

Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 10-01

Класс 10

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?

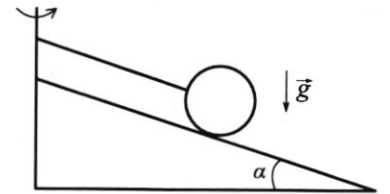
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

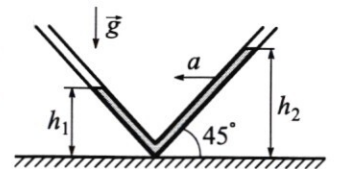


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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

$v_0 = 8 \text{ м/с}$, $\alpha = 60^\circ$, $v_k = 2,5 v_0$, $v_{yk} = ?$, $t = ?$, $L = ?$ ✓ 1

$\vec{v}_0 + \vec{g}t = \vec{v}_k$ - Найдём век. тр-ик скоростей: (рис.1)

Найдём $v_x = v_0 \cos \alpha = 0,5 v_0$

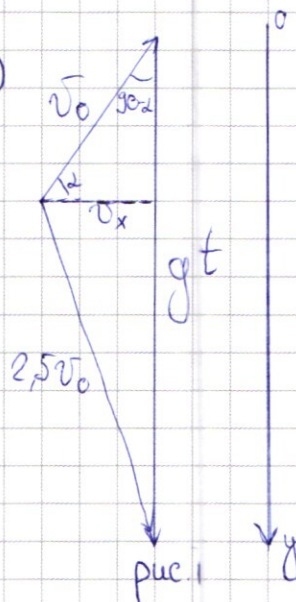
Найдём v_{yk} по т. Пифагора

$v_{yk} = \sqrt{(2,5 v_0)^2 - (0,5 v_0)^2} = v_0 \sqrt{6} = 8 \sqrt{6} \text{ (м/с)} \approx 19,5 \text{ м/с}$

Из тр-ка $gt = v_{yk} + v_{yk} = v_0 \sin \alpha + v_0 \sqrt{6} =$

$= \frac{v_0 \sqrt{3}}{2} + v_0 \sqrt{6}$

$t = \frac{v_0 \frac{\sqrt{3}}{2} + v_0 \sqrt{6}}{g} \approx \frac{7 + 19,5}{10} = 2,65 \text{ (с)}$



Горизонтальное смещение $L = v_x \cdot t = 0,5 v_0 t \approx 10,6 \text{ (м)}$

Ответ: 1) $v_{yk} \approx 19,5 \text{ м/с}$ 2) $t \approx 2,65 \text{ с}$ 3) $L \approx 10,6 \text{ м}$

$m, R, L, \alpha, T_1 = ?$, $T_2 = ?$, ω

1) Спроецируем 2 з-на Ньютона на OX: (рис.2а)

$T_1 - mg \sin \alpha = 0$ (т.к. система покоится)

$T_1 = mg \sin \alpha$

2) Спроецируем 2 з-на Ньютона на OX: (рис.2б)

$T_2 - mg \sin \alpha = m a \cos \alpha$ (a - ускорение от вращения)

$a = \omega^2 (L + R) \cdot \cos \alpha$ ($(L + R) \cdot \cos \alpha$ - расстояние от ц.м. шарика до оси вращ.)

$T_2 = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha$

Ответ: $T_1 = mg \sin \alpha$; $T_2 = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha)$

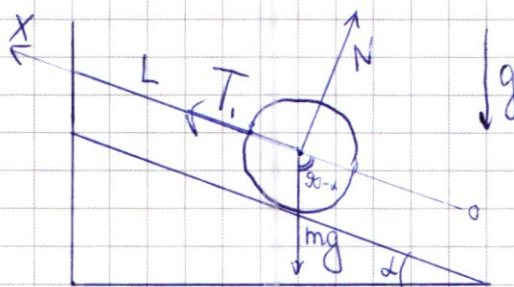


рис. 2 а

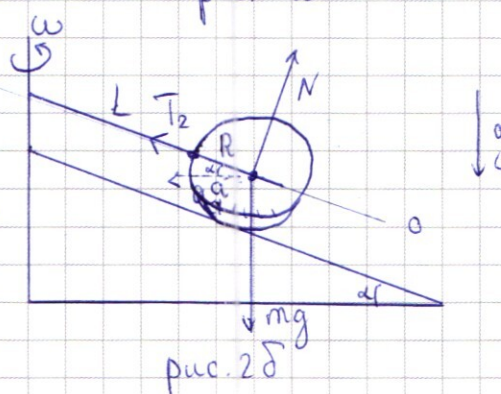


рис. 2 б

№4

$\alpha = 45^\circ$, $h_1 = 8 \text{ см}$, $h_2 = 12 \text{ см}$, $g = 10 \text{ м/с}^2$, $a = ?$, $v_{\text{max}} = ?$

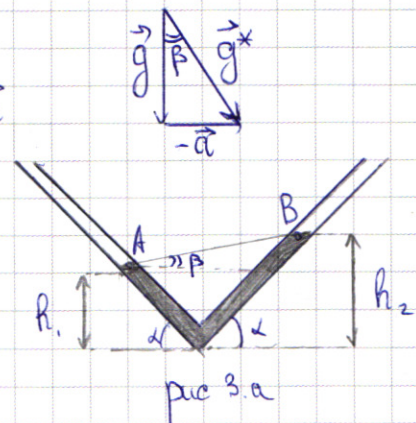
Перпенд. в н.ч. с.о. трубки, в ней $\vec{g}^* = \vec{g} - \vec{a}$

В н.ч. с.о. отрезок АВ перп. $\vec{g}^*$ (правило соотв. сосудов) $\Rightarrow$ угол межд. АВ и горизонт.

равен углу межд. $\vec{g}$ и $\vec{g}^*$

$$\tan \beta = \frac{a}{g} \quad (\text{из вект. тр-ки углов})$$

$$\tan \beta = \frac{h_2 - h_1}{h_2 \tan \alpha + h_1 \tan \alpha} \quad (\text{из рис. 3а})$$



$$a = \frac{g \cdot (h_2 - h_1)}{h_2 \tan \alpha + h_1 \tan \alpha} = \frac{10 \cdot (0,12 - 0,08)}{0,12 + 0,08} = 2 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

2) Запишем ЗСЭ:

$$mg h_{\text{ч.м.}} = \frac{mv^2}{2} + mg h_{\text{ч.м.2}} \quad (h_{\text{ч.м.}} - \text{расстояние от ч.м. до пола})$$

Заметим, что v будет максимальным, когда $h_{\text{ч.м.2}}$ будет минимальным. Докажем, что это будет тогда, когда τA и τB на одном уровне.

Для начала найдем $h_{\text{ч.м.1}}$. $h_{\text{ч.м.}}$ в левом колене равен $\frac{h_1}{2}$, а τ по отношению ко всей массе воды $m_{\text{л}} = \frac{\rho \cdot h_1}{\rho h_1 + \rho h_2} m = \frac{h_1}{h_1 + h_2} m$, где h_1 - длина столба жидк. в левом колене, h_2 - в правом $h_1 + h_2 = l = \text{const}$

Аналогично для правого $h_{\text{ч.м.2}} = \frac{h_2}{2}$ $m_{\text{п}} = \frac{h_2}{h_1 + h_2} m$

По опр. ч.м. для 2-х тел $m_{\text{л}} \cdot h_{\text{ч.м.1}} = m_{\text{л}} \cdot h_{\text{л}} + m_{\text{п}} \cdot h_{\text{п}}$

$$h_{\text{ч.м.1}} = \frac{h_1 \cdot h_1 + h_2 \cdot h_2}{h_1 + h_2} = \frac{h_1^2 + h_2^2}{2(h_1 + h_2)} = \frac{(0,08)^2 + (0,12)^2}{2 \cdot (0,08 + 0,12)} = 0,052 \text{ (м)} =$$

$$= 5,2 \text{ см}$$

Заметим, что $h_1 + h_2 = h = 0,2 \text{ м} = \text{const}$, выразим $h_{\text{ч.м.2}}$ и минимизируем

$$h_{\text{ч.м.2}} = \frac{h_1^2 + (h - h_1)^2}{2h} = \frac{2h_1^2 - 2h_1 h + h^2}{2h} - \text{ев. парабола отн } h_1, \text{ ветви вверх вершина}$$

$$h_{\text{ч.м.мин}} = \frac{(0,1)^2 + (0,1)^2}{2 \cdot 0,2} = 0,05$$

при $h_1 = \frac{h}{2}$ - это и есть минимум $h_{\text{л}} = h_{\text{п}} = 0,1 \text{ м}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$ЗСЭ: mgh_{y, \text{и.и.1}} = mgh_{y, \text{и.и.мин}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$$

$$v_{\text{max}}^2 = 2g(h_{y, \text{и.и.1}} - h_{y, \text{и.и.мин}})$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{2g(h_{y, \text{и.и.1}} - h_{y, \text{и.и.мин}})} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,002} = 0,2 \text{ (м/с)}$$

Ответ: $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ 2) $v_{\text{max}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$S, m, M=5m, \mu, P=? , F_{\text{мин}}=? , v=? , F > F_{\text{мин}}$

Рассмотрим силы, которые действуют на человека (рис 4а)

2-й закон Ньютона в проекции на Oy:

$$N_y - mg = 0 \text{ (т.к. человек не перемещается по Oy)}$$

$$N_y = mg$$

Силы на ящик: 4б

2-й закон Ньютона в проекции на Oy:

$$P - Mg - N_y = 0 \text{ (т.к. } a_y = 0)$$

$$P = 5mg + N_y = 6mg$$

Запишем 2-й закон Ньютона на OX для ящика

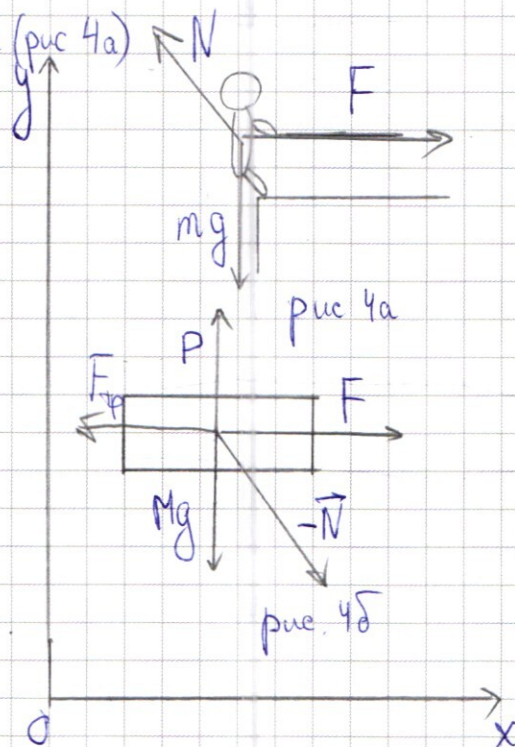
и человека:

$$F - F_{\text{тр}} + |N_x| = 5ma$$

$$F - |N_x| = ma$$

В п. 2 сила минимальная $\Rightarrow a = 0$ $F_{\text{тр}} = \mu P = 6\mu mg$

$$\begin{cases} F_{\text{мин}} - 6\mu mg + |N_x| = 0 \\ F = |N_x| \end{cases} \Rightarrow F_{\text{мин}} = \frac{6}{2} \cdot \mu mg = 3\mu mg$$



В п.3 сила F известна, найдем a

$$\begin{cases} F - 6\mu mg + |N_x| = 5ma \\ F - |N_x| = ma \end{cases}$$

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

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

Так как шток сначала покоился $v_0 = 0$, Найдем конечную скорость из уравн. равноуск. движения без времени

$$v^2 = 2aS \quad (\text{т.к. } v_0 = 0)$$

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

Ответ: 1) $P = 6\mu mg$ 2) $F_{\min} = 3\mu mg$ 3) $v = \sqrt{\frac{2S(F - 3\mu mg)}{3m}}$

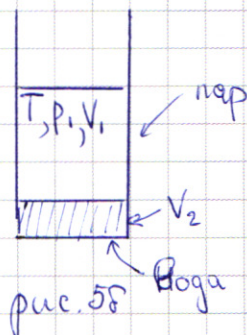
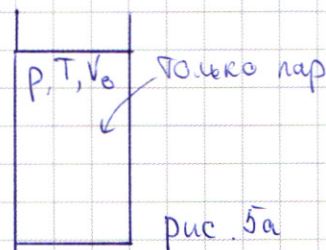
$$T = 368^\circ\text{K}; p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}, \rho_v = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \mu = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}, \gamma = 4,7$$

~~Так как пар начинает конденсироваться при изотермическом уменьшении объема влажность $\varphi = 100\%$, т.к. $\varphi = \frac{p_{\text{пар}}}{p_{\text{возд}}} = 1$~~

1) Менг-Клапн.: $pV_0 = \frac{m}{\mu}RT$

2) Менг-Клапн.: $p_1V_1 = \frac{m - m_v}{\mu}RT$

$$V_2 = \frac{m_v}{\rho}$$



$$p_{\text{пар}} = \frac{m}{V_0} = \frac{p\mu}{R \cdot T} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368} \approx 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{p_{\text{пар}}}{p_{\text{возд}}} \approx \frac{0,5}{1000} = 5 \cdot 10^{-4}$$

Т.к. пар конденс. $p_{\text{пар}} = \text{const} = p_{\text{нас. пар}}$

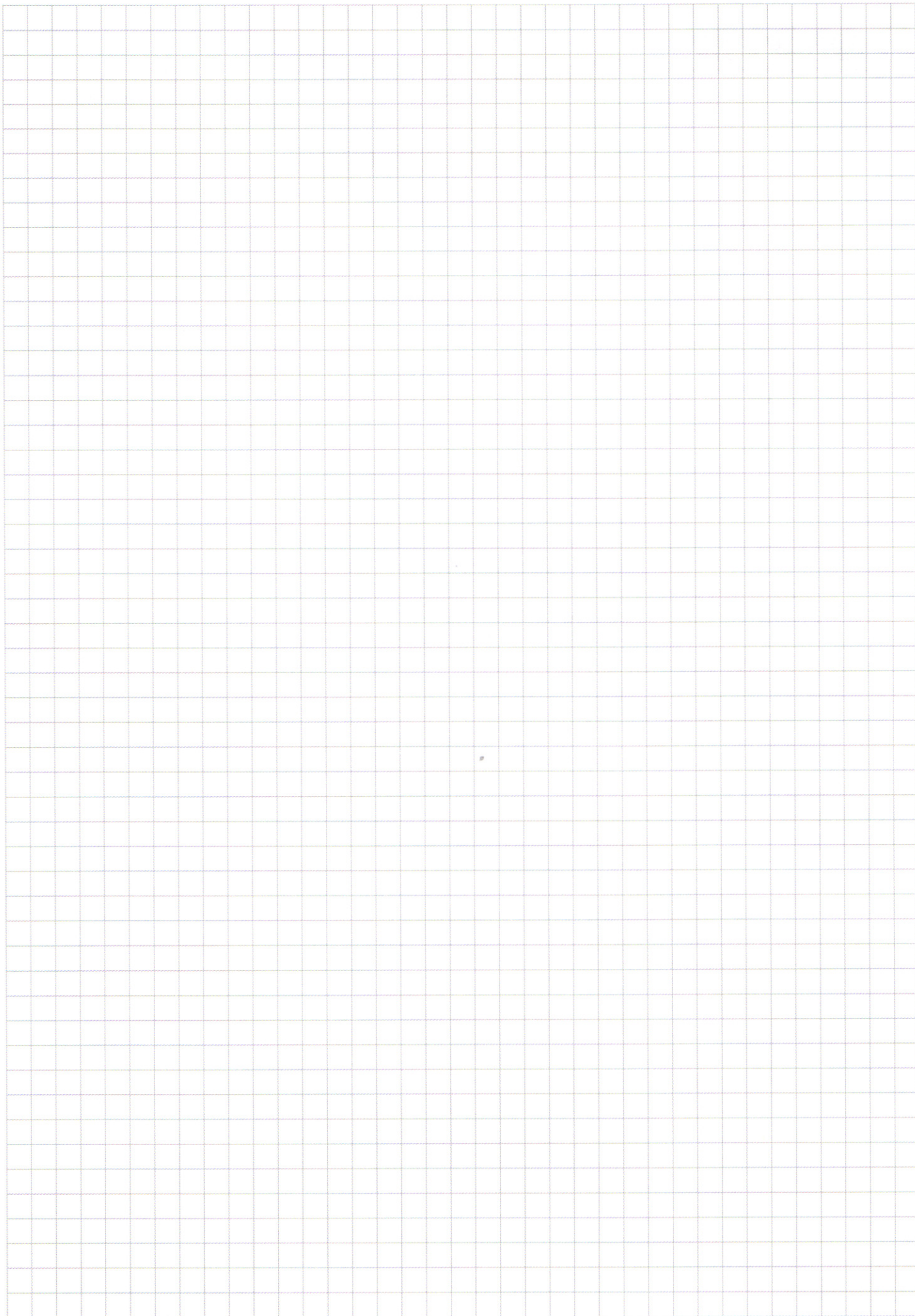
$$\frac{m - m_v}{V_1} = p_{\text{пар}} = \frac{m}{V_0} \Rightarrow \gamma = \frac{V_0}{V_1} = \frac{m}{m - m_v} = 4,7$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

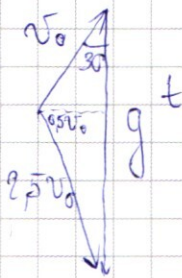
$$m_8 = \frac{37}{47} m$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\rho \cdot (m - m_8)}{m_8 \cdot \rho_{\text{пара}}} \approx 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1 - \frac{37}{47}}{\frac{37}{47}} = 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{10}{37} \approx 600$$

Ответ: $5 \cdot 10^{-4}$; $6 \cdot 10^2$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{v_0 \sqrt{3}}{2} = \sqrt{(6,25 - 0,25) v_0^2} = v_0 \sqrt{6}$$

$$t = \frac{\frac{v_0 \sqrt{3}}{2} - v_0 \sqrt{6}}{g} = v_0 \sqrt{3} \cdot \frac{1 + 2\sqrt{2}}{20}$$

$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$\omega R = v$$

$$\omega^2 R = \left[\frac{v^2}{R} \right] \cdot \omega$$

$$\begin{array}{r} \times 1,41 \\ 1,73 \\ \times 1,41 \\ 1,73 \\ 6,92 \\ 1,73 \\ 2,4333 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,44 \\ 2,44 \\ \times 2,44 \\ 2,44 \\ 9,76 \\ 9,76 \\ 4,88 \\ 59,536 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,44 \\ 2,44 \\ \times 2,44 \\ 2,44 \\ 12,25 \\ 12,25 \\ 9,80 \\ 4,90 \\ 6,2025 \end{array}$$

$$\frac{64 + 144}{40} = \frac{208}{40} = \frac{52}{10} = 5,2$$

$$4\sqrt{3} = \sqrt{48} \quad 4$$

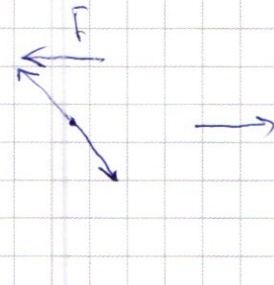
$$2,73$$

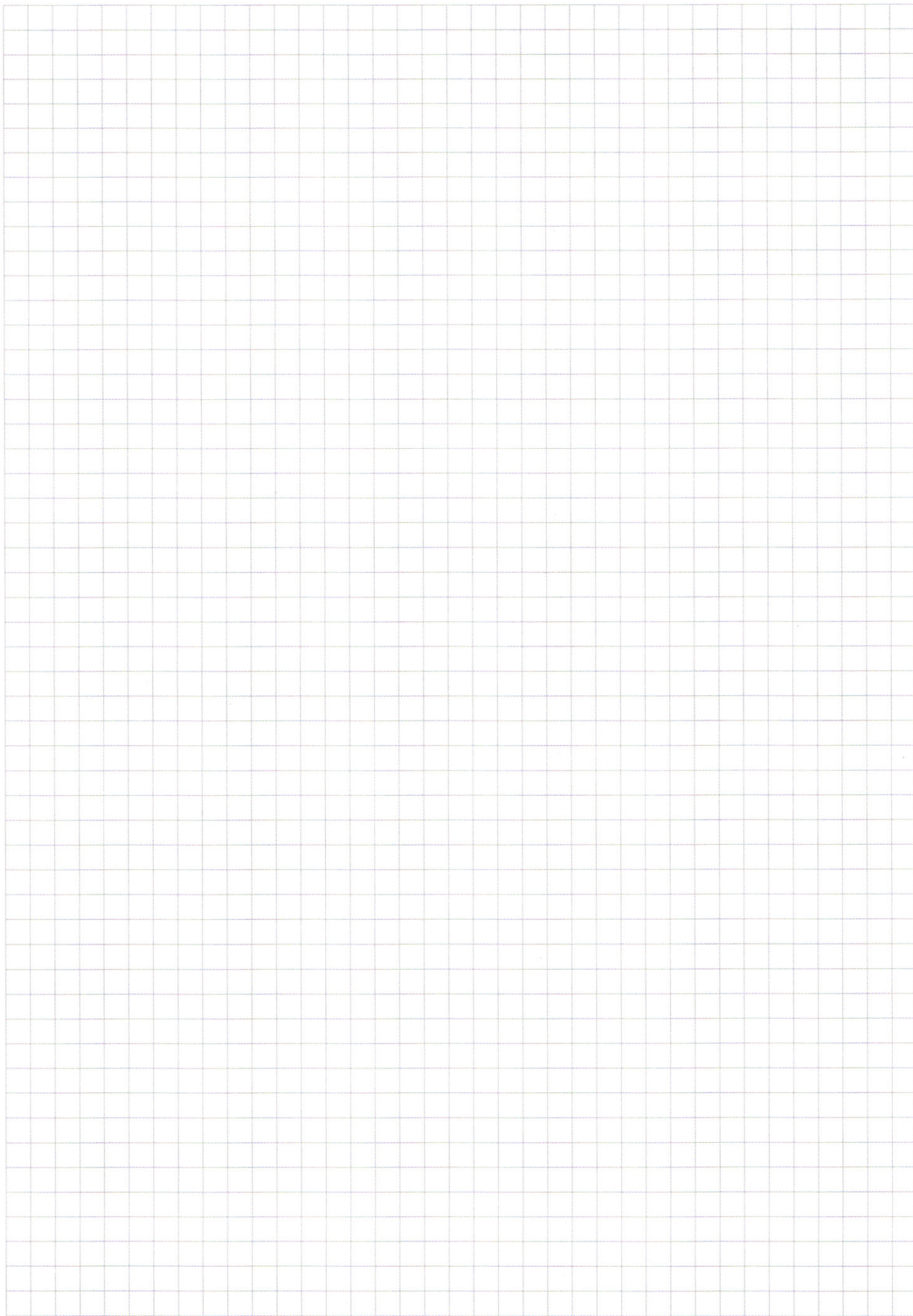
$$3,68$$

$$\frac{85 \cdot 18}{831,368} \approx 0,5$$

$$m = 4,7 \text{ т} - 4,7 \text{ т}_0$$

$$m,$$







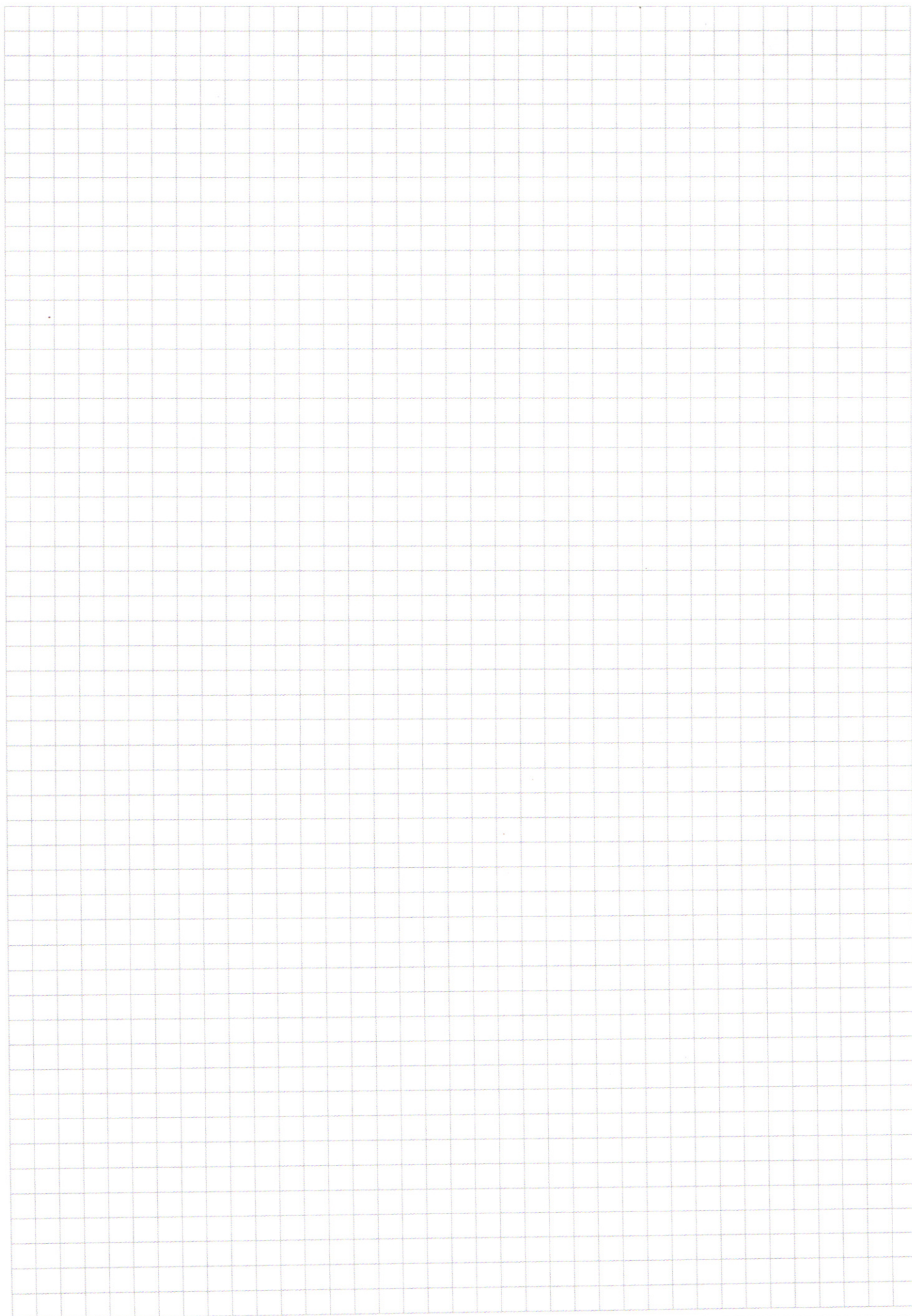
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)