

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-02

Класс 10

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

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.

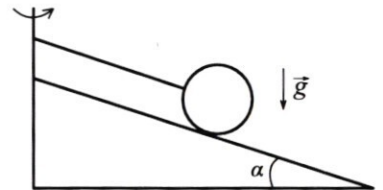
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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.

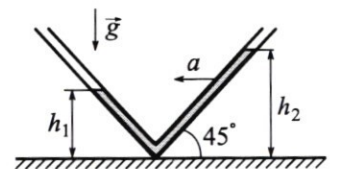
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

1. $v_0 = 10 \text{ м/с}$

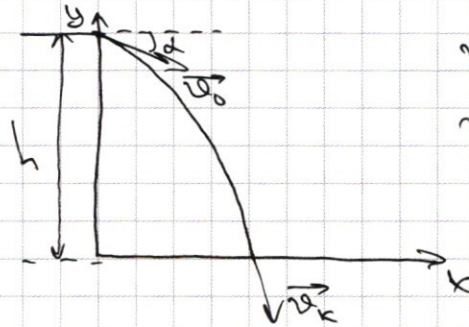
$\alpha = 30^\circ$

$v_k = 2v_0$

$v_{ky} = ?$

$t = ?$

$h = ?$



$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$

$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$

$v_k^2 = v_{ky}^2 + v_{0x}^2$

$v_{ky} = \sqrt{v_k^2 - v_{0x}^2} = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha}$

$= \frac{\sqrt{13}}{2} v_0 = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$

$v_{ky} = v_{0y} + g t$

$t = \frac{v_{ky} - v_{0y}}{g} = \frac{v_0}{g} \left(\frac{\sqrt{13} - 1}{2} \right) = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$

$h = v_{0y} t + \frac{g t^2}{2} = \frac{10 \cdot (\sqrt{13} - 1)}{2} + \frac{10 (\sqrt{13} - 1)^2}{2} =$

$= \frac{135 - 15\sqrt{13}}{2} = \frac{15}{2} (9 - \sqrt{13}) \text{ м}$

Ответ: $v_{ky} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$, $t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$, $h = \frac{15}{2} (9 - \sqrt{13}) \text{ м}$

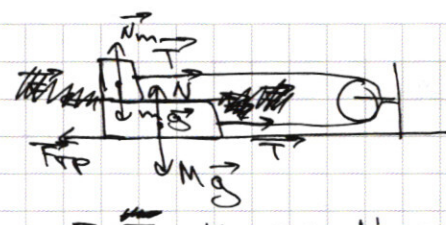
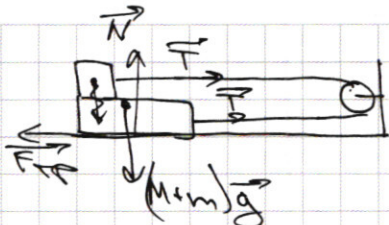
2. $m, M = 2m$

S

μ
D-?

F₀-?

t-?



$$F = T \quad N_m = mg \quad N = (M+m)g$$

1) ~~...~~ $P = N = 3mg$

2) $2F_0 = F_{fmax} = \mu N = 3\mu mg$

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

3) ~~...~~ $F = T$

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

$$2F - \mu \cdot 3mg = 3ma$$

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

$$s = \frac{at^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$$

$$t = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$$

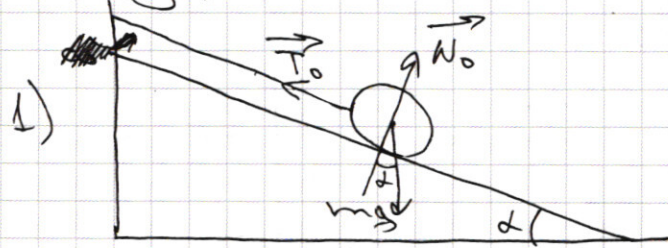
Ответ: $P = 3mg, F_0 = \frac{3}{2} \mu mg, t = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$

3. m, R, L

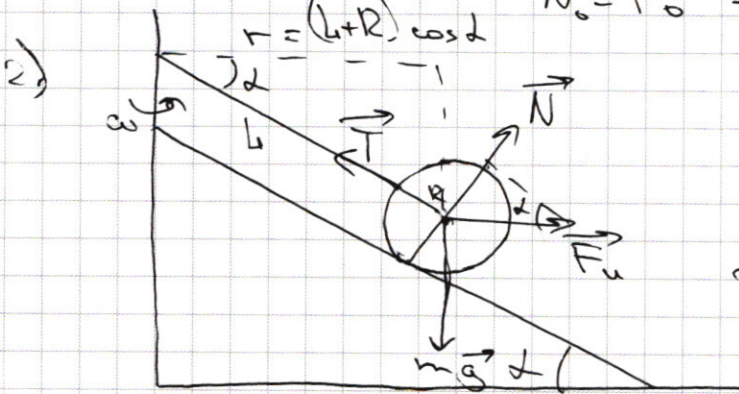
ω, v

P₀-?

P-?



$$N_0 = P_0 = mg \cos \alpha$$



$$F_u = m a_{\text{уг}} = m \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$P = mg \cos \alpha + F_u \sin \alpha =$$

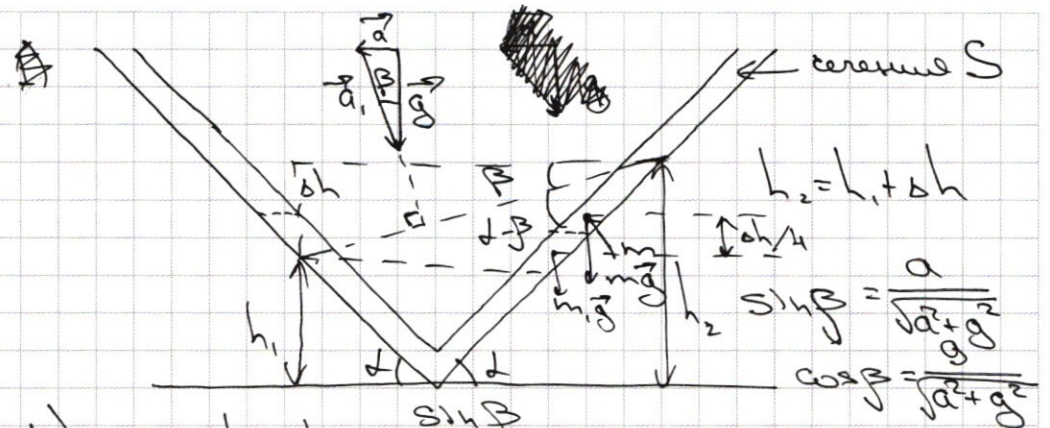
$$= m(g \cos \alpha + \omega^2 (L+R) \sin \alpha \cos \alpha)$$

Ответ: $P_0 = mg \cos \alpha, P = m(g \cos \alpha + \omega^2 (L+R) \sin \alpha \cos \alpha)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. $\alpha = 45^\circ$
 $a = 4 \text{ м/с}^2$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $h_1 = 10 \text{ см}$

- 1) $h_2 = ?$
- 2) $v = ?$



$$1) \quad \Delta h = h_1 \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \alpha \cdot \sin(\alpha - \beta)}$$

$$h_2 = h_1 + \Delta h = h_1 \left(1 + \frac{\sqrt{a^2 + g^2}}{\sin \alpha \cdot (\sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta)} \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2 + g^2}} \right)$$

$$= h_1 \left(1 + \frac{a}{\sin^2 \alpha \cdot g - \sin \alpha \cos \alpha \cdot a} \right) = h_1 \left(1 + \frac{4}{\frac{1}{2} \cdot 10 - \frac{1}{2} \cdot 4} \right) = \frac{7}{3} h_1 = \frac{70}{3} \text{ см} \approx 23,33 \text{ см}$$

$$\Delta h = \frac{1}{3} h_1$$

2) По закону сохранения энергии:

$$mg \frac{\Delta h}{4} = \frac{Mv^2}{2}$$

$$m = \rho_m S \cdot \frac{\Delta h}{\sin \alpha}$$

$$v^2 = \frac{m}{M} \cdot \frac{g \Delta h}{2} =$$

$$M = \left(\frac{2h_1}{\sin \alpha} + \frac{\Delta h}{\sin \alpha} \right) \rho_m S$$

$$= \frac{\Delta h}{2h_1 + \Delta h} \cdot \frac{g \Delta h}{2} = \frac{4 \cdot \frac{10}{3} / 2}{5 \cdot \frac{10}{3} + \frac{10}{3}} \cdot g = \frac{4}{5} \cdot g = \frac{4}{5} \cdot 10 = 8 \text{ м/с}^2$$

$$v = 2 \sqrt{\frac{h_1 g}{15}} = \frac{20}{\sqrt{15}} \text{ м/с} \approx 5 \text{ м/с}$$

Ответ: $h_2 = 23,33 \text{ см}$, $v = \frac{20}{\sqrt{15}} \text{ м/с} \approx 5 \text{ м/с}$

$$T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{Pa}$$

$$k = \frac{p_n}{p_e} \quad \frac{V_n}{V_0} = \frac{1}{\alpha}$$

$$X = \frac{V_n}{V_e} \quad ?$$

Т.к. пар превращается в воду,
то $p = p_n$ (пар насыщенным)

$$p_n V = \frac{m_n}{M} RT$$

$$p_n = \frac{p_n M}{RT}$$

$$p_n = \frac{p_n M}{RT} \cdot \frac{p_n}{p_e} = \frac{p_n M}{p_e RT} =$$

$$= \frac{355 \cdot 18}{10^7 \cdot 8,31 \cdot 3} \approx 256 \cdot 10^{-7}$$


Т.к. $T = \text{const}$, то $p_n = \text{const} \Rightarrow$

$$\Rightarrow V_e = (V_0 - V_n) \frac{p_n}{p_e} = \frac{m_{\text{KH}}}{p_e} \quad m_{\text{KH}} -$$

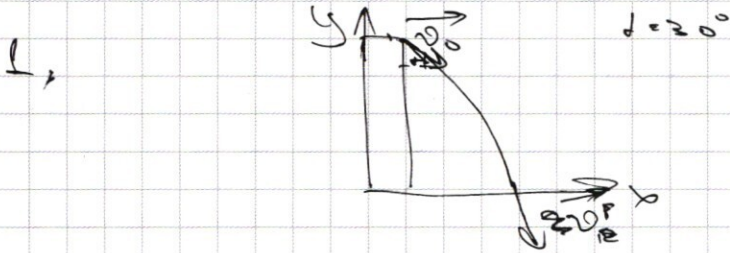
$$X = \frac{V_n}{V_e} = \frac{V_n p_e}{4,6 V_n p_n} = \frac{1}{4,6 k} \approx \frac{10^7}{256 \cdot 4,6} =$$

масса сухого пара

$$\approx \frac{10^7}{1172}$$

 ответ: $k = 256 \cdot 10^{-7}$, $X = \frac{10^7}{1172}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_1 = 2v_0$$

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_{1y} = \sqrt{v_1^2 - v_0^2} =$$

$$= \sqrt{4v_0^2 - \frac{3}{4}v_0^2} =$$

$$= \sqrt{13} \frac{v_0}{2}$$

$$v_{1y} = v_{0y} + gt$$

$$v_{1y} = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0 = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

$$t = \frac{v_{1y} - v_{0y}}{g} = \left(\frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2} \right) \frac{v_0}{g} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$$

h = ?

$$h = v_{0y}t + \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \cdot (\sqrt{13} - 1)}{2} + \frac{10 \cdot (\sqrt{13} - 1)^2}{2} =$$

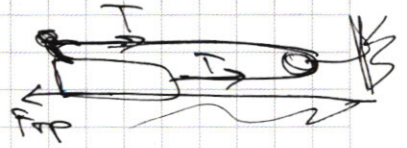
$$= \frac{5\sqrt{13} - 5 + 130 - 20\sqrt{13} + 10}{2} = \frac{135 - 15\sqrt{13}}{2} \text{ м}$$

$$= \frac{15(9 - \sqrt{13})}{2} \text{ м}$$

2. $m, M=2m$
 μ

1) $F = 3mg$

$F_1 = T = \frac{F}{2}$



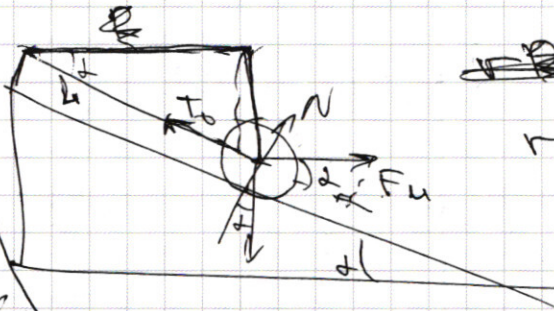
2) $F_{fr} = \mu N = 3\mu mg$

3) $F = F_{fr} = 3ma$

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

$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3}{2F - F_{fr}}}$

3.



~~radius~~
 $r = (L+R) \cos \alpha$

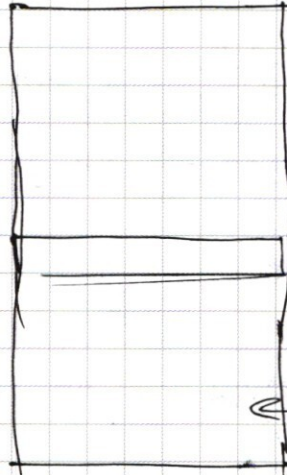
1) $N = mg \cos \alpha$

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

$N' = mg \cos \alpha - F_u =$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

$$P_H = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

используемый газ

$$P_H V = \frac{m}{M} \nu R T$$

$$k = \frac{P_H}{\rho_H} = \frac{P_H M}{\rho_H R T}$$

$$P_H = \frac{\rho_H}{M} R T$$

$$= \frac{P_H M}{\rho_H R T}$$

$$\rho_H = P_H M / R T$$

$$= \frac{3550 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 8,31 \cdot 300} = \frac{3550 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{10^3 \cdot 8,31 \cdot 3} \approx$$

$$\begin{array}{r} 3550 \\ \times 18 \\ \hline 21300 \\ \times 256 \\ \hline 15360 \\ \hline 15240 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 213000 \\ - 166200 \\ \hline 46800 \\ - 41550 \\ \hline 52500 \\ - 49860 \\ \hline 2640 \end{array}$$

$$k \approx 256 \cdot 10^{-7}$$

$$5,6 V_1 = V_0 \quad V_0 = (V_0 - V_1) \frac{\rho_H}{\rho_0}$$

$$\chi_{\text{газ}} = \frac{V_1}{V_0} = \frac{4,6 \rho_0}{4,6 \rho_H} = \frac{10^7}{256 \cdot 4,6} = \frac{10^7}{1177,6}$$

4. Закон сохранения:

$$mg \frac{\Delta h}{4 \sin \alpha} = M \frac{v^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{2mg \Delta h}{2 \frac{1}{2} M \sin \alpha} = \frac{\frac{\Delta h}{\sin \alpha} g \Delta h}{2 \frac{2h_1}{\sin \alpha} \sin \alpha} =$$

$$= \frac{\Delta h^2}{4h_1 \sin \alpha} g = \frac{\frac{1}{2} g h_1}{4h_1 \sin \alpha} g = \frac{1}{8} \frac{g h_1}{\sin \alpha}$$

$$v = \frac{2}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{g h_1}{8 \sin \alpha}} = \frac{20}{35 \sin \alpha} \text{ м/с}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.

$$\sin \beta = \frac{a}{\sqrt{a^2 + g^2}}$$

$$\Delta h = \frac{h_1 \sin \beta}{\sin \alpha \cdot \sin(\frac{\pi}{2} - \beta)}$$

$$h_2 = h_1 + \Delta h = h_1 \left(1 + \frac{a}{\sin \alpha \cdot (\sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha)} \right)$$

$$= h_1 \left(1 + \frac{\frac{a}{\sqrt{a^2 + g^2}}}{\sin \alpha \left(\sin \alpha \frac{g}{\sqrt{a^2 + g^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + g^2}} \cdot \cos \alpha \right)} \right) = h_1 \left(1 + \frac{a}{\sin^2 \alpha g - \sin \alpha \cos \alpha a} \right)$$

$$= h_1 \cdot \left(1 + \frac{a}{\frac{1}{2} g - \frac{1}{2} a} \right) = 10 \text{ cm} \cdot \left(1 + \frac{1}{3} \right) =$$

$$= \frac{70}{3} \text{ cm} \approx 23,33 \text{ cm}$$

2) $m = \rho h / \sin \alpha \cdot S \cdot \rho g$

$$M a = m g \sin \alpha$$

$$\left(L_0 + \frac{a t^2}{2} \right) a = \left(L_0 - \frac{a t^2}{2} \right) g \sin \alpha$$

$$\frac{a^2 t^2}{2} + \left(L_0 + \frac{a \sin \alpha t^2}{2} \right) a = L_0 g \sin \alpha = \left(L_0 - \frac{a t^2}{2} \right) g \sin \alpha$$

$$M = L S \rho_m = \left(L_0 + \frac{a t^2}{2} \right) S \rho_m$$

$$L_0 = \frac{sh}{\sin \alpha}$$

$$\Delta L = \frac{a t^2}{2}$$

$$L_0 = \frac{2h_1}{\sin \alpha}$$

$$l_0 = \Delta h / \sin \alpha \quad l_0 = \frac{\Delta h_1}{\sin \alpha}$$

$$\Delta h = \frac{\Delta h_1}{\sin \alpha}$$

$$\frac{t^2}{2} a^2 + \left(l_0 + \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \right) a - l_0 g \sin \alpha = 0$$

$$D = l_0^2 + l_0 g \sin \alpha t^2 + \frac{g^2 \sin^2 \alpha t^4}{4} + 2 l_0 g \sin \alpha =$$

$$= \frac{g^2 \sin^2 \alpha t^4}{4} + \left(l_0 + \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \right) g \sin \alpha t^2 + l_0^2 =$$

$$= \left(\frac{g \sin \alpha t^2}{2} + l_0 \right)^2 + 2 l_0 g \sin \alpha t^2$$

$$a = \left(l_0 + \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \right) + \sqrt{\left(l_0 + \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \right)^2 + 2 l_0 g \sin \alpha t^2}$$

красочная краска

$$= \frac{1}{t^2} \left(\sqrt{\left(l_0 + \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \right)^2 + 2 l_0 g \sin \alpha t^2} - \left(l_0 + \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \right) \right)$$

$$v = \int_0^t a dt$$



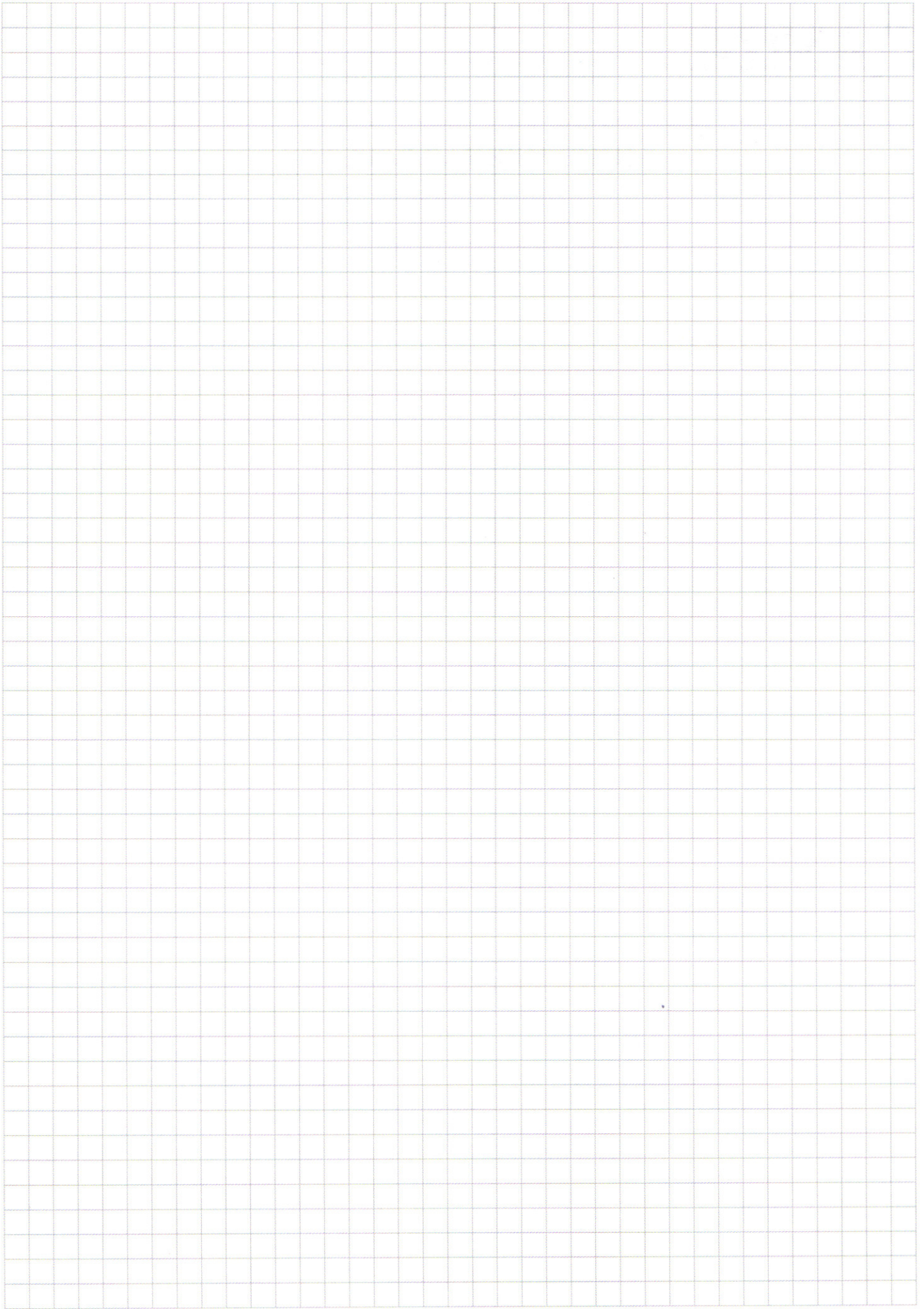
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



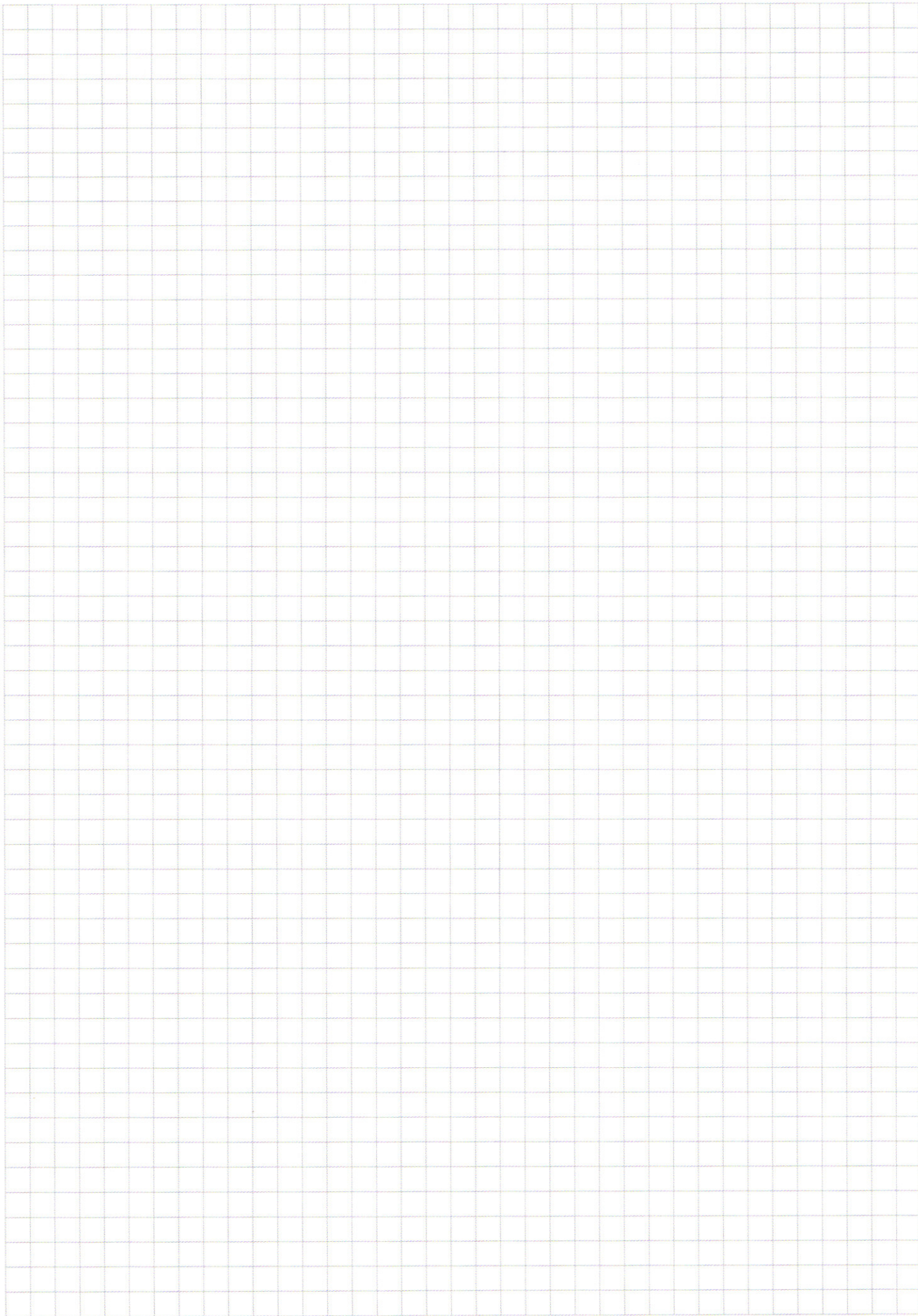
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)