

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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?

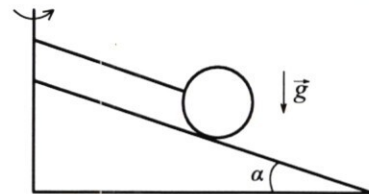
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

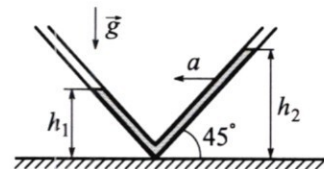


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.



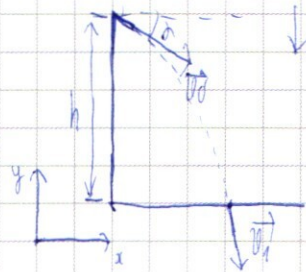
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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



П.к. ланка всё время приближалась к гор. пов. Земли, её нач. скорость v_0 была направлена вверх.

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_x + \vec{v}_{1y}$$

$$|\vec{v}_1| = 2v_0, \quad |\vec{v}_1| = v_0 \cos \alpha$$

$$4v_0^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + v_{1y}^2$$

$$v_{1y} = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha}, \quad v_{1y} = 10 \frac{m}{c} \sqrt{4 - \frac{9}{4}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{13}{4}} \frac{m}{c} = 5 \sqrt{13} \frac{m}{c} \approx 5 \cdot 3,6 \frac{m}{c}$$

$$1) v_{1y} \approx 18 \frac{m}{c}$$

$$v_{1y} = v_{0y} + gt, \quad t = \frac{v_{1y} - v_{0y}}{g} = \frac{v_{1y} - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0}{g} (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)$$

$$t = \frac{10 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} (\sqrt{4 - \frac{9}{4}} - \frac{1}{2}) = (\frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2}) c = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} c \approx \frac{3,6 - 1}{2} c = 1,3 c$$

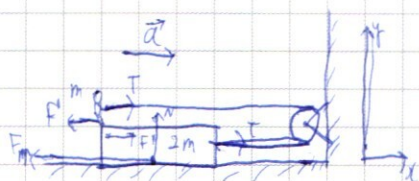
$$2) t = 1,3 c$$

$$2gh = v_{1y}^2 - v_{0y}^2$$

$$h = \frac{v_0^2 (4 - \cos^2 \alpha) - v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} (4 - \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) = \frac{3v_0^2}{2g}, \quad h = \frac{3 \cdot 10^2 \frac{m^2}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = 15 \frac{m}{c}$$

$$3) h = 15 \frac{m}{c}$$

№ 2



$$l = 2m = m + 2m = 3m$$

$$P = \sqrt{N^2 + F_{mp}^2} = \sqrt{N^2 + m^2 N^2} = N \sqrt{1 + m^2}$$

$$y: N = 3(m + M)g = 3mg$$

$$1) P = 3mg \sqrt{1 + m^2}$$

Пусть человек тянет с горизонтальной силой, чтобы веревочным зацепом, F_0 . Тогда кажем, "матем" человека такой же по модулю силой, $T = F_0$. И.к. F_0 - horiz. сила, то $a = 0$.
 II з-к Ньютона для системы человек - мушкет.

$$x: F_{np} = 2T, F_{np} = \mu N = 3\mu mg$$

$$y: N = 3mg$$

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

$$2) F_0 = 1,5\mu mg$$

$$F > F_0, \Rightarrow a \neq 0, T = F$$

II з-к Ньютона для системы человек - мушкет.

$$3ma = 2T - F_{np}, F_{np} = \mu N = 3\mu mg$$

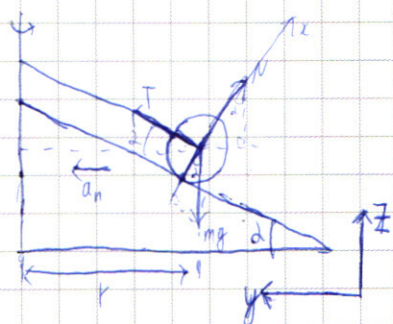
$$3ma = 2F - 3\mu mg$$

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

$$s = \frac{at^2}{2}, t^2 = \frac{2s}{a}, t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2s}{\frac{2F - 3\mu mg}{3m}}} = \sqrt{\frac{6s \cdot m}{2F - 3\mu mg}}$$

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

N3



Если система покоится:

II з-к Ньютона:

$$x: N = mg \cos \alpha$$

$$\vec{F} = -\vec{N}, (F = |\vec{N}|)$$

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

Если система вращается:

II з-к Ньютона:

$$y: ma_n = T \cos \alpha - N \sin \alpha, a_n = \omega^2 r, r = (L+R) \cos \alpha, a_n = (R+L) \omega^2 \cos \alpha$$

$$z: N \cos \alpha + T \sin \alpha = mg, \Rightarrow T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\text{или } m(R+L)\omega^2 \cos \alpha = \frac{mg \cos \alpha - N \cos^2 \alpha}{\sin \alpha} - N \sin \alpha$$

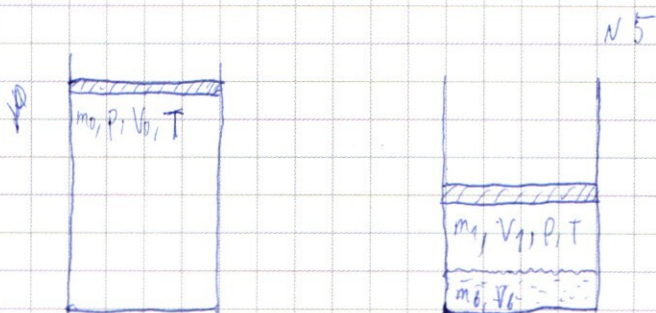
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m(R+L)W^2 \cos \alpha = mg \sin \alpha - N \left(\frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + \sin \alpha \right)$$

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

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

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



$$pV_0 = \nu RT$$

$$V_0 = \frac{m_0}{\rho_0}, \quad \nu = \frac{m_0}{M}$$

$$p \cdot M = \rho_0 RT$$

$$\rho_0 = \frac{p \cdot M}{RT}$$

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{p \cdot M}{\rho RT}, \quad \frac{\rho_0}{\rho} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 98 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 300 \text{ К}} = \frac{3,55 \cdot 18}{1000 \cdot 831,3} = \frac{183}{277,10} \cdot \frac{710}{277,70^5} \approx 2,6 \cdot 10^{-5}$$

$$1) \frac{\rho_0}{\rho} \approx 2,6 \cdot 10^{-5}$$

$$m_0 = m_1 + m_2$$

$$m_0 = \rho_0 \cdot V_0, \quad m_1 = \rho_1 \cdot V_1, \quad m_2 = \rho \cdot V_2$$

$$V_1 = \frac{V_0}{\gamma}, \quad V_2 = V_1 \cdot \gamma$$

$$\rho_0 \cdot V_0 = \rho_1 \cdot V_1 + \rho \cdot V_2$$

$$\rho_0 \cdot V_1 \cdot \gamma = \rho_1 \cdot V_1 + \rho \cdot V_2$$

$$\rho V_0 = \rho_1 V_1 (\gamma - 1)$$

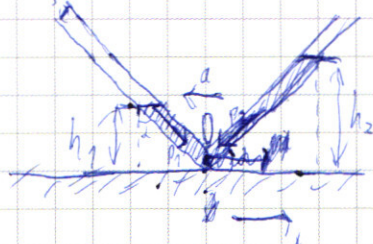
$$V_0 = \frac{\rho_1}{\rho} \cdot V_1 (\gamma - 1)$$

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{V_1}{\frac{\rho_1}{\rho} \cdot V_1 (\gamma - 1)} = \frac{\rho}{\rho_1 (\gamma - 1)} \quad \cdot \quad \frac{V_1}{V_0} \approx \frac{1}{4,6 \cdot 10^{-5} \cdot 4,6} = \frac{10^5}{2,6 \cdot 4,6} = \frac{10^5}{11,96} = \frac{10^7}{1196} = \frac{10^4}{1196} \cdot 10^3 \approx 8 \cdot 10^3$$

$$2) \frac{V_1}{V_0} = 8 \cdot 10^3$$

№ 4

Перемычка в поле UCO , взаимодействует с пружиной.



П.з. - X - проекция сил на ось Ox .

$$X: ma = -p_1 \sin \alpha \cdot S + p_2 \cos \alpha \cdot S$$

$$ma = -\rho g h_1 \sin \alpha \cdot S + \rho g h_2 \cos \alpha \cdot S = \rho g (p h_2 \cos \alpha - p h_1 \sin \alpha)$$

$$(m_1 + m_2) a = \rho h_1 S \cdot g \sin \alpha + \rho h_2 S \cdot g \cos \alpha$$

$$m_1 a + m_2 a = \rho h_1 S \cdot a + \rho h_2 S \cdot a = \rho h_2 S \cdot g \cos \alpha - \rho h_1 S \cdot g \sin \alpha \quad | : \rho S$$

$$a h_1 + g h_1 \sin \alpha = h_2 g \cos \alpha - h_2 a$$

$$h_1 (a + g \sin \alpha) = h_2 (g \cos \alpha - a)$$

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{g \sin \alpha + a}{g \cos \alpha - a} \quad ; \quad h_2 = 0,1 \text{ м} \cdot \frac{\frac{10\sqrt{2}}{2} + 4}{\frac{10\sqrt{2}}{2} - 4} \approx 0,1 \text{ м} \cdot \frac{5\sqrt{2} + 4}{5\sqrt{2} - 4} \approx \frac{5 \cdot 1,4 + 4}{5 \cdot 1,4 - 4} \cdot 0,1 \text{ м} = \frac{11}{3} \cdot 0,1 \text{ м} \approx 0,37 \text{ м}$$

$$1) h_2 = 0,37 \text{ м}$$

3) ?

$$mg \frac{h_1}{2} + mg \frac{h_2}{2} = \frac{mv^2}{2} \quad | : \frac{m}{2}$$

$$g(h_1 + h_2) = v^2$$

$$v = \sqrt{g(h_1 + h_2)} \quad ; \quad v = \sqrt{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,47 \text{ м}} = \sqrt{4,7} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 2,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) v = 2,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{3,55 \cdot 10^2}{1000 \cdot 834 \cdot 8} = \frac{7,1}{277 \cdot 10^3} = \frac{71}{277 \cdot 10^4} =$$

$$\frac{710}{277 \cdot 10^5}$$

$$\frac{3,55}{2} = 1,775$$

$$\begin{array}{r} 710 \overline{) 277} \\ 554 \\ \hline 1560 \\ 1562 \\ \hline 1385 \\ 1750 \\ \hline 1662 \\ \hline 880 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4,6 \\ \times 2,6 \\ \hline 276 \\ + 92 \\ \hline 11,96 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4,6 \\ \times 2,6 \\ \hline 276 \\ + 92 \\ \hline 11,96 \end{array}$$

$$100000 \overline{) 1196}$$

$$100000 \overline{) 1196}$$

$$\begin{array}{r} 100000 \overline{) 1196} \\ 9568 \\ \hline 4320 \\ 8 \end{array}$$

$$\frac{11}{3} \approx 3,67$$

$$\frac{11}{3} \approx 3,67$$

$$\begin{array}{r} 1000 \\ 436 \\ \hline 206 \end{array}$$

$$2,25$$

$$\sqrt{4,4} = 2,$$

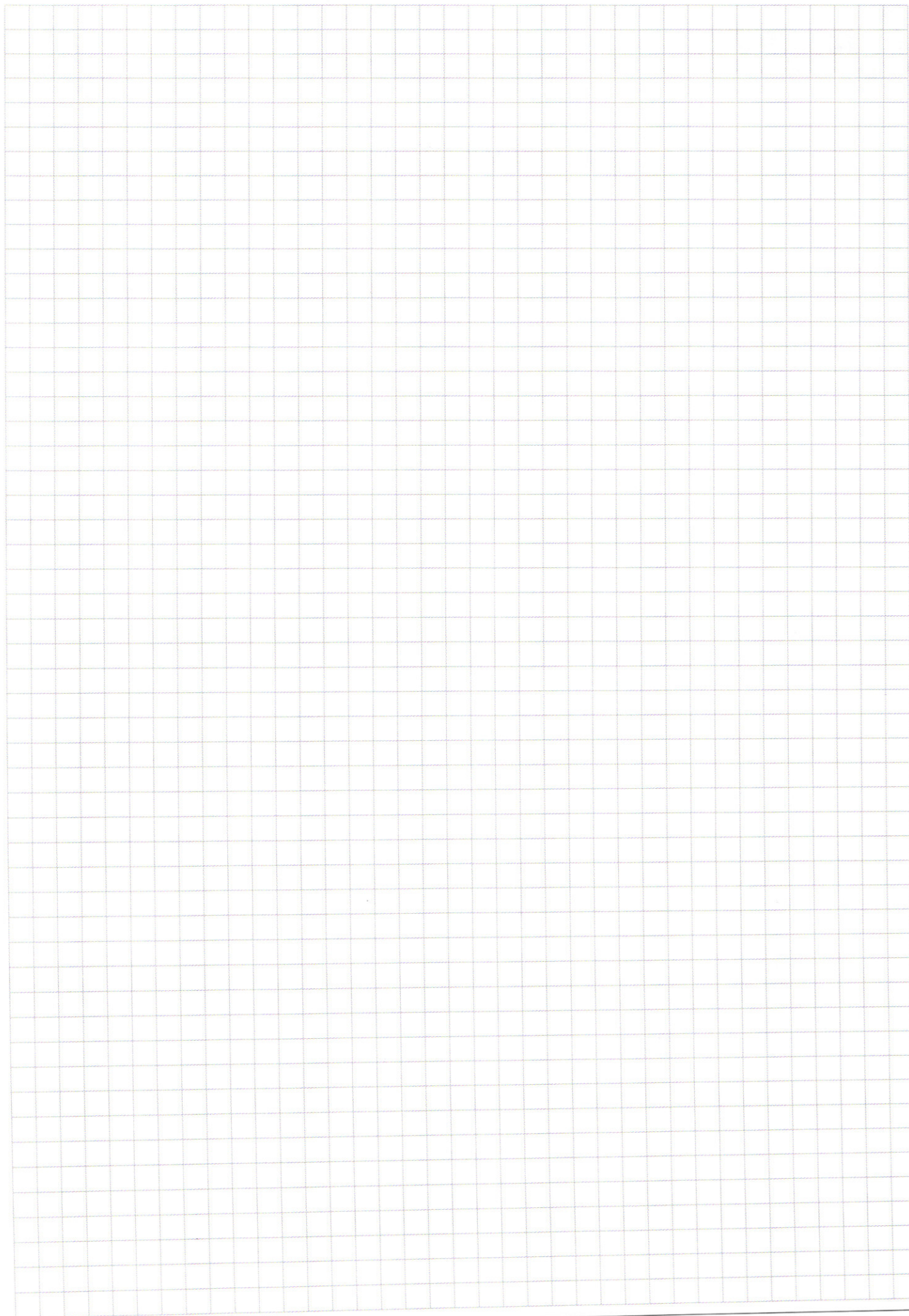
$$\begin{array}{r} \times 2,3 \\ 2,3 \\ \hline 9 \\ \hline 6 \\ \hline 6 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,2 \\ \times 2,2 \\ \hline 44 \\ 44 \\ \hline 4,84 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,1 \\ 2,1 \\ \hline 21 \\ 42 \\ \hline 4,41 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,15 \\ 2,15 \\ \hline 1075 \\ 215 \\ \hline 430 \\ \hline 4,6225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,14 \\ 2,14 \\ \hline 856 \\ 214 \\ \hline 45706 \end{array}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
 (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № _____
 (Нумеровать только чистовики)

1. **Задача 1**
 Тело падает с высоты h под углом α к горизонту. Начальная скорость v_0 . Найти: v_y , v_x , v , t .

Решение:
 $2gh = v_y^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha$
 $2v_0 \sin \alpha = v_y^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha$
 $v_y = v_0 \sin \alpha + gt$
 $v_x = v_0 \cos \alpha$
 $v^2 = v_x^2 + v_y^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha + 2v_0 \sin \alpha \cdot gt + g^2 t^2$
 $v^2 = v_0^2 + g^2 t^2 + 2v_0 g t \sin \alpha$
 $g^2 t^2 + 2v_0 g \sin \alpha t - 3v_0^2 = 0$
 $t = \frac{-2v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{4v_0^2 \sin^2 \alpha + 12v_0^2}}{2g}$
 $t = \frac{-v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 3v_0^2}}{g}$
 $v_y = v_0 \sin \alpha + gt$
 $v_x = v_0 \cos \alpha$
 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

2. **Задача 2**
 Тело падает с высоты h . Начальная скорость v_0 . Найти: h .

Решение:
 $2gh = v_y^2 - v_0^2$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$

3. **Задача 3**
 Тело падает с высоты h . Начальная скорость v_0 . Найти: h .

Решение:
 $2gh = v_y^2 - v_0^2$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$

4. **Задача 4**
 Тело падает с высоты h . Начальная скорость v_0 . Найти: h .

Решение:
 $2gh = v_y^2 - v_0^2$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$

5. **Задача 5**
 Тело падает с высоты h . Начальная скорость v_0 . Найти: h .

Решение:
 $2gh = v_y^2 - v_0^2$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$

6. **Задача 6**
 Тело падает с высоты h . Начальная скорость v_0 . Найти: h .

Решение:
 $2gh = v_y^2 - v_0^2$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$

7. **Задача 7**
 Тело падает с высоты h . Начальная скорость v_0 . Найти: h .

Решение:
 $2gh = v_y^2 - v_0^2$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$

8. **Задача 8**
 Тело падает с высоты h . Начальная скорость v_0 . Найти: h .

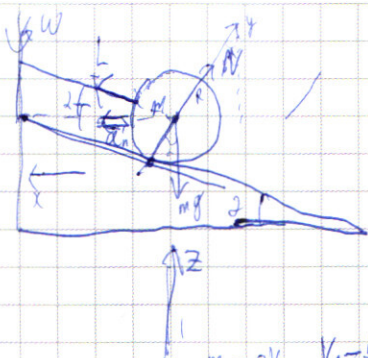
Решение:
 $2gh = v_y^2 - v_0^2$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$

9. **Задача 9**
 Тело падает с высоты h . Начальная скорость v_0 . Найти: h .

Решение:
 $2gh = v_y^2 - v_0^2$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$

10. **Задача 10**
 Тело падает с высоты h . Начальная скорость v_0 . Найти: h .

Решение:
 $2gh = v_y^2 - v_0^2$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$
 $h = \frac{v_y^2 - v_0^2}{2g}$



$$1) y: N = mg \cos \alpha \quad 2) x: ma = -F \cos \alpha - N \sin \alpha$$

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

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

$$F = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

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

$$T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$h_0 = \frac{mg}{g} \sin \alpha$$

$$\rho g h_1 + \frac{ma}{s} = \rho g h_2 - \frac{ma}{s} \quad a = \omega^2 R, \quad r = (L+R) \cdot \cos \alpha$$

$$\rho g h_1 + \frac{ma}{s} = \rho g h_2 - \frac{ma}{s} \quad a = (L+R) \cos \alpha \cdot \omega^2$$

$$m(L+R) \cos \alpha \cdot \omega^2 = mg \cdot \cos \alpha - N \left(\frac{\omega^2 R}{\sin \alpha} + \sin \alpha \right)$$

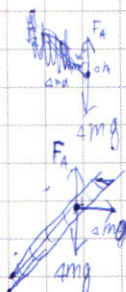
$$N \cdot \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\sin \alpha} = m(g \cos \alpha - (L+R) \omega^2 \cdot \cos \alpha)$$

$$h_1 \left(g + \frac{a}{\cos \alpha} \right) = h_2 \left(g - \frac{a}{\sin \alpha} \right) \quad h_2 = h_1 \cdot \frac{g + \frac{a}{\cos \alpha}}{g - \frac{a}{\sin \alpha}} = 0.1 \cdot \frac{5+2.5}{5-2.5} = 0.1 \cdot \frac{7.5}{2.5} = 0.3$$

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

$$mg \frac{h_1}{2} + mg \frac{h_2}{2} = \frac{mg(h_1+h_2)}{2} = \frac{mgR^2}{2}$$

$$u = \sqrt{10 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2}} = \sqrt{5} \frac{m}{c}$$



$$\frac{F}{s} = \rho g h_2$$

$$F = \rho g h_2 s$$

$$\rho g h_1 + \frac{F}{s} = \rho g h_2$$

$$\rho g h_1 + \frac{F}{s} = \rho g h_2$$

$$\frac{V}{s} \cdot \rho g h_1 + \rho g h_2 = \frac{V}{s} \cdot \rho g h_1$$

$$V = \frac{m}{\rho h_1}$$

$$\frac{V}{s} \cdot \rho g h_1 + \rho g h_2 = \frac{V}{s} \cdot \rho g h_1$$

$$V = \frac{m}{\rho h_1}$$

$$V = \frac{m}{\rho h_1}$$

$$V = \frac{m}{\rho h_1}$$

$$V = \frac{m}{\rho h_1}$$

$$V = \frac{m}{\rho h_1}$$

$$V = \frac{m}{\rho h_1}$$

$$V = \frac{m}{\rho h_1}$$

$$V = \frac{m}{\rho h_1}$$

$$V = \frac{m}{\rho h_1}$$



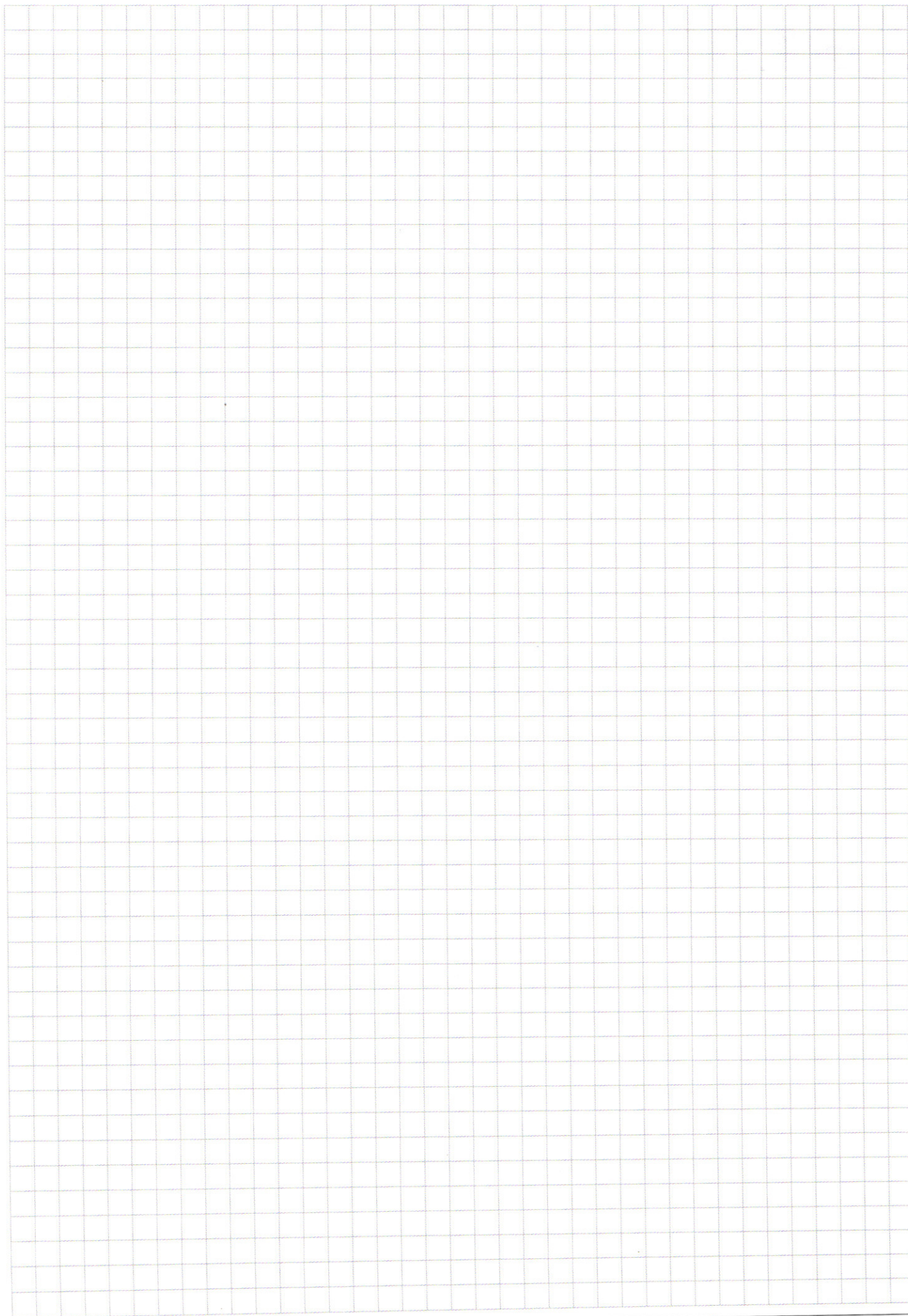
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)