

Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 10

Вариант 10-02

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

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 $2V_0$.

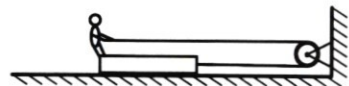
1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.

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?

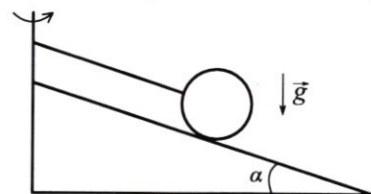
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

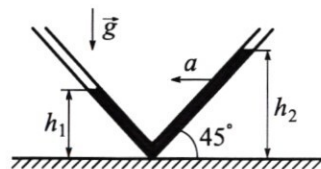


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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

Задача №1

Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

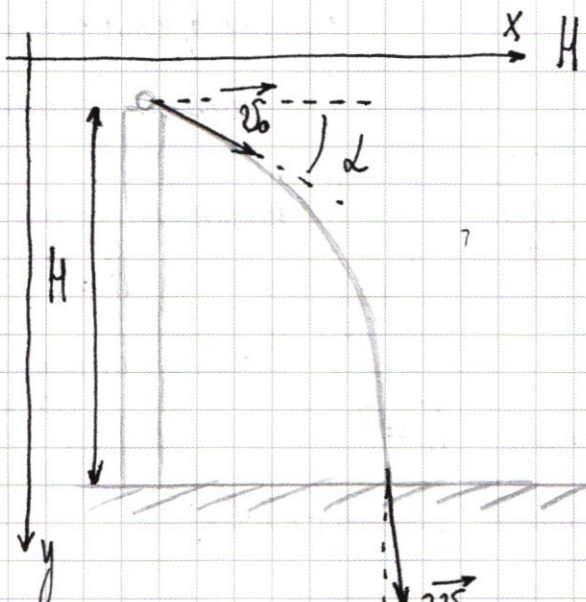
$$\alpha = 30^\circ$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_y = ?$$

$$T = ?$$

$$H = ?$$



H - высота, с которой
бросили мячик
введем с.о.

$$2v_0 \cos \beta = v_y$$

v_y - вертикальная
компонента скорости
мячика

T - время падения
мячика

$$1) \vec{v} = \vec{v}_0 + a\vec{T}$$

$$O_y: v_y = v_0 \sin \alpha + gT \quad (1)$$

$$O_x: 2v_0 \cos \beta = v_0 \cos \alpha \quad (2)$$

$$\text{из (2): } \cos \alpha = 2 \sin \beta \Rightarrow \sin \beta = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\text{из ПТ} \left(\frac{\sqrt{3}}{4} \right)^2 + \cos^2 \beta = 1$$

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

$$\cos \beta = \frac{\sqrt{13}}{4} \Rightarrow v_y = 2 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13} \approx 5 \cdot 3,6 \approx 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) \text{ из (1) } v_y = v_0 \sin \alpha + gT$$

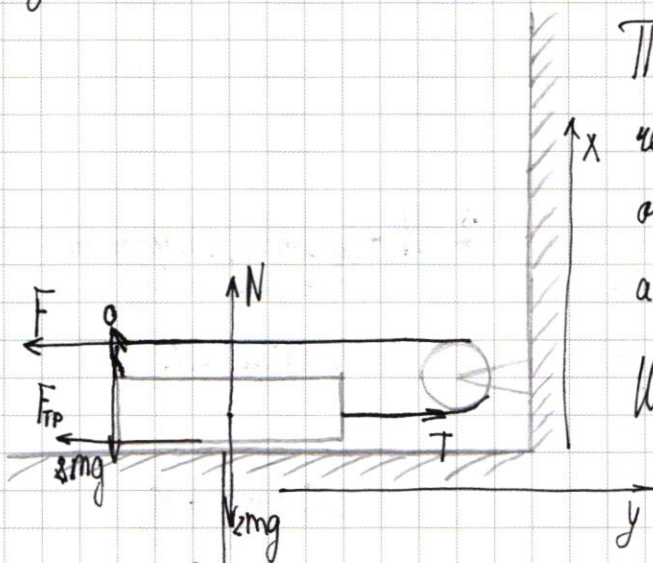
$$T = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{18 - 10 \cdot \frac{1}{2}}{10} = \frac{13}{10} = 1,3 \text{ с}$$

$$3) \vec{s} = \vec{v}_0 T + \frac{aT^2}{2}$$

$$O_y: H = v_0 \sin \alpha T + \frac{gT^2}{2} = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,3 + \frac{10 \cdot (1,3^2)}{2} = 14,95 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_y = 18 \text{ м/с}$ 2) $T = 1,3 \text{ с}$ 3) $H = 14,95 \text{ м}$

Задача №2



III.к. часть каната между блоком и человеком остается горизонтальной, очевидно, что человек не отклоняется, а перебирает руками канат

Из нерастяжимости нити (каната):

$$F = T$$

P - сила давления сист. "ящик+человек" на пол

$$F_0 = F_{\min}$$

1) Из III з-на Ньютона $N = P$

усл. равн. для системы "ящик+человек"

$$\sum \vec{F} = 0$$

$$Ox: N = mg + 2mg \Rightarrow P = N = 3mg$$

2) III.к. ящик придет в движение, $F_{\text{тр}} = \mu N$, где $N = 3mg$

усл. равн. ~~для~~ движения: $\sum \vec{F} = 0$

$$Oy: F_0 = F_{\text{тр}} = 3mg \cdot \mu \Rightarrow F_0 = 3\mu mg$$

3) Если $F > F_0$, то у системы появится ускорение (пусть $\vec{a}$)

По II з-ну Ньютона:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$Oy: F + 3ma = 3\mu mg$$

$$a = \mu g - \frac{F}{3m}$$

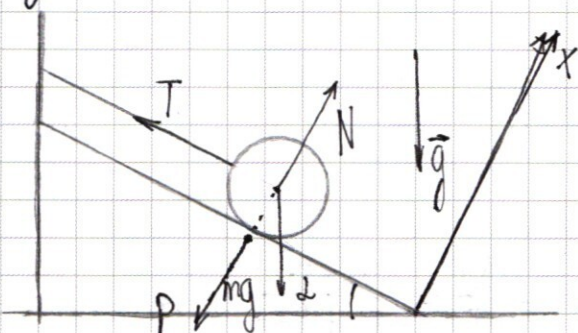
$$\vec{S} = \vec{v}_0 T + \frac{a T^2}{2}, \text{ т.к. изначально сист. покоилась, } \vec{S} = \frac{a T^2}{2}$$

$$Oy: S = \frac{a T^2}{2} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S}{\mu g - \frac{F}{3m}}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1) $P = 3mg$ 2) $F_0 = 3\mu mg$ 3) $T = \sqrt{\frac{2S}{\mu g - \frac{F}{3m}}}$

Задача №3



выберем $Ox \perp$ плоскости клина

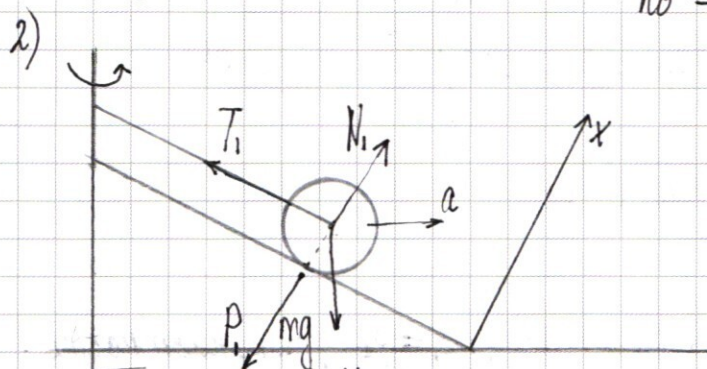
1) Для покоящейся системы
 $\sum \vec{F} = 0$

$Ox: N = mg \cos \alpha$

по III з-ку Ньютона $N = P$
(P — сила давления шара на клин)

при вращении ~~шара~~ у
шара появляется ускорение

$a = \omega^2 R$, где R — радиус
вращения



по II з-ку Ньютона:

$\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$Ox: N_1 \sin \alpha - mg \cos \alpha = ma \sin \alpha$

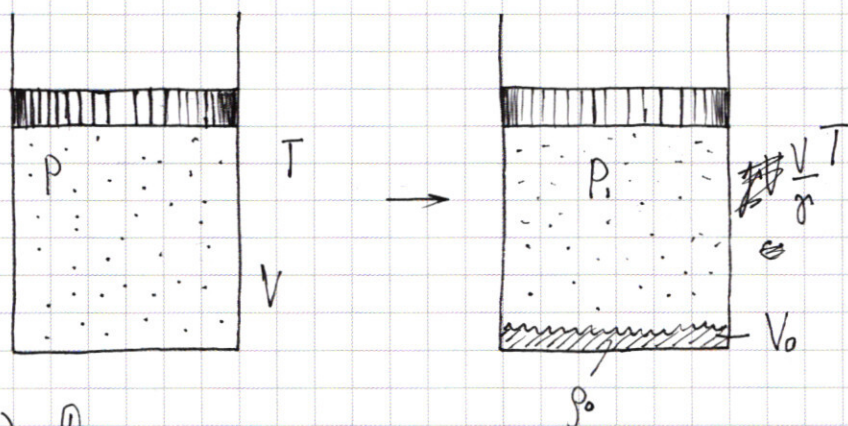
$N_1 = m(a \sin \alpha + g \cos \alpha)$

по III з-ку Ньютона $N_1 = P_1$

$N_1 = P_1 = m(a \sin \alpha + g \cos \alpha)$

Ответ: 1) $P = mg \cos \alpha$ 2) $P_1 = m(a \sin \alpha + g \cos \alpha)$

Задача №5



1) Для начального состояния

уравнение Менделеева - Клапейрона: $PV = \nu RT$ | : m

$$P \frac{V}{m} = \frac{\nu}{m} RT$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{RT}{\mu} \Rightarrow \mu P = P_1 RT \Rightarrow P_1 = \frac{\mu P}{RT} = \frac{18 \cdot 3,55 \cdot 10^3}{8,314 \cdot (27 + 273)} \approx 26,5 \frac{1}{\text{м}^3} =$$

$$= 26,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{см}^3} \Rightarrow \frac{P_1}{P_0} = \frac{26,5 \cdot 10^{-6}}{1} = 26,5 \cdot 10^{-6}$$

2) Из принципов сохранения в-ва

$$P_1 V = P_1 \frac{V}{\gamma} + P_0 V_0$$

т.к. пар изначально был насыщенным, $P_1 = P_1$, т.к. плотность насыщенного пара не зависит от температуры и не зависит от давления, а по условию процесс изотермический

$$P_1 V = P_1 \frac{V}{\gamma} + P_0 V_0$$

$$P_1 V \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) = P_0 V_0$$

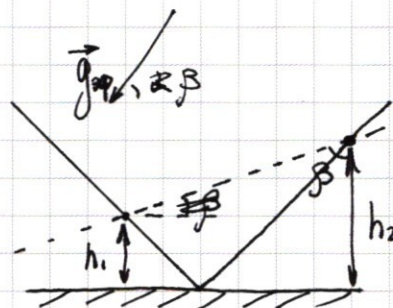
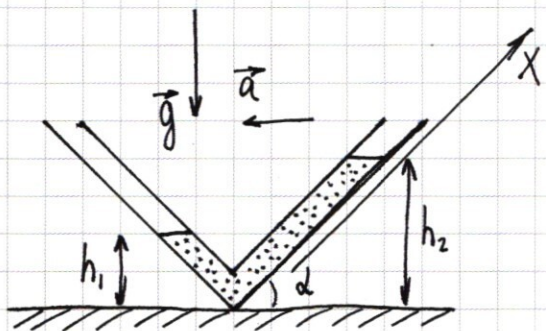
$$\frac{V}{V_0} = \frac{P_0}{P_1 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)} = \frac{1}{26,5 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{4,6}{5,6}} = 56 \cdot 10^5 \cdot \frac{1}{26,5} \approx 2 \cdot 10^5$$

Ответ: 1) $26,5 \cdot 10^{-6}$

2) $2 \cdot 10^5$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4



перейдем в с.о., связанную с трубкой, и введем $\vec{g}_{\text{эф}} = \vec{g} + \vec{a}$

$$1) \quad \tan \beta = \frac{g}{a} = \frac{h_2 + h_1}{\frac{\sqrt{2}}{2}(h_2 - h_1)}$$

$$a h_2 - a h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} g (h_1 + h_2)$$

$$h_2 \left(a - \frac{\sqrt{2}}{2} g \right) = h_1 \left(a + \frac{\sqrt{2}}{2} g \right) \Rightarrow h_2 = h_1 \frac{a + \frac{\sqrt{2}}{2} g}{a - \frac{\sqrt{2}}{2} g}$$

$$a h_2 + a h_1 = g h_1 + g h_2$$

$$h_2 (a + g) = h_1 (g - a)$$

$$h_2 = h_1 \frac{g - a}{g + a} = 10 \cdot \frac{6}{14} = \frac{30}{7} \approx 4,2$$

$$g h_2 - g h_1 = a h_2 + a h_1$$

$$h_2 (g - a) = h_1 (g + a) \Rightarrow h_2 = h_1 \frac{g + a}{g - a} \Rightarrow h_2 = 10 \cdot \frac{7}{3} \approx 23,3$$

$$2) \quad \text{Из симметрии, при "остановке" жидкость пройдет } L = \frac{h_2 - h_1}{2 \sin \alpha},$$

$$\text{движась с ускорением } a_1 = a \sin \alpha$$

$$2L = a \sin \alpha T^2 \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2L}{a \sin \alpha}} = \frac{\sqrt{\frac{h_2 - h_1}{a}}}{\sin \alpha}$$

$$v = a \sin \alpha \quad \Rightarrow \quad v = a \sqrt{\frac{h_2 - h_1}{a}} = 4 \cdot \sqrt{\frac{13,3 \cdot 10^{-2}}{4}} = 2 \sqrt{13,3 \cdot 10^{-2}} \approx 0,73 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $h_2 = 23,3 \text{ см}$ 2) $v \approx 0,73 \text{ м/с}$



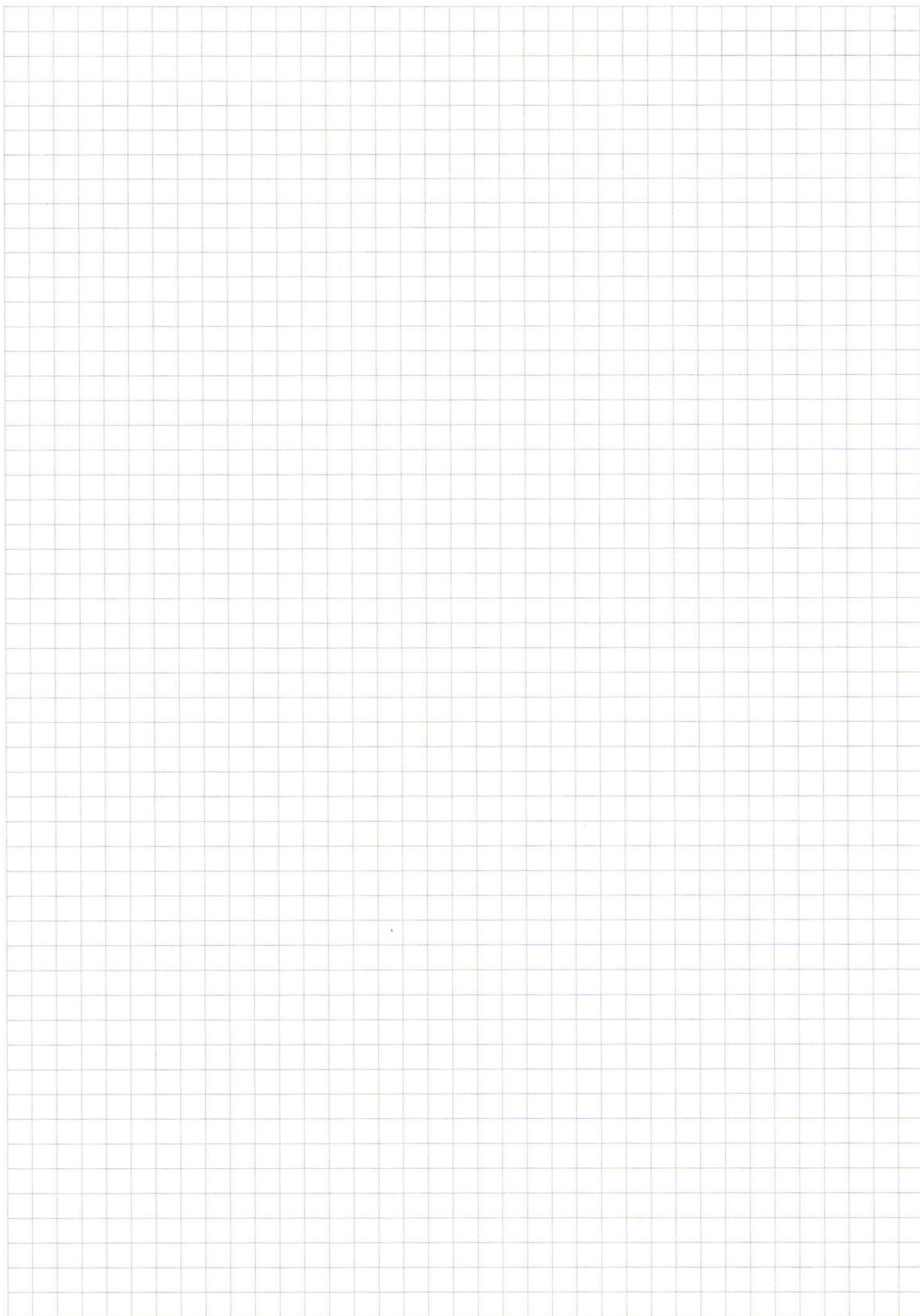
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



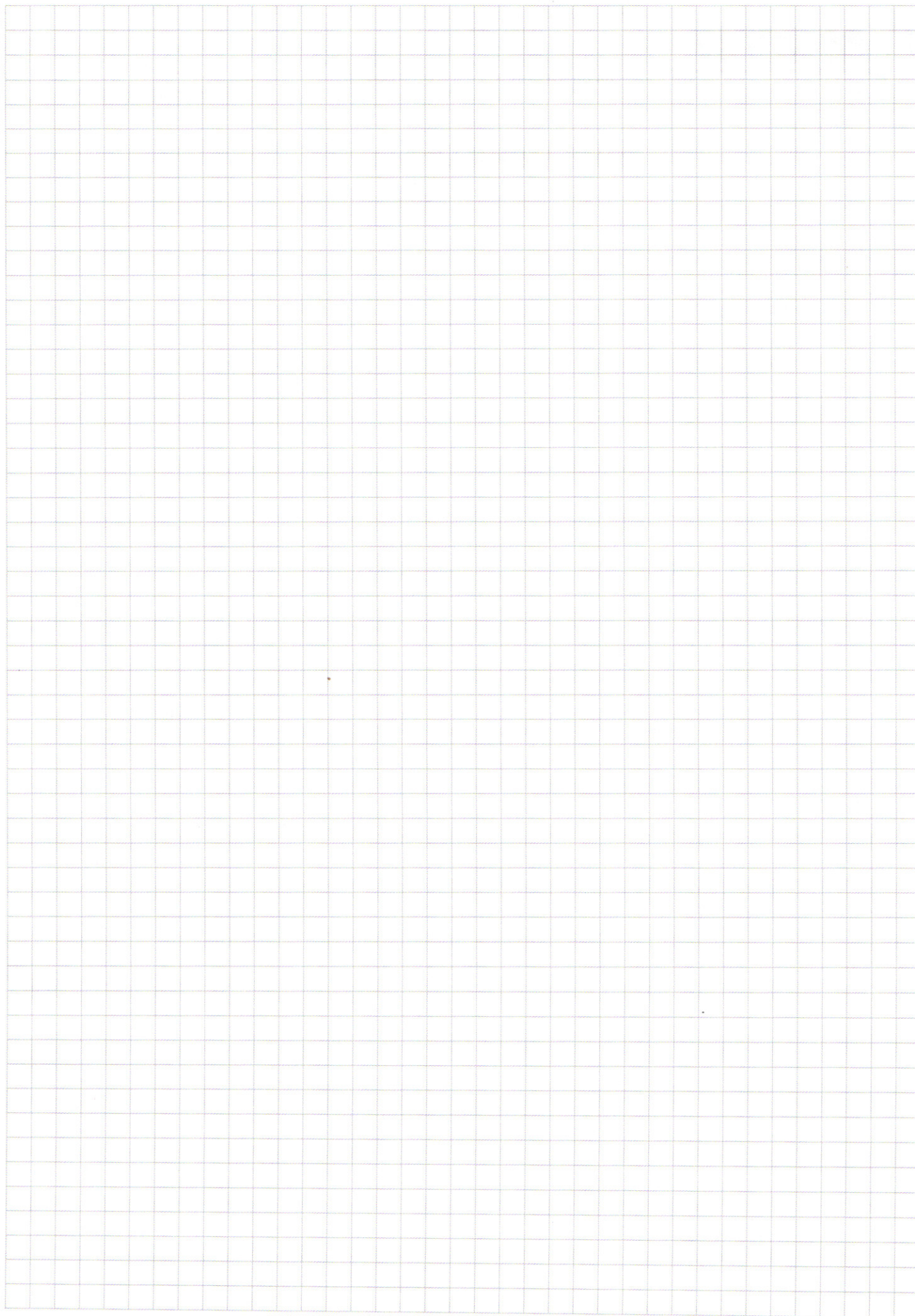
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)