cdot 8} = 3,4 \text{ м/с}$$

~~scribble~~

$\sqrt{3}$



Решение

по II з. Ньютона

$$F = ma = ma$$

$$a = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md}$$

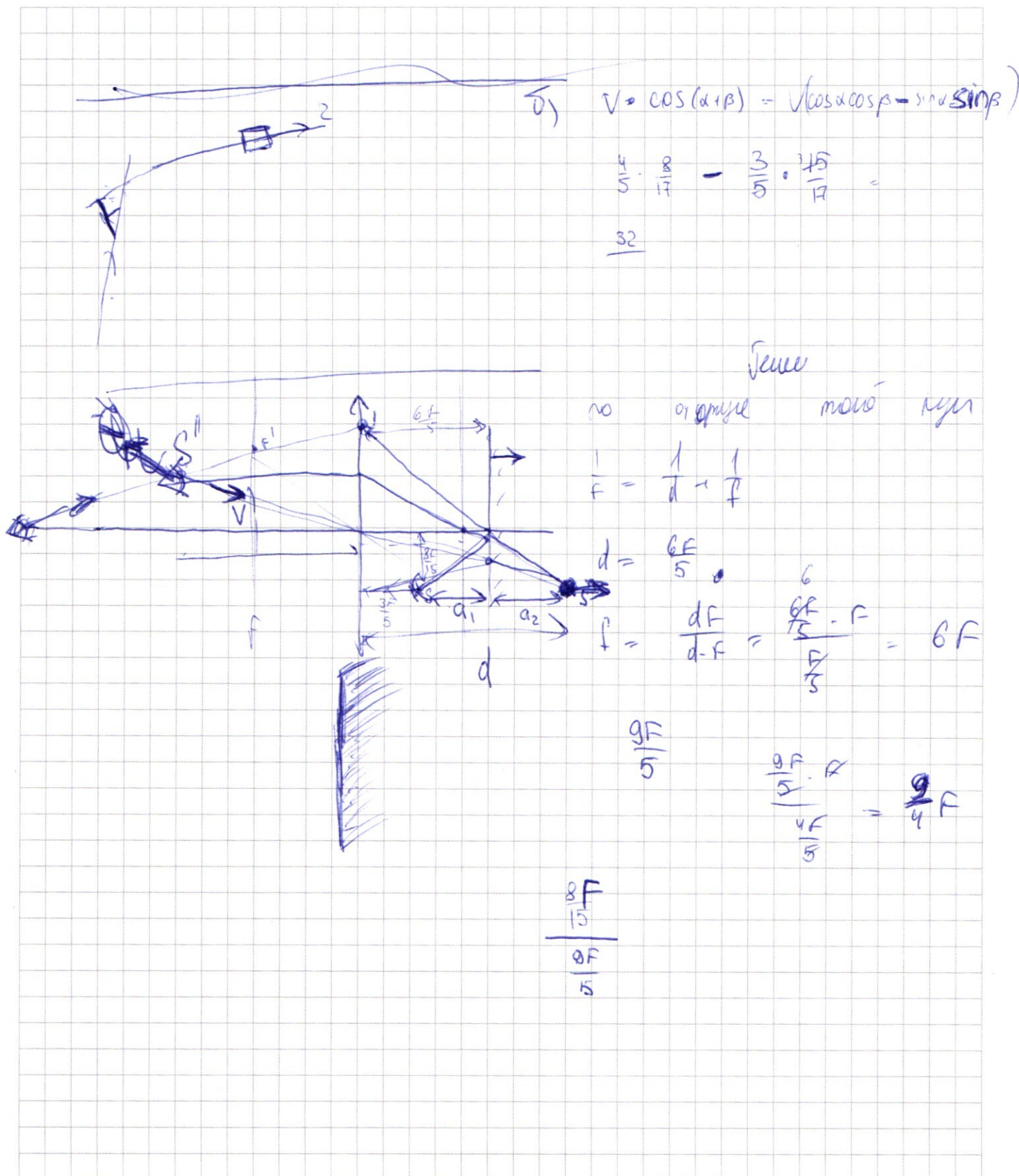
$$\frac{0 - v_1^2}{-2a} = 0,8d$$

$$v_1^2 = \frac{0,8 \cdot 2 \cdot qU}{m}$$

$$qU = U$$

$$\frac{v_1^2}{1,64}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V = \cos(\alpha + \beta) = \sqrt{\cos^2 \alpha \cos^2 \beta - \sin^2 \alpha \sin^2 \beta}$$

$$\frac{4}{5} \cdot \frac{18}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{32}{17}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$$

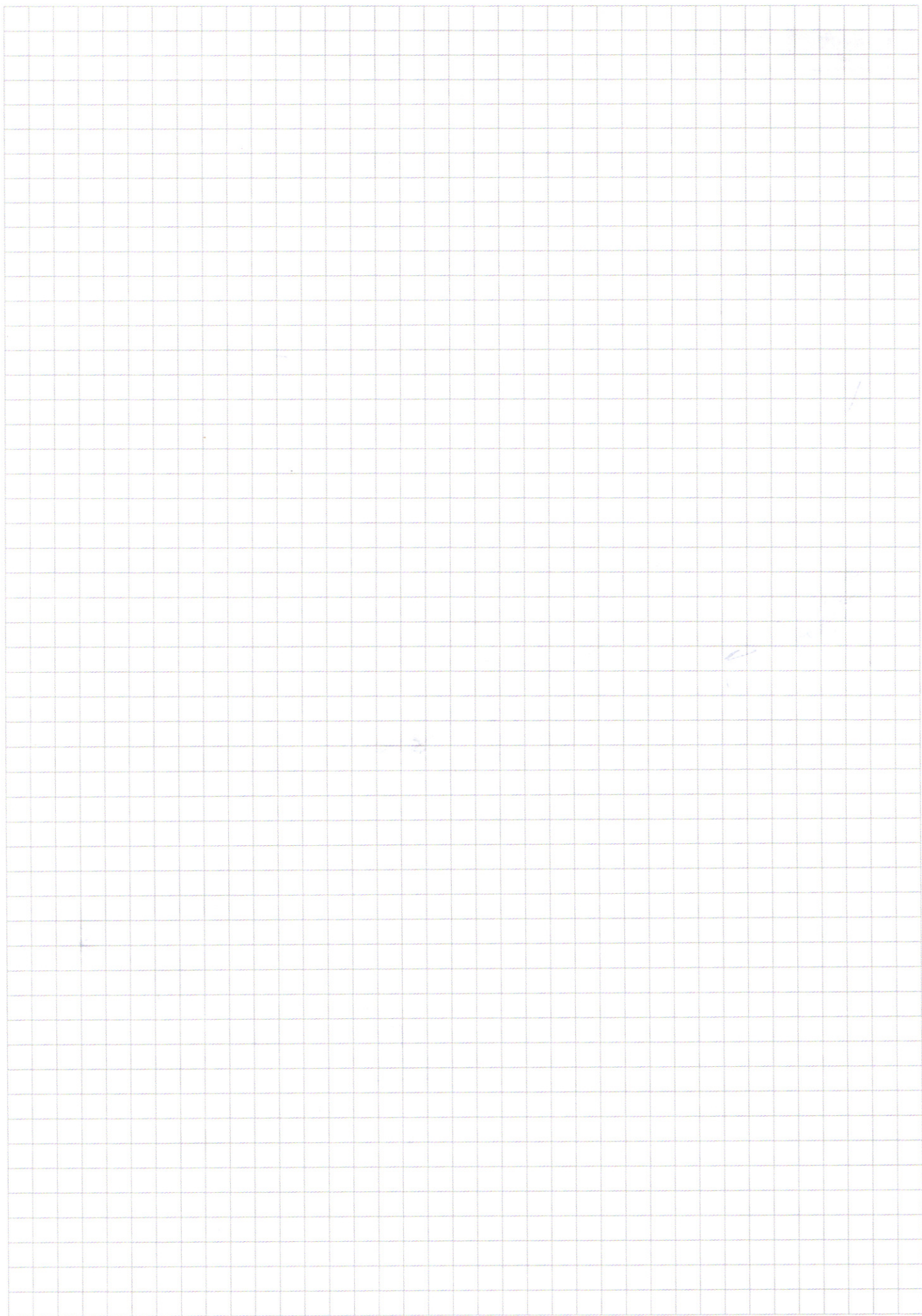
$$d = \frac{6F}{5}$$

$$f = \frac{dF}{d-f} = \frac{\frac{6F}{5} \cdot F}{\frac{6F}{5} - F} = 6F$$

$$\frac{9F}{5}$$

$$\frac{\frac{9F}{5} \cdot F}{\frac{9F}{5}} = \frac{9}{4} F$$

$$\frac{\frac{8F}{5}}{\frac{9F}{5}}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



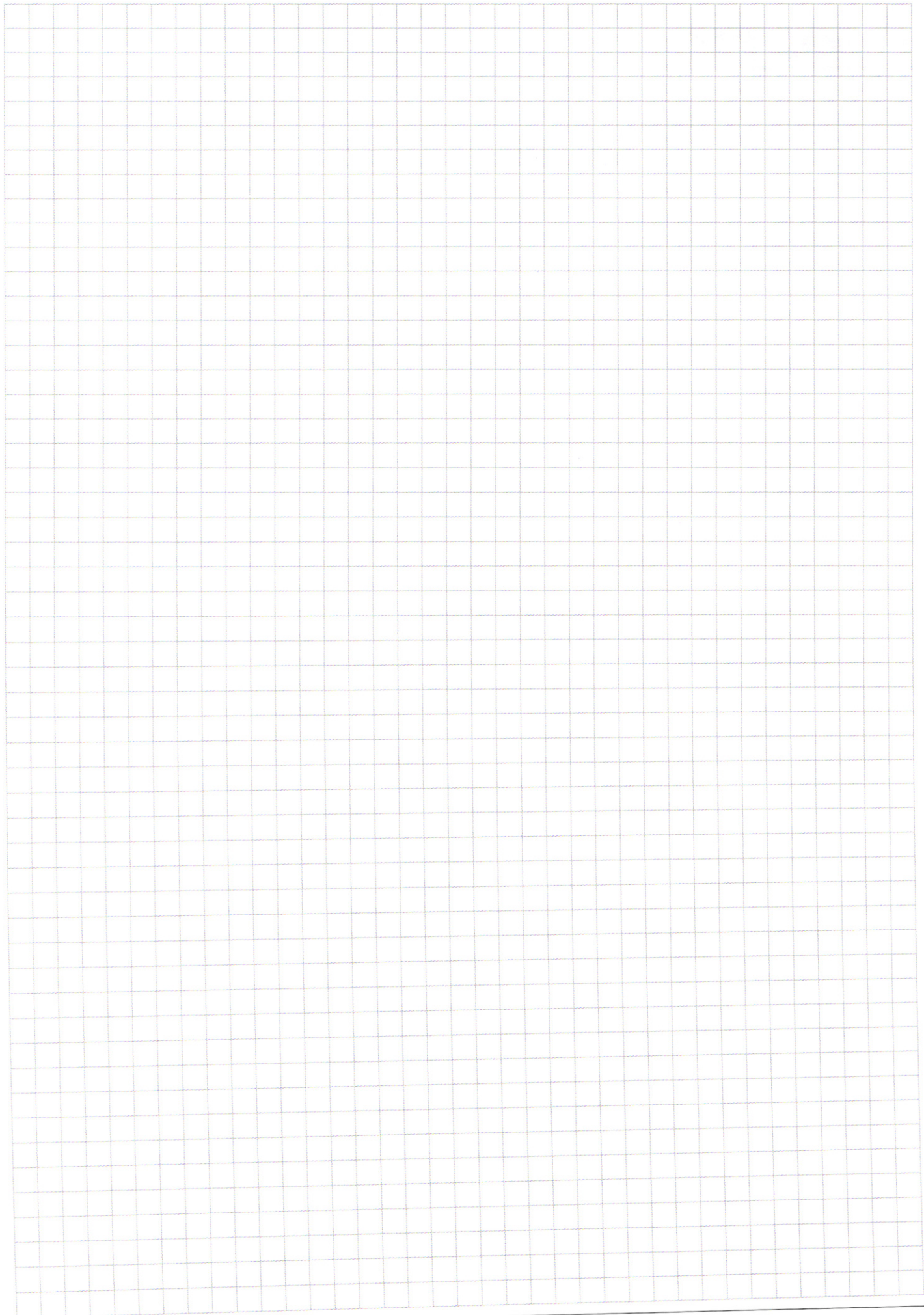
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)