

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-01

Класс 10

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

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.

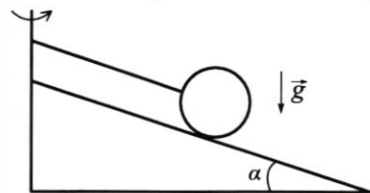
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

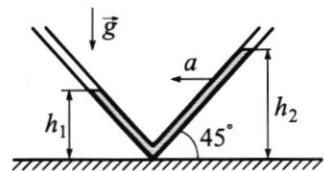
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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.

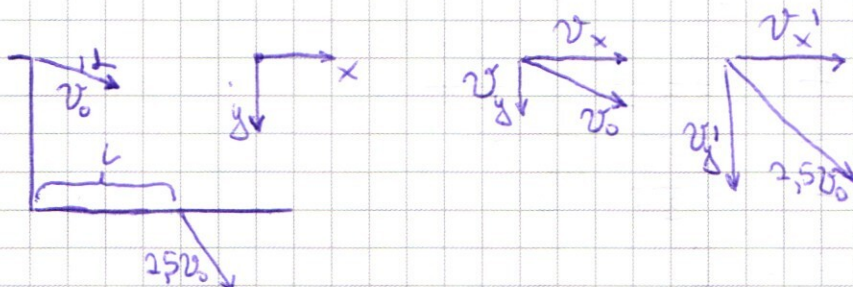
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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



$$1) v_y = v_0 \sin \alpha \quad v_x = v_0 \cos \alpha \quad v_x = \text{const} = v_x'$$

$$(2,5v_0)^2 = (v_y')^2 + v_x^2 = (v_y')^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$v_y' = v_0 \sqrt{2,5^2 - \cos^2 \alpha} = 8\sqrt{6} \text{ м/с} \approx 19,2 \text{ м/с}$$

Ответ: $8\sqrt{6} \text{ м/с} \approx 19,2 \text{ м/с}$

$$2) v_y' = v_y + gt = v_0 \sin \alpha + gt$$

$$t = \frac{v_y' - v_0 \sin \alpha}{g} = 0,4(2\sqrt{6} - 1) \text{ с} \approx 1,5 \text{ с}$$

Ответ: $1,5 \text{ с}$

$$3) l = v_x t = v_0 \cos \alpha t =$$

$$= 6 \text{ м}$$

Ответ: 6 м

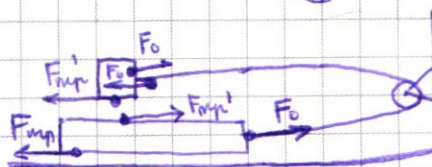
№2

$$1) N = (m + M)g = 6mg$$

Ответ: $6mg$

$$2) F = F_{\text{тр}} = \mu N = 6\mu mg$$

Ответ: $6\mu mg$



Тело не поскользнется относительно доски,
значит $F_0 = F_{\text{тр}}'$

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}}' + F_0 = 2F_0$$

$$F_0 = \frac{1}{2} F_{\text{тр}} = \frac{1}{2} \mu 6mg = 3\mu mg$$

Ответ: $3\mu mg$

$$3) 6ma = F - F_0$$

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$v_0 = 0$$

$$S = \frac{at^2}{2}$$

$$v = v_0 + at = at$$

$$S = \frac{av^2}{2a^2} = \frac{v^2}{2a} = \frac{6mv^2}{2(F-F_0)} = 3 \frac{mv^2}{F-F_0}$$

$$v = \sqrt{\frac{2S(F-F_0)}{3m}} = \sqrt{S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}$$

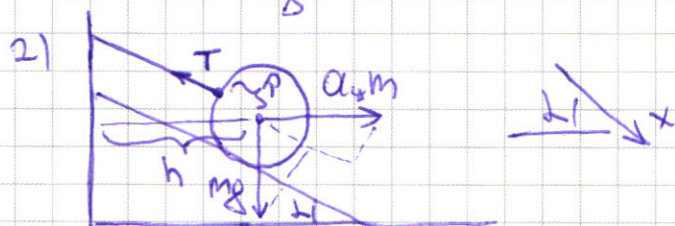
$$\text{Ответ: } \sqrt{S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}$$

13



$$Ox: T = mg \sin \alpha$$

$$\text{Ответ: } mg \sin \alpha$$



$$T = mg \sin \alpha + ma_y \cos \alpha$$

$$a_y = \omega^2 h$$

$$h = (R+L) \cos \alpha$$

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

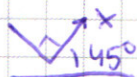
$$T = m(g \sin \alpha + \omega^2 (R+L) \cos^2 \alpha)$$

$$\text{Ответ: } m(g \sin \alpha + \omega^2 (R+L) \cos^2 \alpha)$$

14

Введем кривую ось x , направленную

вдоль ниточки



$$45^\circ = \alpha$$

и перейдем в систему отсчета

относительно ниточки

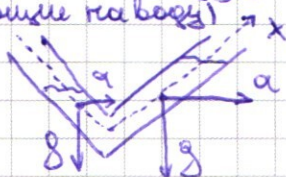
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$1) O_x: S\rho h_1 \frac{1}{\sin \alpha} (g \sin \alpha + a \cos \alpha) = S\rho h_2 \frac{1}{\sin \alpha} (g \sin \alpha - a \cos \alpha)$$

$$\sin \alpha = \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Атмосферное давление не учитываем т.к. оно компенсирует само себя

P.S. в системе отсчета относительно трубки ускорений будут выглядеть так:
(действующие на воду)



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

$$\frac{h_1}{h_2}g + \frac{h_1}{h_2}a = g - a$$

$$a\left(\frac{h_1}{h_2} + 1\right) = g\left(1 - \frac{h_1}{h_2}\right)$$

$$a = g \frac{1 - \frac{h_1}{h_2}}{\frac{h_1}{h_2} + 1} = 2 \text{ м/с}^2$$

Ответ: 2 м/с^2

2) При установлении равномерного движения вода начнет колебаться относительно точки покоя, в этой точке скорость и будет максимальной.

Учитывая, что $S = \text{const}$ и $\alpha = 45^\circ$, то высота воды в состоянии покоя будет равна:

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} = 10 \text{ см}$$

$$\Delta h = h - h_1 = \frac{h_2 - h_1}{2} = 2 \text{ см}$$

Изменение потенциальной энергии будет равно приобретенной кинетической

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

$$2gh = v^2$$

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{g(h_2 - h_1)} = 210 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 6,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $6,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

15

$$1) pV = \nu RT$$

$$T = 368 \text{ K}$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$p = \frac{\rho RT}{M}$$

$$\rho = \frac{pM}{RT} \approx 0,54 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = 0,54$$

Ответ: $0,54$

2) Процесс изотермический, значит $T = \text{const}$,
а значит и пар остается насыщенным
и $p = \text{const}$

Пусть m_0 - начальная масса пара, m_n масса
пара при $V = \frac{V_0}{8}$ а m_b масса воды при том же
 V пара,

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$V = \frac{RT}{Mp} \cdot m \quad \frac{RT}{Mp} = \text{const}$$

$$V \sim m$$

$$\frac{V_0}{V} = \frac{m_0}{m_n}$$

$$m_n = m_0 \frac{V}{V_0} = \frac{m_0}{8}$$

По закону сохранения масс:

$$m_0 = m_n + m_b$$

$$m_b = m_0 - m_n = m_0 \left(1 - \frac{1}{8}\right)$$

$$V_b = p_b^{-1} m_b \quad V_n = p_n^{-1} m_n$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{p_n^{-1} m_n}{p_b^{-1} m_b} = \frac{p_n^{-1} \cdot \frac{m_0}{8}}{p_b^{-1} m_0 \left(1 - \frac{1}{8}\right)} = \left(\frac{p_n}{p_b}\right)^{-1} \cdot \frac{1}{8-1} \approx 0,5$$

Ответ: $0,5$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$273 \cdot 35 =$
 $= 368 \text{ V}$

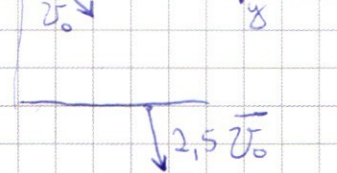
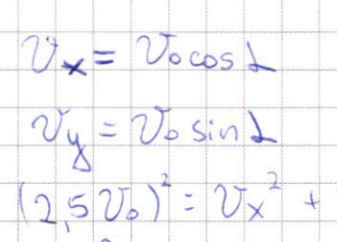
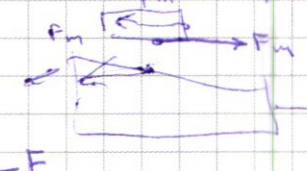
$2,4 \cdot 8 =$
 $= 16 + \frac{4}{10} \cdot \frac{80}{10}$

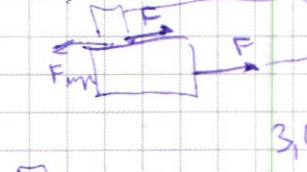
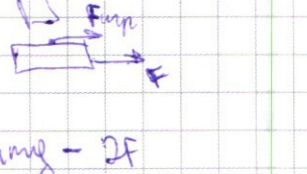
$\frac{320}{100} \approx$
 $3,2$
 $18,2$

$v_x = v_0 \cos \alpha$
 $v_y = v_0 \sin \alpha$
 $(2,5v_0)^2 = v_x^2 + v_y^2$
 $v_y^2 = v_0^2(2,5^2 - \cos^2 \alpha)$
 $v_y' = v_0' \sqrt{2,5^2 - \cos^2 \alpha}$
 $v_y' = v_y + gt$
 $v_0' \sqrt{2,5^2 - \cos^2 \alpha} = v_0 \sin \alpha + gt$
 $t =$
 $8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,5 = 4 \cdot 1,5 : 6$

$2,5 - 2,5$
 5
 $0,5 \cdot 2,5$
 $1,25$

$2,4 \cdot 2$
 $(2,5 + \frac{1}{2})(2,5 - \frac{1}{2})$
 $0,4(4,8 - 1)$
 $3 \cdot 2 = 6$
 $3,8 \cdot 0,4$
 $\cos \alpha = \frac{2,5v_0}{v_0 \cos \alpha}$
 $8\sqrt{6}$
 $8\sqrt{6} - 8 \cdot \frac{1}{2}$
 $\frac{8\sqrt{6} - 4}{8,8}$
 $\frac{8\sqrt{6} - 4}{8,8} \cdot 1,5$
 $4(2) \cdot 1,5$
 $120 + 32 \cdot \frac{8}{4}$
 $\frac{152}{100}$
 $0,4(2\sqrt{6} - 1)$
 $\frac{31 \cdot 1}{10 \cdot 10}$
 $0,31$
 $6,3$
 $3,6$
 $3,15$

$W^2 R$
 $10 \frac{4 - \frac{8}{12}}{\frac{8}{12} + 1} = 10 \frac{\frac{4}{12}}{\frac{20}{12}}$
 $O = G_{max} - 2F$

$$R = \frac{pV}{RT} = \frac{\text{Плотность}}{\text{масса} \cdot K_A} \cdot 10^3$$

$$\frac{1}{0,54} = \frac{1}{3,4}$$

$$1000 \cdot 2 = 2000$$

$$\frac{18 \cdot 85 \cdot 10^4}{40 \cdot 8,31 \cdot 368}$$

$$\frac{18 \cdot 85}{8,3 \cdot 368}$$

$$\frac{1}{0,54} = \frac{1}{3,4}$$

$$\frac{1530}{2855} = \frac{306}{571} = \frac{103}{191} = \frac{34}{63}$$

$$\frac{18}{85} = \frac{90}{425}$$

$$33 + 30$$

$$\frac{11}{21} = \frac{55}{100}$$

$$5 \cdot 573$$

$$20 \cdot 15 + 6 = 306$$

$$= 306$$

$$28 \cdot 20 + 11 = 560 + 11$$

$$1000 \cdot 120$$

$$\frac{1530}{2855} = \frac{306}{571} = \frac{103}{191} = \frac{34}{63}$$

$$4,8$$

$$/10$$

$$0,54$$

$$\frac{54}{370}$$

$$\frac{100 \cdot 10}{54 \cdot 34}$$

$$\frac{1000}{1898}$$

$$\frac{18}{123}$$

$$\frac{6}{41}$$

$$\frac{54}{10 \cdot 34}$$

$$\frac{100}{21}$$

$$\frac{100}{21}$$

$$\frac{54 \cdot 10}{100 \cdot 34}$$

$$\frac{V_n}{V_0}$$

$$\frac{120}{3}$$

$$3 \cdot 40$$

$$P = \text{const}$$

$$P = \frac{m_0}{V} = \frac{m_0}{V_0}$$

$$V \sim V$$

$$V \sim m_0$$

$$44 = \frac{m_0}{m_n}$$

$$m_n = \frac{m_0}{4,4}$$

$$\frac{1}{0,54} = \frac{1}{3,4}$$

$$\frac{100}{40}$$

$$2,5 \cdot 6 = 12,5$$



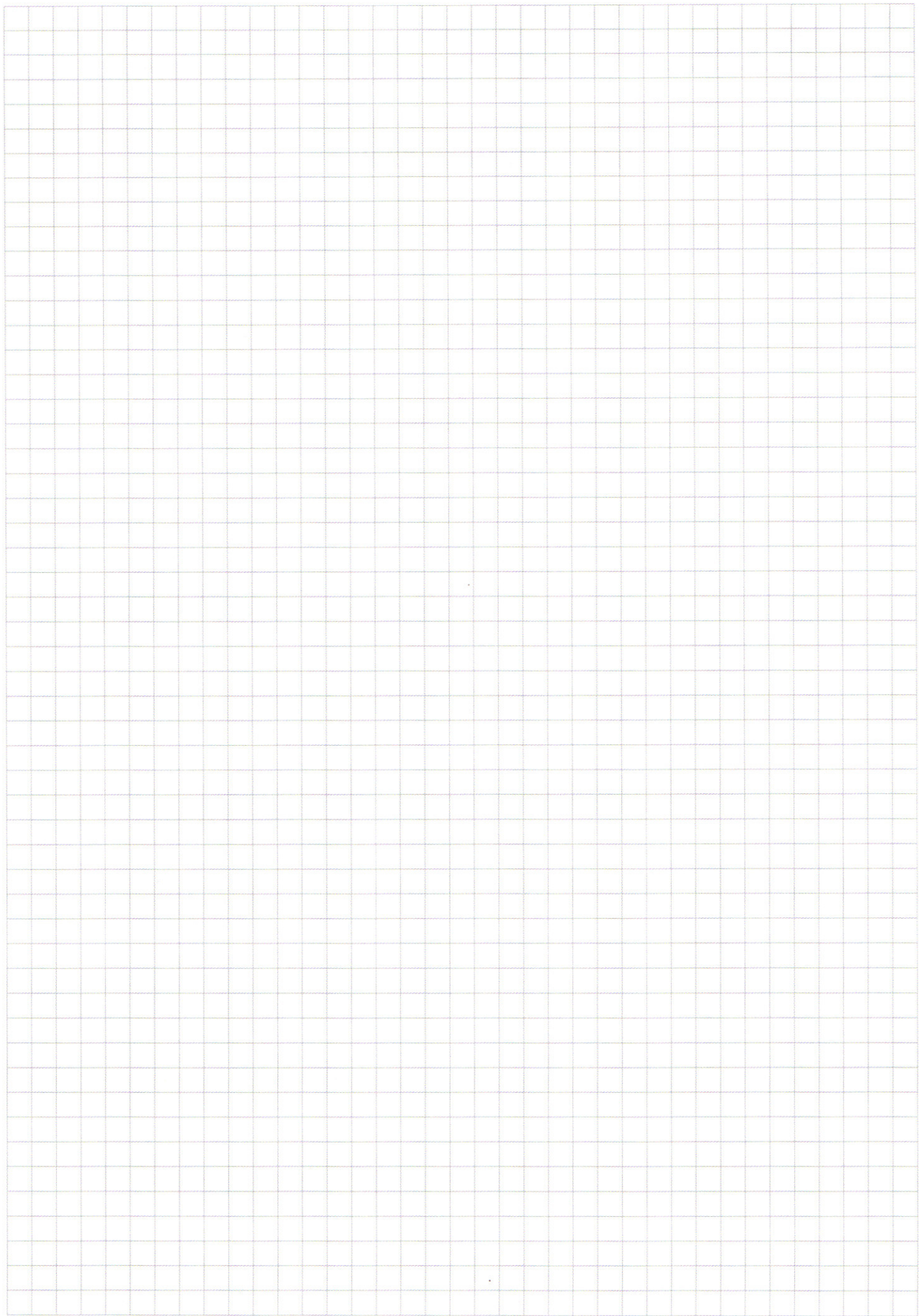
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)





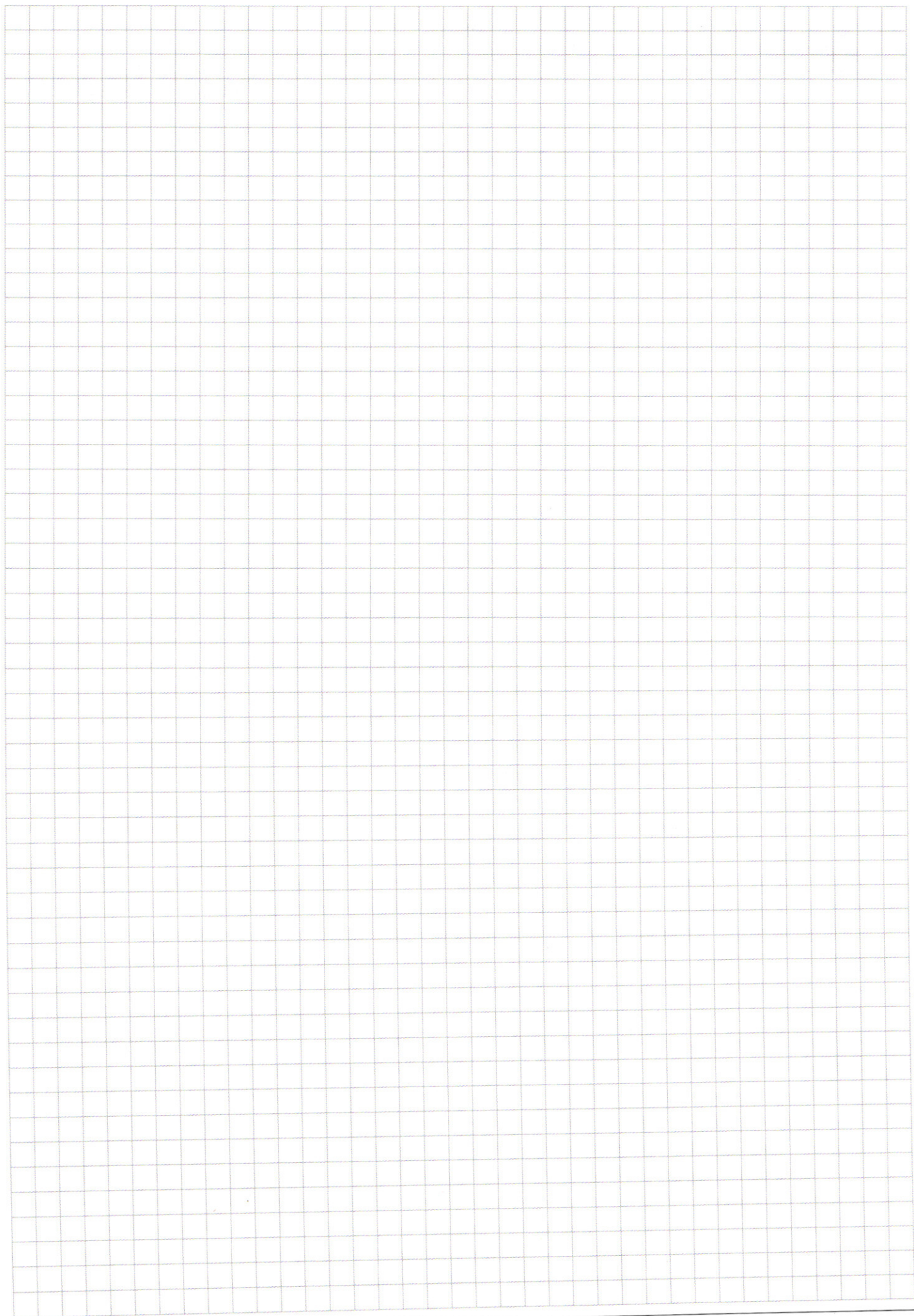
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)