

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 $V_0/2$?

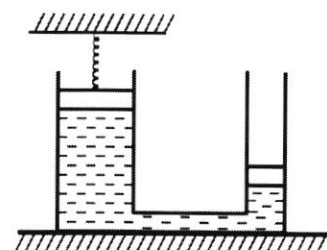
2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?

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

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности ρ . 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.



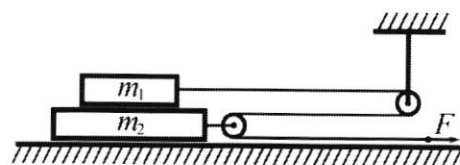
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты.

Плотность планеты ρ . 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 μ . 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.

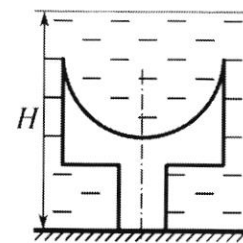
2) Найдите минимальную силу F , при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

5. Ко дну бассейна глубиной $H=3$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции $V = 5$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей

$S = 10$ см². Плотность воды $\rho = 1$ г/см³, атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1) Найдите давление P_1 вблизи дна.

2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

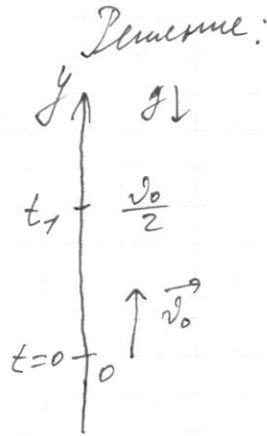


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

1. Дано: $g = 10 \frac{м}{с^2}$
 $v_0 = 10 \frac{м}{с}$
 в момент времени t_1
 $v = \frac{v_0}{2}$

 $t_1 = ?$



$$\begin{cases} y(t) = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2} \\ v_y(t) = v_0 - gt \end{cases}$$

Пусть момент времени, когда скорость камня равна $\frac{v_0}{2}$, равен t_1 , тогда

2. Дано: $g = 10 \frac{м}{с^2}$
 $v_0 = 10 \frac{м}{с}$
 в момент времени t_1 , на высоте h
 $v = \frac{v_0}{2}$

 $h = ?$

Решение:

$$y(t_1) = h$$

$$v_0 \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = h$$

$$h = 10 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} =$$

$$= 5 - \frac{10 \cdot 0,25}{2} =$$

$$= 5 - 5 \cdot 0,25 = 5 - 1,25 =$$

$$= 3,75 \text{ м}$$

Ответ: $h = 3,75 \text{ м}$.

1. $v_y(t_1) = -\frac{v_0}{2}$ 2. $v_y(t_1) = \frac{v_0}{2}$

$$v_0 - gt_1 = -\frac{v_0}{2} \qquad v_0 - gt_1 = \frac{v_0}{2}$$

$$v_0 + \frac{v_0}{2} = gt_1 \qquad v_0 - \frac{v_0}{2} = gt_1$$

$$\frac{2v_0 + v_0}{2} = gt_1 \qquad \frac{2v_0 - v_0}{2} = gt_1$$

$$\frac{3v_0}{2} = gt_1 \qquad \frac{v_0}{2} = gt_1$$

$$t_1 = \frac{3v_0}{2g} \qquad t_1 = \frac{v_0}{2g}$$

$$t_1 = \frac{3 \cdot 10}{2 \cdot 10} =$$

$$= 1,5 \text{ с} \qquad t_1 = \frac{10}{2 \cdot 10} = \frac{1}{2} =$$

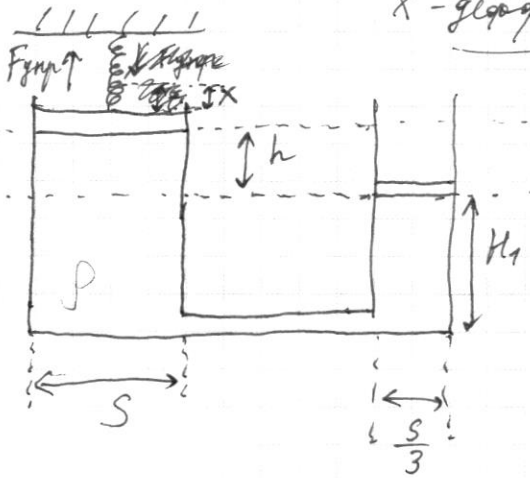
$$= 0,5 \text{ с}$$

Ответ: $t_1 = 0,5 \text{ с}$

$t_1 = 1,5 \text{ с}$

№2.

Дано: ρ ; k - жесткость пружины; g ; S - кр.с.
 x - деформация пружины; g ; S - кр.с.



$h = ?$

Решение:

~~Т.к. система в покое, то.~~
 Пусть высота уровня в правом цилиндрическом сосуде равна H_1 , тогда высота уровня жидкости в левом сосуде $H_1 + h$.

Т.к. система в покое, то

$$\left\{ \begin{aligned} \rho \cdot g \cdot H_1 &= -\frac{F_{\text{упр}}}{S} + \rho \cdot g \cdot (H_1 + h) \\ F_{\text{упр}} &= k \cdot x \end{aligned} \right.$$

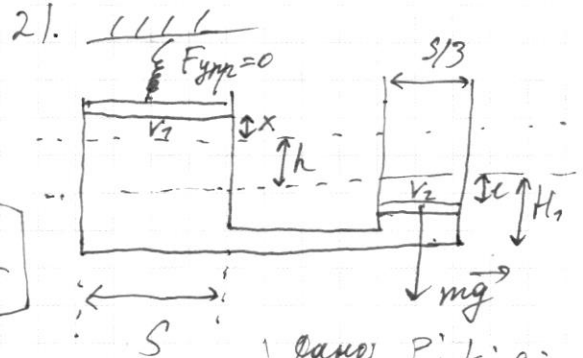
$$\rho \cdot g \cdot H_1 = \rho \cdot g \cdot H_1 + \rho \cdot g \cdot h - \frac{kx}{S}$$

$$\rho \cdot g \cdot h - \frac{kx}{S} = 0$$

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

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

Иском: $h = \frac{kx}{S \cdot \rho \cdot g}$



Решение:

Т.к. $F_{\text{упр}} = 0$, то и

$x = 0 \Rightarrow$ в левом сосуде уровень жидкости поднялся на x . Объем воды, вытесненный из правого сосуда, равен объему воды, вошедшему в левый сосуд.

Дано: ρ ; k ; g ; S ; $F_{\text{упр}} = 0$
 $m = ?$

$$V_1 = V_2$$

система в равновесии.

$$x \cdot S = l \cdot \frac{S}{3} \quad | : S$$

$$x = \frac{l}{3} \quad l = 3x$$

$$\left\{ \begin{aligned} \rho \cdot g \cdot (H_1 + h + x) &= \rho \cdot g \cdot (H_1 - l) + \\ &+ \frac{mg \cdot 3}{S} \quad \checkmark \\ l &= 3x \end{aligned} \right.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\rho \cdot g \cdot (H_1 + h + X) = \rho \cdot g \cdot (H_1 - 3X) + \frac{3mg}{S}$$

$$\cancel{\rho \cdot g \cdot H_1} + \rho \cdot g \cdot h + \rho \cdot g \cdot X = \cancel{\rho \cdot g \cdot H_1} - \rho \cdot g \cdot 3X + \frac{3mg}{S}$$

$$\rho \cdot g \cdot h + \rho \cdot g \cdot X + \rho \cdot g \cdot 3X = \frac{3mg}{S}$$

$$\rho \cdot g \cdot (h + X + 3X) = \frac{3mg}{S}$$

$$\rho \cdot g \cdot (h + 4X) = \frac{3mg}{S}$$

~~$\rho \cdot g \cdot (h + 4X) = \frac{3mg}{S}$~~ $3mg = S \cdot \rho \cdot g \cdot (h + 4X) \quad | :g$

$$m = \frac{S \cdot \rho \cdot (h + 4X)}{3}$$

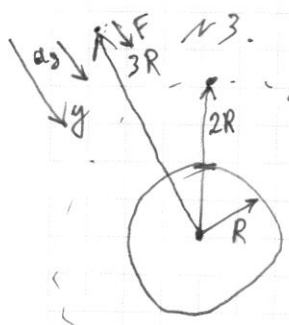
~~$m = \frac{S \cdot \rho \cdot (h + 4X)}{3}$~~ $h = \frac{kx}{S \cdot \rho \cdot g}$

$$m = \frac{S \cdot \rho \cdot \left(\frac{kx}{S \cdot \rho \cdot g} + 4X \right)}{3} = \frac{S \cdot \rho \cdot kx}{S \cdot \rho \cdot g} + 4X \cdot S \cdot \rho$$

$$= \frac{kx}{g} + 4X \cdot S \cdot \rho = \frac{kx + 4gX \cdot S \cdot \rho}{3g}$$

$$= X \cdot (k + 4gS \cdot \rho)$$

Ответ: $m = \frac{X \cdot (k + 4gS \cdot \rho)}{g}$



Дано:
 $k = R$; R ; ρ - плотность планеты;
 G ; $V = \frac{4}{3} \pi R^3$
 на расстоянии $3R$ от?
 Плещение:

$$F = m a_y$$

$$F = G \frac{m \cdot m}{(3R)^2}$$

$$a_y = \frac{g}{3R} \quad F = mg_1$$

m - масса планеты
 m - масса спутника

$$m = \rho \cdot V$$

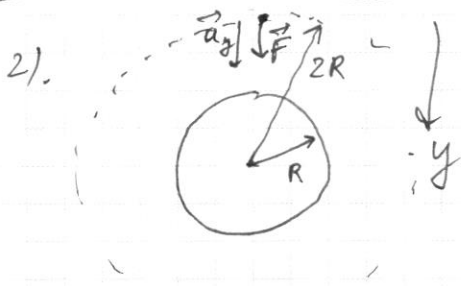
$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

~~$m = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$~~
 ~~$F = G \frac{m \cdot m}{9R^2}$~~
 ~~$\frac{g}{3R} = G \frac{m}{9R^2}$~~
 ~~$m = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$~~

$$\begin{cases} F = G \frac{\mu \cdot m}{g R^2} \\ F = mg_1 \\ \mu = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} F &= F \\ G \frac{\mu \cdot m}{g R^2} &= mg_1 \quad | : m \\ g_1 &= G \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{g \cdot R^2} \\ g_1 &= G \frac{\rho \cdot 4 \pi \cdot R}{27} \end{aligned}$$

Ответ : $g_1 = \frac{4}{27} G \rho \pi R$



Дано: $2R$ -радиус орбиты;
 R ; ρ ; $V = \frac{4}{3} \pi R^3$; G .

$T = ?$

Решение:

$$\begin{cases} T = \frac{2\pi \cdot 2R}{v} \\ F = G \frac{\mu \cdot m}{(2R)^2} \\ F = m a_y \\ a_y = \frac{v^2}{2R} \\ \mu = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \end{cases}$$

μ - масса планеты;
 m - масса спутника;
 v - модуль скорости движения спутника.

$$\begin{cases} F = F \\ G \frac{\mu \cdot m}{4R^2} = m \cdot \frac{v^2}{2R} \\ G \frac{\mu}{2R} = v^2 \\ \mu = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \\ T = \frac{2\pi \cdot 2R}{v} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v^2 = G \frac{4}{3} \frac{\rho \pi R^3}{2R} \\ T = \frac{4\pi R}{v} \end{cases}$$

$$v^2 = G \frac{4}{6} \frac{\rho \pi R^2}{\rho}$$

$$v = \sqrt{G \frac{4}{6} \rho \pi R^2} = 2R \sqrt{G \frac{\rho \pi}{6}}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{4\pi R}{2R \sqrt{G \frac{\rho \pi}{6}}} = 2\pi \cdot \sqrt{G \frac{\rho \pi}{6}} = \\ &= 2\pi \cdot \sqrt{\frac{6}{G \cdot \rho \pi}} \end{aligned}$$

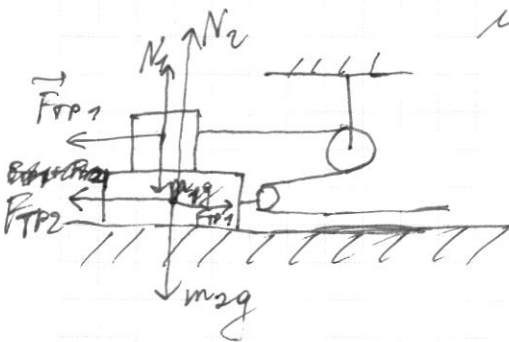
$$\begin{aligned} T &= 2\pi \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{6 \pi^2}{G \rho \pi}} = \\ &= 2 \cdot \sqrt{\frac{6 \pi}{G \rho}} \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~$T = 2 \cdot \sqrt{\frac{6\pi}{g \cdot \rho}}$~~

Ответ: $T = 2 \sqrt{\frac{6\pi}{g \cdot \rho}}$

и 4.



дано: $m_1 = 3m$
 $m_2 = 5m$
и.

$F_0 = ?$

~~$F_0 - F_{тр1} = 0$~~

~~$F_0 - \mu m_2 g$~~

$2F_0 = \mu \cdot (m_1 g + m_2 g)$

$2F_0 = \mu \cdot g \cdot (m_1 + m_2)$

$F_0 = \frac{\mu \cdot g \cdot (m_1 + m_2)}{2} =$

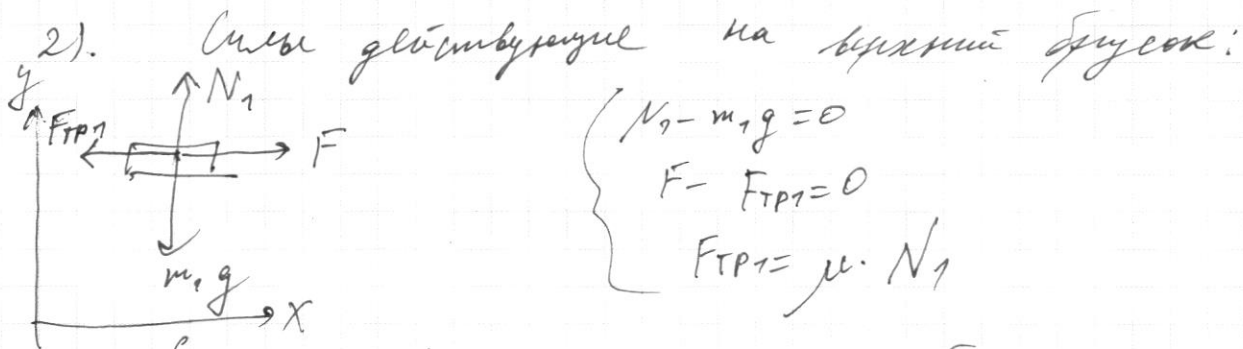
$= \frac{\mu \cdot g \cdot (3m + 5m)}{2} =$

$= \frac{\mu \cdot g \cdot 8m}{2} = 4 \mu m g$

Ответ: $F_0 = 4 \mu m g$

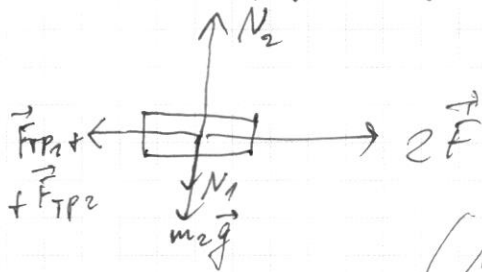
~~$F_0 - F_{тр1} = 0$~~
 $F_{тр1} = 0$
 $2F_0 - F_{тр2} = 0$
 ~~$F_{тр1} = \mu \cdot N_1$~~
 $F_{тр2} = \mu \cdot N_2$
 $N_1 - m_1 g = 0$
 $N_2 - m_1 g - m_2 g = 0$

$N_2 = m_1 g + m_2 g$
 $N_1 = m_1 g$
 ~~$F_{тр1} = \mu \cdot m_1 g$~~
 $F_{тр2} = \mu \cdot (m_1 g + m_2 g)$
 ~~$F_0 - \mu m_1 g$~~
 $2F_0 - \mu \cdot (m_1 g + m_2 g) = 0$
 $F_{тр1} = 0$



$$\begin{cases} N_1 - m_1 g = 0 \\ F - F_{\text{тр}1} = 0 \\ F_{\text{тр}1} = \mu \cdot N_1 \end{cases}$$

Силы, действующие на нижний брусок:



$$\begin{cases} F_{\text{тр}2} = N_2 \cdot \mu \\ N_2 - N_1 - m_2 g = 0 \\ 2F - F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} N_1 = m_1 g \\ F_{\text{тр}1} = \mu \cdot m_1 g \\ F = F_{\text{тр}1} \\ N_2 - m_1 g - m_2 g = 0 \\ 2F - \mu m_1 g - \mu \cdot N_2 = 0 \\ F_{\text{тр}2} = \mu \cdot N_2 \end{cases}$$

~~2) $F_{\text{тр}2} = \mu$~~

$$\begin{cases} N_2 = m_1 g + m_2 g \\ F_{\text{тр}2} = \mu \cdot (m_1 g + m_2 g) \\ 2F - \mu m_1 g - \mu \cdot (m_1 g + m_2 g) = 0 \end{cases}$$

$$2F = \mu m_1 g + \mu \cdot (m_1 g + m_2 g)$$

$$2F = \mu m_1 g + \mu m_1 g + \mu m_2 g$$

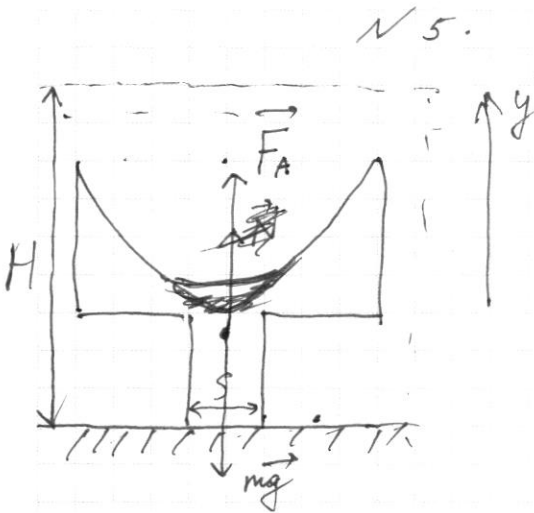
$$2F = 2\mu m_1 g + \mu m_2 g = \mu g \cdot (2m_1 + m_2) =$$

$$= \mu g \cdot (6m + 5m) =$$

$$2F = 11 \mu m g$$

$$F = \frac{11 \mu m g}{2} = 5,5 \mu m g \quad \text{Ответ: } F = 5,5 \mu m g$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано: H - глубина бассейна

$$H = 3 \text{ м}$$

$$V = 5 \text{ гм}^3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$S = 10 \text{ см}^2 = 10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$\rho_b = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа} = 100 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

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

Если предполагали, что если бы вода не была, то конструкция всё равно лежала бы на дне.

1). $P_1 = ?$

~~$$\begin{cases} F_A + N - mg = 0 \\ F_A = V \cdot \rho_b \cdot g \\ V \cdot \rho_b \cdot g + mg - N \\ N = mg - V \cdot \rho_b \cdot g \\ N = g \cdot (m - V \cdot \rho_b) \\ N = 10 \cdot V \end{cases}$$~~

~~$$P_1 = P_0 + \rho_b \cdot g \cdot H + \frac{F_A}{S}$$

$$F_A = V \cdot \rho_b \cdot g$$~~

$$P_1 = P_0 + \rho_b \cdot g \cdot H$$

$$P_1 = 100 \cdot 10^3 + 10^3 \cdot 10 \cdot 3 =$$

$$= 10^3 \cdot (100 + 30) = 130 \cdot 10^3 =$$

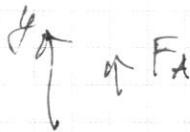
$$= 1,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Ответ: $P_1 = 1,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$

2).

$$F_A = F$$
$$F_A = V \cdot \rho \cdot g$$

(направлена вверх)



$$F_A = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 10 = 50 \text{ Н}$$

~~Ответ:~~ $F_A = 50 \text{ Н}$

~~Ответ: $F = 50 \text{ Н}$~~

← Ответ: $F = 50 \text{ Н}$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

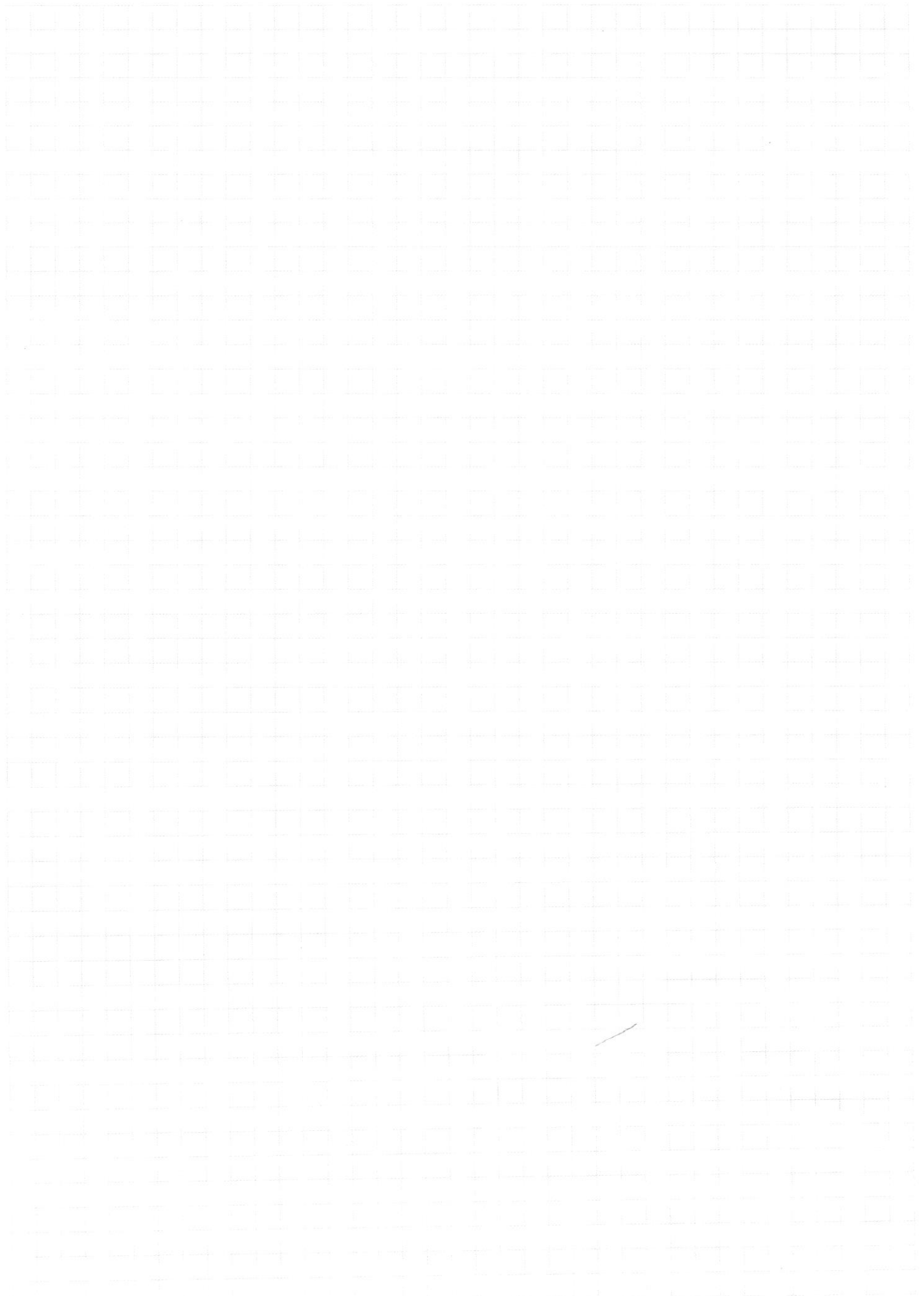
ШИФР

(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)