

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 10-01

Класс 10

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
- 2) Найти время полета камня.
- 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

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

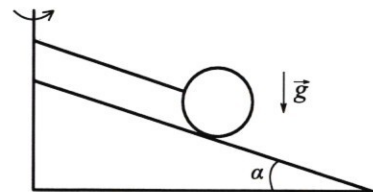
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

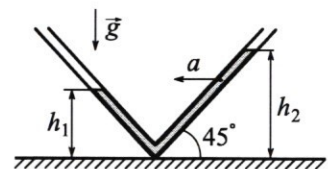
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, 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 уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?



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

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ 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 $\gamma = 4,7$ раза.
- Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:

$$V_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_K = 2,5 V_0$$

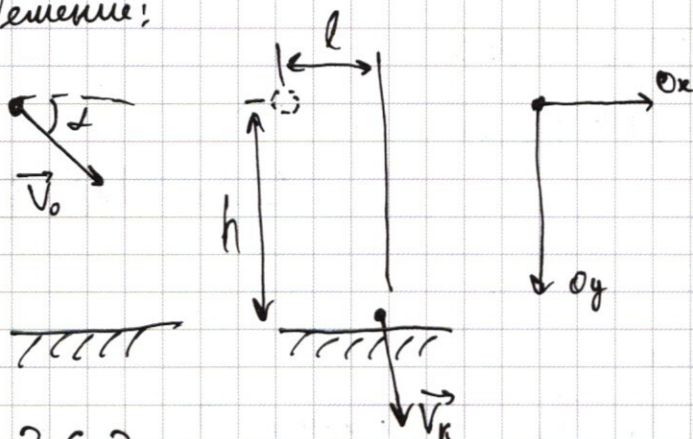
Найти:

$$V_{Ky} - ?$$

$$t - ?$$

$$l - ?$$

Решение:



З.С.Э:

$$\frac{mV_0^2}{2} + mgh = \frac{m \cdot V_K^2}{2}$$

$$gh = \frac{V_K^2 - V_0^2}{2} = \frac{5,25 V_0^2}{2} \Rightarrow h = \frac{21 V_0^2}{8g} \quad (1)$$

$$h = \frac{gt^2}{2} + V_{0y}t \quad (2)$$

$$(2) \rightarrow (1): \frac{21 V_0^2}{8g} = \frac{gt^2}{2} + V_0 \sin \alpha t$$

Чтобы найти t , сразу подставим числа:

$$\frac{21 \cdot 8^2}{8 \cdot 10} = \frac{10}{2} t^2 + 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} t$$

$$5t^2 + 4\sqrt{3}t - \frac{84}{5} = 0$$

$$D = 48 + 4 \cdot 5 \cdot \frac{84}{5} = 384$$

$$t = \frac{-4\sqrt{3} \pm 8\sqrt{6}}{10} \Rightarrow t = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} \quad (t > 0)$$

$$t \approx 1,2 \text{ сек.} \quad (3)$$

(Тренировка №1)

$$(4) \quad v_{ky} = v_{oy} + gt; \quad v_{oy} = v_0 \sin \alpha$$

~~(3) → (4):~~

$$v_{ky} = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 10 \cdot 1,2 \approx 18,4 \frac{m}{c}$$

$$(5) \quad L = v_{ox} \cdot t; \quad v_{ox} = v_0 \cos \alpha$$

$$(3) \rightarrow (5): \quad L = \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 1,2 \approx 4,8 \text{ м}$$

Ответ: 1) $18,4 \frac{m}{c}$ 2) $1,2 c$ 3) $4,8 \text{ м}$

№3

Дано:

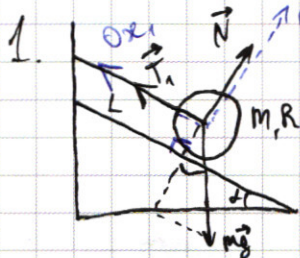
$m, R, \alpha, L,$

Найти:

1) T_1 - ?

2) T_2 - ?, ω

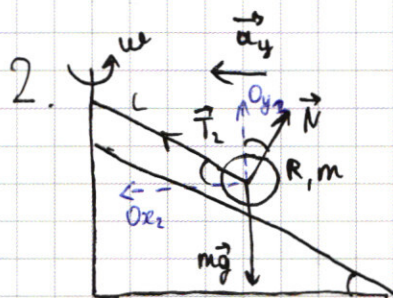
Решение:



Выберем Ox_1 и Oy_1 как показано на рис. с центром в центре шара

$$\text{Тогда, } T_1 = mg_{x1} = mg \sin \alpha$$

$$N = mg_{y1} = mg \cos \alpha$$



Очевидно, во втором случае N не изменится т.к. не будет дополнительных сил по Oy_1

Введем Ox_2 и Oy_2 . Тогда:

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

$$ma = ma_y = T_{2x} - N_x$$

$$m\omega^2 (L+R) \cos \alpha = T_2 \cos \alpha - mg \cos \alpha \sin \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_2 = m(\omega^2 (L+R) + g \sin \alpha)$$

Ответ: 1) $mg \sin \alpha$ 2) $m(\omega^2 (L+R) + g \sin \alpha)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Дано:

$$T = 95^\circ\text{C} = 368\text{ K}$$

$$p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\varphi = 100\%$$

$$T = \text{const}$$

Найти:

$$1) \frac{p_n}{p_0} - ?$$

$$2) \frac{V_n}{V_0}, \gamma = 4,7$$

$$p_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

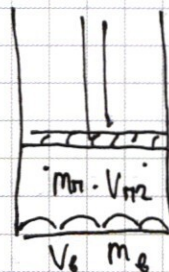
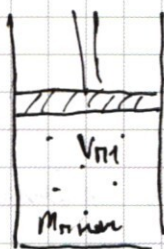
Решение:

$$1. pV = \frac{mRT}{\mu} \Rightarrow \frac{m}{V} = \frac{p\mu}{RT}$$

$$\rho_n = \frac{p\mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 368} \approx 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{0,5}{1000} = 0,0005$$

2.



$$\frac{m_n + m_0}{m_n} = \frac{m_{n, \text{пол}}}{m_n} = \frac{\rho_n V_{n1}}{\rho_n V_{n2}} = \frac{V_{n1}}{V_{n2}} = \gamma$$

$$m_n + m_0 = \gamma m_n$$

$$\frac{m_n}{m_0} = \frac{1}{\gamma - 1}$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{\frac{m_n}{\rho_n}}{\frac{m_0}{\rho_0}} = \frac{m_n}{m_0} \cdot \frac{\rho_0}{\rho_n} = \frac{1}{\gamma - 1} \cdot \frac{p_0 RT}{p_n \mu} \approx \frac{1}{4,7 - 1} \cdot 2000 \approx$$

$$\approx 540$$

Ответ: 1) 0,0005 2) 540

№4

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 0,08 \text{ м}$$

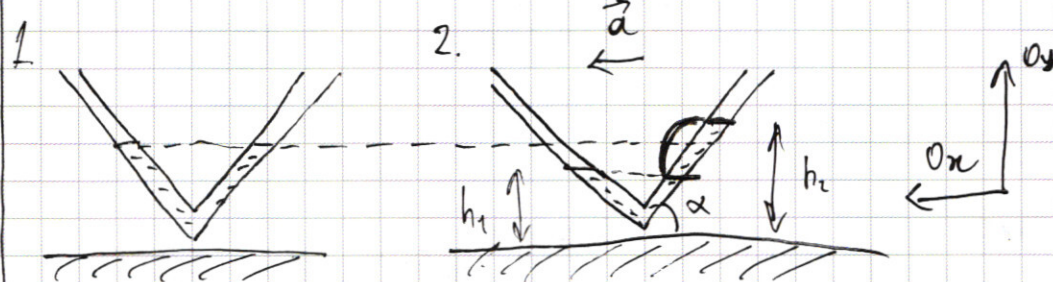
$$h_2 = 0,12 \text{ м}$$

Найти:

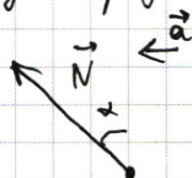
1) a - ?

2) $v_{\max}$ - ?

Решение:



~~Ускорение создается силой.~~ 1. Ускорение создается силой. Показан её F . Тогда на воду начинает действовать сила ~~реакции~~ реакции опоры направленная след. образом:



Будем рассматривать только горизонтальную проекцию F : F_x . Отметим, $F_x = N_x$. Возникшую N необходимо "компенсировать" по вертикальной оси (т.к. ускорение строго горизонтально).

~~Этой компенсацией~~ 2. Этой компенсацией является сила тяжести участка, отмеченного на рис. 2, т.к. N_y , по сути удерживает его и не дает системе прийти в начальное состояние. Значит,

$$N_y = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} mg$$

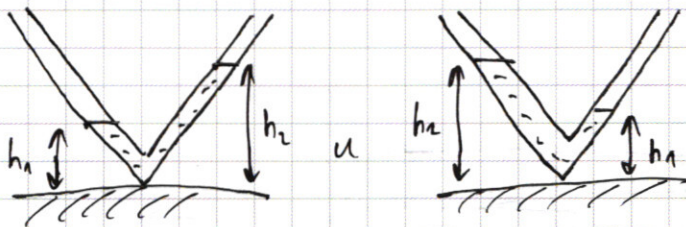
$$\alpha = 45^\circ \Rightarrow N_x = N_y \Rightarrow F_x = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} mg$$

$$a = \frac{F_x}{m} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} g = \frac{0,12 - 0,08}{0,12 + 0,08} \cdot 10 \approx 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

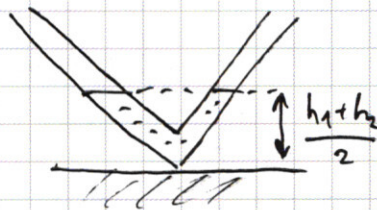
(Продолжение № 4)

2. При резкой «остановке» ускорения система начнет колебаться, т.к. нет сил трения.

Она будет колебаться между состояниями:

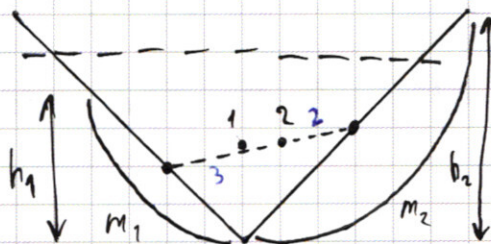


и максимальная скорость будет в состоянии равновесия:



Рассмотрим теперь центр масс системы в двух положениях:

2 см



Положение центра масс 1 очевидно. Положение центра масс 2 делит в отн. $\frac{2}{3}$

отрезок, соединяющий центры масс участков воды, находящихся в разных трубках

($\frac{h_1}{h_2} = \frac{2}{3} = \frac{m_1}{m_2}$)

Отсюда видно, что смещение по вертикальной оси равно $\Delta h = 0,2$ см ($\frac{3}{5} \cdot 2 \text{ см} - \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ см} = 0,2 \text{ см}$).
↑
сторона одной клетки

$$\text{Значит, } mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,2 \cdot 10^{-2}} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ $1/2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

Дано:

$S, m, M = 5m, \mu$

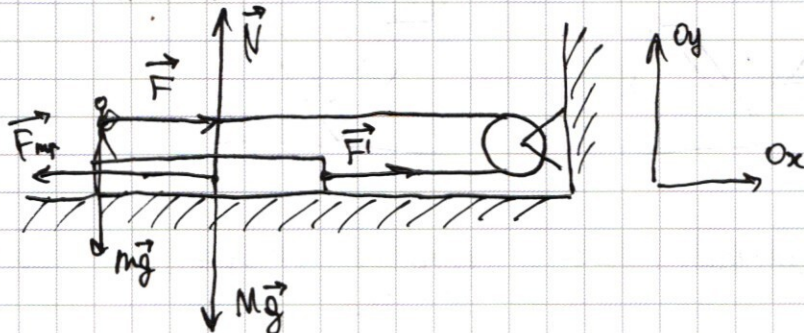
Найти:

1) F_T - ?

2) $F_{\min}$ - ?

3) v_k - ?

Решение:



1. Крайне mg, Mg и N по вертикальной оси сил нет, поэтому $F_T = (m+M)g = 6mg$

2. Будем рассматривать человека и ящик как ~~один объект~~ один объект. Тогда:

~~$(m+M)a = 2F - F_{fr}$~~

$(m+M)a = 2F - F_{fr}$

$F = F_{\min}, F_{fr} = \mu N = \mu g(m+M), a = 0$ (сила минимальна)

$2F_{\min} = \mu g(m+M)$

$F_{\min} = 3\mu mg$

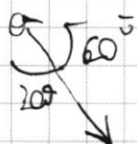
3. $6ma = 2F - 6\mu mg \Rightarrow a = \frac{F}{3m} - \mu g$

$at = v_k \Rightarrow t = \frac{v_k}{a}$

$S = \frac{at^2}{2} = \frac{v_k^2}{2a} \Rightarrow v_k = \sqrt{2aS} = \sqrt{2S(\frac{F}{3m} - \mu g)}$

Ответ: 1) $6mg$ 2) $3\mu mg$ 3) $\sqrt{2S(\frac{F}{3m} - \mu g)}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{m \cdot 6,25 v^2}{2}$$

$$h = \frac{5,25 \cdot v^2}{2} = 5,25$$

$$\frac{21,8}{10} \quad \frac{4}{10} \quad \frac{5}{20}$$

$$16,8 \text{ м}$$

$$\frac{150}{125} = \frac{6}{5}$$

$$\frac{2}{5} = \frac{1}{5} \text{ см}$$

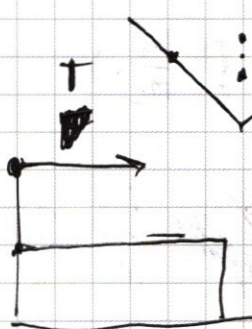
$$336 + 48 = 384$$

$$4 \cdot 96 = 4 \cdot 16 \cdot 6$$

$$\frac{4 \cdot 1,4 \cdot 1,7 - 2 \cdot 1,7}{5}$$

$$\frac{28 \cdot 8}{5 \cdot 5} - 2 \cdot \frac{8}{5} = \frac{224 - 80}{25} = \frac{144}{25}$$

$$\frac{144}{125}$$



$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$a = \frac{v^2}{r}$$

$$mg \Delta h = \frac{mv^2}{2}$$

$$4 \cdot 1,6 \quad \frac{184}{10}$$

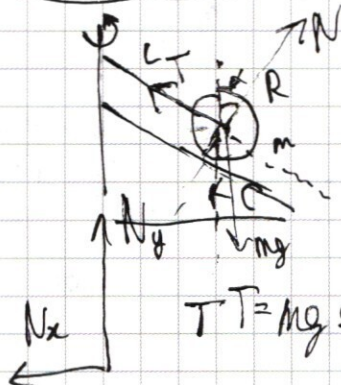
$$a = \omega^2 r$$

$$v^2 = \sqrt{2g \Delta h}$$

$$\frac{32}{5} \cdot 12$$

$$\sqrt{2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{5} \cdot 10^2}$$

$$\frac{92}{5}$$



$$T = mg \sin \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = 6 \mu mg = 2F$$

$$6 \mu mg$$

$$mg \sin \alpha - mg \cos \alpha$$

$$F = 3 \mu mg$$

$$ma = F$$

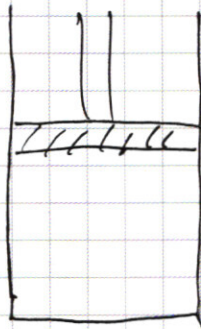
$$5ma = F - 6 \mu mg$$

$$-4ma = 6 \mu mg$$

$$F - F_{\text{тр}} =$$

$$F - 6 \mu mg = 6ma$$

$$5ma$$



$$\varphi = 100\%$$

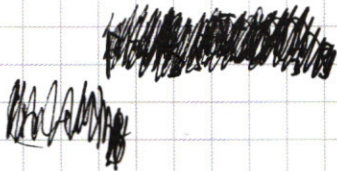
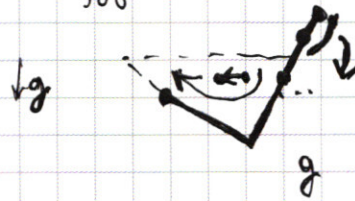
$$T = 95^\circ\text{C}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$g = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mu = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad 18 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{180}{368} \approx \frac{183}{368} \approx 0,5$$



$$\frac{m}{V} \quad P = \frac{m \cdot R T}{M V}$$

$$F - 6 \mu m g = 5 m a \quad P_1 V$$

$$\frac{1}{20} \frac{1}{5} m g = F$$

$$m g = F \quad V = a t$$

$$2F - 6 \mu m g = 6 m a$$

$$\frac{P_2 V}{\gamma}$$

$$P_2 = \gamma P_1$$

$$m g = \frac{m g}{\gamma} \quad a = \frac{g}{\gamma}$$

$$m a = F$$

$$F - 3 \mu m g = 3 m a$$

$$P \cdot V = \frac{m R T}{\mu}$$

$$\frac{P V}{\gamma} = \frac{m R T}{M} \rightarrow \frac{m_0}{m_2} = \gamma$$



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

$$m a = F$$

$$\frac{m_n + m_0}{m_n} = \gamma$$

$$\frac{m_0}{m_i} \quad 2F = 6 \mu m g \quad F = 3 \mu m g$$

$$\frac{m}{m_i} = \gamma$$

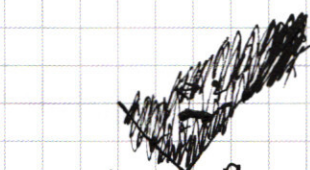
$$s = \frac{1}{2} a t^2$$

$$m_n + m_0 = \gamma m_n$$

$$m_0 = m_n (\gamma - 1)$$

$$\frac{m_n}{m_0} = \frac{1}{\gamma - 1}$$

$$\begin{array}{r} 20000 \overline{) 37} \\ 185 \overline{) 15405} \\ 150 \overline{) 148} \\ 148 \overline{) 200} \end{array}$$



$$m a = F$$

$$V = a t \Rightarrow t = \frac{a}{V_n}$$

$$F s = m a$$

$$\frac{V_n^2}{2a} = s$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{\frac{m_n}{\rho_n}}{\frac{m_0}{\rho_0}} = \frac{m_n}{m_0} \cdot \frac{\rho_0}{\rho_n} = \frac{2000}{3,7}$$

$$F = m a$$

$$m a = F$$

$$V_n = \sqrt{2 a s} \quad V_n = \sqrt{2 a s}$$



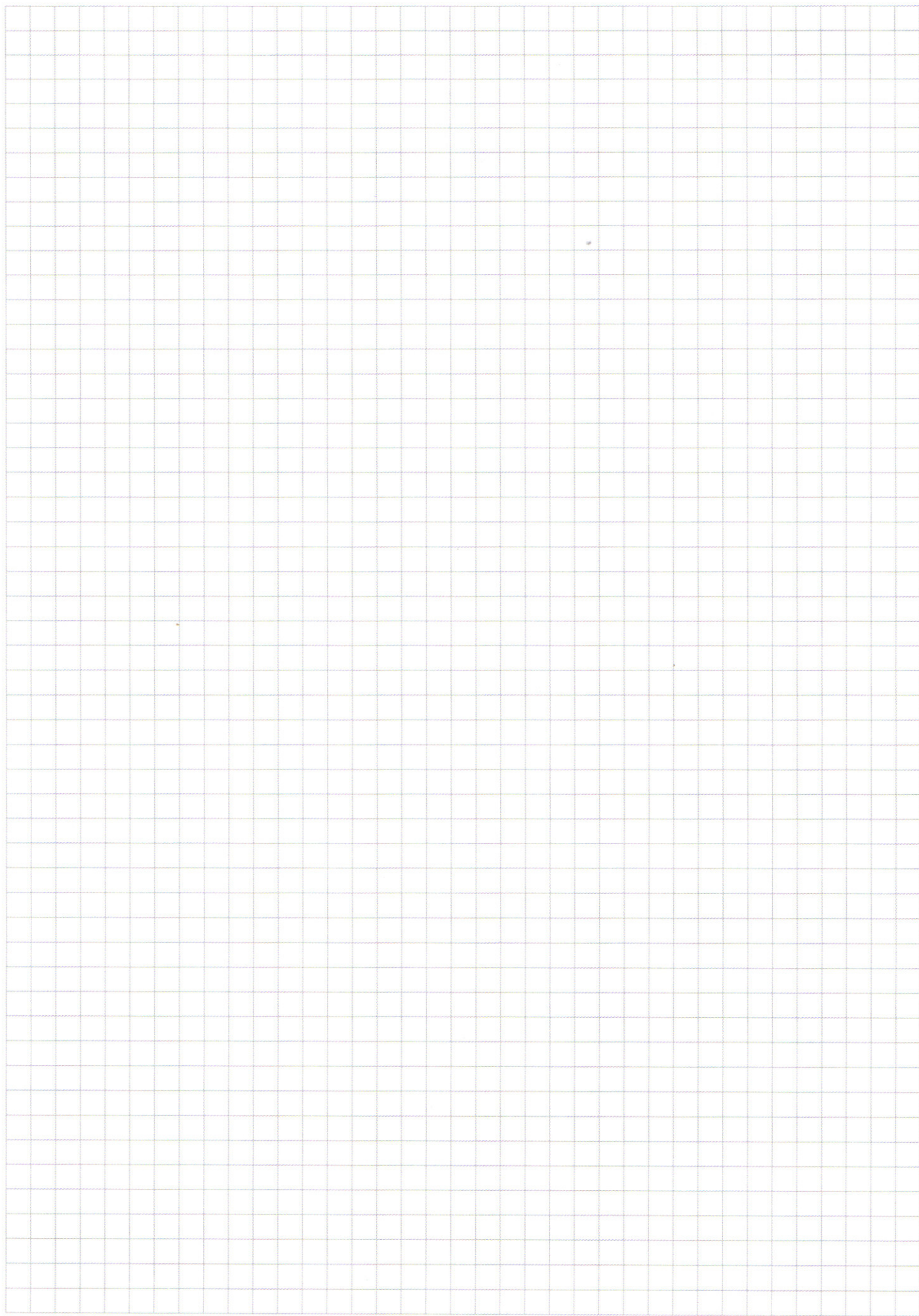
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)