

Олимпиада «Физтех» по физике, 4

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?

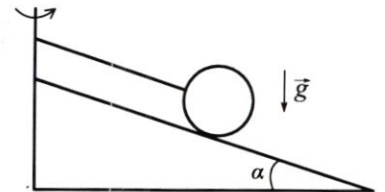
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

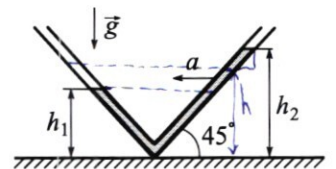


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.



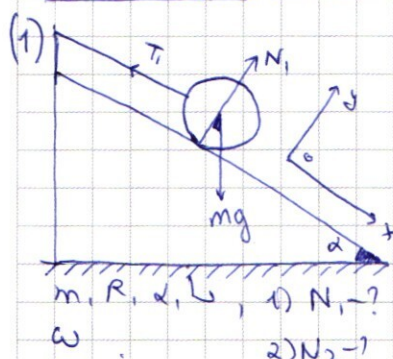
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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

Задача (3)



1) 1 случай. ОУ: $(23N) = N_1 = mg \cos \alpha$

(2) 2 случай.

т.к. ~~к~~ поверхности клина
надавал, то сила трения
нет.

~~{ OX || поверхности клина, }
{ OY || поверхности клина. }~~

ОУ: $N_2 = mg \cos \alpha +$

$ma_n = T_2 \cos \alpha - N_2 \sin \alpha$. - ~~OX~~. ~~OY~~: $N_2 \cos \alpha - mg + T_2 \sin \alpha = 0$.

$T_2 = \frac{mg - N_2 \cos \alpha}{\sin \alpha}$. $a_n = \omega^2 (L + R) \cos \alpha$. $\Rightarrow$

$ma_n = (mg - N_2 \cos \alpha) \operatorname{ctg} \alpha - N_2 \sin \alpha$. $ma_n = mg \operatorname{ctg} \alpha - N_2 \operatorname{ctg} \alpha \cdot \cos \alpha - N_2 \sin \alpha$.
 $- N_2 (\sin \alpha + \operatorname{ctg} \alpha \cdot \cos \alpha) = ma_n - mg \operatorname{ctg} \alpha$.

$N_2 = \frac{m(g \operatorname{ctg} \alpha - \omega^2 (L + R) \cos \alpha)}{\sin \alpha + \operatorname{ctg} \alpha \cdot \cos \alpha} = \frac{m(g \operatorname{ctg} \alpha - \omega^2 (L + R) \cos \alpha) \sin \alpha}{\sin \alpha + \operatorname{ctg} \alpha \cdot \cos \alpha} =$
 $m(g - \omega^2 (L + R) \sin \alpha) \cos \alpha$.

Ответ: 1) $N_1 = mg \cos \alpha$ 2) $N_2 = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L + R) \sin \alpha)$.

5. Задача



$T = \text{const}$,
 P .

Упр-е М-К: $PV = \frac{m}{M} RT$. $\Rightarrow P_M = \frac{m}{M} RT$.

$\rho_n = \frac{PM}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300}$

$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{3,55}{8,31} \cdot \frac{3}{50} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$\frac{1,2}{50} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 24 \frac{2}{\text{м}^3} = 0,024 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

$\Rightarrow x = \frac{0,024}{1000} = 24 \cdot 10^{-6}$.

(т.к. плотность насыщ. пара не зависит
от объема при $T = \text{const}$)

Когда объем пара уменьш. в 8 раз:

расчет:

$3,55$	$\times 3,55$	$\frac{3}{50}$
18	$\times 18$	$\frac{3}{50}$
2840	$\times 2840$	$\frac{3}{50}$
355	$\times 355$	$\frac{3}{50}$
38840	$\times 38840$	$\frac{3}{50}$
80	$\times 80$	$\frac{3}{50}$
$1,2$	$\times 1,2$	$\frac{3}{50}$
$24,0$	$\times 24,0$	$\frac{3}{50}$

$10,65$	$\times 831$
831	$\times 1,02$
2340	$\times 1,02$
1662	$\times 1,02$
278	$\times 1,02$

Задача 5 продолж. Кон-во пара не меняется.

$$V_1 = V_2 \gamma \Rightarrow \text{сначала: } p V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT. \text{ потом: } p_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT.$$

Это известно, что при конденсации паров, пара при $T = \text{const}$

$$p = \text{const} \Rightarrow p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{p \mu}{RT} = \frac{m_1}{V_1} = \frac{m_2}{V_2}.$$

m_1 - ~~кон-во~~ масса пара вначале. m_2 - масса пара в этот момент.
 $\Rightarrow$ ~~суммарная~~ общая масса пара в сосуде неизм.

$$m_1 = m_2 + m_B, m_B - \text{масса воды.} \Rightarrow$$

$$\frac{m_2 + m_B}{V_1} = \frac{m_2}{V_2} \Rightarrow \frac{V_2 \rho_n + \rho_B V}{V_1} = \frac{V_2 \rho_n}{V_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \gamma \Rightarrow$$

$$\gamma \rho_n + \rho_B \frac{V}{V_1} = \rho_n. \quad \rho_B \frac{V}{V_1} = \rho_n (1 - \gamma) \Rightarrow \frac{V}{V_2} = \frac{\rho_n}{\rho_B} (\frac{1}{\gamma} - 1) =$$

$$(V_2 \rho_n + \rho_B V) = \gamma V_2 \rho_n.$$

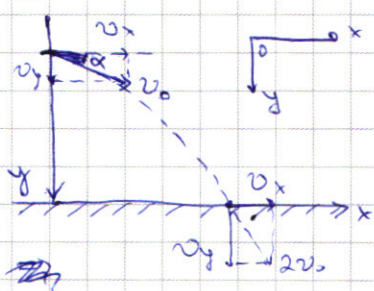
$$\rho_B V = \rho_n V_2 (\gamma - 1).$$

$$g = \frac{V_2}{V} = \frac{\rho_B}{\rho_n (\gamma - 1)} = \frac{1}{24 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{1}{4,6} = \frac{10^6}{24 \cdot 4,6} = \frac{10^7}{24 \cdot 46} \approx$$

$$\approx 10^4.$$

Ответ: 1) $x = 24 \cdot 10^{-6}$ 2) $10^4 = g$.

1) Задача



Т.к. гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности, то угол α острожен вниз, откос. горизонта.

Разложим скорость гайки на 2 компонента:

$$v_x \text{ и } v_{y1}: v_x = v_0 \cos \alpha. \quad v_{y1} = v_0 \sin \alpha.$$

$$\Rightarrow 4v_0^2 = (v_0 \cos \alpha)^2 + v_{y2}^2.$$

$$v_{y2}^2 = 4v_0^2 - v_0^2 \frac{3}{4} = \frac{13}{4} v_0^2.$$

$$v_{y2} = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0 \approx 5\sqrt{13} \text{ м/с.}$$

v_x сохраняется,
 v_y изменяется

$$\text{Заметим изменение скорости } v_y: v_y(t) = v_{y1} + gt \Rightarrow$$

$$\frac{\sqrt{13}}{2} v_0 = \frac{v_0}{2} + g\tau. \quad \tau = \frac{v_0}{g} \left(\frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2} \right) = \frac{v_0}{2g} (\sqrt{13} - 1) \approx \frac{\sqrt{13}-1}{2} \text{ с.}$$

$$h = \frac{v_{y1} + v_{y2}}{2} \tau = \frac{v_0}{2} \left(\sin \alpha + \frac{\sqrt{13}}{2} \right) \frac{v_0}{2g} (\sqrt{13} - 1) = \frac{v_0^2}{4g \cdot 2} (\sqrt{13} - 1)(\sqrt{13} + 1) =$$

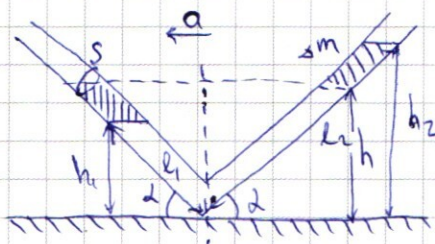
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① Задача. продолж.

$$h = \frac{v_0^2}{8g} \cdot 12 = \frac{3}{2} \frac{v_0^2}{g} = \frac{3}{2} \cdot 10 = 15 \text{ м.}$$

Ответ: 1) ~~5√3 м/с~~ 2) ~~5√3 м/с~~ 3) 15 м.
 $\left(\frac{\sqrt{15}-1}{2}\right) \text{ с}$

② Задача



Жидкость находится в равновесии.

Рассмотрим давление, создаваемые левой и правой столбами жидкости на угол.

$$P_1 = \rho g h_1 + \frac{\rho a S l_1}{S} \quad S - \text{площадь сечения}$$

$$\text{участка.} \quad \frac{h_1}{l_1} = \sin \alpha = \frac{h_2}{l_2}$$

l_i - длина i столба жидкости в

трубке. $P_1 = \rho g h_1 + \frac{\rho a h_1}{\sin \alpha}$ - давление слева (см. рисунок).

$$P_2 = \rho g h_2 - \text{давл. справа.} \quad P_1 = P_2 \Rightarrow \rho g h_1 + \frac{\rho a h_1}{\sin \alpha} = \rho g h_2 \quad h_2 = h_1 \left(1 + \frac{a}{g \sin \alpha}\right)$$

$$h_2 = 0,1 \left(1 + 0,4\sqrt{2}\right) \approx 0,156 \text{ м} = 15,6 \text{ см.}$$

$$\times \frac{14}{56}$$

Из соображений симметрии, когда уровни масла будут находиться на одном уровне, то высота этого уровня

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

$$\text{Усл. ЗсЗ:} \quad m_1 g \frac{h_1}{2} + m_2 g \frac{h_2}{2} = (m_1 + m_2) \left(g \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{v^2}{2} \right)$$

$$m_1 = \rho S l_1 = \rho S \frac{h_1}{\sin \alpha} \quad m_2 = \rho S \frac{h_2}{\sin \alpha}$$

$$\left(\rho \frac{h_1^2}{\sin \alpha} + \frac{h_2^2}{\sin \alpha} \right) = \left(\frac{h_1 + h_2}{\sin \alpha} \right) \left(g(h_1 + h_2) + v^2 \right) \quad g \frac{h_1^2 + h_2^2}{h_1 + h_2} = g(h_1 + h_2) + v^2$$

Заметим, что кусок жидкости, массой Δm переместится из правого колена в левое (у.масс системы понизится). Изм. потенц. энергии пойдет на совижение скорости v всей жидкости.

$$\Delta m = \rho S \frac{(h_2 - h)}{\sin \alpha} = \frac{\rho S}{\sin \alpha} \left(h_2 - \frac{h_1 + h_2}{2} \right) = \frac{\rho S}{\sin \alpha} \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right)$$

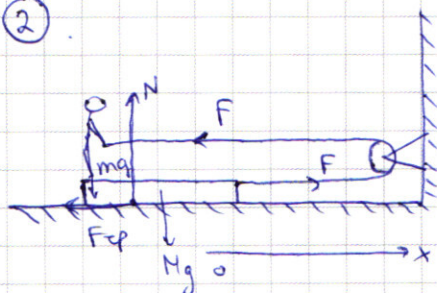
Усл. 3С3: $\Delta m g \Delta h = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \frac{\rho S}{\sin \alpha} \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right) g \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right) = \frac{\rho S (h_1 + h_2)}{2 \sin \alpha} v^2$.

(сосуд симметричен осн. вертикал. прямой, проход. через вершину угла). $\Rightarrow v^2 = \frac{(h_2 - h_1)^2 g}{2(h_1 + h_2)}$. $v = \sqrt{\frac{g}{2(h_1 + h_2)}} (h_2 - h_1) = \sqrt{\frac{5}{25}} \cdot 5 \frac{m}{c} \approx$

$\approx \sqrt{5} \frac{m}{c} \approx 2 \frac{m}{c}$.

Ответ: $h_2 = 0,156 m$; $v = \sqrt{5} \frac{m}{c}$

②.



Ясно, что человек будет прикладывать силу к канату горизонтально. $\Rightarrow$ (влево).

$N = (m + M)g = 3mg$. $\Rightarrow$ сила трения $F_f = \mu N$

$F_f = \mu 3mg$.

человек прикладывает силу F_0 влево, он

фактически приклеен к лезвию $\Rightarrow$ ~~для системы лезвие +~~

~~человек~~ "действ." 2 3H для лезвия: $2F_0 = \mu 3mg$.

(человек давит на лезвие с силой F_0 в направлении ox).

$\Rightarrow F_0 = \frac{3}{2} \mu mg$.

для лезвия..

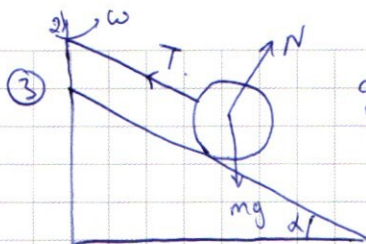
2 3H на ox : $2F - 3\mu mg = 2ma$.

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

$S = \frac{a x^2}{2}$ $x = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{45m}{2F - 3\mu mg}}$.

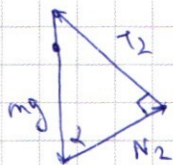
Ответ: 1) $N = 3mg$ 2) $F_0 = \frac{3}{2} \mu mg$ 3) $x = \sqrt{\frac{45m}{2F - 3\mu mg}}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



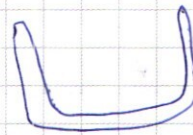
m, R, α, L

$g \downarrow$



$$\frac{T_2}{N_2} = \tan \alpha$$

$$\frac{m_2 + m_B}{V_1} = \frac{m_2}{V_2} \cdot \frac{V_2}{V_1} = \gamma$$

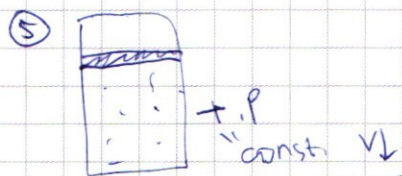


$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad V_2 = \frac{1}{\gamma} V_1$$

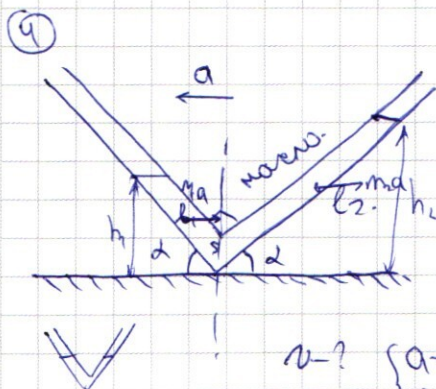
$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} = \gamma$$

$$p_2 \frac{V_1}{\gamma} = \frac{m_2}{\mu} RT$$

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT$$



$$\frac{1}{516} - 1 = \frac{10}{56} - 1 = \frac{5}{28} - 1$$



1) h_2 ?
2) v ?

$$g h_1 + \frac{g h_1}{\sin \alpha} a = g h_2 \cdot \frac{h}{l} = \sin \alpha$$

$$\frac{h_1}{l} = \sin \alpha \quad \frac{h_2}{l} = \sin \alpha$$

$$h_1 + \frac{a h_1}{g \sin \alpha} = h_2 \quad h_2 = h_1 (1 + 0.45)$$

$$g h_1 + \frac{g a h_1}{\sin \alpha} = g h_2 + \frac{g a h_2}{\sin \alpha}$$

$$m_1 g \frac{h_1}{2} + m_2 g \frac{h_2}{2} = E_1$$

$$E_2 = (m_1 + m_2) \frac{(h_1 + h_2)}{2} g + \frac{m v^2}{2}$$

$$m_1 g \frac{h_1}{2} + m_2 g \frac{h_2}{2} = (m_1 + m_2) \left(\frac{g}{2} (h_1 + h_2) + \frac{v^2}{2} \right)$$

$$g \left(\frac{h_1^2}{2 \sin \alpha} + \frac{h_2^2}{2 \sin \alpha} \right) = \left(\frac{h_1 + h_2}{2 \sin \alpha} \right) (g (h_1 + h_2) + v^2)$$

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

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

$$h_2 - h_1 = h_2$$

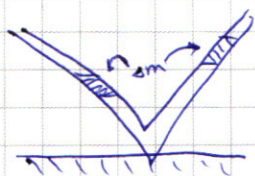
$$\frac{629}{h_5} + \frac{681}{h_2} = \frac{12}{h_2}$$

$$i \approx 51$$

$$\frac{(24+14)2}{62(14-24)} = 0.02$$

$$i \approx \frac{0.0152}{(24+14)} = \frac{0.0005}{(14-24)}$$

$$\frac{m_1 g h_1}{2} + \frac{m_2 g h_2}{2} =$$

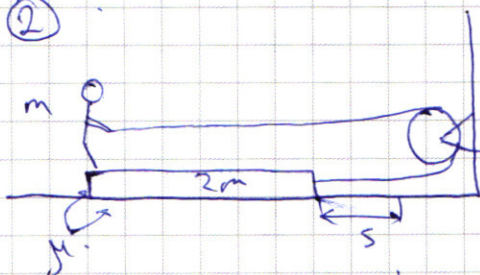


$$\Delta m g (h_2 - \frac{h_1 + h_2}{2}) = \cancel{\Delta m g \frac{(h_1 + h_2)}{2}}$$

$$\Delta m g (h_2 - (h - h_1)) = \Delta m g h_1 +$$

$$\Delta m g \frac{(h_2 - h_1)}{2} = \frac{m v^2}{R}$$

②



$$N_2 = m \frac{(g \cos \alpha - \omega^2 (L+R) \cos \alpha)}{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} =$$

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

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

$$g h_1 + \frac{a h_1}{\sin \alpha} = g h_2 + \frac{a h_2}{\sin \alpha}$$

$$h_2 = h_1 \frac{(g + \frac{a}{\sin \alpha})}{(g - \frac{a}{\sin \alpha})} = h_1 \frac{(g \sin \alpha + a)}{(g \sin \alpha - a)} = 0,1 \frac{(\frac{10}{\sqrt{2}} + 4)}{(\frac{10}{\sqrt{2}} - 4)} =$$

$$0,1 \cdot \frac{11}{3} = 0,3.$$

$$\begin{array}{r} 46 \\ \times 24 \\ \hline + 184 \\ 92 \\ \hline 1104 \\ \hline 100 \cdot 11 \\ - 98 \cdot 7 \\ \hline 2 \end{array}$$



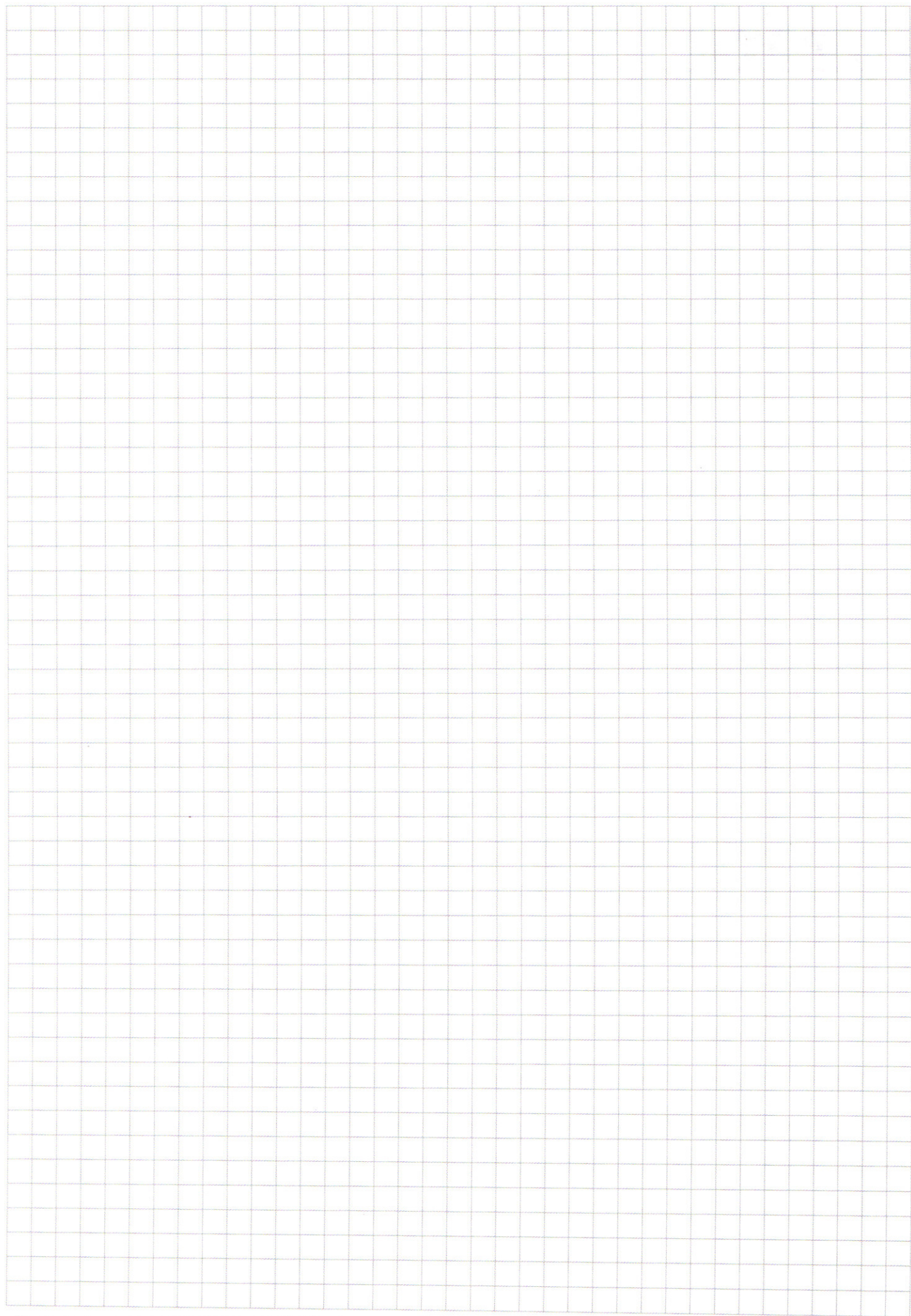
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



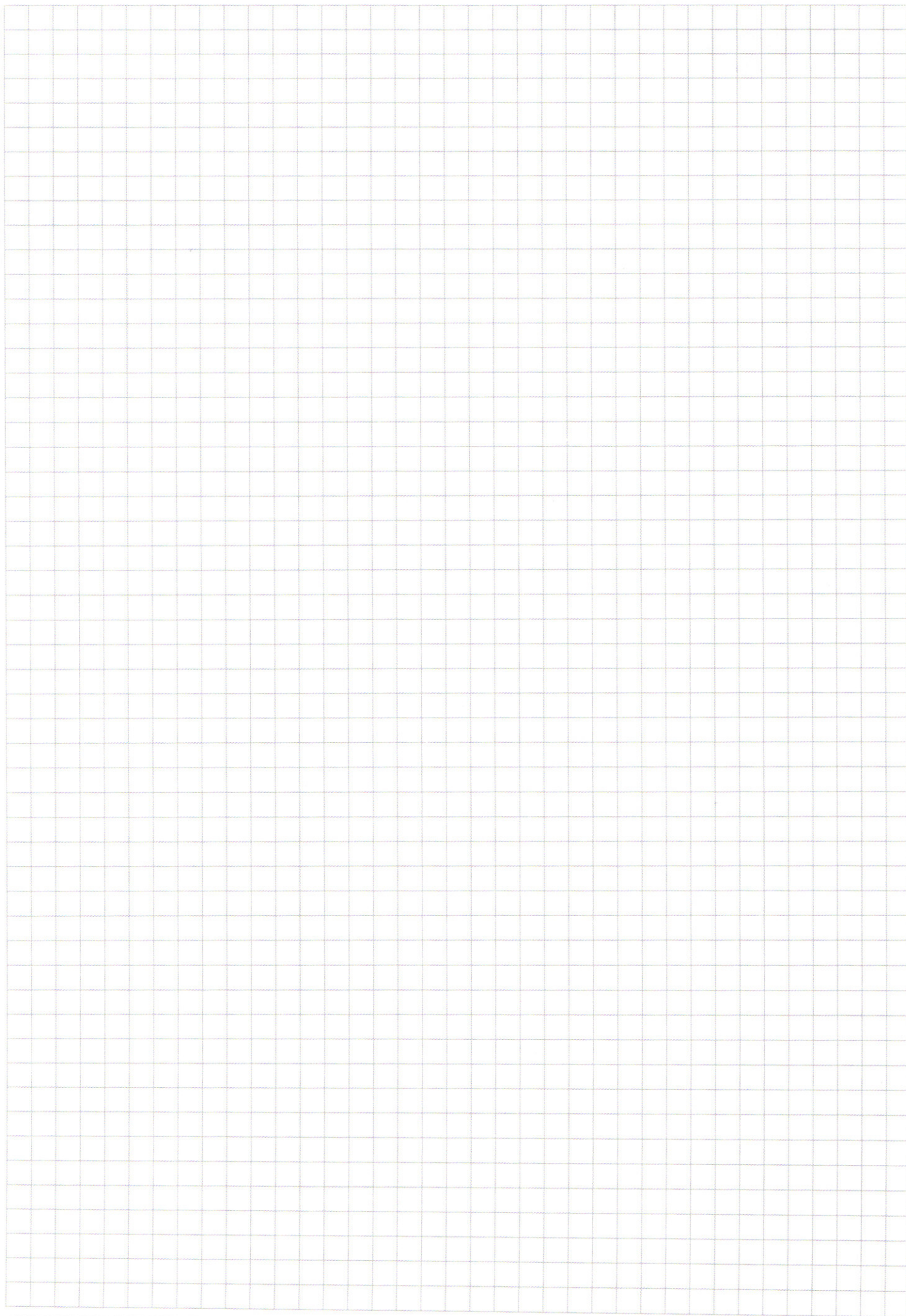
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)