

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

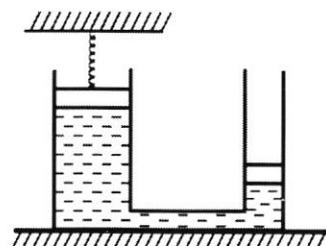
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 10$  м/с.

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.

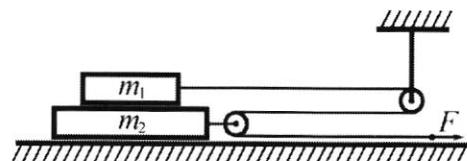
2) Найдите период  $T$  обращения спутника.

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.).

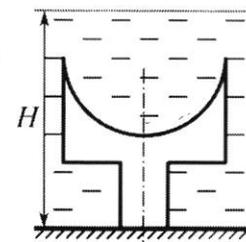
Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции  $V = 5$  дм<sup>3</sup>, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей

$S = 10$  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

Дано:  
 $v_0 = 10 \text{ м/с.}$



$t = ?$   
 $h = ?$

р1.

Скорость камня будет равна  $\frac{v_0}{2}$  в 2  
момента времени: при подъеме и при  
падении. ( $t_1, t_2$  соответственно).

При подъеме  $v_0 - g t_1 = \frac{v_0}{2} \Leftrightarrow \frac{v_0}{2} = g t_1 \Rightarrow t_1 = 0,5 \text{ с.}$

Максимальной высоты камень достигнет когда его скорость  
будет равна 0.  $v_0 = g t \Rightarrow t = 1 \text{ с.}$   $t$  - время до максима-  
льной высоты. Камень, падая, наберет скорости  $\frac{v_0}{2}$  через  
0,5 с. Т.е.  $t_2 = 1,5 \text{ с.}$  Камень достигнет скорости  $\frac{v_0}{2}$  через  
0,5 с и 1,5 с.

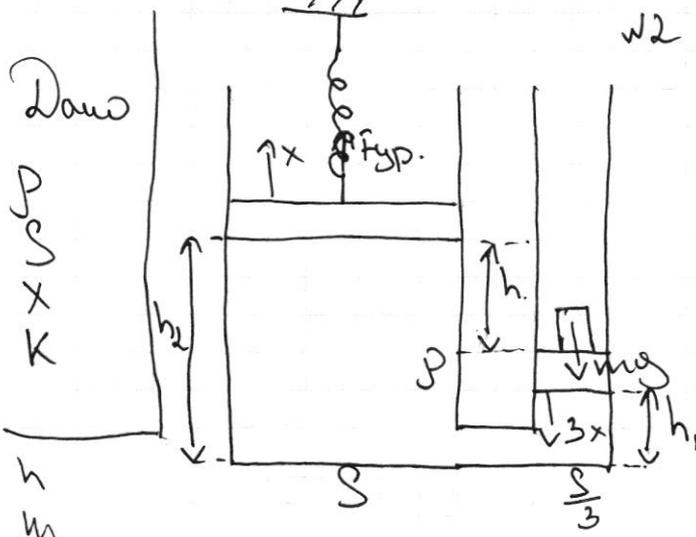
Высота при достижении  $\frac{v_0}{2}$  будет одинаковой как и при

подъеме так и при падении.

$$h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \Rightarrow h = 10 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,25}{2} = 3,75 \text{ м.}$$

Ответ: 1) 0,5 с, 1,5 с 2) 3,75 м.

р2



Пусть  $h_1$  - высота столба жидкости  
в малом сосуде

$h_2$  - в большом.  $h_2 - h_1 = h.$

$$F_{\text{бул}} - \text{сила упругости } F_{\text{упр}} \Rightarrow$$

$$\rho g h_1 = \rho g h_2 - \frac{kx}{S} \Rightarrow$$

$$kx = \rho g (h_2 - h_1) = \rho g h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = \frac{kx}{S \rho g}$$

Пусть  $m$  - масса груза. Т.к. пружина растянута на  $x$  следовательно большая поршень должен переместиться на  $x$  вверх. Тогда малый поршень на  $3x$  (из-за меньшей площади сечения в 3 раза). Тогда

$$\rho g(h_2 + x) = \rho g(h_1 - 3x) + \frac{3mg}{S} \Leftrightarrow$$

$$S\rho g(h_2 - h_1 + x + 3x) = 3mg \Leftrightarrow$$

$$\frac{1}{3}S\rho(h + 4x) = m \Leftrightarrow m = \frac{1}{3}S\rho\left(\frac{kx}{S\rho g} + 4x\right)$$

Ответ:  $h = \frac{kx}{S\rho g}$       $m = \frac{1}{3}S\rho\left(\frac{kx}{S\rho g} + 4x\right)$ .

Дано:

$R$

$\rho$

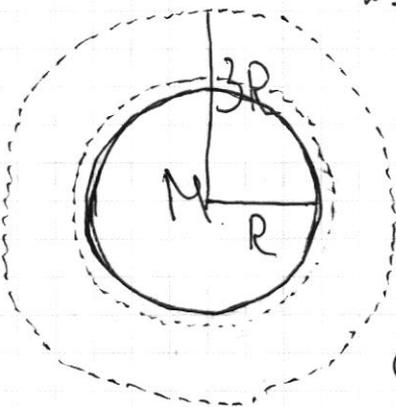
$G$

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$g = ?$

$T = ?$

н.с.



Пусть масса планеты  $M$ , а спутника  $m$ .

$g'$  - ускорение свободного падения на орбите радиуса  $R$ .

Сила взаимного действия двух тел равна

силе притяжения меньшего, масса его малой массы.

$$mg' = \frac{Mm}{R^2} G \Rightarrow g' = G \frac{M}{R^2} \quad \text{тогда}$$

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

Т.к. спутник находится на стабильной орбите, то

$mg' = ma_{цс}$  где  $a_{цс}$  - центростремительное ускорение.

$$a_{цс} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \Rightarrow g' = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$$

Ответ: 1)  $G \frac{M}{R^2} = g$      2)  $T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

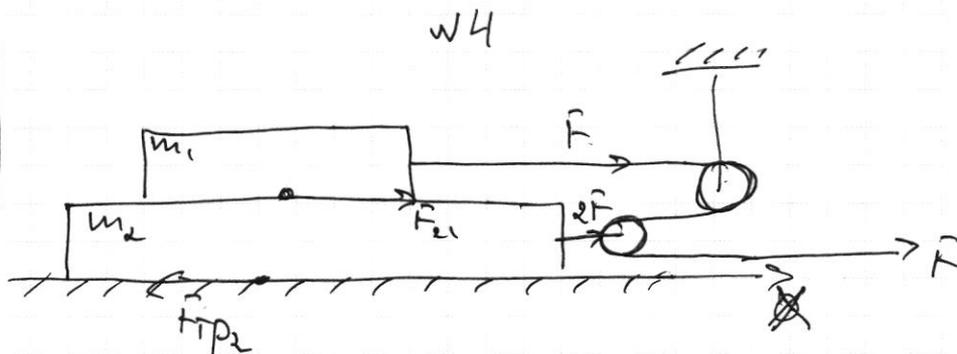
$$m_1 = 3m$$

$$m_2 = 5m$$

$$\mu$$

$$F_0 = ?$$

$$F = ?$$



1). Пусть  $a$  - ускорение системы при котором на верхний брусок не действует сила трения, тогда

По 2-ому закону Ньютона

$$(m_1 + m_2) \bar{a} = m_1 \bar{g} + m_2 \bar{g} + \bar{F}_{тр2} + \bar{F} + 2\bar{F}$$

Ох: на верхний  
на нижний

$$\begin{cases} m_1 a = F \\ m_2 a = 2F - F_{тр2} \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 3ma = F \\ 5ma = 2F - F_{тр2} \end{cases} \Leftrightarrow F = 24\mu mg$$

$$F_{тр2} = 8\mu mg$$

ис.

Дано

$$H = 3\text{ м}$$

$$V = 5\text{ дм}^3$$

$$S = 10\text{ см}^2$$

$$\rho = 12\text{ г/см}^3$$

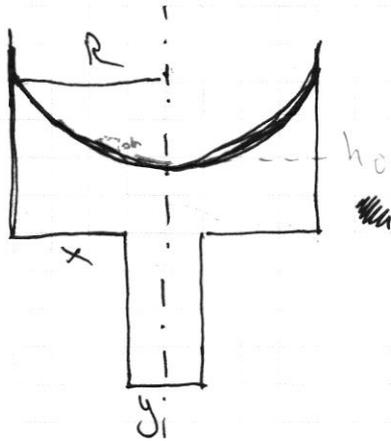
$$P_1 = \rho g H + P_0 = 130\text{ кПа}$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~1/2 R^2~~ ~~h\_0~~ ~~2/3 R^2~~

$$y = \sqrt{\frac{10}{5L}}$$

$$\rho = \rho g h$$

$$x + y = R \quad R \cdot h - \frac{4}{6} \pi R^3$$

$$(\pi R^2 - S) \rho g h$$

$$\pi R \cdot 2R \cdot 2\pi R^2$$

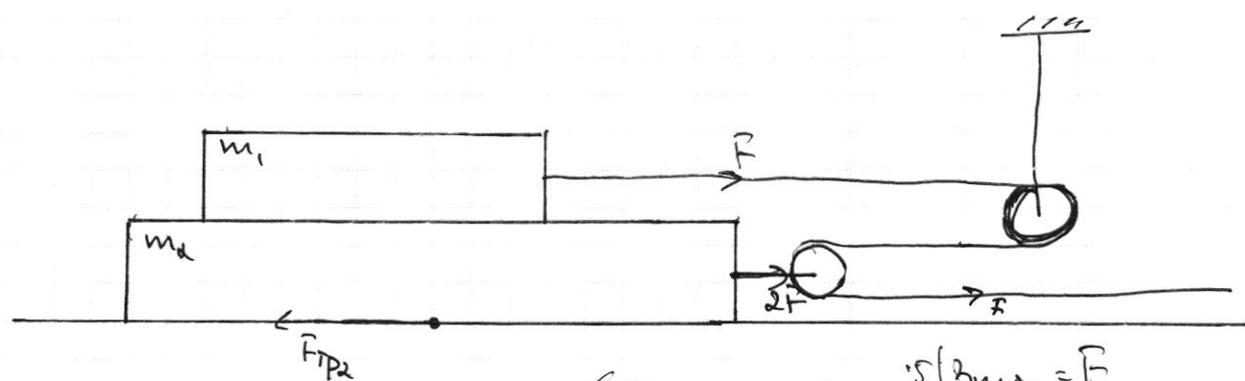
$$2\pi R^2$$

$$mg = ma_{\text{ус}}$$

$$a_{\text{ус}} = g$$

$$y = \frac{14}{9R^2} G$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{m^2}{m_2 \cdot m_1} = \frac{m}{m_1}$$



$$F_{\text{тр}2} = 8m_1 g$$

$$5m_1 a = F$$

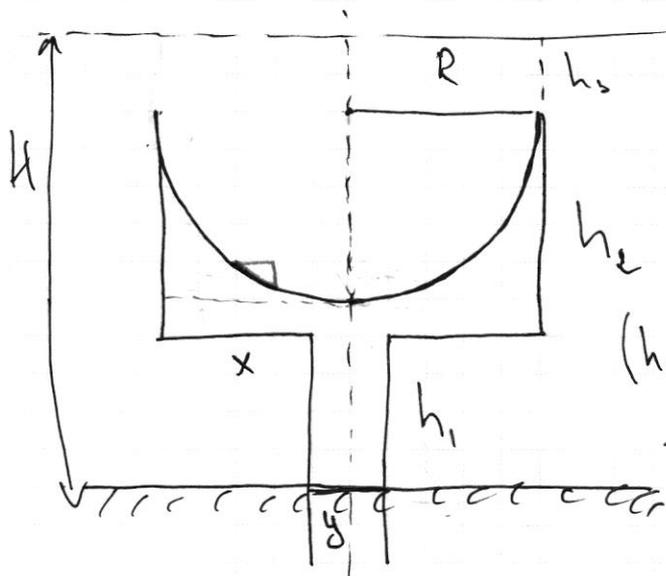
$$3/5 m_2 a = 2F - F_{\text{тр}2}$$

$$5F = 6F - 3F_{\text{тр}2} \quad F = 8m_1 g$$

$$5/3 m_2 a = F$$

$$3/5 m_2 a = 2F - F_{\text{тр}2}$$

$$5F = 6F - 3F_{\text{тр}2} \quad F = 8m_1 g$$



$$y = \sqrt{\frac{10}{\sqrt{c}}} \quad R = x + y$$

$$2Rh_2 - \frac{4}{6}\sqrt{c}R^3 + h_2S = V$$

$$F_{\text{App}} = F_1 - F_2$$

$$(h_3 + h_2)(\sqrt{c}R^2 - S) \rho g = F_1 - F_2$$

$$F_1 = (h_2R + \frac{4}{6}\sqrt{c}R^3) \rho g$$

$$F = (2h_3R + \frac{4}{6}\sqrt{c}R^3) \rho g - (\sqrt{c}R^2 - S) \rho g$$

$$(h_3 + h_2)(\sqrt{c}R^2 - S) \rho g - \rho g (2h_3R + \frac{4}{6}\sqrt{c}R^3)$$

$$\rho g \sqrt{c} R^2 + \rho g S (h_3 + h_2)$$

R  
ρ  
G  
 $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

~~F = G~~

$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$

~~$\omega = \frac{v}{R}$~~   
 $v = \frac{2\pi R}{T}$

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

$a_{\text{ис}} = g$

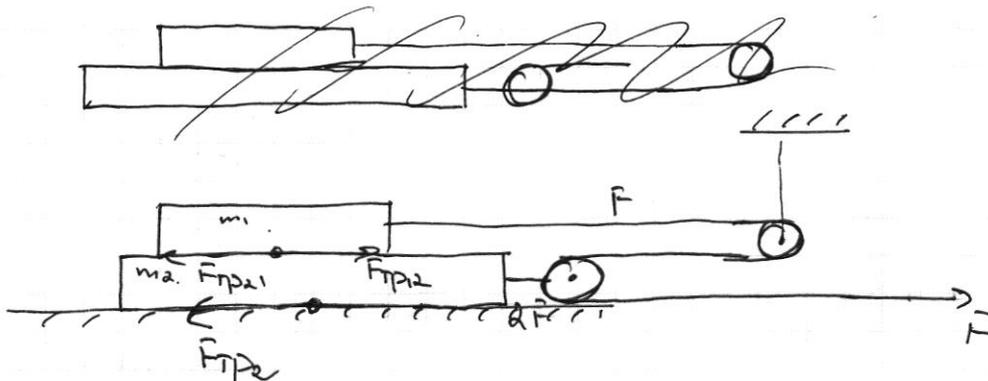
~~$\omega = \frac{2\pi R}{T}$~~

~~$T = \frac{2\pi R}{g}$~~   
 $\frac{4\pi^2 R}{T^2} = g \Rightarrow$

$T^2 = \frac{4\pi^2 R}{g} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$

уч.

$3m = m_1$   
 $m_2 = 5m$   
ч



$2\bar{F} = \bar{F}_{1p2} \quad 5mg\epsilon = 2\bar{F}_0 \quad \bar{F}_0 = 2,5mg\epsilon$

~~$F + F_{1p2} = ma$~~   ~~$ma = 5mg\epsilon$~~

~~$ma = m\epsilon \quad a = g\epsilon$~~

$\bar{F}_{1p2} + \bar{F}_{2p1} = 2F$

$5mg\epsilon + 5mg\epsilon = 2F \Rightarrow F = 4mg\epsilon$

$\frac{4}{3}\pi R^3 \rho = M$

1000 30



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1).  $\frac{v_0}{2} = v_0 - g d$   $g d = 0,5 v_0$   $d = 10$

$d = 0,5 e$   
 $d = 1,5 e$

$\frac{0,25}{1,25}$

2).  $h = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = 10 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,25}{2} = 5 - 5 \cdot 0,25 = 3,75 \text{ м.}$

$\rho g h = \rho g h + \frac{F_{\text{упр}}}{S}$   $(H-h) = \frac{kx}{S \rho g}$

$P = \frac{F}{S}$   $P S = F$

~~$F_{\text{упр}} = kx$~~

$\rho g h \cdot \frac{S}{3} = \rho g (H+h) S - F_{\text{упр}}$

$\frac{1}{3} \rho g h S = \rho g (H+h) S - kx$

~~$\rho g h S = \frac{1}{3} \rho g h S = kx$~~

$\rho g h = \rho g (h+h) - \frac{kx}{S}$   
 $\rho g h = \frac{kx}{S}$

$h = \frac{kx}{S \rho g}$

$\frac{H}{k} \cdot kx = \frac{H}{\frac{m}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \cdot \frac{H}{\frac{m}{\text{с}^2}}$   $\frac{m \cdot m}{\text{с}^2} \cdot \frac{e^2}{m}$

~~$m g$~~

$\rho g (h-3x) + \frac{m g \cdot 3}{S} = \rho g (H+x)$

$\frac{3m g}{S} = \rho g (H+x-h+3x) \Rightarrow \frac{3m g}{S} = \rho g \left( \frac{kx}{S \rho g} + 4x \right)$

$m = \frac{1}{3} S \rho \left( \frac{kx}{S \rho g} + 4x \right) = \frac{1}{3} S \rho x \left( \frac{k}{S \rho g} + 4 \right)$

$m = \frac{m}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $m = \frac{m}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$m = \frac{m \cdot m}{\text{с}^2}$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

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

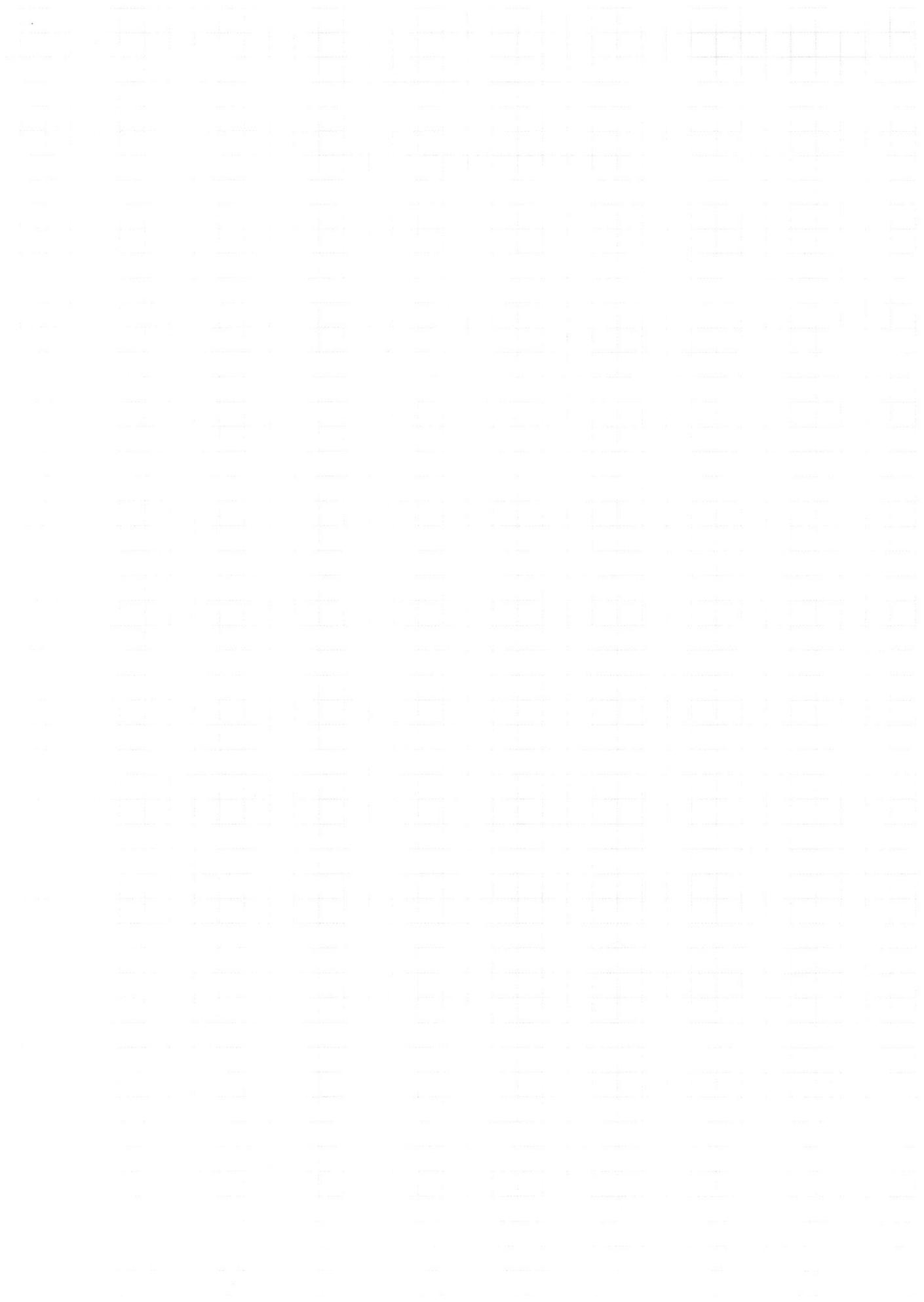
ШИФР

(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)