

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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?

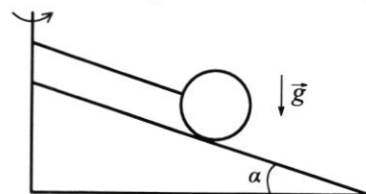
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

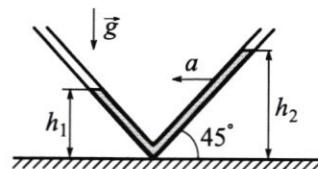


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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

~ 1
 $v_0 = 10 \frac{m}{c}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $v_k = 2v_0$

1) $v_{yk} = ?$
 2) $t_n = ?$
 3) $h = ?$

$1) v_{0y} = v_0 \sin \alpha = 0.5 v_0$
 $v_x = \text{const} = v_0 \cos \alpha$
 $v_x^2 + v_y^2 = v^2$
 (так как
 камень всё время
 приближался к
 земле v_0 не
 равна нулю)

В конце движения:

$$(2v_0)^2 = (v_0 \cos \alpha)^2 + v_{yk}^2$$

$$v_{yk} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$v_{yk} = \sqrt{v_0^2 (4 - \frac{1}{4})} = v_0 \sqrt{3.25} =$$

$$= 0.5 v_0 \sqrt{13} \left(\frac{m}{c} \right) = 5 \sqrt{13} \left(\frac{m}{c} \right)$$

$2) v_{yk} = v_{0y} + g t_n$
 $t_n = \frac{v_{yk} - v_{0y}}{g} = \frac{0.5 \sqrt{13} v_0 - 0.5 v_0}{10} =$
 $= 0.05 v_0 (\sqrt{13} - 1) (c) = 0.5 (\sqrt{13} - 1) (c)$

$3) y = h - v_{0y} t_n - \frac{g t_n^2}{2}$
 $h = 0.5 v_0 \cdot 0.05 v_0 (\sqrt{13} - 1) + 5 (0.05 v_0 (\sqrt{13} - 1))^2$
 $h = 0.05 v_0^2 (\sqrt{13} - 1) (0.5 + 5 (\sqrt{13} - 1) 0.05)$
 $h = 5 (\sqrt{13} - 1) (0.5 + 0.25 (\sqrt{13} - 1))$
 $h = 0.25 (\sqrt{13} - 1) (1 + 0.5 \sqrt{13} + 0.5)$
 ~~$h = 0.25 (\sqrt{13} - 1) (2 + 0.5 \sqrt{13}) = 0.125 (\sqrt{13} - 1) (3 + \sqrt{13}) =$~~
 ~~$= 0.125 (4\sqrt{13} - 2 + 3\sqrt{13} + 1) = 0.125 (7\sqrt{13} - 1)$~~
 $h = 0.125 (\sqrt{13} - 1) (1 + \sqrt{13}) = 0.125 (13 - 1) = 12 \cdot 0.125 = 1.5 m$

Ответ: 1) $5 \sqrt{13} \left(\frac{m}{c} \right)$ 2) $0.5 (\sqrt{13} - 1) (c)$ 3) $1.5 m$

~ 2
 3) $t = ?$

$1) N = (m + M)g = 3mg$ ($N = P$ по 3-му закону)
 $N = P = 3mg$
 $2) F_0 = T$ по 3-му закону

$$y: F_{Tp} = 2T$$

$$F_{Tp} = \mu N = \mu \cdot 3mg$$

$$3mg = 2T = 2F_0$$

$$F_0 = 1,5mg$$

$$3) F > F_0$$

$$y: F_{Tp} = 2F = 3ma$$

$$F_{Tp} = \mu N$$

$$N = 3mg = P \text{ (по 3-му закону)}$$

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

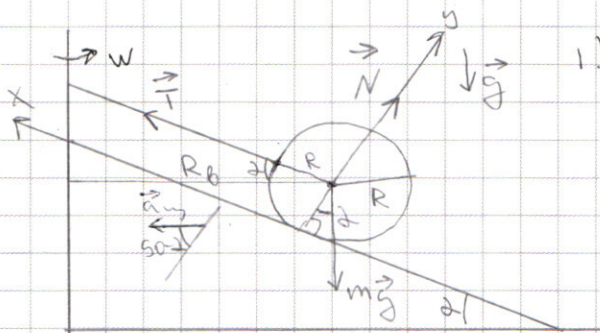
$$s = \frac{at^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2s \cdot 3m}{3\mu mg - 2F}}$$

$$\text{Ответ: } 2) 1,5mg \quad 1) 3mg \quad 3) \sqrt{\frac{6Sm}{3\mu mg - 2F}}$$

53



$$1) N = P \text{ (по 3-му закону)} \quad 1) (P_1 - ?) \quad 2) P_2 - ?$$

$$y: N = mg \cos \alpha = P_1$$

$$P_1 = mg \cos \alpha$$

$$2) a_y = \omega^2 R_b \quad (R_b - \text{радиус окр., по которой вращается шар})$$

$$y: N_2 = mg = -a_y \cdot m \cdot \sin \alpha$$

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

$$N_2 = mg - m a_y \sin \alpha$$

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

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

N_2 - сила реакции опоры во 2-ом случае

$$N_2 = P_2 \text{ (по 3-му закону)}$$

$$\text{Ответ: } 1) mg \cos \alpha \quad 2) m(g - \omega^2 (L + R) \sin \alpha \cdot \cos \alpha)$$

55

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$1) pV = \nu RT$$

$$\beta = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

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

$$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$pV = \frac{\beta_n V}{M} RT$$

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

$$\beta_n = \frac{PM}{RT}$$

$$\frac{\beta_n}{\beta} = \frac{PM}{RT \cdot \beta} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300 \text{ K} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} =$$

$$\beta = 5,6$$

$$1) \frac{\beta_n}{\beta} - ? \quad 2) \frac{V_n}{V_{\text{водн}}} - ?$$

$$= 2,7 \cdot 10^{-5}$$

$$2) \frac{\beta_n (V - \frac{V}{\beta})}{\beta} - \text{масса образовавшейся воды}$$

$$\frac{\beta_n (V - \frac{V}{\beta})}{\beta} = V_{\text{водн}}$$

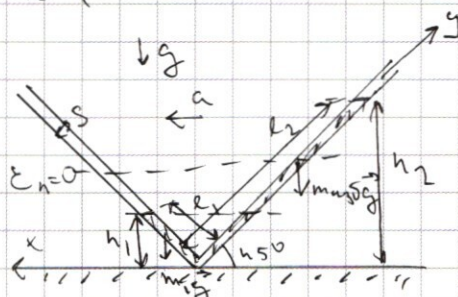
$$\frac{V_n}{V_{\text{водн}}} = \frac{V \beta}{\beta_n (V - \frac{V}{\beta})} = \frac{V \beta}{V \beta_n (1 - \frac{1}{\beta})} = \frac{\beta}{\beta_n (1 - \frac{1}{\beta})} = \frac{\beta}{\beta_n (\beta - 1)} = \frac{\beta}{5,27 \cdot 10^{-5} \cdot (2 - 1)} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \frac{1}{2,7 \cdot 10^5 (5,6 - 1)} \approx 10^5 \cdot 0,09 = 9000$$

Ответ: 1.) $2,7 \cdot 10^5$ 2.) 9000

сч



$$l_1 \sin 45^\circ = h_1$$

$$l_1 = \frac{h_1}{\sin 45^\circ}$$

$$m_1 = l_1 S \rho$$

$$m_1 = \frac{h_1 S \rho}{\sin 45^\circ}$$

$$l_2 \sin 45^\circ = h_2 - h_1$$

$$l_2 = \frac{h_2 - h_1}{\sin 45^\circ}$$

$$m_2 = l_2 S \rho$$

$$m_2 = \frac{(h_2 - h_1) S \rho}{\sin 45^\circ}$$

$$1) x: m_2 g \cos 45^\circ = a \cos 45^\circ (2m_1 \cos 45^\circ + m_2 \cos 45^\circ)$$

$$m_2 g = a \cos 45^\circ (2m_1 + m_2)$$

$$m_2 g = a \cos 45^\circ \cdot 2m_1 + a \cos 45^\circ m_2$$

$$m_2 (g - a \cos 45^\circ) = a \cos 45^\circ \cdot 2m_1$$

$$m_2 (g - a \cos 45^\circ) = a \cos 45^\circ \cdot 2m_1$$

$$\frac{(h_2 - h_1) S \rho}{\sin 45^\circ} (g - a \cos 45^\circ) = a \cos 45^\circ \cdot 2m_1$$

$$\frac{(h_2 - h_1) S \rho}{\sin 45^\circ} (g - a \cos 45^\circ) = a \cos 45^\circ \cdot 2 \frac{h_1 S \rho}{\sin 45^\circ}$$

$$(h_2 - h_1) (g - a \cos 45^\circ) = a \cos 45^\circ \cdot 2h_1$$

$$h_2 (g - a \cos 45^\circ) = a \cos 45^\circ \cdot 2h_1 + h_1 (g - a \cos 45^\circ)$$

$$h_2 = \frac{h_1 (a \cos 45^\circ \cdot 2 + g - a \cos 45^\circ)}{g - a \cos 45^\circ}$$

$$h_2 = h_1 \frac{g + a \cos 45^\circ}{g - a \cos 45^\circ}$$

$$h_2 = 0,1 \text{ м} \cdot \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}} = 0,1 \frac{5 + \sqrt{2}}{5 - \sqrt{2}} \text{ м} \approx 0,2 \text{ м}$$

2.) После того, как грубка резко ~~остановится~~ ^{перестанет ускоряться}, вода в ней будет выливаться, будет на неё действовать сила $m_2 g \cos 2$ (вода станет двигаться с ускорением a^*). Возьмём $\xi_n = 0$ как момент, когда уровень воды уравновесится.

~~$$m_2 g \cos 2 = (m_1 + m_2) g$$~~

$$m_2 g \frac{(h_2 + h_1) - 2h_1}{2} = \frac{(m_2 + 2m_1) V^2}{2}$$

$$\left(\begin{aligned} \frac{m_1}{m_{\text{изб}}} &= \frac{4,586 \sin 45^\circ}{5 \sin 45^\circ (h_2 - h_1) 586} = \frac{h_1}{h_2 - h_1} \\ m_1 &= m_{\text{изб}} \frac{0,1}{0,2 - 0,1} = m_{\text{изб}} = m \end{aligned} \right)$$

$$mg \frac{h_2 - h_1}{2} = \frac{3mv^2}{2}$$

$$g \frac{h_2 - h_1}{2} = 1,5v^2$$

$$v = \sqrt{g \frac{h_2 - h_1}{2 \cdot 1,5}} = \sqrt{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \frac{0,2\text{м} - 0,1\text{м}}{2 \cdot 1,5}} = \sqrt{\frac{1}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

§1

$v_0 = 10 \frac{m}{s}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $v_k = 2v_0$

1) $v_{0y} = v_0 \sin \alpha = 0.5v_0$ $v_x = \text{const} = v_0 \cos \alpha$
 $v_y = v_{0y} + gt$
 $2v_0 \sin \alpha = v_{yk}$
 $v_x^2 + v_y^2 = v^2$
 $(2v_0)^2 = (v_0 \cos \alpha)^2 + v_{yk}^2$
 $\sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_{yk}$
 $v_{yk} = \sqrt{v_0^2 (4 - \frac{3}{4})} = v_0 \sqrt{3.25} = 0.5v_0 \sqrt{13}$

2) $v_{yk} = v_{0y} + gt_{\text{полета}}$
 $t_{\text{полета}} = \frac{v_{yk} - v_{0y}}{g} = \frac{0.5\sqrt{13}v_0 - 0.5v_0}{10 \frac{m}{s^2}} = 0.05v_0(\sqrt{13} - 1) c$

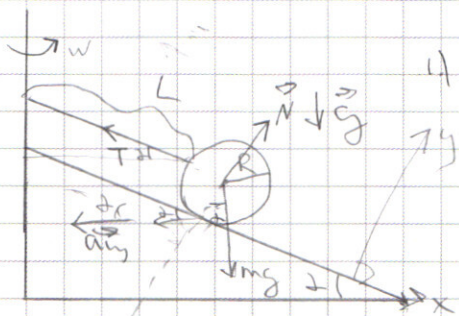
3) $y: y = h - v_{0y}t_{\text{полета}} - \frac{gt_{\text{полета}}^2}{2}$
 $h = 0.5v_0 \cdot 0.05v_0(\sqrt{13} - 1) - 5 \cdot (0.05v_0(\sqrt{13} - 1))^2$
 $h = 0.05v_0^2(\sqrt{13} - 1)(0.5 - 5(\sqrt{13} - 1) \cdot 0.05)$
 $h = 0.125v_0^2(3\sqrt{13} - 3 + \sqrt{13} - 13)$

§2

1) $N = (m + M)g = 3mg$
2) $F_0 = T$ (по 3-му закону) 3) $F > F_0$
 $F_{\text{тр}} = 2T$
 $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu \cdot 3mg$
 $3mg = 2T = 2F_0$
 $F = 1.5mg$

$F_{\text{тр}} - 2F = 3ma$
 $a = \frac{3\mu mg - 2F}{3m}$
 $S = \frac{at^2}{2}$
 $t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$
 $t = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{3\mu mg - 2F}}$

§3



$$1) N = P \text{ по 3MU закону}$$

$$y: N = mg \cos \alpha = P$$

$$\underline{P = mg \cos \alpha}$$

$$2) v = \omega R$$

$$a_y = \omega^2 R$$

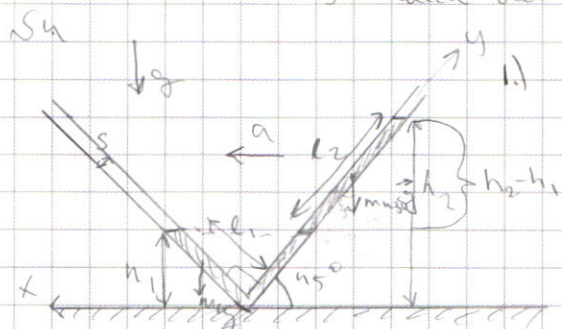
$$R = L \cos \alpha$$

$$y: N - mg = -ma_y \sin \alpha$$

$$N = mg - ma_y \sin \alpha$$

$$\underline{N = m(g - \omega^2 R \sin \alpha)} = P_z$$

M - масса бейсбольного мяча



$$l_1 \sin 45^\circ = h_1$$

$$l_1 = \frac{h_1}{\sin 45^\circ}$$

$$m_1 = l_1 \cdot S \cdot \rho$$

$$m_1 = \frac{h_1 \cdot S \cdot \rho}{\sin 45^\circ}$$

$$l_2 \sin 45^\circ = h_2 - h_1$$

$$l_2 = \frac{h_2 - h_1}{\sin 45^\circ}$$

$$m_2 = l_2 \cdot S \cdot \rho$$

$$m_2 = \frac{(h_2 - h_1) \cdot S \cdot \rho}{\sin 45^\circ}$$

$$m_2 g = a \cos 45^\circ (2m_1 + m_2)$$

$$m_2 g = a \cos 45^\circ \cdot 2m_1 + a \cos 45^\circ \cdot m_2$$

$$m_2 (g - a \cos 45^\circ) = a \cos 45^\circ \cdot 2m_1$$

$$\frac{(h_2 - h_1) S \rho}{\sin 45^\circ} (g - a \cos 45^\circ) = a \cos 45^\circ \cdot 2 \cdot \frac{h_1 S \rho}{\sin 45^\circ}$$

$$(h_2 - h_1) (g - a \cos 45^\circ) = a \cos 45^\circ \cdot 2h_1$$

$$h_2 (g - a \cos 45^\circ) = a \cos 45^\circ \cdot 2h_1 + h_1 (g - a \cos 45^\circ)$$

$$h_2 = \frac{h_1 (a \cos 45^\circ \cdot 2 + g - a \cos 45^\circ)}{g - a \cos 45^\circ}$$

$$\underline{h_2 = h_1 \cdot \frac{g + a \cos 45^\circ}{g - a \cos 45^\circ}}$$

25

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad T = \text{const}$$

$$1.) pV_1 = p_2 V_2$$

$$pV = \mu RT$$

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

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

$$g_n = \frac{p \cdot M}{RT}$$

$$\frac{g_n}{S_b} = \frac{p \cdot M}{RT S_b}$$

$$V \rightarrow \frac{V}{5,6}$$

$$\frac{2,7}{2,7}$$

2.) p не изменяется (при насыщении)

$$g_n \left(V - \frac{V}{5,6} \right) - \text{масса паров воды}$$

$$\frac{g_n \left(V - \frac{V}{5,6} \right)}{S_b} = V_{\text{водн}}$$

$$\left(\frac{V}{5,6} = V_n \right) \Rightarrow \frac{V_n}{V_{\text{водн}}}$$

$$\begin{array}{r} 2,7 \\ \times 4,6 \\ \hline 162 \\ 108 \\ \hline 1242 \\ \times 9 \\ \hline 11178 \\ + 162 \\ \hline 108 \\ 1242 \\ \hline 1001242 \\ \times 10 \\ \hline 10000 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. После того, как трубка резко остановится, вода в трубке будет двигаться по инерции; на нее будет действовать сила $m_{\text{вз}} g \cos \alpha$

$$m_{\text{вз}} g \cos \alpha = (2m_1 g + m_{\text{вз}} g) / a^*$$

$$a^* = \frac{m_{\text{вз}} g \cos \alpha}{2m_1 g + m_{\text{вз}} g}$$

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_1 + h_2}{2} - \text{уровень воды в обоих концах, когда он установится}$$

$$\Delta l = h_{\text{ср}} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} - \text{такое расстояние пройдет вода к указанному в задаче месту}$$

$$l = a^* t$$

$$\Delta l = \frac{a^* t^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2 \Delta l}{a^*}}$$

$$V = a^* t$$

$$\text{ЗСЭ: } m_{\text{вз}} g \cdot \frac{(h_2 - h_1)}{2} = \frac{(m_{\text{вз}} + 2m_1) V^2}{2}$$

$$\frac{m_1}{m_{\text{вз}}} = \frac{h_1 \sin \alpha}{\sin \alpha (h_2 - h_1) \sin \alpha} = \frac{h_1}{h_2 - h_1}$$

$$\frac{3,55 \cdot 0,018}{8,31 - 3,00}$$

$$\begin{array}{r} 3,55 \\ \times 0,018 \\ \hline 12840 \\ + 355 \\ \hline 63900 \end{array}$$

$$0,06395$$

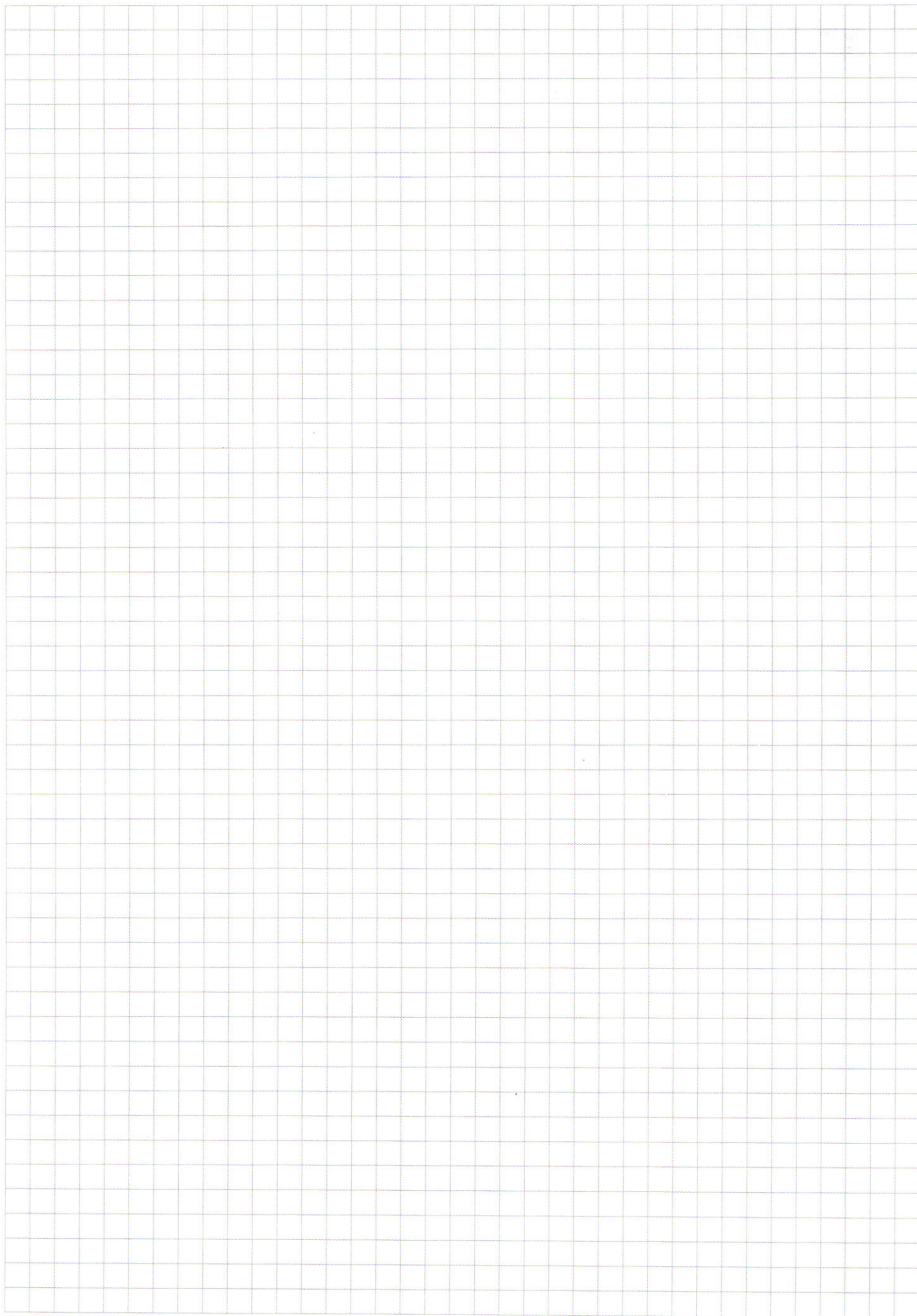
$$\begin{array}{r} 2493 \\ \times 2 \\ \hline 4986 \\ + 2493 \\ \hline 4986 \\ + 2493 \\ \hline 13958 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6395 \quad 2493 \\ - 4986 \quad 12,7 \\ \hline 14090 \\ - 13958 \\ \hline 132 \end{array}$$

$$\text{ЗСЭ: } m_{\text{вз}}$$

$$\begin{array}{r} 10 + 2\sqrt{2} \\ - 10 - 2\sqrt{2} \\ \hline 5,0 \\ - 1,7 \\ \hline 3,3 \end{array}$$

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



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



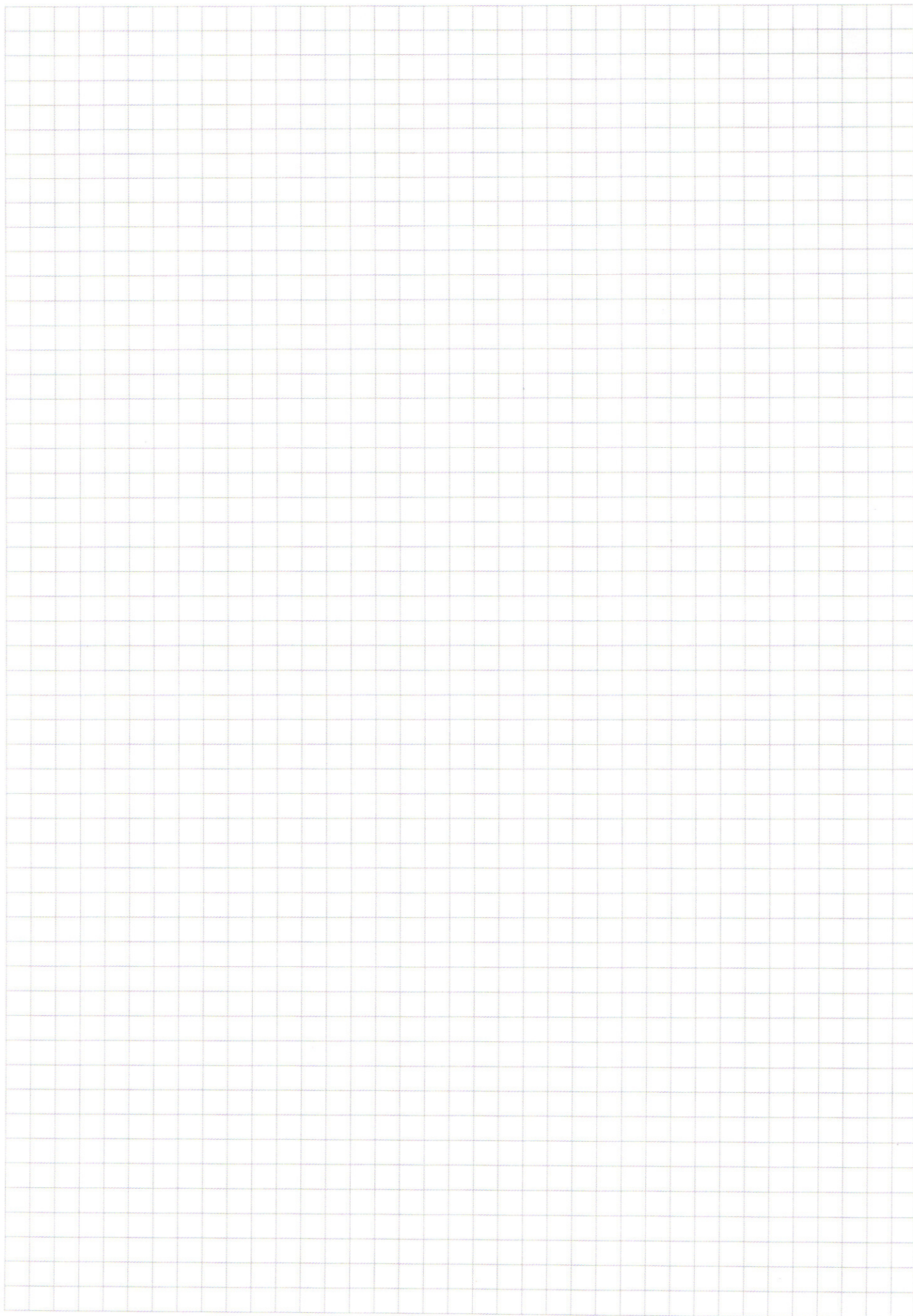
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)