

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

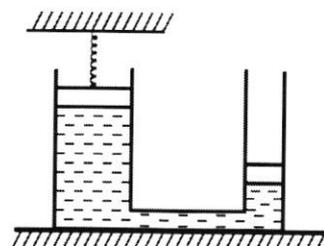
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

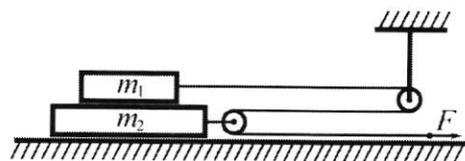
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения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



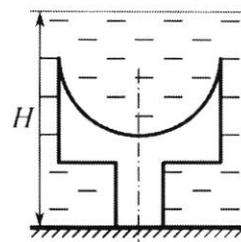
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная 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

$$1) \vec{V}_y(t) = \vec{V}_0 + \vec{g}t; \quad |\vec{V}_y| = \frac{V_0}{2} \Leftrightarrow \begin{cases} V_y = \frac{V_0}{2} & (1) \\ V_x = -\frac{V_0}{2} & (2) \end{cases}$$

$$1) \frac{V_0}{2} = V_0 - gt \Rightarrow t_1 = \frac{V_0}{2g} = 0,5 \text{ c}$$

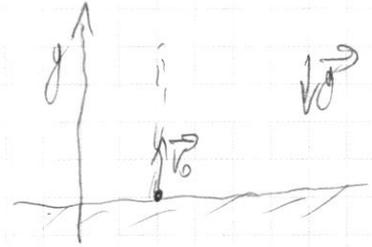
$$2) -\frac{V_0}{2} = V_0 - gt \Rightarrow t_2 = \frac{3V_0}{2g} = 1,5 \text{ c}$$

$$2) y(t) = V_0 t - \frac{gt^2}{2}; \quad h \in \{y(t_1); y(t_2)\}$$

$$y(t_1) = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{V_0^2}{8g} = \frac{3V_0^2}{8g}; \quad \Rightarrow h = \frac{3V_0^2}{8g} = \frac{30}{8} \text{ м} = \frac{15}{4} \text{ м} = \frac{7,5}{2} \text{ м} = 3,75 \text{ м}$$

$$y(t_2) = \frac{3V_0 t}{2g} - \frac{9V_0^2}{8g} = \frac{3V_0^2}{8g}$$

Ответ: 1) $\left\{ \frac{V_0}{2g}, \frac{3V_0}{2g} \right\}$; 2) $\frac{3V_0^2}{8g}$ 1) $\{0,5 \text{ c}; 1,5 \text{ c}\}$; 2) $3,75 \text{ м}$



Дано:

$S; S; X;$
 $K; g$

Найти:

1) h - ?
2) m - ?

Решение

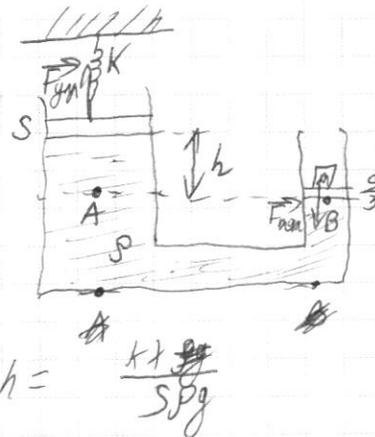
N2

$$P_A = P_B \text{ (жел. равновес.)}$$

$$1) P_A = P_a - \frac{F_{упр}}{S} + \rho g h;$$

$$P_B = P_a; \quad F_{упр} = kX \parallel \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_a = P_a - \frac{kX}{S} + \rho g h \Rightarrow h = \frac{kX}{S\rho g}$$



P_a \vec{g}

2) пружина недеформирована \Rightarrow левый поршень поднимется на X
(увеличив объем воды в левом сосуде на $5X \Rightarrow$ в правом
сосуде объем стал меньше на $5X \Rightarrow$ правый поршень
опустится на $X_1 = \frac{5X}{3} = 3X$)

$P_A = P_{атм}$ в левит на нижней части правого поршня, а
точка А на одной уровне с В в левом сосуде.

$$P_A = P_a + \rho g(h + X + X_1); \quad P_B = \frac{3mg}{S} + P_a \parallel \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_a + \frac{3mg}{5} = P_a + \rho g (h+x+3x)$$

$$m = \frac{\rho g S (h+4x)}{3g} = \frac{\rho S (\frac{kx}{5\rho g} + 4x)}{3} = \frac{kx}{3g} + \frac{4}{3} \rho S x$$

Ответ: 1) $\frac{kx}{5\rho g}$ 2) $\frac{kx}{3g} + \frac{4}{3} \rho S x$

N3

<u>Дано:</u> $h=R$ R ρ	<u>Решение</u> 1) $g(h) = G \frac{M_m}{h^2}$ (если h ам. у. максимум) $M_m = V_m \rho$; $V_m = \frac{4}{3} \pi R^3 \Rightarrow$ $\Rightarrow g(h) = G \frac{\frac{4}{3} \pi \rho R^3}{h^2} \Rightarrow$ $\Rightarrow g(3R) = \frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi \rho R^3}{9R^2} = \frac{4}{27} G \pi \rho R$
<u>Задача:</u> 1) $g(3R)$ - ? 2) T - ?	

2) $g(h) = G \frac{M_m}{R+h}$ (если h - высота от поверхности максимум)
 $\Rightarrow g(R) = \frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi \rho R^3}{4R^2} = \frac{1}{3} G \pi \rho R$

где считаем:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ (в рад.)};$$

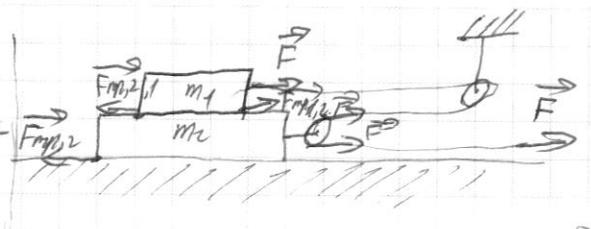
$$a_{y.c.} = \omega^2 (R+h); \quad a_{y.c.} = g(h) = g(R) \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{G \pi \rho}{6}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2}{\frac{G \pi \rho}{6}}} = 2 \sqrt{\frac{6\pi}{G \rho}}$$

Ответ: 1) $\frac{4}{27} G \pi \rho R$; 2) $2 \sqrt{\frac{6\pi}{G \rho}}$

N4

<u>Дано:</u> $m_1 = 3m$ $m_2 = 5m$ μ	<u>Решение.</u> Ох: 1 блок: $a_1 m_1 = F + F_{mp,1,2}$ 2 блок: $a_2 m_2 = -F_{mp,2,1} - F_{mp,2,1} + 2F$; $F_{mp,2,1} = F_{mp,1,2}$
<u>Задача:</u> 1) F_0 - ? 2) F - ?	



1) $F_{mp,2,1} = F_{mp,1,2} = 0 \Rightarrow$ блок 1 касается см. блок 2,
а его ускорение в лсО $a_1 = \frac{F_0}{m_1} = \frac{F_0}{3m} = a_2$.

$a_2 = \mu$; блок 2 скользит $\Rightarrow F_{mp,2} = 8m\mu \Rightarrow a_2 m_2 = 2F_0 - 8m\mu \Rightarrow$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$1 \Rightarrow a_2 = \frac{2}{5} \cdot \frac{F_0}{m} - \frac{8}{5} g \mu$$

$$a_1 = a_2 \Rightarrow \frac{F_0}{3m} = \frac{2F_0}{5m} - \frac{8g\mu}{5} \Rightarrow \frac{F_0}{15m} = \frac{8g\mu}{5} \Rightarrow F_0 = 24 mg \mu$$

2) $a_1 < a_2$ (оба в лсд), пружинка 2 скальзнет $\Rightarrow F_{уп,2} = 8 mg \mu$;

пружинка 1 скальзнет вместе с пружинкой 2 $\Rightarrow F_{уп,1,2} = 3 mg \mu$.

$$a_1 m_1 = 3 mg \mu + F \Rightarrow a_1 = g \mu + \frac{F}{3m}$$

$$a_2 m_2 = 2F - 11 mg \mu \Rightarrow a_2 = \frac{2F}{5m} - \frac{11}{5} g \mu$$

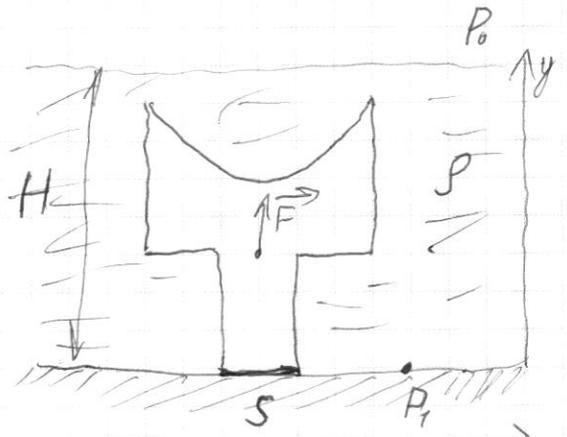
Рассмотрим предельный случай ($a_1 = a_2$):

$$g \mu + \frac{F}{3m} = \frac{2F}{5m} - \frac{11}{5} g \mu$$

$$\frac{16}{5} g \mu = \frac{F}{15m} \Rightarrow F = 48 g \mu m$$

Ответ: 1) $8 mg \mu$; 2) $48 mg \mu$

нб



Дано:	СИ
$H = 3 \text{ м}$	
$V = 5 \text{ м}^3$	$5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
$S = 10 \text{ м}^2$	10^{-3} м^2
$\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$	10^3 кг/м^3
$P_0 = 10^5 \text{ Па}$	
$g = 10 \text{ м/с}^2$	

Решение
 $P_1 = P_0 + \rho g H =$
 $= 10^5 \text{ Па} + 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ м} =$
 $= 13 \cdot 10^4 \text{ Па} = 130 \text{ кПа}$

Найти:
 1) $P_1 = ?$
 2) $F = ?$

2) На тело воды действует со всех сторон, кроме сверху. S (т.к. нет соприкосновения с водой) Вдоль Ox эти силы взаимно уравновешиваются, а вдоль Oy - нет. Если бы тело во всех местах контактировало бы с водой, то равнодействующую сил вдоль Oy можно было бы представить как силу Архимеда: $F_A = \rho g V$, но

В камере сжатая вода на поверхности (с учетом
напр. ρ_g): $F = \rho_g V - \rho_g H S = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 -$
 $- 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 3 \text{ м} \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 50 \text{ Н} - 30 \text{ Н} = 20 \text{ Н} \quad (> 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \text{с направлена с } \rho_g)$

Ответ: 1) 130 кПа ; 2) 20 Н „вверх“

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

n1

$$y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_y = v_0 - gt$$

$$y_1 = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g}$$

$$\text{① } \left[\begin{array}{l} \frac{v_0}{2} = v_0 - gt \\ \frac{-v_0}{2} = v_0 - gt \end{array} \right. \quad t = \frac{v_0}{2g}$$

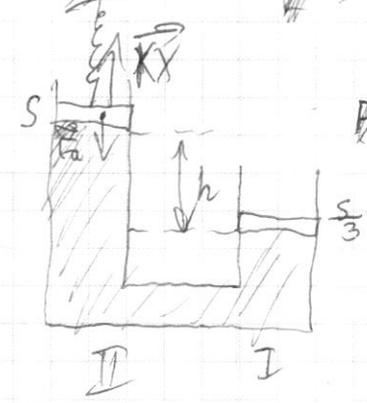
$$\text{② } \left[\begin{array}{l} \frac{v_0}{2} = v_0 - gt \\ \frac{-v_0}{2} = v_0 - gt \end{array} \right. \quad t = \frac{3v_0}{2g}$$

$$5 - \frac{10}{8} = \frac{40}{3g}$$

n2

$$y_2 = \frac{3v_0^2}{2g} - \frac{g v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g} \quad h$$

Дано: $\rho; k; x; S; g$



$$I: F_{\text{атм}} \cdot \frac{S}{3} + \rho g h_1 =$$

$$= (F_{\text{атм}} - kx) S + \rho g (h_1 + h)$$

$$F_{\text{ат}} \frac{S}{3} = F_{\text{ат}} S - kx S + \rho g h$$

$$kx S = \frac{2F_{\text{ат}}}{3} S + \rho g h$$

$$P_{\text{ат}} + \rho g h_1 = \rho g (h + h_1) + P_{\text{ат}} - kx S$$



$$kx S = \rho g h$$

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

$$m = \frac{\rho g (h_2 + h + x)}{3g} = \frac{\rho g S (\frac{kx}{\rho g S} + x)}{3g} = \frac{kx + \rho g S x}{3g}$$

23

$$g = G \frac{M}{4R^2} = G \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{4R^2} = \frac{1}{3} G \rho \pi R$$

$$g = G \frac{M}{9R^2} = G \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{9R^2} = \frac{4}{27} G \rho \pi R$$

~~$$T = \frac{t}{4\pi R}$$~~

$$t = \frac{4\pi R}{V}$$

~~$$T = \frac{t}{2\pi}$$~~



$$a_{g.c.} = \omega^2 h$$

$$a_{g.c.} = \frac{V^2}{R}$$

$$a_{g.c.} = G \frac{M}{4R^2} = G \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{4R^2} = \frac{1}{3} G \rho \pi R$$

$$g(2R)$$

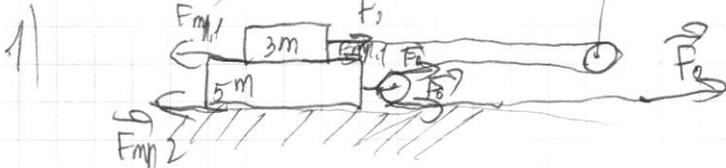
$$F = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{a_{g.c.}}{2R}}$$

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

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

24



$$\frac{F}{3m} = \frac{2F}{5m} - \frac{8}{5} g m$$

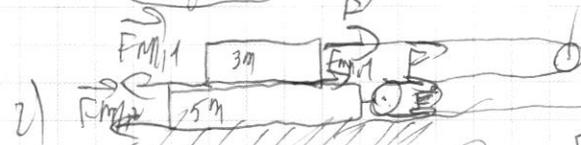
$$8mg \leq 2F_0$$

$$a_1 = a_2$$

$$a_1 = \frac{F_0}{3m}$$

$$a_2 = \frac{2F_0 - 8mg}{5m}$$

$$F = 24 g m$$



$$F_{mp,1} \leq 3mg$$

$$\frac{5}{15} \quad \frac{6}{15}$$

$$a_2 > a_1$$

$$8mg \leq 2F_0$$

$$a_2 = 2F - 8mg - F_{mp,1}$$

$$a_2 = \frac{2F_0}{5m} - \frac{8}{5} g m$$

$$\frac{1}{3} \frac{F}{m} - g < \frac{2}{5} \frac{F}{m} - \frac{8}{5} g m$$

$$a_1 = F + F_{mp,1}$$

$$a_1 < a_2$$

$$0 < \frac{1}{15} \frac{F}{m} - \frac{3}{5} g m$$

$$F_{mp,1} < F - 8mg - F_{mp,2} \quad a_1 = \frac{F}{3m} - g m$$

$$2F_{mp,1} < F - g m$$

$$g m < F$$

$$P_1 = P_0 + \rho g H$$





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)»

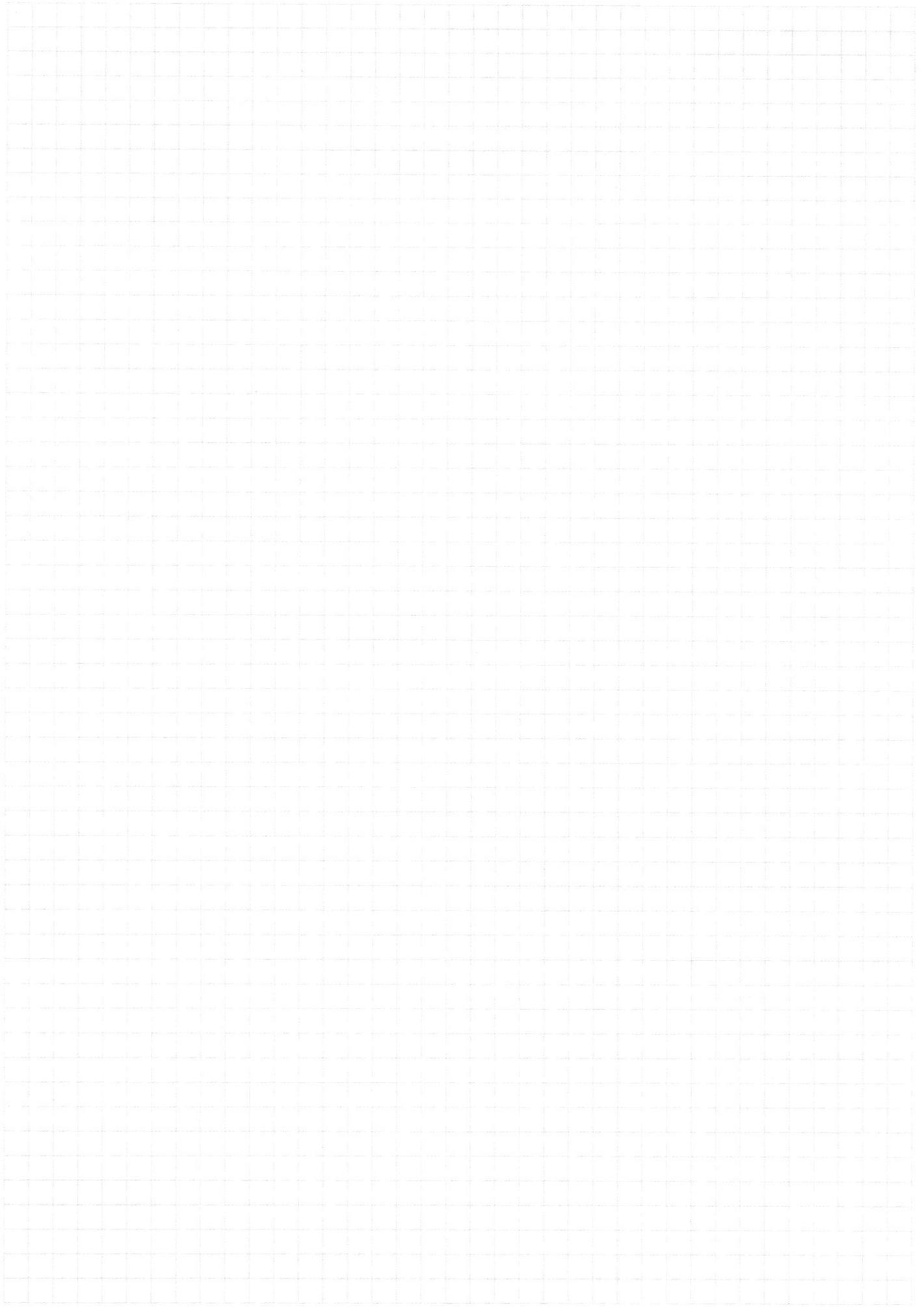
ШИФР

(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)