

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

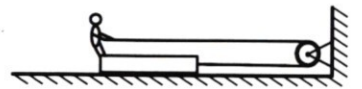
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
- 2) Найти время полета гайки.
- 3) С какой высоты была брошена гайка?

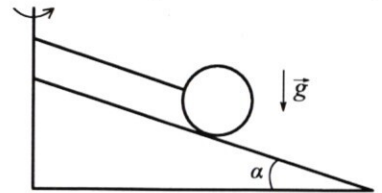
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) За какое время человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

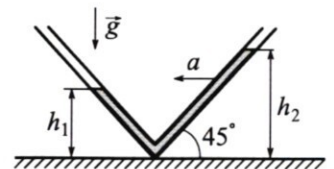


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

- 1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?
- 2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$v_0 = 10 \frac{м}{с}$$

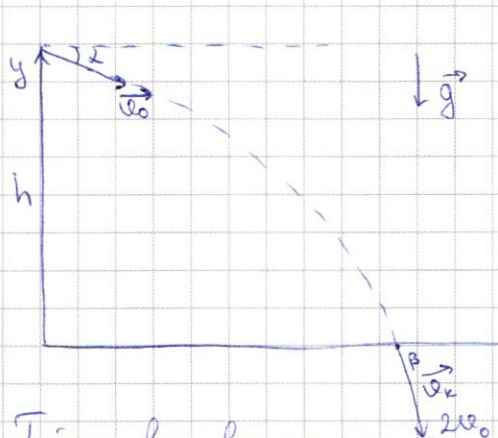
$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_k = 2v_0 = 20 \frac{м}{с}$$

$$v_B = ?$$

$$\tau = ?$$

$$h = ?$$



№1.

$$\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{g} \tau$$

$$Ox: 2v_0 \cos \beta = v_0 \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \beta = \frac{\cos 30^\circ}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$Oy: 2v_0 \sin \beta = v_0 \sin \alpha + g \tau$$

Так как все время приближаемся $\Rightarrow v_0$ направлена вниз

$$\cos \beta = \frac{\sqrt{3}}{4} \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$v_B = 2v_0 \sin \beta = 2 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13} \approx 5 \cdot 3,5 = 17,5 \frac{м}{с}$$

$$\tau = \frac{v_B - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{17,5 - 10 \cdot 0,5}{10} = \frac{12,5}{10} = 1,25 \text{ с}$$

$$3C\theta: \frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{m(2v_0)^2}{2} \Rightarrow h = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 100}{2 \cdot 10} = 15 \text{ м}$$

Ответ: $v_B = 17,5 \frac{м}{с}$; $\tau = 1,25 \text{ с}$; $h = 15 \text{ м}$

№2.

Дано:

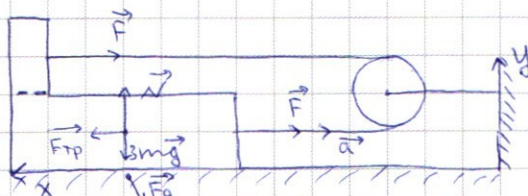
$$S, m, M = 2m$$

$$\mu, F$$

$$Q = ?$$

$$F_{\min} = ?$$

$$\tau = ?$$



$$2\vec{F} + \vec{N} + 3\vec{m}\vec{g} + \vec{F}_{тр} = 3m\vec{a}$$

$$Ox: F_{тр} - 2F = -3ma$$

$$Oy: N = 3mg \text{ (верт. состав.)}$$

$$F_{тр} = \mu N \text{ (движение)} = 3mg\mu \text{ (горизонт. состав.)}$$

$$Q \text{ (общая сила)} = \sqrt{N^2 + F_{тр}^2} = 3mg\sqrt{1 + \mu^2}$$

$$Q = F_{\text{давл. шайбы}} + \tau\text{-ка на пол по III закону Ньютона}$$

Рассмотрим шайбу
и τ -ка как систему
массой 3m

Одна веревка - одно
натяжение

$$F = \frac{F_{TP} + 3ma}{2} \Rightarrow F = F_{min} \text{ при } a = 0 \Rightarrow F_{min} = \frac{F_{TP}}{2} = \frac{3mg\mu}{2}$$

$$a = \frac{2F - F_{TP}}{3m} = \frac{2F - 3mg\mu}{3m}$$

$$v_0 \text{ (начальная скорость пушки)} = 0 \Rightarrow S = \frac{a\tau^2}{2} \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3mg\mu}}$$

$$\text{Ответ: } Q = 3mg\sqrt{1+\mu^2} = F_{g\text{вкл.}}; F_{min} = \frac{3mg\mu}{2}; \tau = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3mg\mu}}$$

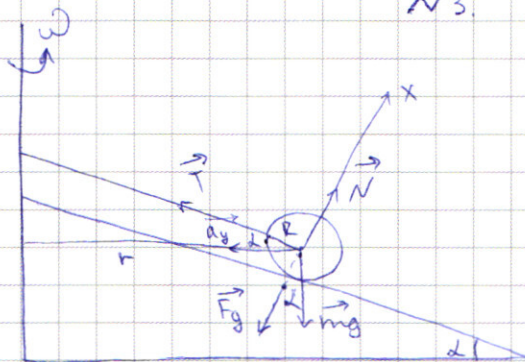
Дано:

$m, R, \angle, L$

ω

$F_{g0} = ?$

$F_g = ?$



$F_g = N$ по III з.Н

$a_r = 0$, м.к. $\omega = \text{const}$

$$\vec{T} + \vec{N} + \vec{mg} = m\vec{a}_g$$

$$Ox: N - mg \cos \alpha = -ma_g \sin \alpha$$

$$N = m(g \cos \alpha - a_g \sin \alpha)$$

$$F_{g0} \text{ (при } a_g = 0) = N_0 = mg \cos \alpha$$

$$a_g = \omega^2 r = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$F_g = N = mg \cos \alpha - \omega^2 (L+R) \cos \alpha \sin \alpha$$

$$\text{Ответ: } F_{g0} = mg \cos \alpha; F_g = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha)$$

Дано:

$T = 300K$

$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$

$\gamma = 5,6$

$\frac{p_{\pi}}{p} = ?$

$\frac{V_{\pi}}{V_B} = ?$

Измененный нар при $T = \text{const} \Rightarrow$ при увеличении

$$V: p = \text{const} = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$pV = \nu RT \text{ (начальное состояние)}$$

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow \frac{m}{V} = \rho_{\pi} = \frac{p\mu}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} \approx 0,026 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_{\pi}}{\rho} = \frac{0,026}{1000} = 2,6 \cdot 10^{-5}$$

$$pV_{\pi} = \nu_{\pi} RT \text{ (конечное состояние)}, V_{\pi} = \frac{V}{\gamma}$$

$$\frac{V}{V_{\pi}} = \gamma \Rightarrow \nu_{\pi} = \frac{\nu V_{\pi}}{V} = \frac{\nu}{\gamma} \Rightarrow \nu_B \text{ (в конечном состо-}$$

$$\text{янии}) = \nu - \nu_{\pi} \text{ (общее кол-во в-ва = const)} = \nu \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_B = \frac{m_B}{\rho} = \frac{\rho_B V}{\rho} = \frac{\rho_B}{\rho} \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}$$

$$\rho = \frac{pV}{RT} \quad (\text{из начального состояния})$$

$$V_{\Pi} = \frac{V}{\gamma} \Rightarrow \frac{V_{\Pi}}{V_B} = \frac{V}{\gamma} : \frac{\rho_{\Pi} V (\gamma-1)}{\rho \gamma} = \frac{\rho}{\rho_{\Pi} (\gamma-1)} = \frac{1}{2,6 \cdot 10^{-5} \cdot 4,6} \approx \frac{1}{12} \cdot 10^5 \approx 0,8 \cdot 10^4$$

Ответ: $\frac{\rho_{\Pi}}{\rho} = 2,6 \cdot 10^{-5}$, $\frac{V_{\Pi}}{V_B} = 0,8 \cdot 10^4$
✓ч.

Дано:

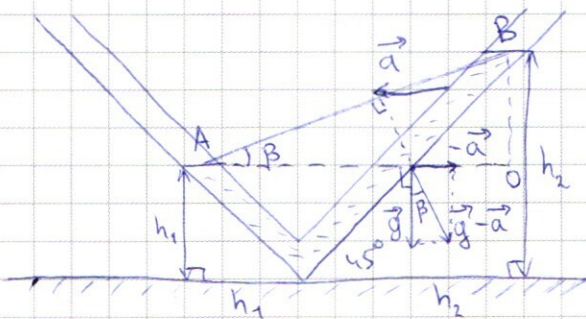
$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$h_1 = 0,1 \text{ м}$$

$$h_2 = ?$$

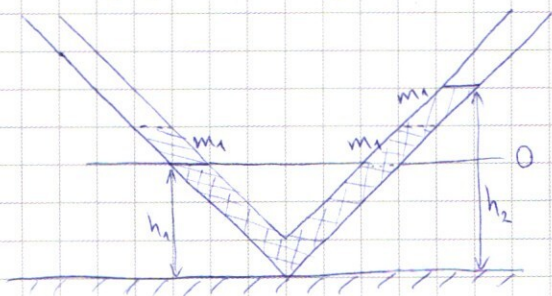
$$\varphi = ?$$



Перейдем в с.о., связанную с трубкой. В ней можно считать, что сила тяжести состоит из двух: $m\vec{g}$ и $-m\vec{a}$, и она направлена по $\vec{g} + \vec{a}$

В этой с.о.: $AB \perp (\vec{g} - \vec{a})$, т.к. вода в этой с.о. не движется (так же, как сообщающиеся сосуды в поле тяжести)

из $\triangle AOB$:
Тогда $\tan \beta = \frac{a}{g} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$ (в знамен. $h_1 + h_2$, т.к. угол по 45° у трубки) $\Rightarrow a h_2 + a h_1 = g h_2 - g h_1 \Rightarrow h_2 = \frac{a+g}{g-a} h_1 = \frac{4+10}{10-4} \cdot 0,1 = \frac{7}{30} \text{ м} \approx 0,23 \text{ м}$



m_1 - масса одного участка

Центр масс участка воды находится посередине

Потенциальная энергия: Π_k - ^{когда} уровень масла на одной высоте

Π_H - начальное положение

$$\Pi_H - \Pi_k = \left(\frac{2m_1 g (h_2 - h_1)}{2} + \cancel{\frac{m_1 g (h_2 - h_1)}{2}} \right) - \left(2 \cdot \frac{m_1 g (h_2 - h_1)}{4_2} \right) = \frac{m_1 g (h_2 - h_1)}{2}$$

$$3 \text{ (7)}: \Pi_H = \Pi_k + \frac{m \omega^2}{2} \Rightarrow \frac{m_1 g (h_2 - h_1)}{2} = \frac{m \omega^2}{2}$$

m_1 - участок высотой $\frac{h_2 - h_1}{2}$

m - вся вода обеих высот $h_2 + h_1$ $\Rightarrow \frac{m_1}{m} = \frac{h_2 - h_1}{2(h_1 + h_2)} \Rightarrow$

$$\Rightarrow m_1 = \frac{h_2 - h_1}{2(h_1 + h_2)} m \Rightarrow \frac{(h_2 - h_1) m g}{2(h_1 + h_2)} (h_2 - h_1) = m \omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{(h_2 - h_1) g}{2(h_1 + h_2)}}$$

$$= \frac{(0,23 - 0,1) \sqrt{10}}{\sqrt{2(0,23 + 0,1)}} \approx 0,52 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $h_2 = 0,23 \text{ м}$, $\omega = 0,52 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Problem 1: Projectile Motion

$$\frac{1}{2} m v_0^2 + mgh = \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$v_0^2 + 2gh = v_B^2 \Rightarrow 3v_0^2 = v_B^2 \Rightarrow h = \frac{v_B^2 - 3v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 25 - 3 \cdot 10}{2 \cdot 10} = 48,75 \text{ м}$$

$$v_0 \sin \alpha = v_B \sin \beta$$

$$\cos 30^\circ = 2 \cos \beta \Rightarrow \cos \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$v_B = 2v_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 2 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13}$$

$$v_{By} = v_0 \sin \alpha + gt$$

$$t = \frac{v_B \sin \beta - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{5\sqrt{13} \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} - 10 \cdot \frac{1}{2}}{10} = \frac{13 - 5}{2} = 4 \text{ с}$$

$$h = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2} = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 + \frac{10 \cdot 16}{2} = 20 + 80 = 100 \text{ м}$$

Problem 2: Dynamics of a Block on a Horizontal Surface

$$N = 3mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu \cdot 3mg$$

$$Q = \sqrt{2+3\mu^2} mg = \sqrt{2+3\mu^2} \cdot 3mg$$

$$2F_{\text{min}} = F_{\text{тр}} = 3mg\mu$$

$$F_{\text{min}} = \frac{3mg\mu}{2}$$

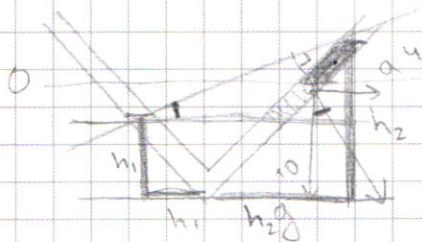
$$a = \frac{2F - F_{\text{тр}}}{3m}$$

$$\frac{aT^2}{2} = s \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{25 \cdot 3m}{2F - 3mg\mu}}$$

Problem 3: Dynamics of a Block on an Inclined Plane

$$1) mg \cos \alpha = N$$

$$a = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$



$$\frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = \frac{a}{g} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}$$

$$2h_1 + 2h_2 = 5h_2 - 5h_1 \Rightarrow 3h_2 = 7h_1 \Rightarrow h_2 = \frac{7h_1}{3} = \frac{70}{3} \approx 23 \text{ cm}$$

$$m_2 \cdot g \cdot \frac{h_2 - h_1}{2} = -m_2 g \frac{h_2 - h_1}{2} + \frac{m v^2}{2}$$

$$m_2 = \frac{h_2 - h_1}{2(h_1 + h_2)} m$$

$$\frac{(h_2 - h_1)^2}{2^2(h_1 + h_2)} m g \cdot x = \frac{m v^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{(h_2 - h_1)^2 g}{h_1 + h_2} = \frac{(23 - 10)^2 \cdot 10}{10 + 23} = \frac{170^2 \cdot 10}{33} = \frac{289000}{33} \approx 8757.58$$

$$= \frac{(170 - 10)^2 \cdot 10}{10 + 23} = \frac{160^2 \cdot 10}{33} = \frac{256000}{33} \approx 7757.58$$



$$T = 300 \text{ K}$$

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$PV = \nu RT = \frac{m}{M} RT$$

$$m = \frac{PV M}{RT} \Rightarrow \frac{m}{V} = \rho = \frac{PM}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} \approx 0,26$$

$$PV = \nu RT \quad V_n = \gamma V$$

$$P V_n = \nu_n RT \quad V_n = V \cdot \gamma^{-1}$$

$$V_n = V - V_B$$

$$V_n = V - V_B$$

$$\rho_B = \frac{m_B}{V_B} = \rho \frac{V_B}{V} = \rho \gamma^{-1}$$

$$\rho = \frac{P \gamma}{P_B}$$

$$\frac{\rho}{\rho_n} = \frac{V}{V_n} = \gamma \Rightarrow \rho_n = \frac{\rho}{\gamma} \Rightarrow \rho_B = \rho - \frac{\rho}{\gamma} = \rho \cdot \frac{\gamma - 1}{\gamma} = \frac{PV}{RT} \cdot \frac{\gamma - 1}{\gamma}$$

$$V_B = \frac{\rho_B V_B}{\rho_B} = \frac{PV}{RT} \cdot \frac{\gamma - 1}{\gamma} \cdot \frac{M_B}{\rho_B} \cdot \gamma$$

$$= \frac{P}{RT} (\gamma - 1) \cdot \frac{M_B}{\rho_B} = \frac{P_n}{P_B} (\gamma - 1) = 2,6 \cdot 10^{-5} \cdot 4,6 \approx 12 \cdot 10^{-5} = 1,2 \cdot 10^{-4}$$



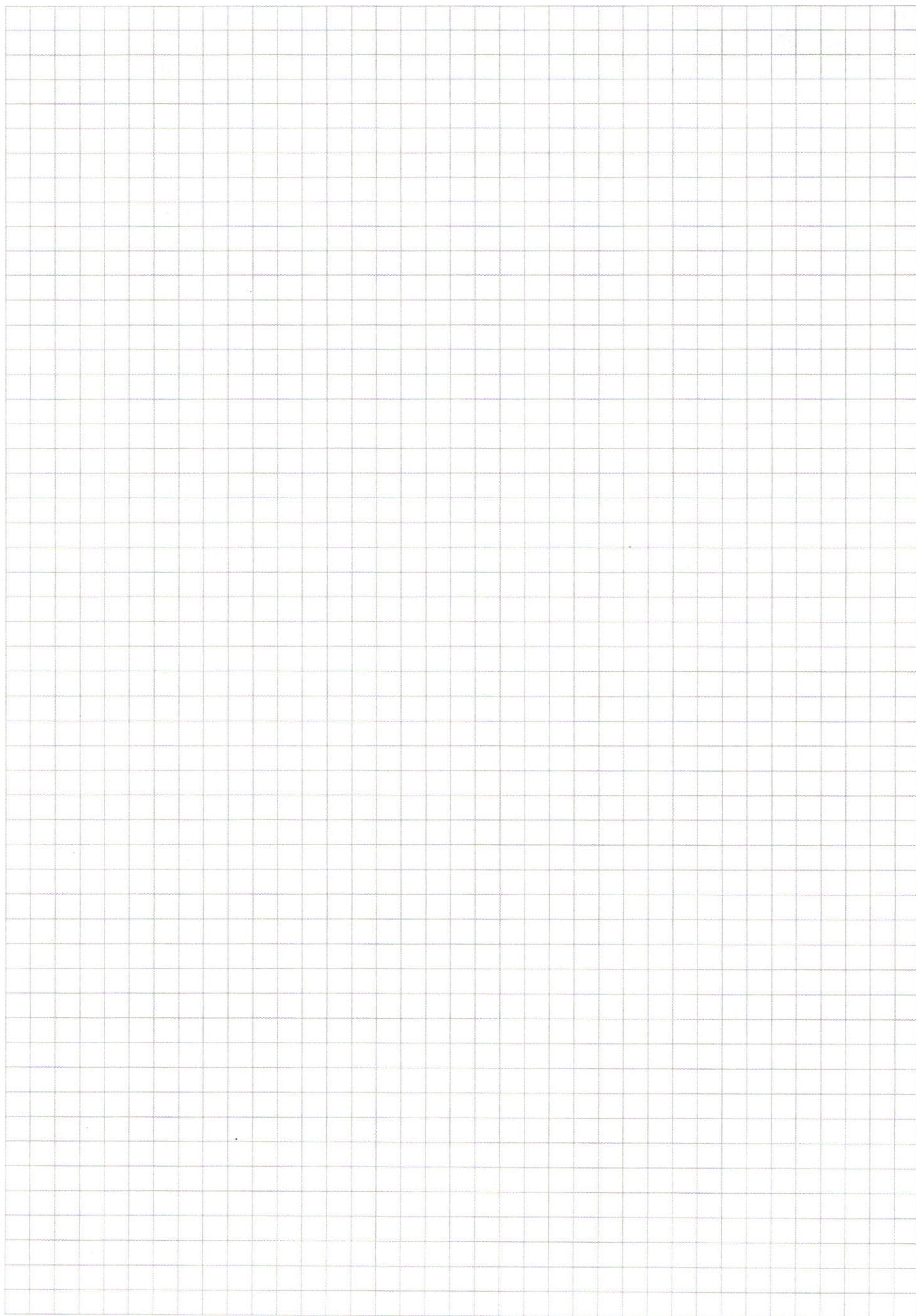
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



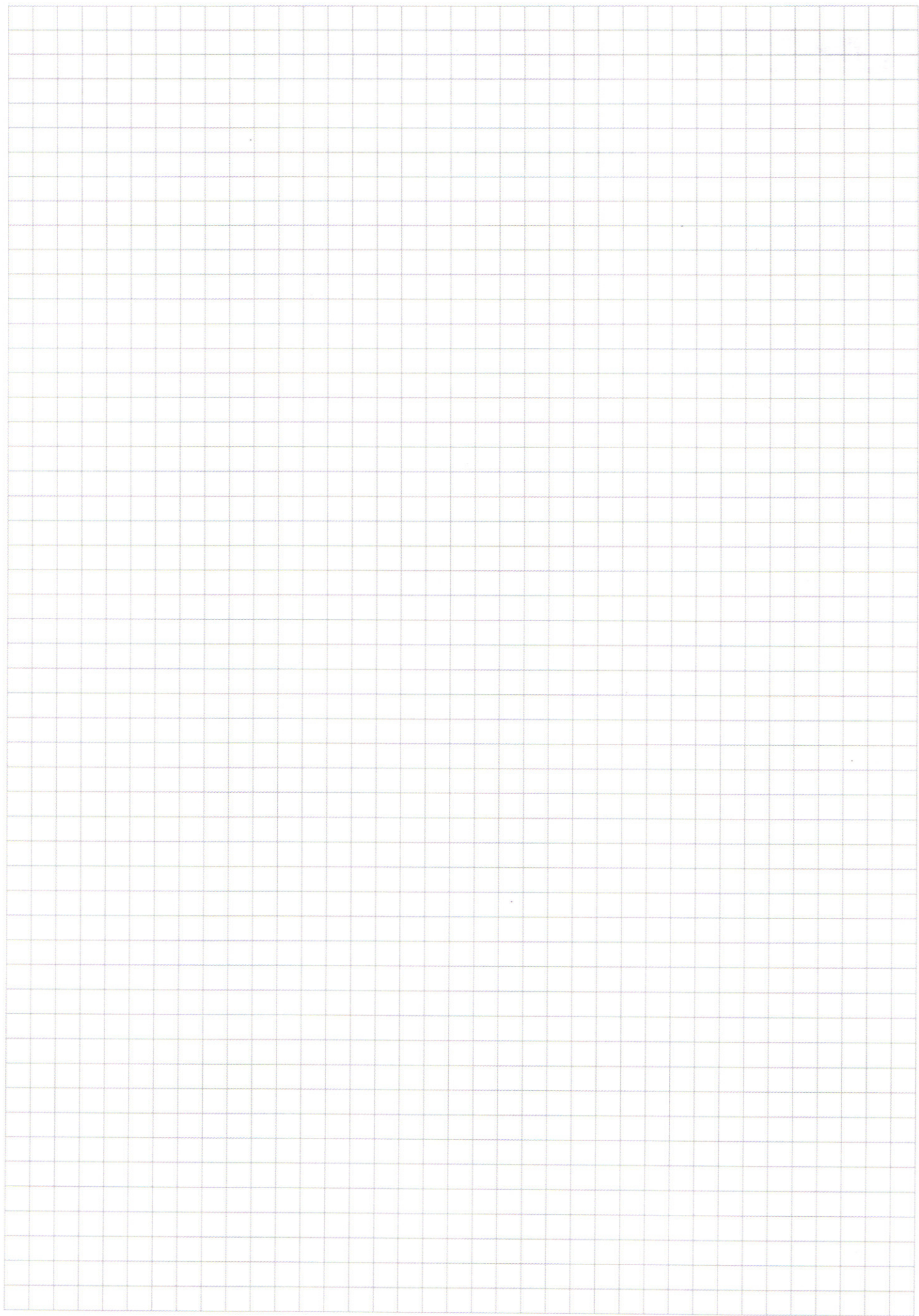
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)