

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?

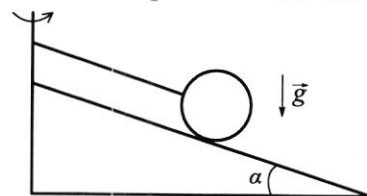
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

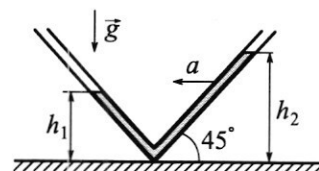


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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: Решить:

$$V_0 = 8 \frac{m}{c}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$1) V_y' = ?$$

$$2) \tau = ?$$

$$3) l = ?$$

V' — конечная скорость; $V' = 25 V_0$

V_y' — y-ая составляющая V' ; ($V_x' = 0$)

τ — время всего полета

h — высота вышки

$$V_y = -V_0 \sin \alpha - g t$$

$$V_y' = -V_0 \sin \alpha - g \tau$$

$$|V_y'| = V_0 \sin \alpha + g \tau$$

$$2) V_x = V_0 \cos \alpha = V_x'$$

3) по т. Пифагора:

$$V'^2 = V_x'^2 + V_y'^2$$

$$6,25 V_0^2 = V_0^2 \cos^2 \alpha + V_0^2 \sin^2 \alpha + 2 V_0 \sin \alpha g \tau + g^2 \tau^2$$

$$g^2 \tau^2 + 2 g \tau V_0 \sin \alpha + V_0^2 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) - 6,25 V_0^2 = 0$$

$$g^2 \tau^2 + 2 g \tau V_0 \sin \alpha - 5,25 V_0^2 = 0$$

$$g \tau = \frac{-2 V_0 \sin \alpha \pm \sqrt{4 V_0^2 \sin^2 \alpha + 21 V_0^2}}{2}$$

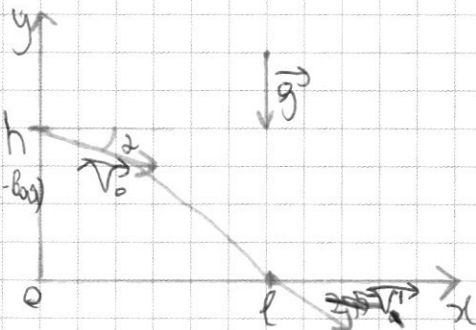
$$g > 0; \tau > 0$$

$$g \tau = V_0 (\sqrt{\sin^2 \alpha + 5,25} - \sin \alpha)$$

$$\tau = \frac{V_0 (\sqrt{\sin^2 \alpha + 5,25} - \sin \alpha)}{g} = \frac{8}{10} \left(\sqrt{\frac{3}{4} + \frac{21}{4}} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) c = 0,4 (\sqrt{24} - \sqrt{3}) c = 0,477 (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) c$$

$$= 0,68 \cdot 1,8 c = 1,224 c \approx 1,2 c$$

$$|V_y'| = V_0 \sin \alpha + V_0 (\sqrt{\sin^2 \alpha + 5,25} - \sin \alpha) = V_0 \sqrt{\sin^2 \alpha + 5,25} = 8 \frac{\sqrt{24}}{2} \frac{m}{c} = 8 \sqrt{6} \frac{m}{c}$$



$$= 19,04 \frac{m}{c} \approx 19 \frac{m}{c}$$

$$1) x = V_x t = V_0 \cos 2 t$$

$$l = V_0 \cos 2 t = \frac{V_0^2 \cos 2 t}{g} (1 \sin^2 2 + 5,25 - \sin 2) = \frac{64 \cdot 7}{70} \left(\frac{\sqrt{24}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} \right) m =$$

$$= 1,6(\sqrt{24} - \sqrt{2}) m = 4,896 m \approx 4,9 m$$

$$\text{Ответ: } 1) 19 \frac{m}{c}; 2) 1,2 c; 3) 4,9 m$$

✓

Дано: Решение:

S

F

m

1) Система заданная системой

шуре-человек) = N сила нормально

M = 5 m на реакцию оторы (пала); не 3-м и 4-м

2-м и 3-м (для системы)

$$1) P = ? \quad \text{оу: } N = mg + Mg = 6mg = P$$

$$2) F_0 = ? \quad 2) F_0 - \text{min сила, необходимая для движения}$$

$$3) V = ? \quad F_0 = T_1 = T_2 = F; \text{ т.к. } \text{человек} \text{ и } \text{шуре} \text{ (} T_1, T_2 - \text{силы натяжения каната)}$$

2-м и 3-м (для шуре):

$$\text{оу: } T_2 \geq F_{\text{нр}}$$

$$F_0 = F_{\text{нр}}$$

$$F_{\text{нр}} = MN = 6mg$$

$$F_0 = 6mg$$

$$F_1 = F_0$$

$$\text{оу: } T_1 = N, \text{ (сила, с которой}$$

шуре действует на человека)

$$N_1 = F_1 \text{ (сила, с которой человек толкает шуре нормально)}$$

2-м и 3-м (для шуре):

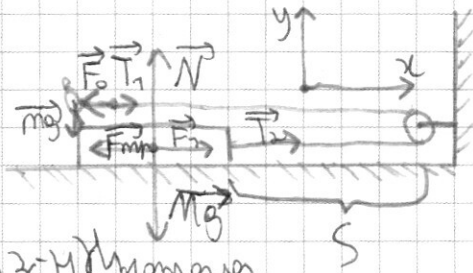
$$T_2 + F_1 \geq F_{\text{нр}}$$

$$2F_0 = F_{\text{нр}}$$

$$F_{\text{нр}} = MN = 6mg$$

$$2F_0 = 6mg$$

$$F_0 = 3mg$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) СЭ:

$$2FS = F_{\text{нр}}S + \frac{6mV^2}{2}; V - \text{равенная скорость системы}$$

$$3mV^2 = S(2F - F_{\text{нр}})$$

$$3mV^2 = S(2F - 6m\cos\alpha)$$

$$F > F_0$$

$$F > 3m\cos\alpha$$

$$2F > 6m\cos\alpha$$

$$2F = 6m\cos\alpha + \frac{3mV^2}{S}$$

$$6m\cos\alpha + \frac{3mV^2}{S} > 6m\cos\alpha$$

$$V^2 = S\left(\frac{2F}{3m} - 2\cos\alpha\right)$$

$$V = \sqrt{\frac{S}{3m}(F - 3m\cos\alpha)}$$

Ответ: 1) $6m\cos\alpha$; 2) $3m\cos\alpha$; 3) $\sqrt{\frac{S}{3m}(F - 3m\cos\alpha)}$

✓3

Дано: Решение:

m T_0 - сила натяжения нити в неподвижной системе

R T - сила натяжения нити во вращающейся системе

α 1) 22° - Ньютон

①

L $\text{or } T_0 = mg \sin \alpha$

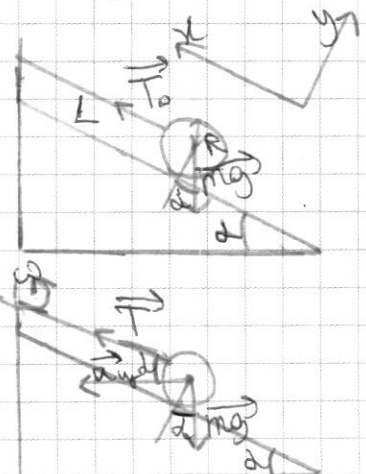
ω 2) 22° - Ньютон

1) $T_0 = ?$ $\text{or } T - mg \sin \alpha = m a_{\text{нр}} \cos \alpha$

2) $T = ?$ $a_{\text{нр}} = \omega^2 R = \omega^2 (R + L) \cos \alpha$

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

②



Облем: 1) $mg \sin \alpha$; 2) $m(g \sin \alpha + \omega^2 \cos^2 \alpha (R+L))$
 $\checkmark 4$

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ cm} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$h_2 = 12 \text{ cm} = 12 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$1) a = ?$$

$$2) V = ?$$

Решение:

F_2 — сила давления ^{жидкости} правого колеса

F_1 — сила давления ^{жидкости} левого колеса

1) 3-й закон Ньютона.

$$\text{по } x: F_2 - F_1 = ma \quad (m - \text{масса всей жидкости})$$

$$F_2 = P_2 S = \rho g h_2 S; \quad \rho - \text{плотность жидкости}; S - \text{площадь поперечного сечения}$$

$$F_1 = \rho g h_1 S$$

$$m = m_1 + m_2 = \rho(V_1 + V_2) = \frac{\rho S}{\sin \alpha} (h_1 + h_2)$$

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

$$a = g \sin \alpha \frac{(h_2 - h_1)}{(h_1 + h_2)} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{20 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \approx 1,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2) Когда жидкость начнет двигаться равномерно, жидкость начнет двигаться с ускорением a отнес-но трубки до момента, когда в обоих коленах установится уровень жидк-ти h ($h = \frac{h_1 + h_2}{2}$), и max скорость V будет конечной скоростью жидк-ти.

$$V^2 = 2al; \quad l - \text{путь, пройденный жидк-ю отнес-но трубки}$$

$$l = \frac{1}{\sin \alpha} (h_2 - h) = \frac{1}{\sin \alpha} (h_2 - \frac{h_1 + h_2}{2}) = \frac{h_2 - h_1}{2 \sin \alpha}$$

$$V^2 = 2a \cdot \frac{h_2 - h_1}{2 \sin \alpha} = g \frac{(h_2 - h_1)^2}{h_1 + h_2}$$

$$V = (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{h_1 + h_2}} = 4 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{10}{20 \cdot 10^{-2}}} = \frac{0,4}{\sqrt{2}} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{0,4 \sqrt{2}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,2 \sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 0,28 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 0,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } 1) 1,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; 2) 0,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$\checkmark 5$

↓ на следующей странице ↓

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Дано:

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

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{Па}$$

$$\gamma = 1,7$$

$$\rho = 12 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$m = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$1) \frac{P_n}{P} = ?$$

$$2) \frac{V_n'}{V_0} = ?$$

Решение:

P_n — давление пара

V_n' — объем пара к моменту, когда $\frac{V_{0n}}{V_n'} = \gamma$ (там. объем пара)

V_0' — объем воды к моменту, когда $\frac{V_{0n}}{V_0'} = \gamma$

1) $P V_{0n} = \frac{m_{0n}}{m} R T$ — из Менделеева-Клапейрона

$P_n = \text{const}$; m — к. $T = \text{const}$, а пар насыщенным

$$P = \frac{P_n}{m} R T$$

$$P_n = \frac{m P}{R T} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4}{8,317 \cdot 368} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \approx 0,5 \text{Па}$$

$$\frac{P_n}{P} = \frac{m P}{R T P} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4}{8,317 \cdot 368 \cdot 10^3} \approx 5 \cdot 10^{-4}$$

2) $P = \text{const}$; m — к. $T = \text{const}$, а пар насыщенным

$$P V_n' = \frac{m_n'}{m} R T$$

$$P V_{0n} = \frac{m_{0n}}{m} R T$$

$$\frac{V_{0n}}{V_n'} = \frac{m_{0n}}{m_n'} = \gamma \Rightarrow V_{0n} = V_n' \gamma$$

$$m_0' = m_{0n} + m_n' \quad (\text{масса воды; } m_{0n} - \text{масс. пара воды})$$

$$\Delta m_0 = \Delta m_n = m_{0n} \quad m_n' = m_n' (\gamma - 1)$$

$$V_0' = \frac{m_0'}{\rho} = \frac{m_{0n} + m_n' (\gamma - 1)}{\rho}$$

m_0' — начальная масса воды

$$m_0' = m_{0n} - m_n'$$

$$m_0' = \rho V_0'$$

$$m_{0n} = \rho V_{0n}; \quad m_n' = \rho V_n'$$

$$\rho V_0' = \rho (V_{0n} - V_n')$$

$$pV_B^1 = p_n V_n^1 (\gamma - 1)$$

$$\frac{V_n^1}{V_B^1} = \frac{p}{p_n (\gamma - 1)} = \frac{pRT}{p_n (\gamma - 1)} = \frac{0,2 \cdot 10^4}{1,53,7} = 540$$

$$\text{Answer: } 1) 5 \cdot 10^{-4}, 2) 540$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 6 \\ \times 68 \\ \hline 118 \\ + 544 \\ \hline 68 \\ \times 224 \\ \hline 4 \\ \hline 4896 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 3,3 \\ \hline 0,4 \\ \hline 13,2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 7,7 \\ \hline 14 \\ + 408 \\ \hline 77 \\ \times 2400 \\ \hline 19 \\ \hline 19,04 \end{array}$$

$$p_{n1} = \frac{mP}{RT} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 88 \cdot 10^4}{8,31 \cdot 368} = 4,50837$$

$$p_{n2} = \frac{mP'}{RT} = \frac{4,50837 \cdot 11550,54}{3450} = 15,5054$$

$$15,5054 - 3324 = 126$$

$$F_2 = m_2 g = \rho \frac{h_2}{\sin \alpha} S g$$

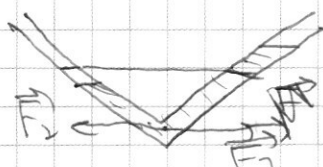
$$F_1 = m_1 g = \rho \frac{h_1}{\sin \alpha} S g$$

$$m = \rho S (h_1 + h_2)$$

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

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

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



$$F_2 = F_1 + F$$

$$h - h_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - \frac{2h_1}{2} = \frac{h_2 - h_1}{2}$$

$$P' (V_{on} - \Delta t) = \frac{(m_{on} - \Delta t) RT}{m}$$

$$P' V_{on} + P' \Delta t - \frac{\Delta t}{m} RT = \frac{m_{on}}{m} RT - \frac{\Delta t}{m} RT$$

$$V_{ob} P' + V_{on} (P' - P) = 2 \Delta t P' + \frac{\Delta t}{m} P'$$

$$\frac{P'}{P} = \frac{m_{ob} + \Delta t}{m_{ob}} = 1 + \frac{\Delta t}{m_{ob}} = 1 + \frac{\Delta t}{\frac{m_{ob}}{P}}$$

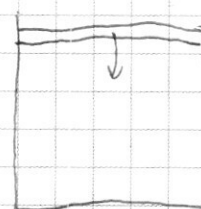
$$N \sin \alpha = F$$

$$N \cos \alpha = mg$$

$$\tan \alpha = \frac{F}{mg}$$

$$\alpha = g \tan \alpha$$

$$F = mg \tan \alpha$$



$$m_2 g \tan \alpha - m_1 g \tan \alpha = (m_1 + m_2) a$$

$$g \tan \alpha \left(\frac{\rho h_2}{\sin \alpha} - \frac{\rho h_1}{\sin \alpha} \right) = \frac{\rho S}{\sin \alpha} (h_1 + h_2) a$$

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

$$V_{ob} P' + V_{on} P' \frac{\Delta t}{P V_{ob}} = 2 \Delta t P' + \frac{\Delta t P'}{P}$$

$$P V_{ob} + \frac{P \Delta t}{P} = \frac{2 \Delta t P' + \frac{\Delta t P'}{P}}{P}$$

$$\frac{V_{n'}}{V_{e'}} = \frac{V_{n'}}{m_{ob} + m_{n'}(2-1)} = \frac{V_{n'}}{m_{ob} + P n' (2-1)} = \frac{P V_{ob}}{V_{n'}} + P n' (2-1)$$

$$\frac{V_{e'}}{V_{n'}} = \frac{V_{ob}}{V_{n'}} + \frac{P n' (2-1)}{P}$$

$$\frac{V_{e'} - V_{ob}}{V_{n'}} = \frac{P n' (2-1)}{P}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{V_{on}}{V_n'} &= \frac{m_{on}}{m_n'} = j \end{aligned} \right. \quad (1)$$

$$m_e' - m_{ob} = m_{on} - m_n' \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{aligned} p_n &= \frac{m_{on}}{V_{on}} = \frac{m_{on}}{j V_n'} \end{aligned} \right. \quad (3)$$

$$p = \frac{m_{ob}}{V_{ob}} = \frac{m_e'}{V_e'} \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{V_n'}{V_e'} &= 2 \end{aligned} \right. \quad (5)$$

$$2 \cdot p(V_e' - V_{ob}) = m_{on} - m_n'$$

$$p(V_e' - V_{ob}) = p_n(V_{on} - V_n')$$

$$p(V_e' - V_{ob}) = p_n V_n' (j - 1) / : V_e'$$

$$p(1 - \frac{V_{ob}}{V_e'}) = 2 p_n (j - 1)$$

$$\cancel{p(1 - \frac{V_{ob}}{V_n'}) = 2 p_n (j - 1)}$$

$$\cancel{p - \frac{p V_{ob}}{V_n'} = 2 p_n (j - 1)}$$

$$\cancel{2 p_n (j - 1) + \frac{p V_{ob}}{V_n'} = p}$$

$$p(1 - \frac{V_{ob} j}{V_{on}}) = 2 p_n (j - 1) / : 2 j$$

$$p(\frac{1}{2j} - \frac{V_{ob}}{V_{on}}) = \cancel{2 p_n (j - 1)} p_n (1 - \frac{1}{j})$$

$$\frac{p}{2j} = p_n (1 - \frac{1}{j})$$

$$2 = \frac{p}{p_n (j - 1)} = 703$$

$$\begin{array}{r} 20037 \\ - 1850,054 \\ \hline 153 \\ - 150 \\ \hline 3 \\ \hline 2 \end{array}$$



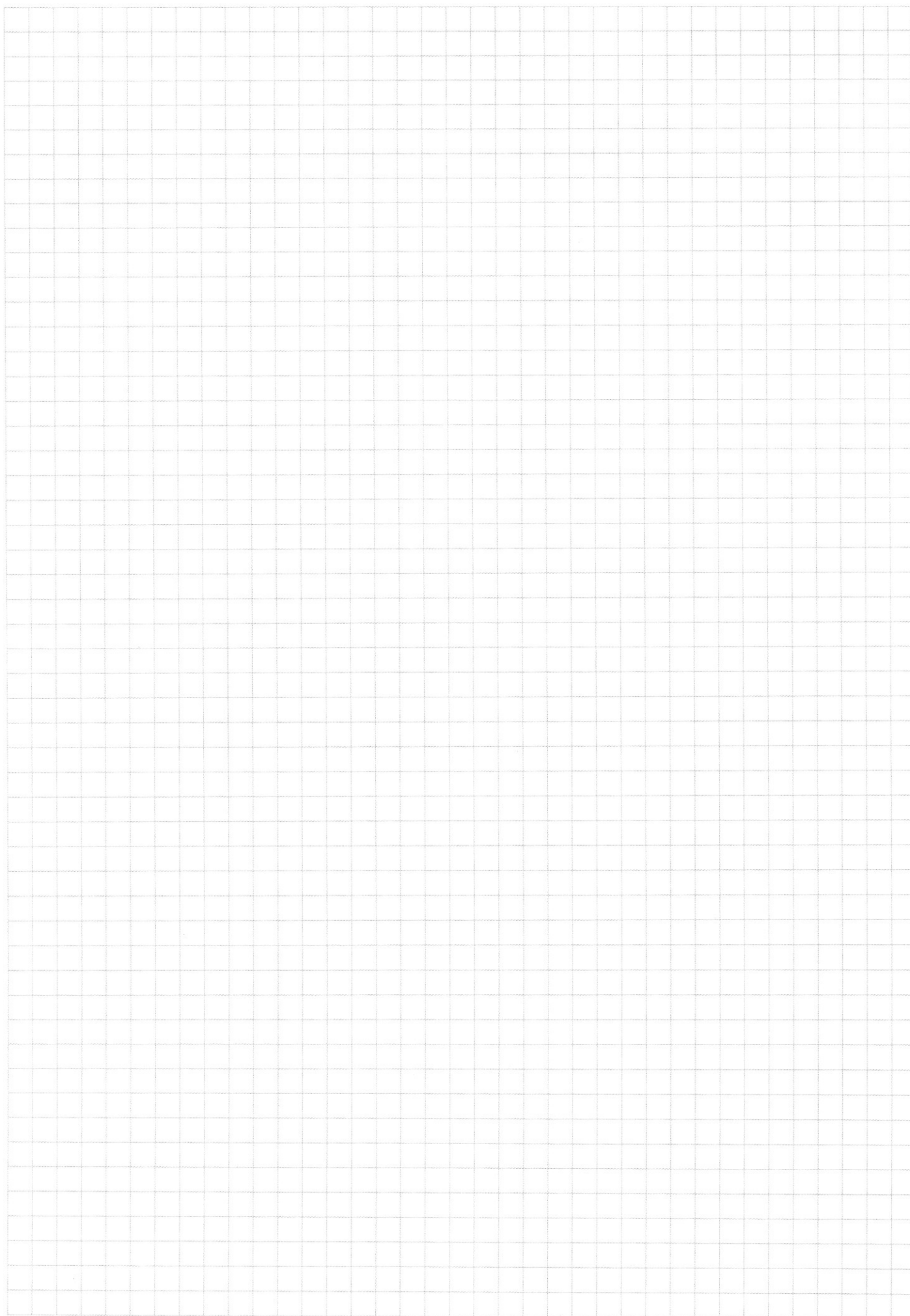
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)