

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

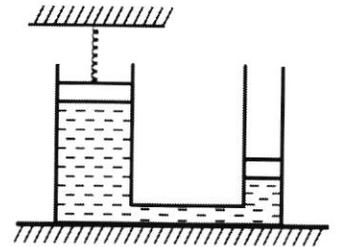
Вариант 09-02

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  $g$ .

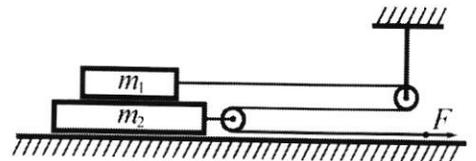


- 1) Найдите разность  $h$  уровней жидкости в сосудах.
- 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная постоянная  $G$ . Объём шара  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .

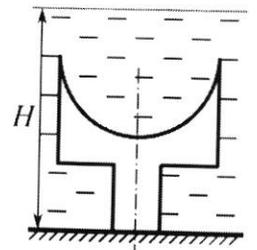
- 1) Найдите ускорение  $g$  свободного падения на расстоянии  $3R$  от центра планеты.
- 2) Найдите период  $T$  обращения спутника.

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.

№1  $t=?$ ,  $h=?$   
 $v_0 = 10 \text{ м/с}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

1) Т.к. школьник бросает камень вертикально вверх, то на какой-то высоте  $H$  он останавливается, а затем начинает падать вниз. Т.о. скорость  $\frac{v_0}{2}$  будет достигнута 2 раза.

Когда мальчик кидает вверх камень, то скорость изменяется по такому закону:

$$v(t) = v_0 - gt \Rightarrow \frac{v_0}{2} = v_0 - gt \quad t = \frac{v_0}{2g} = \frac{1}{2} \text{ с.}$$

~~Физическая~~ Координата камня не меняется от броска а до падения,

поэтому  $v_0 T - \frac{gT^2}{2} = 0 \Rightarrow T = \frac{2v_0}{g} = 2 \text{ с.}$  - все время от броска

до падения. Тогда высота  $H$  камень достиг за  $t_1 = \frac{T}{2} = 1 \text{ с.}$

При падении скорость изменяется по закону  $v(t) = gt$ .

Тогда  $\frac{v_0}{2} = gt \quad t = \frac{v_0}{2g} = 0,5 \text{ с.}$  - время от момента, когда

камень достиг  $H$  до момента, когда его скорость стала равна  $\frac{v_0}{2}$ .

В этом случае  $t = t_1 + t_2 = 1,5 \text{ с.}$  Получаем 2 ответа: 1,5 с; 0,5 с.

Ответ: 1,5 с.; 0,5 с.

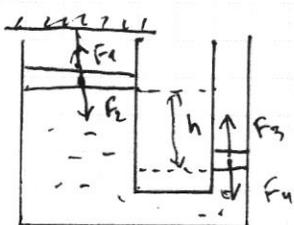
2)  $h = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g} = \frac{100 - 25}{20} = 3,75 \text{ м.}$  - высота в I случае.

$h = H - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gt^2}{2} = 5 - 5 \cdot 0,25 = 5 \cdot 0,75 = 3,75 \text{ м.}$  - высота во II

случае. Значит высоты в обоих случаях равны.

Ответ:  $h = 3,75 \text{ м.}$

№2.



$F_3 = F_4$  - силы, действующие на II поршень.

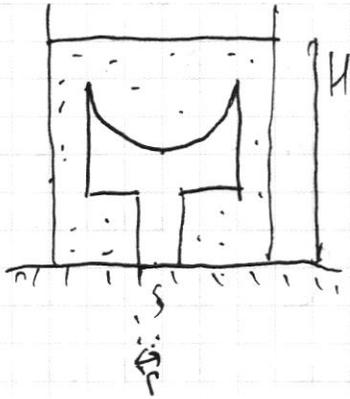
$F_1 = F_2$  - силы, действующие на I порш.

$$\frac{F_3}{F_2} = \frac{F_4}{F_1} = \frac{1}{3}$$

1)  $kx = \rho \cdot g \cdot h \cdot \frac{S}{3} \Rightarrow h = \frac{3kx}{\rho g S}$  Ответ:  $h = \frac{kx}{\rho g S}$

2) Т.к. пружина станет недеформированной, то в левом сосуде уровень поднимется ~~на~~  $x$ , а в правом опустится. Тогда разность уровней жидкости равна  $H = h + x$ . Также можно заметить, что на левый поршень не действуют никакие силы.

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~Handwritten scribble~~  $F = \sqrt{\frac{5}{\pi}}$

$$2F - 8m \cdot mg = 5ma_2$$

$$F - 3m \cdot mg = 3ma_1$$

$$9m \cdot mg = 4ma_1$$

$$10m \cdot mg = 5ma_2$$

$$2m \cdot mg = ma_2$$

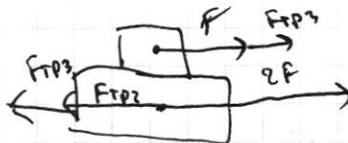
$$3F - 8m \cdot mg = 8ma_1$$

$$a_2 = 0,6 \frac{F}{m} - 1,6 \cdot mg = 3,2 \cdot mg$$

$$a_1 = \frac{1}{3} \left( \frac{F}{m} - 3 \cdot mg \right) = \frac{1}{3} \cdot mg - mg = \frac{1}{3} \cdot mg$$

4,6	$1 \frac{2}{3} \cdot mg$
0,6	1
1,2	1
	1/3

~~$$\frac{F}{m} - 1,6 \cdot mg = \frac{F}{m} - mg$$~~



$$F + 3m \cdot mg = 3ma_1$$

$$2F - 11m \cdot mg = 5ma_2$$

$$F = 4,6 \cdot m \cdot mg$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

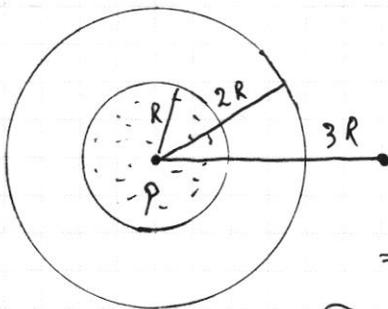
Тогда на  $\bar{y}$  поршень:

$$\rho \cdot g \cdot H \cdot \frac{S}{3} = mg \quad H = h_{тек}, \text{ тогда}$$

$$m = \frac{\rho \cdot S}{3} (2x + h) = \frac{\rho \cdot S}{3} \left( 2x + \frac{kx}{\rho g S} \right) = \frac{kx}{3g} + \frac{2}{3} \rho S x = \frac{x}{3} \left( \frac{k}{g} + 2\rho S \right)$$

Ответ:  $m = \frac{x}{3} \left( \frac{k}{g} + 2\rho S \right)$

№3.



1)  $m_{пл} = \rho \cdot V_{ш} = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$  - масса планеты.

$$g = G \cdot \frac{m_{пл}}{r^2} = G \cdot \frac{m_{пл}}{9R^2} =$$

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

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

2)  $v = \sqrt{2\sqrt{g} \cdot R \cdot 2} = \frac{2\sqrt{g} \cdot R \cdot 2}{T}$  - скорость спутника  $\Rightarrow T = \frac{2\sqrt{g} \cdot R \cdot 2}{v^2}$

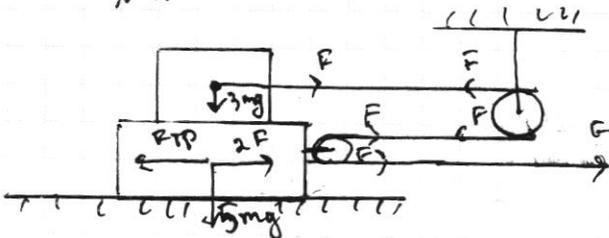
$g = a = \frac{v^2}{2R}$  - ускорение центростремительное

$$\frac{v^2}{2R} = G \cdot \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{4R^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot 2}{3}} = R \sqrt{\frac{G \cdot \rho \cdot \pi \cdot 2}{3}}$$

$$T = 2 \cdot \frac{2\sqrt{g} \cdot R}{v} = \frac{2\sqrt{g} \cdot R \cdot 2}{R \sqrt{\frac{2}{3} G \cdot \rho \cdot \pi \cdot 2}} = 2 \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot R^2 \cdot 3}{2 \cdot G \cdot \rho \cdot \pi \cdot 2}} = \sqrt{\frac{6\pi}{G \cdot \rho}} \cdot 2$$

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

№4.



1) Т.к. сила трения отсутствует, то ускорения блоков равны.

$$1: F_0 = 3m \cdot a \Rightarrow m \cdot a = \frac{F_0}{3}$$

$$2: 2F_0 - 8 \cdot m \cdot g = 5 \cdot m \cdot a$$

$$\frac{6}{3}F - \frac{5}{3}F = 8 \text{ мНг}$$

$$\underline{F_0 = 24 \text{ мНг}}$$

2) Т.к. верх. брусок движется влево отн-но нижнего то на нижний действует по горизонтали 3 силы:  $2F$  (от ниж.),  $F_{Тр1}$  от земли и  $F_{Тр2}$  от верх. бруска, которая направлена влево (сонаправлена с  $F_{Тр1}$ ).

Тогда на верх. брусок действует такая же сила, только направо. Сила  $F$  будет минимальной, когда  $a_1$  (ускорение верх. бруска) будет чуть выше  $a_2$  (ускорение ниж. бруска). Тогда получим, что  $a_1 \approx a_2$

$$1: F + 3 \text{ мНг} = 3ma \quad \Rightarrow \quad ma = \frac{F}{3} + \text{мНг}$$

$$2: 2F - 11 \text{ мНг} = 5ma \quad 2F - \frac{5}{3}F = 16 \text{ мНг}$$

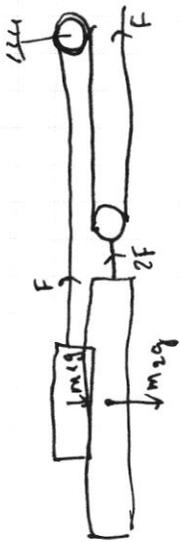
$$\underline{F = 48 \text{ мНг}}$$

Ответ:  $F = 48 \text{ мНг}$ .

№6.

$$1) P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot H = 10^5 + 10^4 \cdot 3 = 13 \cdot 10^4 = 130 \text{ кПа} \quad \text{Ответ: } 130 \text{ кПа}$$

$$2) F_A = \rho \cdot g \cdot V = 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 50 \text{ Н} \quad \text{Ответ: } 50 \text{ Н, вверх.}$$



$$2F - 5mg = 5ma_1$$

$$3mg - F = 3ma_2$$

$$a_2 = \frac{v^2}{2R} = G \cdot \frac{m_{11}}{4R^2}$$

$$1) P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot H =$$

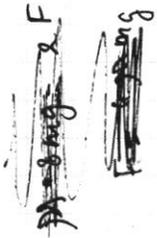
$$= 10^4 \cdot 10^3 + 10^4 \cdot 3 =$$

$$= 10^4 \cdot 13 = 130.000 \text{ Па} = 130 \text{ кПа}$$



$$F - 3mg = 3ma_1$$

$$2F - 6mg = 5ma_2$$



$$F = 3ma$$

$$F - 5mg = 2ma$$

$$v = \frac{4\sqrt{2}R}{T}$$

$$v = \frac{4\sqrt{2}R}{T} = \sqrt{G \cdot \rho \cdot \frac{2\sqrt{2}R^2}{T^2}} = R \sqrt{G \cdot \rho \cdot \frac{2\sqrt{2}}{T^2}}$$

$$T = \frac{4\sqrt{2}R}{v} = \frac{4\sqrt{2}R}{R \sqrt{G \cdot \rho \cdot \frac{2\sqrt{2}}{T^2}}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 3 \cdot \sqrt{2}}{G \cdot \rho \cdot 2 \cdot \sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{24\sqrt{2}}{6\rho}}$$

$$2F - 8mg = 5ma$$

$$F = 3ma$$

$$2F - 12F = 6mg$$

$$F = 5mg$$

$$F = 5mg$$

$$G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$m_{11} = \rho \cdot \frac{4}{3} \sqrt{2} R^3$$

$$\frac{v^2}{2R} = G \cdot \frac{m_{11}}{4R^2}$$

$$g = G \cdot \frac{m_{11}}{9R^2}$$

$$2F - 11 \cdot 8mg = 5ma$$

$$F - 3mg = 3ma$$

$$F - 5mg = 2ma$$

$$F = m(a + 5g)$$

$$v = \frac{4\sqrt{2}R}{T}$$

$$v = \frac{4\sqrt{2}R}{T} = \sqrt{G \cdot \rho \cdot \frac{2\sqrt{2}R^2}{T^2}} = R \sqrt{G \cdot \rho \cdot \frac{2\sqrt{2}}{T^2}}$$

$$T = \frac{4\sqrt{2}R}{v} = \frac{4\sqrt{2}R}{R \sqrt{G \cdot \rho \cdot \frac{2\sqrt{2}}{T^2}}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 3 \cdot \sqrt{2}}{G \cdot \rho \cdot 2 \cdot \sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{24\sqrt{2}}{6\rho}}$$

$$5F - 15mg = 6F - 24mg$$

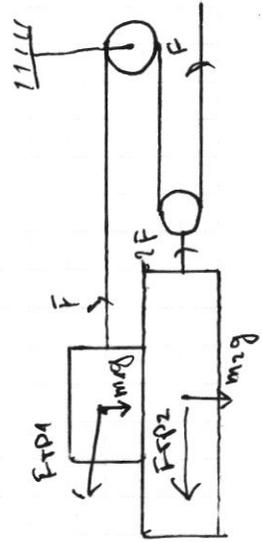
$$F = 9mg$$

$$2F - 8mg = 5ma_2$$

$$F - 3mg = 3ma_1$$

$$2F - 12F = 6mg$$

$$F = 24mg$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{100 - 2g}{20} = 5$$

$$t = 3,75$$

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

$$F = \frac{225}{g} = 2 \text{ с.}$$

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

$$t = 1 \text{ с.}$$

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

$$\frac{5}{10} = t = 0,5$$

2)

$$\frac{gt^2}{2} = h$$

$$k = 5$$

$$h = 5 - 1,25t^2 \quad (3,75)$$

$$\frac{25}{2g} = t$$

$$0,5 = t$$

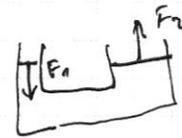
$$t_1 = 1,5 \text{ с.}$$

$$\frac{v_0}{2} = v_0 - gt$$

$$gt = v_0 - \frac{v_0}{2}$$

$$t = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с.}$$

$$15 - 1,25t^2 = 3,75$$



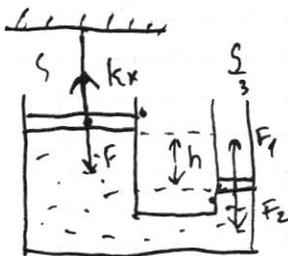
$$\frac{F_1}{g} = \frac{F_2}{3g}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{3}{1}$$

$$kx = \rho g h S$$

$$F_1 = F_2 = \rho g h \frac{S}{3}$$

№ 1.

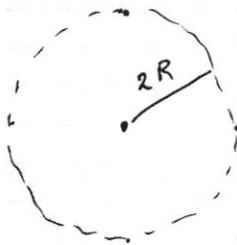


$$\rho g h \frac{S}{3} = F_1 = F_2$$

$$F = kx$$

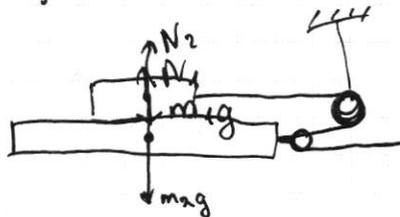
$$g = G$$

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



$$\rho \cdot g \cdot (2R + h) \cdot \frac{S}{3} = mg$$

$$\frac{\rho S}{3} \cdot (2R + h) = m$$



$$N_1 = 0$$

$$N_2 = 3mg$$

$$N_2 = 3mg$$

$$m = \frac{2}{3} \rho S R + \frac{kx}{3g} = \frac{1}{3} \rho (2R S + \frac{k}{g})$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

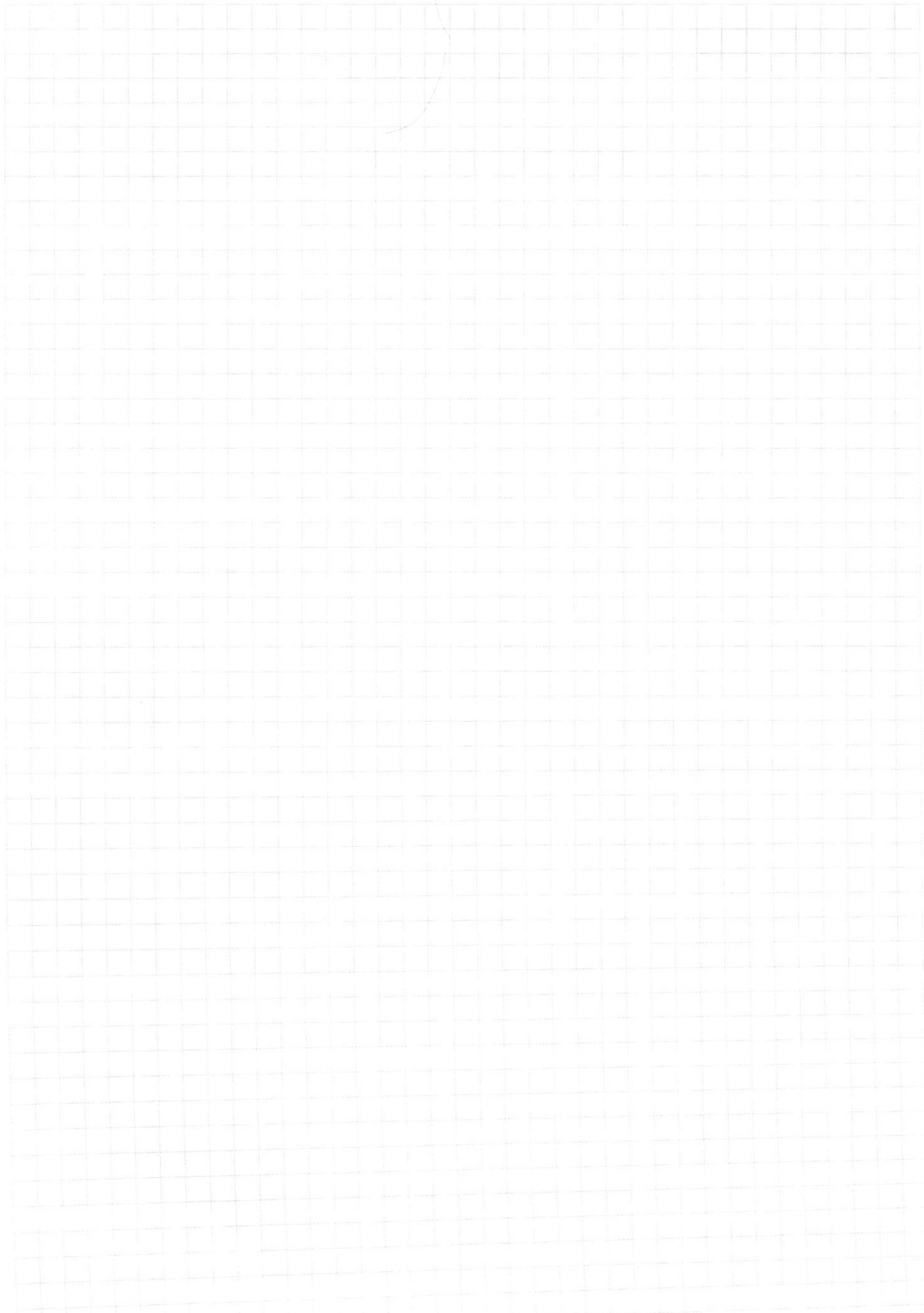
(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)





черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)