

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

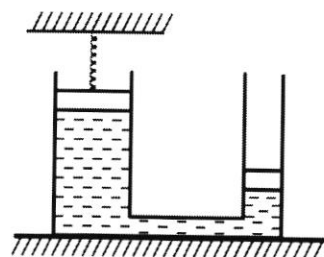
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

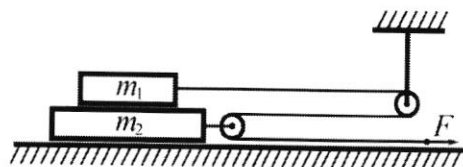
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 10$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/2$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/2$ ?
- Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности  $\rho$ . На свободных поверхностях жидкости находятся лёгкие поршни. Зазоров между стенками сосудов и поршнями нет. Левый поршень соединён пружиной жёсткости  $k$  с верхней опорой. Деформация пружины равна  $x$ . Площадь сечения левого поршня  $S$ , правого  $S/3$ . Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения  $g$ .

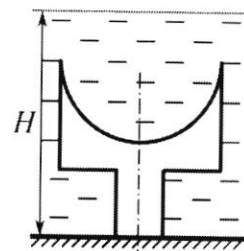


- 1) Найдите разность  $h$  уровней жидкости в сосудах.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная постоянная  $G$ . Объём шара  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .
- 1) Найдите ускорение  $g$  свободного падения на расстоянии  $3R$  от центра планеты.
  - 2) Найдите период  $T$  обращения спутника.

4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков  $m_1 = 3m$ ,  $m_2 = 5m$ . Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен  $\mu$ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



- 1) Найдите величину  $F_0$  горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.
  - 2) Найдите минимальную силу  $F$ , при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.
5. Ко дну бассейна глубиной  $H=3$  м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции  $V = 5$  дм<sup>3</sup>, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей  $S = 10$  см<sup>2</sup>. Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>, атмосферное давление  $P_0 = 100$  кПа. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.
- 1) Найдите давление  $P_1$  вблизи дна.
  - 2) Найдите величину  $F$  силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.

Дано: $v_0 = 10 \text{ м/с}$ $g = 10 \text{ м/с}^2$ $t = ?$ $h = ?$	Решение: 1) $v_0 - g \cdot t = \frac{v_0}{2}$ , когда найдем $t$ . $g \cdot t = \frac{v_0}{2}$ $t = \frac{v_0}{2g} = 0,5 \text{ (с)}$
---	--

Найдем скорость камня будет  $\frac{v_0}{2}$  по величине, когда  $v_0 - g \cdot t = -\frac{v_0}{2} \Rightarrow t = \frac{3v_0}{2g} = 1,5 \text{ (с)}$

2)  $h = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = 5 - 1,25 = 3,75 \text{ (м)}$  - при  $t = 0,5 \text{ с}$ .

$h = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = \frac{3v_0^2}{2g} - \frac{g v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g} = \frac{75}{4} = 3,75 \text{ (м)}$  - при  $t = 1,5 \text{ с}$ .

Ответ: 1) через  $t = 0,5 \text{ (с)}$  и через  $t = 1,5 \text{ (с)}$

2) ~~h = 3,75 (м)~~

Задача 2.

Дано: $k, x, S, g, \rho$ $h = ?$ $m = ?$	Решение: Обозначим силу упругости пружины $F_{\text{упр}}$ , а атмосферное давление - $P_{\text{ат}}$ .
---	--

1)  $F_{\text{упр}} = kx$  по закону Гука.

$P_{\text{ат}} + \rho g h = P_{\text{ат}} + \frac{F_{\text{упр}}}{S} \Rightarrow h = \frac{kx}{\rho g S}$

2) Когда пружина станет недеформированной,  $F_{\text{упр}}$  станет равен 0, а левый поршень поднимется на  $x$ . При этом, т.к. ~~неизменен~~

объем жидкости не изменился, правый поршень опустится. ~~на  $3x$~~

Обозначим расстояние, на которое он опустится,  $x_2$ .

$xS = x_2 \frac{S}{3} \Rightarrow x_2 = 3x \Rightarrow$  разница между уровнями жидкости станет  $h + 4x$ .

По закону Паскаля,  ~~$P_{\text{ат}} + \frac{m g}{S} = P_{\text{ат}} + \rho g (h + 4x) \Rightarrow m = \frac{7}{3} \rho (h + 4x) S$~~

Ответ: 1)  $h =$

$$= \frac{1}{3} \rho \cdot S X \left( \frac{kX}{\rho g S} + 1 \right) = \frac{kX}{3g} + \frac{1}{3} \rho S X$$

Ответ: 1)  $h = \frac{kX}{\rho g S}$

2)  $m = \frac{kX}{3g} + \frac{1}{3} \rho S X$

Задача 3.

Дано:  
 $h, R, \rho, G$   
 $g = ?$   
 $T = ?$

Решение:

1)  $g = G \cdot \frac{m_{пл}}{(3R)^2}$ ,  $m_{пл}$  - масса планеты

$$m_{пл} = \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho$$

$$g = G \frac{4\pi R^3 \rho}{27}$$

2) Обозначим  $g_2$  нормальное ускорение спутника.

$$g_2 = G \cdot \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{(h+R)^2} = G \cdot \frac{\pi R \rho}{3}$$

$$g_2 = \omega^2 \cdot (R+h)$$
, где  $\omega$  - угловая скорость спутника

$$\omega = \sqrt{\frac{g_2}{2R}} = \sqrt{G \cdot \frac{\pi \rho}{6}}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{\pi G \rho}{6}}} = \sqrt{\frac{24\pi}{G \rho}} = 2 \sqrt{\frac{6\pi}{G \rho}}$$

Ответ: 1)  $g = \frac{4\pi}{27} G R \rho$

2)  $T = 2 \sqrt{\frac{6\pi}{G \rho}}$

Задача 4.

Дано:  
 $m_1, m_2, m,$   
 $M$

Решение:

1) Сила натяжения нити равна  $F_0$ , поэтому на ~~каждый~~ ~~нижний~~ ~~брусок~~

$F_0 = ?$   
 $F = ?$  действует сила  $2F_0$  в сторону ~~противоположной~~ ~~нижней~~ нити.

П.с. сила трения между брусками нет, они движутся с

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

сдвинут и тем же

вдвигаются ускорением. Обозначим это  $a$ .

$$F_0 = m_1 a \quad (2\text{-й закон Ньютона}) \Rightarrow F_0 = 3m a \Rightarrow a = \frac{F_0}{3m}$$

~~$$2F_0 - \mu(m_1 + m_2)g = m_2 a \quad (-11) \Rightarrow 2F_0 = 8\mu mg + 5ma = 8\mu mg +$$~~

~~$$+ 5m \cdot \frac{F_0}{3m} \Rightarrow \frac{7}{3} F_0 = 8\mu mg \Rightarrow F_0 = 24\mu mg$$~~

2) На верхний брусок будут действовать по горизонтали сила трения  $F_{\text{тр}1}$  сила  $F_0 = 3\mu mg$ , на нижний — сила трения  $F_{\text{тр}2}$  и сила  $2F$ .

2F, сила трения  $3\mu mg$  (в обратном направлении) и сила  $8\mu mg$  (в том же направлении)

~~$$F + 3\mu mg = 3m a_1, \quad a_1 - \text{ускорение верхнего груза}$$~~

~~$$2F - 7\mu mg = 5m a_2, \quad a_2 - \text{ускорение нижнего груза}$$~~

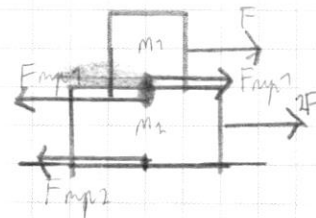
~~$$a_2 \geq a_1$$~~

~~$$\frac{2F}{5m} - \frac{7}{5}\mu g \geq \frac{F}{3m} + \mu g$$~~

~~$$\frac{4F}{75m} \geq \frac{7}{5}\mu g$$~~

~~$$4F \geq 48\mu mg$$~~

~~$$F \geq 12\mu mg$$~~



Ответ: 1)  $F_0 = 24\mu mg$

2)  $F = 12\mu mg$

Задача 5

Дано:

$H = 3 \text{ м}$

$V = 5 \text{ л}$

$r = 70 \text{ см}^2$

$\rho = 12 \text{ / см}^3$

$P_0 = 100 \text{ кПа}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$P_1 = ?$

$F = ?$

Решение:

1)  $P_1 = P_0 + \rho g H = 100 + 12 \cdot 10 \cdot 3 = 130 \text{ (кПа)} = 130 \text{ (кПа)}$

2) Пл. ф. конструкции симметрична, линия действия  $F$  совпадает с осью симметрии.

Найдём  $F_g$  — силу давления на конструкцию сверху.

~~Тип~~ Допустим, что вода подтекает под конструкцию.  $F_g$  от этого не изменится. Сила Архимеда, действующая на конструкцию, равна  $\rho V g$ .

Сила давления на эту конструкцию  $-(P_0 + \rho g H) \cdot S$ . Обозначим силу давления на горизонтальную поверхность конструкции, не ~~дан~~ являющуюся знак,  $F_2$ ,

$$-F_g + F_2 + \cancel{\rho V g} + (P_0 + \rho g H) S = \rho V g \Rightarrow F_g = F_2 + \rho V g + (P_0 + \rho g H) S$$

$$F = F_g - F_2 = -\rho V g + (P_0 + \rho g H) S = -50 + \cancel{130000} \cdot 10^{-3} = \cancel{180} (Н) \Rightarrow F \text{ действует вниз.}$$

Ответ: 1)  $P_1 = 730 \text{ кПа}$

2)  $F = \cancel{180} (Н)$  (вниз)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ)»

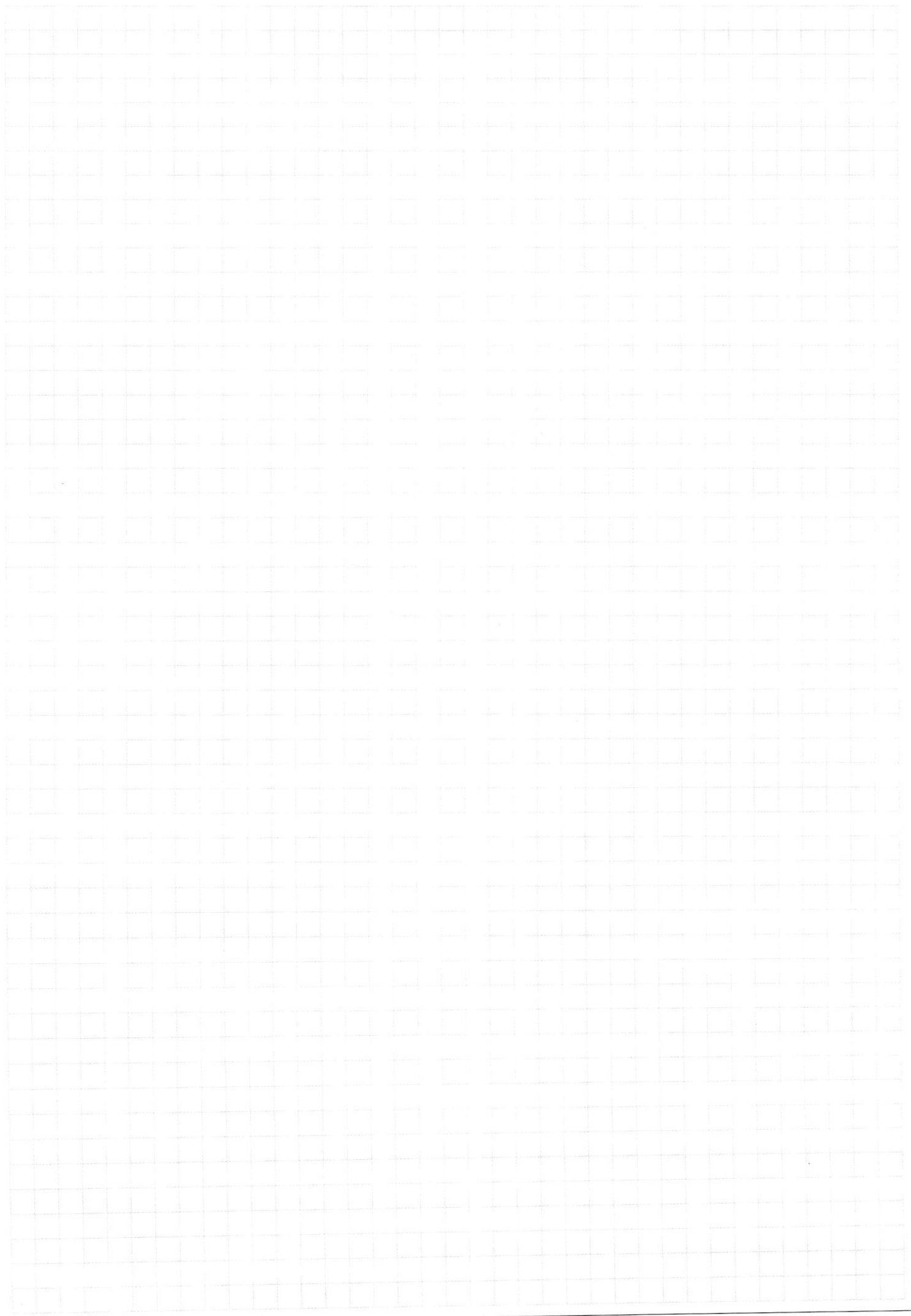
ШИФР

(заполняется секретарём)

## 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)»

ШИФР

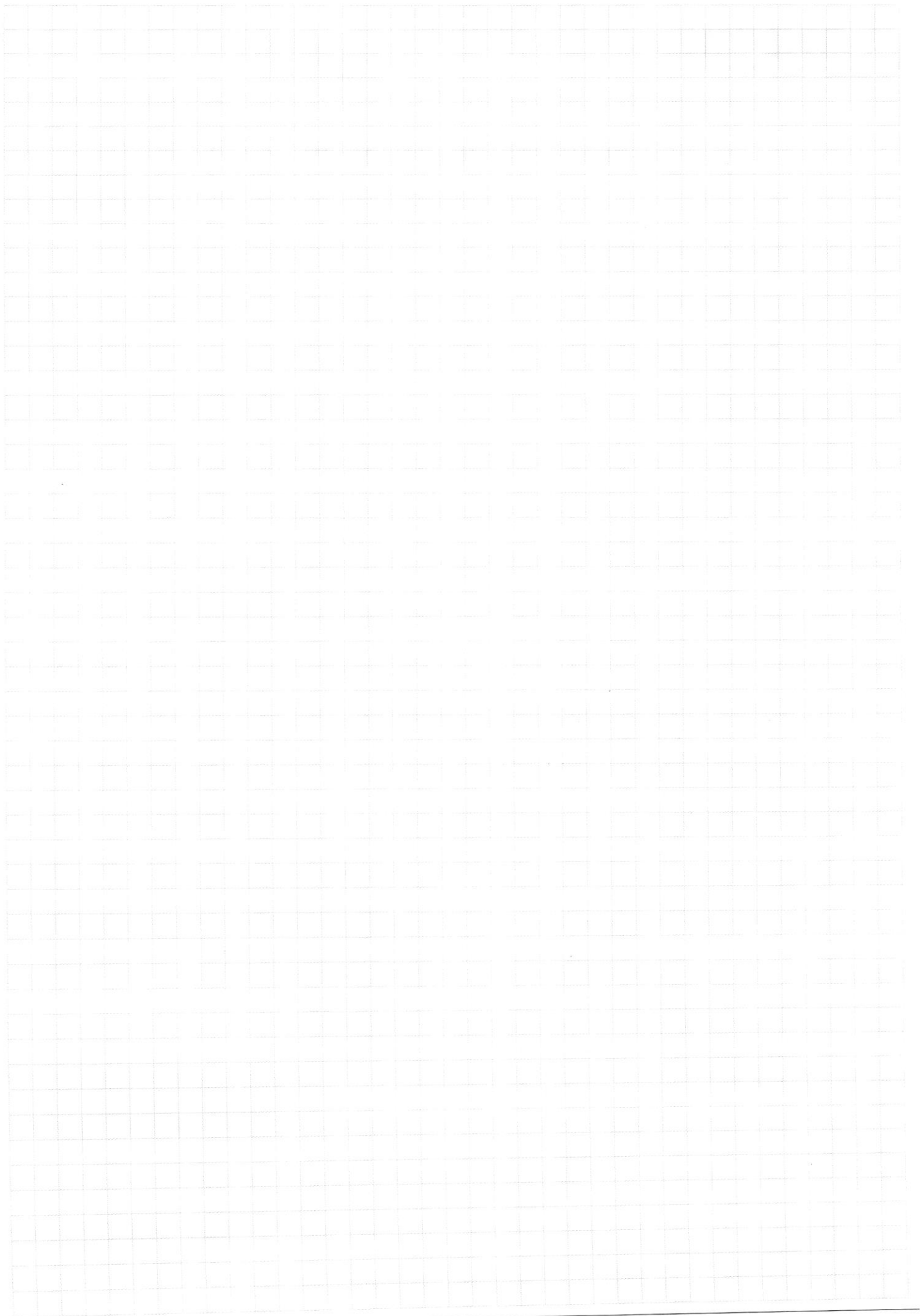
(заполняется секретарём)

## 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)»

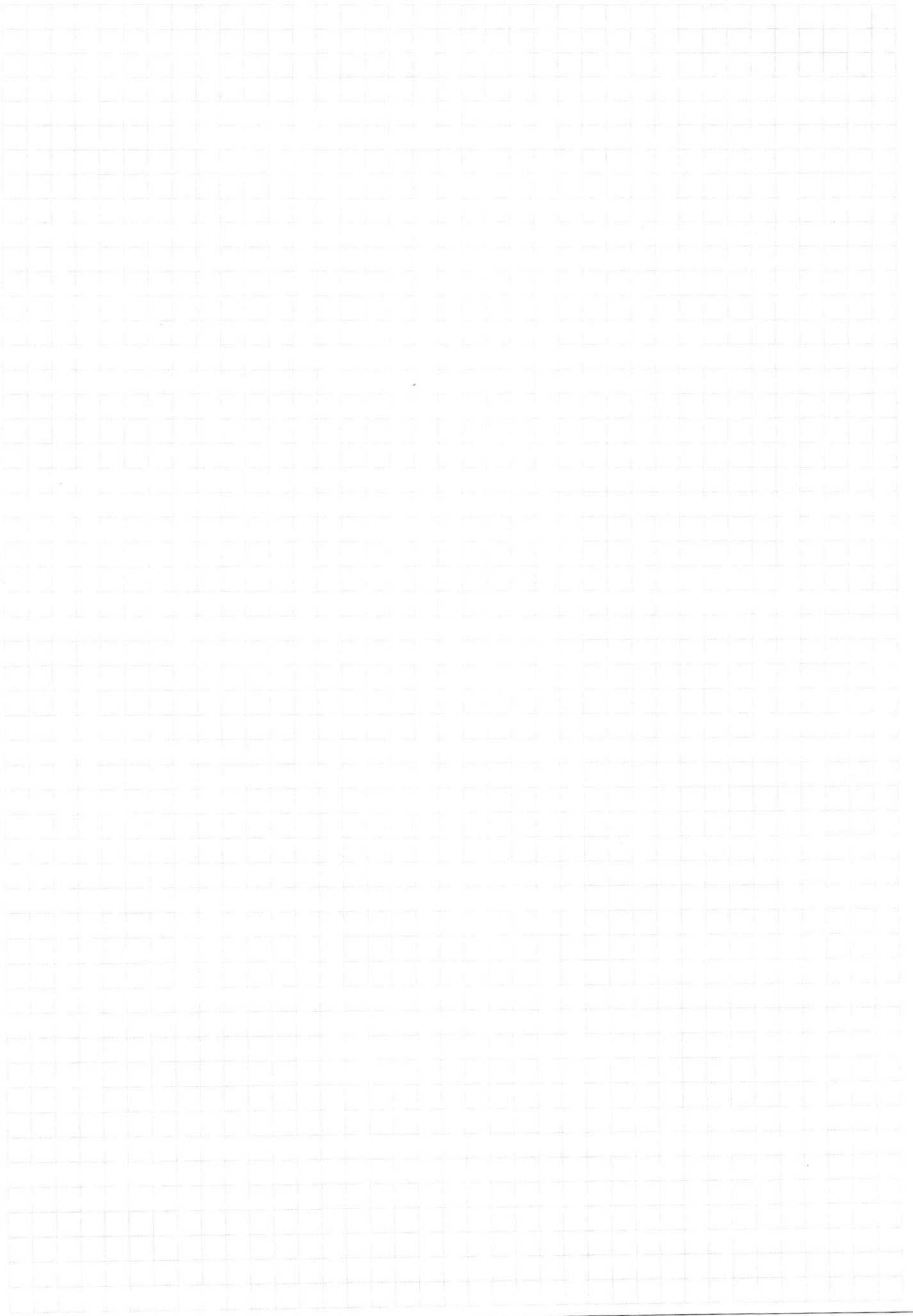
ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)