

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

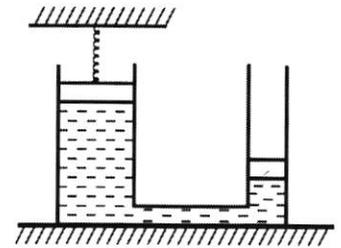
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

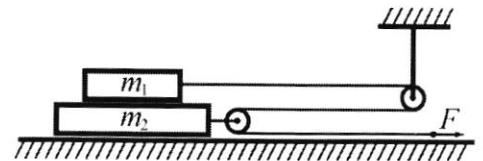
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного 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. Разность уровней жидкости в сосудах равна  $h$ . Площадь сечения левого поршня  $S$ , правого  $S/2$ . Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения  $g$ .



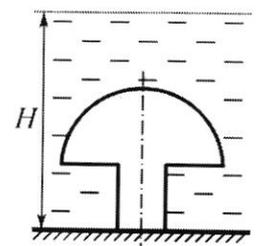
- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная постоянная  $G$ . Объём шара  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .
- 1) Найдите ускорение  $g$  свободного падения на расстоянии  $2R$  от центра планеты.
  - 2) Найдите период  $T$  обращения спутника.

4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков  $m_1 = 2m$ ,  $m_2 = 3m$ . 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 величину  $F$  минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

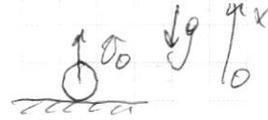
5. Ко дну бассейна глубиной  $H=2,5$  м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции  $V = 8$  дм<sup>3</sup>, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей  $S = 20$  см<sup>2</sup>. Плотность воды  $\rho = 1$  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

№1  
 $v_0 = 12 \frac{м}{с}$   
 $t = ?$   
 $t = 0$   
 $v_x = 0$   
 $v = v_0/3 = 4 \frac{м}{с}$   
 $g = 10 \frac{м}{с^2}$



①  $E_0 = K_0 + \Pi_0$  - вся энергия тела  $\Pi_0 = 0$  т.к. мы считаем от земли <sup>высоту</sup>  
 $\Rightarrow E_0 = \frac{mv^2}{2} = \frac{144m}{2} = 72m$

②  $t = t$   $E = 72m = \frac{mv^2}{2} + mgh$ ;  $72m = m(\frac{16}{2} + gh)$

считаем высоту  $72 = 8 + gh$   
 $64 = gh$ ;  $h = 6,4 м$

у-ие движения  $x$  движется прямолинейно, равноускоренно:  $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x}{2}t^2$

$6,4 м = 0 + 12t - 5t^2$

$5t^2 - 12t + 6,4 = 0$

$D = 144 - 20 \cdot 6,4 = 144 - 128 = 16$

$t = \frac{12 \pm 4}{10} = 1,6 с; 0,8 с$

Ответ: 1)  $t = 1,6 с; 0,8 с$   
 2)  $h = 6,4 м$

№3  
 $m_{планеты} = V_{планеты} \cdot \rho_{планеты}$ ;  $m_n = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$

$\vec{F} = m\vec{a}$  (2-й закон Ньютона)

$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  (закон всемирного тяготения)

$G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_2 g$  |  $m_1 = m_{спутника}$

$g = \frac{GM}{r^2} \Rightarrow g = \frac{4G\pi R^3 \rho}{3 \cdot 4R^2} = \frac{GTR\rho}{3}$  ①

②  $T = \frac{t}{v}$ ;  $g = \frac{GM}{2,25R^2}$ ;  $S = 2\pi R v$   $v = 1,5R$ ;  $g = \frac{v^2}{R}$   $t_1 = \frac{S}{v}$   
 $v = \sqrt{gR} = \sqrt{\frac{GM}{1,5^2 R^2} \cdot 1,5R} = \sqrt{\frac{GM}{1,5R}} = \sqrt{\frac{4\pi R^3 \rho G}{4,5R}} = 2\sqrt{\frac{\pi R^2 \rho G}{4,5}}$   
 $t_1 = \frac{2\pi R \cdot 2\sqrt{\frac{\pi R^2 \rho G}{4,5}}}{\sqrt{\frac{GM}{1,5R}}} = \frac{4\pi R \sqrt{\frac{\pi R^2 \rho G}{4,5}}}{\sqrt{\frac{4\pi R^3 \rho G}{4,5}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,5 \pi^2 R^2 \rho G}{4 \cdot 4,5 \rho G}} = \sqrt{\frac{40,5 \pi^2 R^2 \rho G}{4 \cdot 4,5 \rho G}} = \sqrt{\frac{40,5 \pi^2 R^2}{4 \cdot 4,5}} = \sqrt{\frac{40,5 \pi^2 R^2}{18}} = \sqrt{2,25 \pi^2 R^2} = 1,5 \pi R$

$= 4,5 \sqrt{2} \sqrt{\frac{\pi}{\rho G}}$

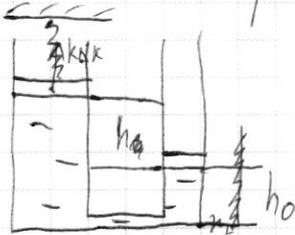
Ответ: 1)  $g = \frac{GTR\rho}{3}$ ; 2)  $4,5 \sqrt{2} \sqrt{\frac{\pi}{\rho G}}$

№ 2  
условие равновесия сосуда со свободными сосудами  $P_1 = P_2$

$$P_{изгн} = \rho g h$$

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

①  $F_{изгн} = k \Delta x$

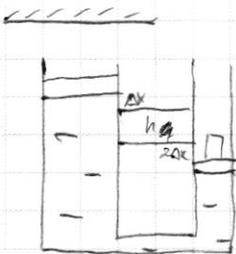


$$\rho g (h_0 + h) - \frac{k \Delta x}{S} = \rho g h_0$$

$$\frac{k \Delta x}{S} = \rho g h$$

$$\Delta x = \frac{\rho g h S}{k} = \frac{\rho g h S}{k}$$

②  $F_{изгн} = 0$



В правом колбе жидкость поднялась на  $\Delta x \Rightarrow$  в левом она опустилась на  $2 \Delta x$

$$\rho g (h_0 + h + \Delta x) = \rho g (h_0 - 2 \Delta x) + \frac{2mg}{S}$$

$$\rho g h + \rho g \Delta x$$

$$\rho h + \rho \Delta x = -2 \rho \Delta x + \frac{2m}{S} g$$

$$\frac{2m}{S} g = \rho (h + 3 \Delta x)$$

$$m = \frac{\rho (h + 3 \Delta x) S}{3} = \frac{\rho (h + 3 \Delta x) S}{2}$$

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

Ответ: 1)  $X = \frac{\rho g h S}{k}$  ; 2)  $m = \frac{\rho g h S (k + 3 \rho g S)}{2k}$

№ 5

$$P_1 = P_0 + P_{изгн} ; P_{изгн} = \rho g h ; P_{изгн} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 2,5 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 25000 \text{ Па}$$

$$P_1 = 100 \text{ кПа} + 25 \text{ кПа} = 125 \text{ кПа} \quad (1)$$

2) Конструкция закреплена к стене со дном  $\Rightarrow$  подтягивающая вода нет  $\Rightarrow$  Нет силы Архимеда на "палке", но она действует на полусферу с соответствующих участков

$$F_{Арх сфера} = \frac{8}{1000} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 80 \text{ Н}$$

Разделим нашу конструкцию на "стержень" (от самого низа до самого верха (включая полусферу)) и "остаток" - то что собственно осталось от нашей конструкции. Тогда можно записать что равна сила Архимеда с подтягивающей и чему она равна без нее через давление  $F = P S$

ПРОДОЛЖЕНИЕ НА 3 СТР.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F_{\text{АТХ с поршня}} = P_{\text{ниж}} \cdot S_{\text{осн}} - P_{\text{верх}} \cdot S_{\text{осн}} + P_{\text{ниж стир}} \cdot S_{\text{ст}} - P_{\text{верх стир}} \cdot S_{\text{ст}}$$

$$F_{\text{АТХ без поршня}} = S_{\text{осн}} (P_{\text{ниж}} - P_{\text{верх}}) - P_{\text{верх стир}} \cdot S_{\text{ст}}$$

Заметим, что изменилось только то, что вычлось  $P_{\text{ниж стир}} \cdot S_{\text{ст}}$ , а это мы можем посчитать

$$P_{\text{ниж стир}} \cdot S_{\text{ст}} = \frac{20 \text{ м}^2}{10000} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 2,5 \text{ м} = 50 \text{ Н}$$

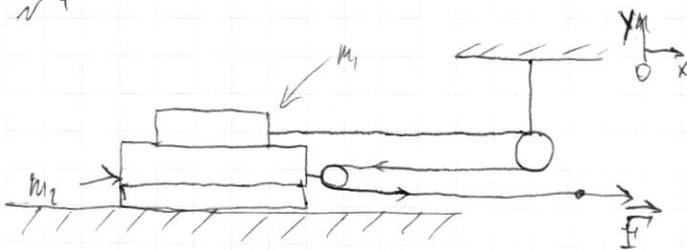
$$F_{\text{без поршня}} = (80 - 50) \text{ Н} = \frac{75 \text{ Н}}{30}$$

Ответ: 1)  $P = 125000 \text{ Па}$

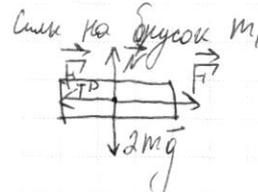
2)  $F = \frac{75 \text{ Н}}{30}$ , сила выталкивает конструкцию из воды



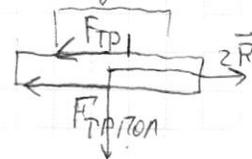
н 4



$$\begin{aligned} m_1 &= 2 \text{ т} \\ m_2 &= 3 \text{ т} \\ \mu &= \mu \end{aligned}$$



Силы на брусок  $m_2$



1)  $F_0$   $m_2$ : скользит по столу /  
 $m_1$ :  $F_{\text{ТР}} = 0$

$$F_{\text{ТР}} = \mu N$$

$$F_{\text{ТР}} (\text{max}) = 2\mu mg$$

так как сила трения действует на  $m_1$ , равна 0, то и горизонтальной силы нет

2) так как нам необходимо движение бруска относительно кисти-кино видео, то нам нужна ситуация, где  $a_n \gg a_b$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\text{Ох кисть: } F - 2\mu mg = 2ma_b$$

$$a_b = \frac{F - 2\mu mg}{2m}$$

$$\text{Ох кино: } 2F - 7\mu mg = 3ma_n$$

$$a_n = \frac{2F - 7\mu mg}{3m}$$

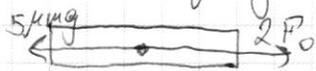
$$\frac{2F - 7\mu mg}{3m} > \frac{F - 2\mu mg}{2m}$$

$$4F - 14\mu mg > 3F - 6\mu mg$$

$F > 8\mu mg \Rightarrow$  максимальная сила  $F = 8\mu mg$   
ПРОДОЛЖИТЕ НА СТР 4

Разберёмся с 1 Лунной задачей

Если сила трения верхнего равна 0, то сила трения движущая на нижний -  $5 \mu\text{mg}$  ( $2+3$ )  $\mu\text{mg}$



$$5 \mu\text{mg} = 2F_0$$

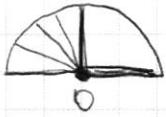
$$F_0 = \frac{5}{2} \mu\text{mg}$$

Ответ = 1)  $F_0 = \frac{5}{2} \mu\text{mg}$

2)  $F \geq 8 \mu\text{mg}$

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**

$F = ma \quad 0,1 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 0,001$   
 $\mu = \frac{m \cdot \omega}{c^2} = \frac{kg^2}{m^2} \cdot G$   
 $\frac{m^3}{m \cdot c^2} \quad G \frac{m_1 m_2}{r^2}$   
 $\frac{256}{384} \quad 7,2$   
 $h = 0 + 12 \cdot 1,2 - 5 \cdot 1,44$   
 $14,4 \quad 7,2$   
 $0,001 \cdot 0,01 \quad a_t = 12$   
 $t = 1,2 \quad 9008 = \frac{4}{3} \pi R^3$   
 $\frac{1}{100} \cdot \frac{1}{100} \quad h = 2,5 \text{ м}$   
 $= 0,0001 = \rho g h + p_a$   
 $25 \cdot 1000 = \frac{25000 \text{ Па}}{125 \text{ кПа}}$   
 $\frac{144}{5} \quad 7,20$   
 $1,41 \cdot 4,5$   
 $\frac{141,41}{4,5}$   
 $\frac{564}{6,345}$   
 $\rho g(h_0 + h) - k \Delta x = \rho g h_0$   
 $\rho g h = k \Delta x S$   
 $\Delta x = \frac{\rho g h}{k S}$   
 $h = 12 - a t$   
 $S =$   
 $\frac{64}{64}$   
 $\frac{256}{384}$   
 $4096$   
 $8 = a t$   
 $t = 0,8$   
 $3000 \quad 4000 \text{ т } R^3 = 12000 R^3$   
 $9,8 = \frac{667 \cdot 24}{40960000}$   
  
 $= \frac{M}{c^2} \cdot \omega = \frac{kg}{m^3} \cdot [G]$   
 $v = \sqrt{\frac{7,8}{10} \cdot 6,4}$   
 $\frac{7,8 \text{ кПа}}{c^2} = \sqrt{\frac{667}{26400}}$   
 $\frac{kg^3}{c^2} = \frac{G \text{ кг}}{kg}$   
 $4,5 = \frac{9}{2} \quad 4 = 8$   
 $\Rightarrow \frac{4,5}{4} = \frac{9}{8} \quad \frac{81}{8} - ?$   
 $141 \cdot 5 = 5 + 40 \cdot 5 + 300^4 = 905$   
 $\frac{kg \cdot m}{m^3 \cdot kg} = \frac{kg}{m^2}$   
 $\frac{kg}{m^3} \cdot \frac{m}{kg} = \frac{m}{m^2}$   
 $\frac{kg}{m^3} \cdot \frac{m}{kg} \cdot m \cdot m^2$   
 $\frac{m}{m}$



$$x^2 + y^2 = r^2$$

$$y^2 = r^2 - x^2$$

$$y^2 = (r-x)(r+x)$$

$$V = 8 \text{ dm}^3$$

$$y = \sqrt{(r-x)(r+x)}$$

и по формуле

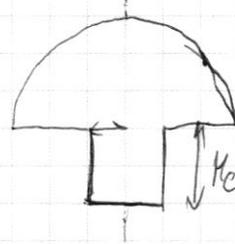
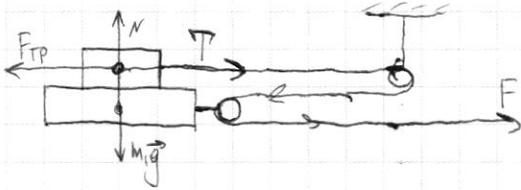
$$F_A = \rho g V_{\text{ит}}$$

$$F_{\text{APX}} = 1000 \cdot 10 \cdot 0,008$$

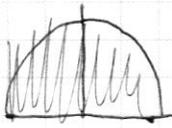
$$= 80 \text{ Н}$$

20 см<sup>3</sup> не гравитация или давления =>

~ y



$$V_c = \frac{2}{1000} \cdot K_c = \frac{2K_c}{1000} \quad V_{\text{ср}} = \frac{(8-2K_c)}{1000}$$



$$F_{\text{APX}} = F_{\uparrow} S_A - F_{\downarrow} S_B$$

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

$$8 - \frac{(4-K_c)}{1000} = \frac{2\pi R^3}{36}$$

$$4 - K_c = \frac{2000\pi R^3}{36}$$

$$K_c = 4 - \frac{2000\pi R^3}{36} = 4 - \frac{1000\pi R^3}{3} \approx 4 - 1033R^3$$

$$K_c + R = 4 - 1033R^3 + R$$

$$\frac{8 - 2066R^3 + 2R}{1000}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

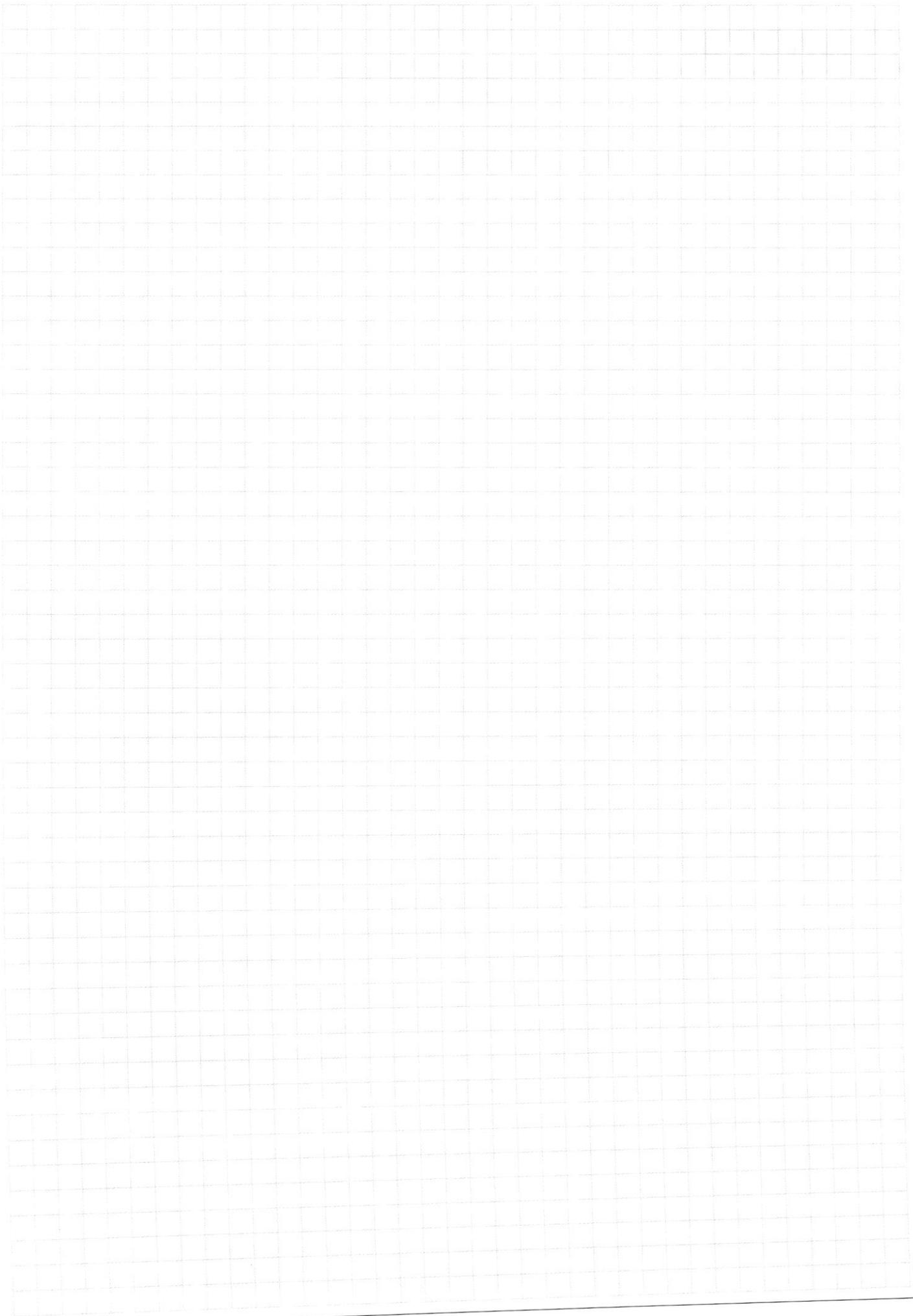
(заполняется секретарём)

## 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)