

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Класс 10

Вариант 10-01

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

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.

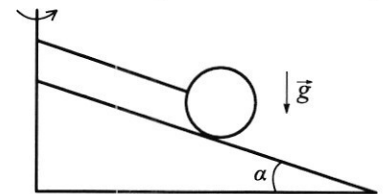
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



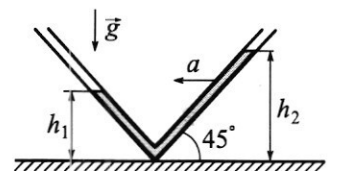
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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

N1

$$v_0 = 8 \frac{m}{s}$$

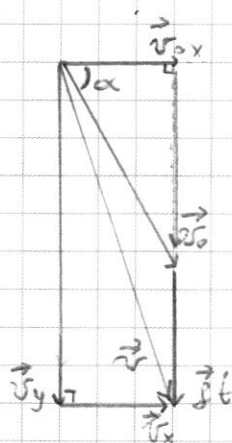
$$v = 2,5 v_0$$

$$\alpha = 60^\circ$$

1) v_y - ?

2) t - ?

3) L - ?



1) Заметим, что векторы $\vec{v}_{0x}$, $\vec{v}_y$ и $\vec{v}$ образуют прямоугольный треугольник, поэтому

запишем: $v^2 = v_y^2 + v_{0x}^2$, ($v_{0x} = v_0 \cos \alpha$)

$$(2,5 v_0)^2 = v_y^2 + (v_0 \cos \alpha)^2, \quad \cos \alpha = \frac{1}{2}$$

$$6 v_0^2 = v_y^2$$

$$v_y = v_0 \sqrt{6}$$

$$v_y = 8 \sqrt{6} \frac{m}{s} \approx 19,6 \frac{m}{s}$$

2) Заметим, что $\vec{v}_y = \vec{v}_{0y} + \vec{g}t$

$$v_0 \sqrt{6} = v_0 \sin \alpha + g t, \quad \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$v_0 \sqrt{3} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) = g t$$

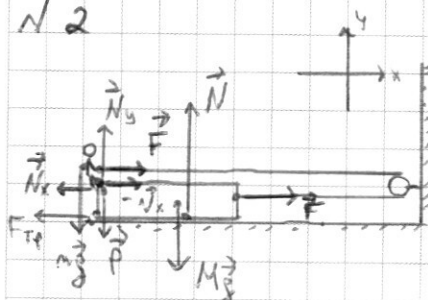
$$t = \frac{v_0 \sqrt{3}}{g} \cdot \left(\frac{2\sqrt{2}-1}{2} \right)$$

$$t = 0,8 \cdot \sqrt{3} \cdot \left(\frac{2\sqrt{2}-1}{2} \right) s \approx 1,3 s$$

$$3) L = v_0 \cos \alpha t = \frac{v_0^2 \sqrt{3} (2\sqrt{2}-1)}{g \cdot 4}$$

$$L = 8(0,8)^2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{(2\sqrt{2}-1)}{4} m \approx 5,2 m$$

N2



$$M = 5 m, \quad \mu = 3$$

1) N - ?

2) F_0 - ?

3) v - ?

1) человек - $O_y: N_y = mg$

линия - $O_y: N = P + M_g$

$$|\vec{P}| = |M_g|$$

$$N = mg + M_g$$

$$N = 6 mg$$

2) При максимальной растянутой силе F_0 система

"человек-муха" движется равномерно, отсюда:

$$\begin{cases} \text{человек} - O_x: F_0 = N_x \\ \text{муха} - O_x: F_0 = F_{тр} - N_x \end{cases}$$

$$2F_0 = F_{тр}$$

$$F_{тр} = \mu N = 6 \mu mg$$

$$F_0 = 3 \mu mg$$

3) При $F > F_0$ человек и муха начинают двигаться с ускорением a , направленным к стенке.

$$\begin{cases} \text{человек } O_x: ma = F - N_x \\ \text{муха } O_x: Ma = F - 6\mu mg + N_x \end{cases}$$

$$6ma = 2F - 6\mu mg$$

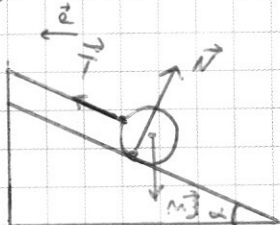
$$a = \frac{F - 3\mu mg}{3m}$$

$$S = \frac{v^2}{2a}, \quad v^2 = 2aS$$

$$v^2 = \frac{2}{3}S(F - 3\mu mg)$$

$$v = \sqrt{\frac{2S(F - 3\mu mg)}{3m}}$$

N3



$$1) N = mg \cos \alpha$$

$$T_1 = mg \sin \alpha$$

$$2) ma = T \cos \alpha - N \sin \alpha$$

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

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

$$N \cos \alpha = mg - T \sin \alpha$$

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

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

$$1) T_1 = T \cos \alpha = ?$$

$$2) T_2 = T \sin \alpha = ?$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

№5

$$p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = 95^\circ\text{C} = 468 \text{ K}$$

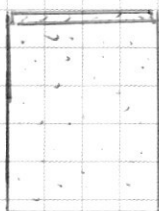
$$\gamma = 4,7$$

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

$$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{мол}}$$

$$1) \frac{p_n}{p_b} = ?$$

$$2) \frac{V_n}{V_b} = ?$$



1) Условие равновесия до начала конденсации

$$pV_0 = \frac{m}{\mu} RT \quad (m - \text{масса пара до конденсации})$$

$$p = \frac{m}{V_0} \cdot \frac{RT}{\mu}$$

$$p = p_n \frac{RT}{\mu}$$

$$p_n = \frac{\mu p}{RT}$$

$$\frac{p_n}{p_b} = \frac{\mu p}{RT p_b} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4}{1000 \cdot 8,31 \cdot 468} \approx 5,9 \cdot 10^{-4}$$

$$2) \frac{V_n}{V_b} = \frac{m_n p_b}{m_b p_n}$$

$$m_n = \frac{M}{\gamma} \quad ; \quad m_b = M - m_n = \frac{M(\gamma - 1)}{\gamma}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{p_b}{p_n(\gamma - 1)}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{25 \cdot 10^2}{3,7} \approx 7 \cdot 10^2$$

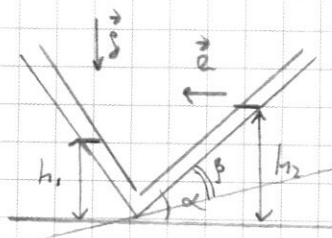
№4

$$h_1 = 8 \text{ см} = 0,08 \text{ м}$$

$$h_2 = 12 \text{ см} = 0,12 \text{ м}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



1) В СО связанной с движущимся с ускорением трубой действует действует $\vec{g}^* = \vec{g} - \vec{a}$. В этой

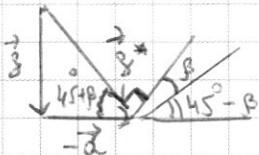
СО $\vec{g}^*$ действует перпендикулярно виртуальному уровню, наклоненному под углом β к правой

пробке. Для заданной СО запишем условие равновесия

$$\rho g^* \frac{h_2}{\sin \alpha} \sin \beta = \rho g^* \frac{h_1}{\sin \alpha} \sin(90^\circ - \beta)$$

$$h_2 \sin \beta = h_1 \cos \beta$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{h_1}{h_2} = \frac{2}{3}$$



$$\frac{g}{a} = \operatorname{tg}(45^\circ + \beta)$$

$$\operatorname{tg}(45^\circ + \beta) = \frac{\operatorname{tg} 45^\circ + \operatorname{tg} \beta}{1 - \operatorname{tg} 45^\circ \operatorname{tg} \beta} = \frac{1 + \frac{2}{3}}{1 - \frac{2}{3}} = 5$$

$$\frac{g}{a} = 5$$

$$a = \frac{g}{5}$$

$$a = 2 \frac{\mu}{c^2}$$

2) Суммарная скорость масла в каждой точке одинаковой, максимальная скорость будет достигнута, когда вся потенциальная энергия масла перейдет в кинетическую. Центр масс масла находится в центре масс равностороннего треугольника со стороной $\frac{h_1 + h_2}{4}$. $\rho g \frac{h_1 + h_2}{4} = \frac{\rho v^2}{2}$

$$g(0,5h_1 + 0,5h_2) = v^2$$

$$v = \sqrt{g(0,5h_1 + 0,5h_2)}$$

$$v = \sqrt{\frac{g}{2}(h_1 + h_2)}$$

$$v = \sqrt{5 \cdot 0,2} = 1 \frac{\mu}{c}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1/1

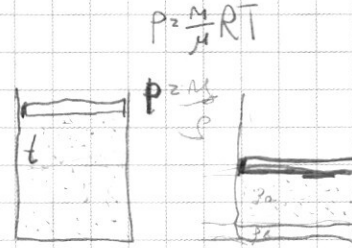
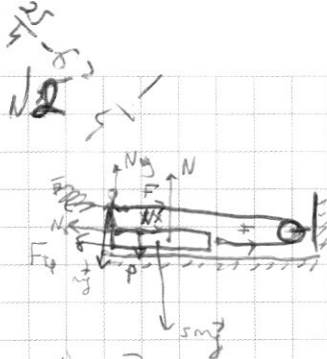
1) $v_y = v_0 \sin \alpha + gt$
 $v_y^2 = (2.5v_0)^2 - (v_0 \cos \alpha)^2 = 6.25v_0^2 - 0.25v_0^2 = 6v_0^2$
 $v_y = 2.5v_0$
 $(v_0 \cos \alpha + v_0 \sin \alpha + gt)^2 = (2.5v_0)^2$
 $v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gt v_0 \sin \alpha + g^2 t^2 = 6.25v_0^2$
 $gt^2 + 2gt v_0 \sin \alpha - 5.25v_0^2 = 0$
 $10t^2 + 20 \cdot 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}t - \frac{21}{14} \cdot 64 \cdot 16 = 0$
 $5t^2 + 40\sqrt{3}t - 21 \cdot 8 = 0$
 $\frac{D}{16} = \frac{300 - 4 \cdot 5 \cdot (-21) \cdot 8}{2} = 510$
 $(v_0 \cos \alpha)^2 = v_0^2$
 $v_y = gt + v_0 \sin \alpha$
 $t = \frac{v_0 \sqrt{6} - v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}}{g} = \frac{v_0 \sqrt{3}(\sqrt{2} - \frac{1}{2})}{g}$

3) $v_0 \cos \alpha t = L$
 $L = \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{1}{4} \cdot \sqrt{3} \cdot (\sqrt{2} - \frac{1}{2})$

1/3

1) $T = mg \sin \alpha$
 2) $ma = T \cos \alpha - N \sin \alpha$
 $mg = N \cos \alpha + T \sin \alpha$
 ОМКА: $N(L+R) = mg(L+R) \cos \alpha$
 $N = mg \cos \alpha$
 $N = N \cos^2 \alpha + T \sin \alpha$
 $T = \frac{N}{\sin \alpha} = mg \cot \alpha$
 $mw^2(L+R) \cos^2 \alpha = T \cos^2 \alpha - N \cos \alpha \sin \alpha$
 $mw^2(L+R) \cos^2 \alpha = T \cos^2 \alpha - mg \sin \alpha + T \sin^2 \alpha$
 $mw^2(L+R) \cos^2 \alpha = T - mg \sin \alpha$
 $T = mw^2(L+R) \cos^2 \alpha + mg \sin \alpha$

$$m \cdot \frac{m}{\gamma} = m(1 - \frac{1}{\gamma})$$



$$p = \frac{m}{\mu} \frac{RT}{S h_i} + \rho g h$$

$$= \frac{m}{\mu} \frac{RT}{S h_i} + m(1 - \frac{1}{\gamma}) \frac{g}{S}$$

$$p = \frac{mRT}{\mu V_i}$$

$$V_i = \frac{mRT}{p\mu}$$

$$pV_i = p_2V_2$$

$$p = \frac{mRT}{\mu S h_i} + \frac{m(\gamma - 1)g}{\gamma S}$$

$$P_{\text{раз}} = N = 5mg + P = 5mg + N_y = 5mg + mg = 6mg$$

$$F_{\text{тр}} = F_0 = \mu \cdot 6mg$$

$$F_0 = \frac{F + 2}{2} = \frac{6mg}{2} = 3mg$$

$$S = \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2 \cdot 3m}{2(F - 3\mu mg)}$$

$$v^2 = 2S \cdot (F - 3\mu mg) \quad p = p_n \frac{RT}{\mu}$$

$$ma = F - N_x$$

$$Ma = F - F_{\text{тр}} + N_x$$

$$5ma = F - 3\mu mg + N_x$$

$$5ma = F - 6\mu mg$$

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

$$p_n = \frac{\mu P}{RT}$$

$$2) \frac{V_n}{V_0} = \frac{m_n p_n}{m_0 p_0} = \frac{m \cdot \gamma}{m \gamma p_0} \cdot \frac{p_0}{p_n} = \frac{p_0}{p_n(\gamma - 1)}$$

$$\frac{p_n}{p_0} = \frac{18 \cdot 10^3 \cdot 3,5 \cdot 10^4}{4,31 \cdot 368 \cdot 1000} = \frac{p_0}{p_n(\gamma - 1)}$$

$$= \frac{18 \cdot 85 \cdot 10}{4,31 \cdot 368 \cdot 10}$$

$$= 26,8$$

$$= \frac{260}{17} \cdot \frac{185}{31}$$

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

$$= \frac{1}{5}$$

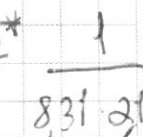
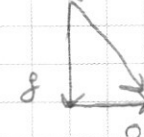
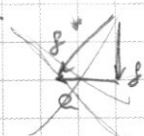
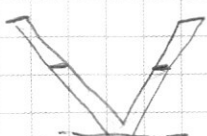
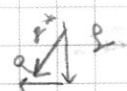
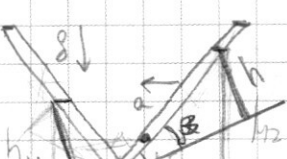
$$831,85 \cdot \frac{1243}{488} = \frac{358}{38} \cdot \frac{11}{2} = \frac{38}{0,1}$$

$$428 \cdot \frac{18}{108} = 28$$

$$8,5 \cdot 10^{-2}$$

$$831,28$$

N4



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

$$p g (h_2 - h_1) \cdot S =$$

$$ma$$

$$p g (h_2 - h_1) \cdot S =$$

$$a = \frac{p g (h_2 - h_1) \cdot S}{m}$$

$$p g \frac{h_2}{\sin \beta} \sin \beta = p g \frac{h_1}{\sin \alpha} \sin(90^\circ - \beta)$$

$$h_2 \sin \beta = h_1 \cos \beta$$

$$\tan \beta = \frac{h_1}{h_2} = \frac{2}{3}$$

$$\tan(45^\circ + \beta) = \frac{8}{2}$$

$$\tan(45^\circ + \beta) = \frac{1 + \frac{2}{3}}{1 - \frac{2}{3}} = \frac{5}{1} = 5$$

$$a = \frac{8g}{5}$$

$$\frac{h_1 + h_2}{2} \sin \alpha = \frac{v^2}{2a}$$

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

$$v^2 = g (h_2 - h_1) \sin^2 \alpha$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

$$= \frac{\tan \alpha \cdot \frac{1}{\tan \beta} + 1}{\frac{1}{\tan \beta} - \tan \alpha} = \frac{\frac{\tan \alpha}{\tan \beta} + 1}{\frac{1}{\tan \beta} - \tan \alpha} = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta}$$

$$= \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta}$$

$$= \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta}$$

$$= \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta}$$

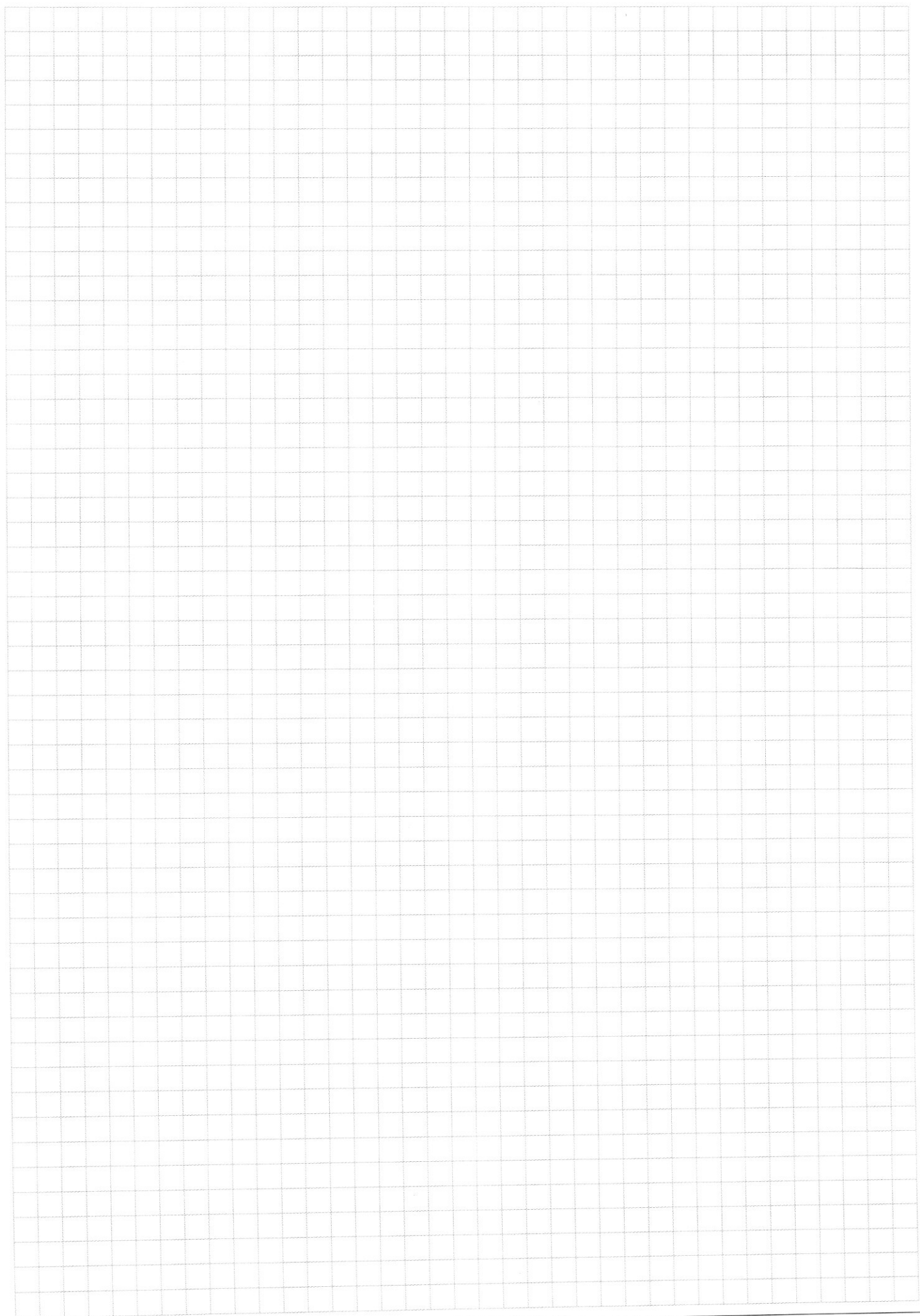


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 1,4 \\ - 1,4 \\ \hline 0 \\ 14 \\ - 14 \\ \hline 0 \\ 238 \\ - 6 \\ \hline 1428 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 17 \\ - 8 \\ \hline 80 \\ - 50 \\ \hline 30 \\ - 130 \\ \hline 109 \\ - 1224 \\ \hline \end{array}$$

$$0,9 \cdot 1,7 \cdot 0,8 \cdot 8 \cdot \frac{1}{2}$$

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



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



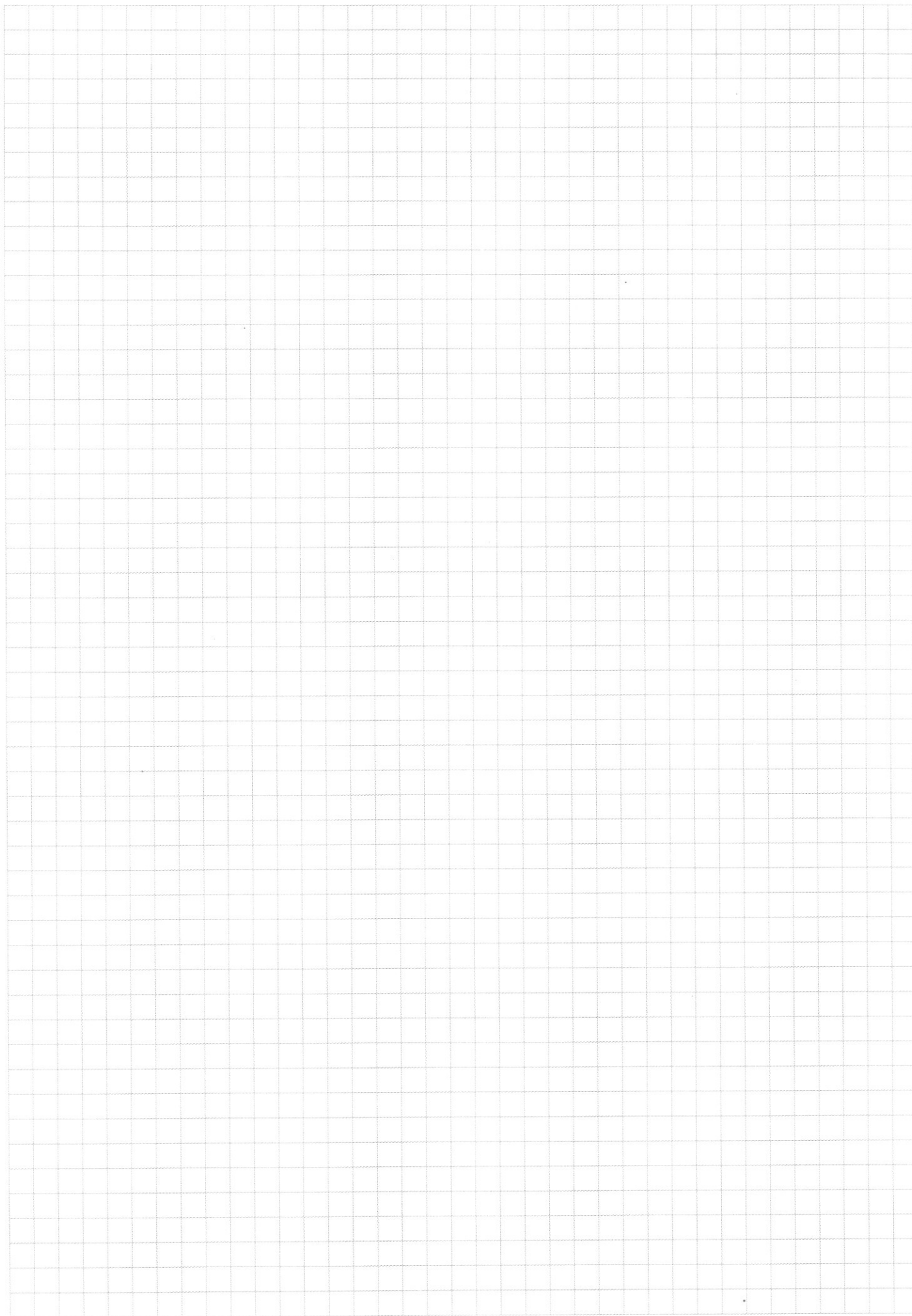
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)