

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

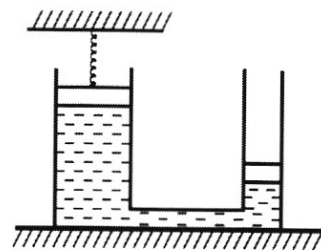
## Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

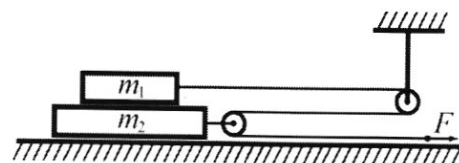
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного 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  $g$ .



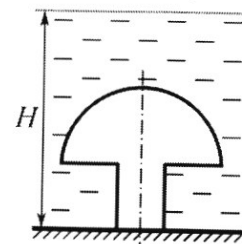
- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная 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

+ N1.

1) Дано:

$$V_0 = 12 \text{ м/с.}$$

$$V' = V_0/3$$

1) Найти:

$$t = ?$$

2)  $h$ .

Решение:

~~$$V = |V_0 t - gt|$$~~

~~$$\pm V' = \pm t(V_0 - g)$$~~

~~$$t = \pm$$~~

$$V' = |V_0 - gt|$$

$$\pm V' = V_0 - gt$$

$$t = \frac{V_0 \pm V'}{g} = \frac{V_0 \pm V_0/3}{g}$$

$$\left[ \begin{array}{l} t_1 = \frac{2}{3} \frac{V_0}{g} \\ t_2 = \frac{4}{3} \frac{V_0}{g} \end{array} \right. \Rightarrow$$

$$\left[ \begin{array}{l} t_1 = \frac{2}{3} \frac{12^4}{10^5} = \frac{4}{5} = 0,8(\text{с}) \\ t_2 = \frac{4}{3} \frac{12^4}{10^5} = \frac{8}{5} = 1,6(\text{с}) \end{array} \right.$$

1) Ответ:  $t = 0,8 \text{ с}, t = 1,6 \text{ с}$ .

~~2) Дано:~~

~~По П.к. скорости на одной высоте равны~~

~~$$\Rightarrow h_1 = h_2 = h$$~~

~~$$h = V_0 t - \frac{gt^2}{2}; \Rightarrow h = 12 \cdot \frac{8}{10^5} - \frac{10 \cdot 64}{200 \cdot 5} = \frac{48 - 16}{5}$$~~

~~$$= \frac{32}{5} = 6,4(\text{м})$$~~

2) Ответ:  $h = 6,4 \text{ м}$ .

#1/2

Дано:

$\rho$

$k$

$h$

$S$

$S/2$

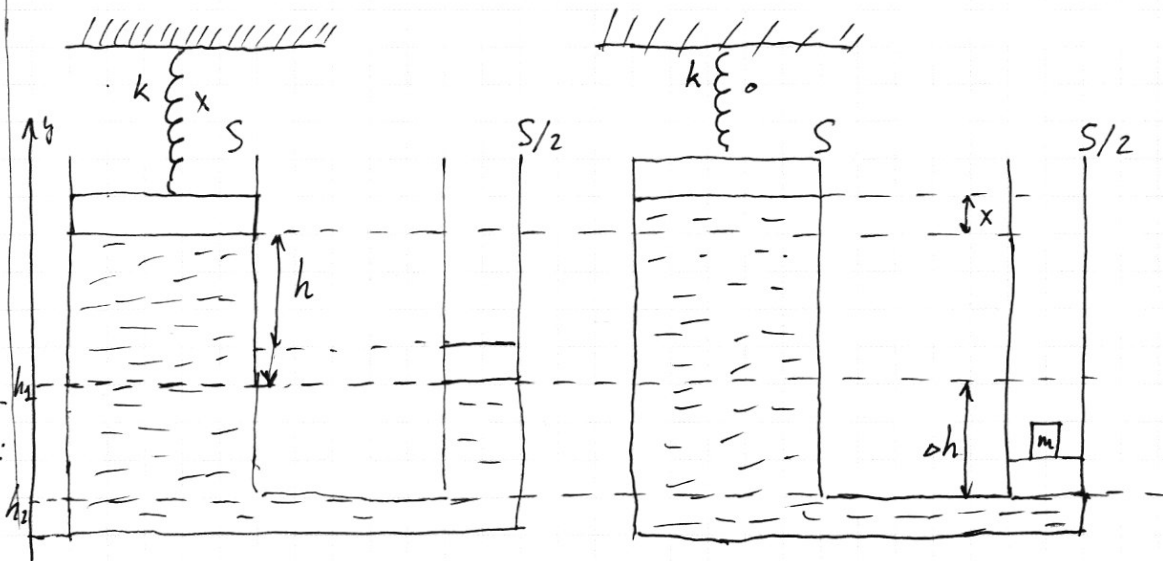
$g$

Найти:

1)  $x = ?$

2)  $m = ?$

Чертежи:



1) т.к. по св-ву сообщающихся сосудов давления на одинаковых уровнях ( $h_1$ ) равны:

$$0 = \frac{m g}{S} - \frac{F_y}{S}$$

$$F_y = m g$$

$$kx = \rho h S g$$

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

1) Ответ:  $x = \frac{\rho h S g}{k}$

2) т.к. изначально удлинение пружины было  $x \ominus$

$$\ominus \frac{\rho h S g}{k} \Rightarrow \text{уровень}$$

воды в левом сосуде поднимется на  $x$ ;

по закону сохранения массы:

$$x S \rho = \Delta h S \rho$$

разность уровней жидкостей  $\Delta h = 2x$ .

в сосуде теперь:  $H = h + x + \Delta h = h + 3x$

По св-ву сообщающихся сосудов: на уровне ( $h_2$ ):

$$\frac{m g}{S/2} = \frac{H S \rho g}{S} \Leftrightarrow 2 m g = H S \rho g \Leftrightarrow m = \frac{H S \rho}{2} \ominus$$

$$\ominus \frac{(h + \frac{3 \rho h S g}{k}) S \rho}{2} = \frac{h S \rho}{2} + \frac{3 \rho^2 S^2 h g}{2k} \quad 2) \text{ Ответ: } m = \frac{h S \rho}{2} + \frac{3 \rho^2 S^2 h g}{2k}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3. Дано:

$$h = 0,5R$$

$$\rho; H = 2R$$

$$G;$$

Найти:

2)  $T = ?$

1)  $g = ?$

Решение:

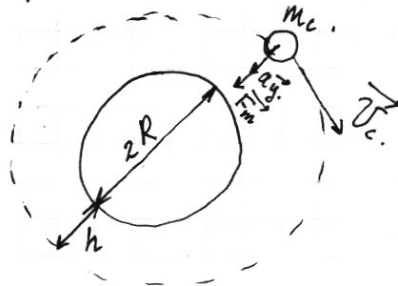
1) Пусть есть какое-то тело массой:

$$mg = \frac{GMm}{H^2}$$

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

Ответим:  $g = \frac{G \pi R \rho}{3}$

2)



$$F_m = a_y \cdot m_c$$

$$m_c g' = a_y m_c$$

$$g' = a_y$$

$$\frac{GM}{(R+h)^2} = \frac{v_c^2}{R+h}$$

$$v_c^2 = \frac{GM}{1,5R} \Rightarrow v_c = \sqrt{\frac{GM}{1,5R}}$$

$$v_c = \sqrt{\frac{G \rho \frac{4}{3} \pi R^3}{1,5R}} \quad (\otimes)$$

$$(\otimes) \sqrt{\frac{8 G \rho \pi R^2}{9}}$$

$$= \frac{2R}{3} \sqrt{2 G \rho \pi}$$

$$T = \frac{L}{v_c} = \frac{2\pi(R+h)}{v_c} = \frac{3\pi R}{v_c}$$

$$\Rightarrow \frac{3\pi R}{\frac{2}{3}R \sqrt{2 G \rho \pi}} = \sqrt{\frac{81\pi^2}{8 G \rho \pi}}$$

$$\Rightarrow \frac{9}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2 G \rho}}$$

2) Ответ:  $T = \frac{9}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2 G \rho}}$

N 4

1) Дано:

$$m_1 = 2M$$

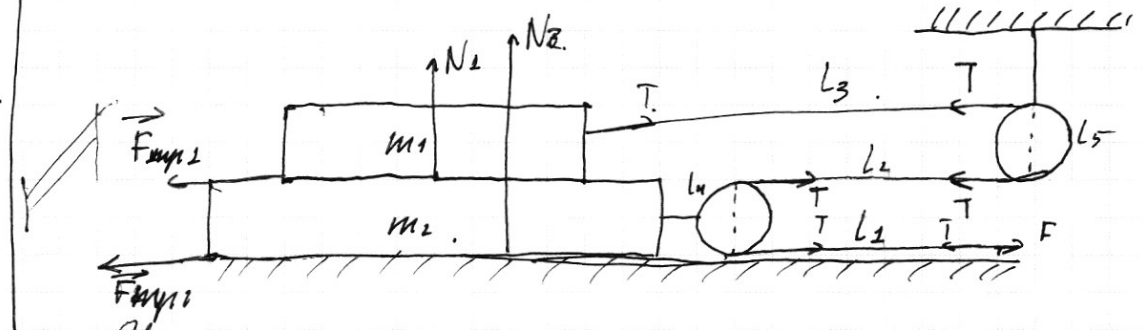
$$m_2 = 3M$$

$\mu$

Найти:

$$F_0 = ?$$

Решение:



Из условия нерастяжимости нити:

$$L(t) = L(t + \Delta t)$$

$$v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 = v_1 + \Delta l_1 + v_2 + \Delta l_2 + v_3 + \Delta l_3 + v_4 + v_5$$

$$\Delta l_2 + \Delta l_3 = \Delta l_1$$

$$\frac{a_2 \Delta t^2}{2} + \frac{a_3 \Delta t^2}{2} = \frac{a_1 \Delta t^2}{2}$$

$$a_2 + a_3 = a_1$$

$$F_1 = a_3 m_1 = 2a_3 M$$

$$F_4 = a_2 m_2 = 3a_2 M$$

$$F_{f1} = \mu N_1 = 2\mu mg$$

$$F_{f2} = \mu N_2 = 5\mu mg$$

$$a_1 = a_2$$

Из условия нерастяжимости нити:

$$L(t) = L(t + \Delta t)$$

$$v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 = v_1 + v_5 + \Delta l_1 + v_2 + \Delta l_2 + v_3 + \Delta l_3$$

$$\Delta l_1 = \Delta l_2 + \Delta l_3$$

$$\frac{a_0 \Delta t^2}{2} = \frac{a_2 \Delta t^2}{2} + \frac{a_1 \Delta t^2}{2}$$

$$a_0 = a_2 + a_1$$

$$a_1 = a_2 = a \Rightarrow a_0 = a_2 + a_1 = 2a$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T = 2ma \\ 2T = 3ma + 5\mu mg \\ F_0 = T \end{array} \right. \Rightarrow \begin{array}{l} 4ma = 3ma + 5\mu mg \\ ma = 5\mu mg \\ \underline{a = 5\mu g} \end{array}$$

$$F_0 = 2ma = 10\mu g m$$

ответ:  $F_0 = 10\mu g m$ .

2)  $\left\{ \begin{array}{l} T \end{array} \right.$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

Дано:

$$H = 2,5 \text{ м.}$$

$$V = 8 \text{ дм}^3 =$$

$$= 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$S = 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

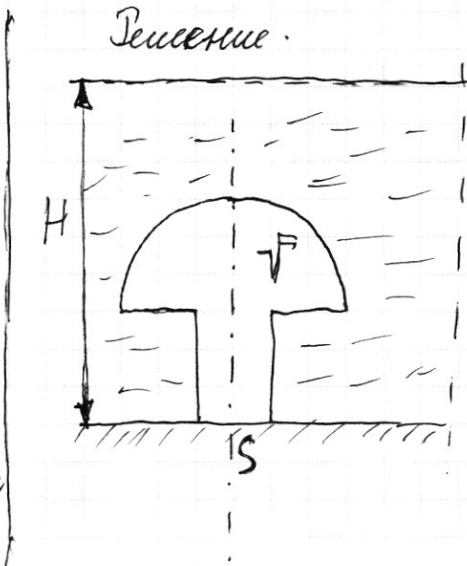
$$P_0 = 100 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Найти:

1)  $P_{\pm} = ?$

2)  $F = ?$



$$P_{\pm} = P_0 + P_{\text{в}} =$$

$$= P_0 + \frac{mg}{S} =$$

$$= P_0 + \frac{\rho H S g}{S} = P_0 + \rho H g;$$

$$P_{\pm} = 10^5 + 10^3 \cdot 2,5 \cdot 10 =$$

$$= 10^4 (10 + 2,5) = 12,5 \cdot 10^4;$$

$$P_{\pm} = 125 \text{ (кПа)}.$$

1) Ответ:  $P_{\pm} = 125 \text{ кПа}$ .

2)  $F_A = \rho g V = 80 \text{ Н}$

Ответ: 80 Н вверх.

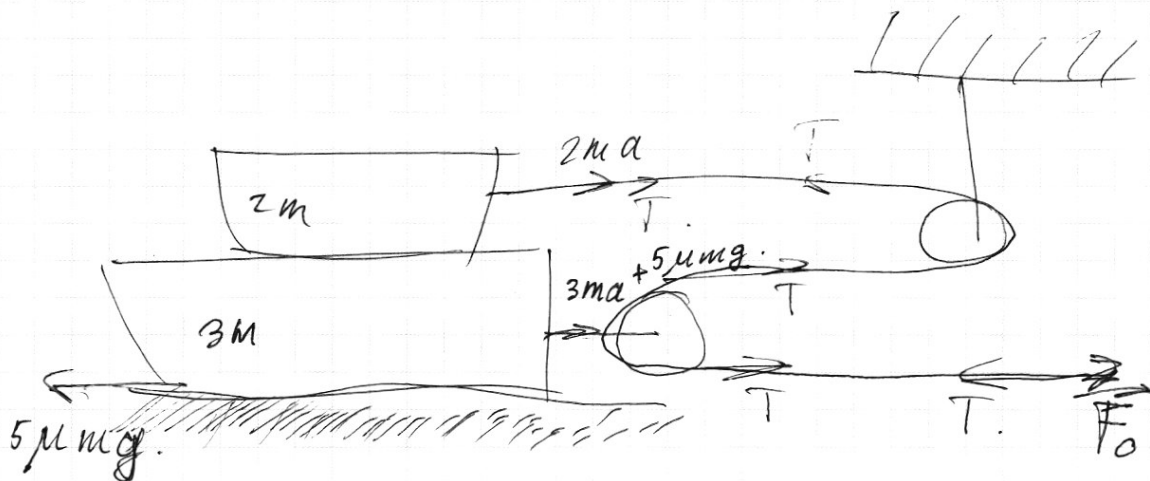
$$\pi R_1^2 \cdot h + \frac{2}{3} \pi R_2^3 = V$$

$$R_1^2 \cdot (h + R_2 - R_2) + \frac{2}{3} R_2^3 = T$$

$$h + R_2 = \frac{V + R_1^2 R_2 - \frac{2}{3} R_2^3}{R_1^2} = R_2 + \frac{V - \frac{2}{3} R_2^3}{R_1^2}$$

$$h = \frac{(8 \cdot 10^{-3} - \frac{2}{3} R_2^3) \pi}{20 \cdot 10^{-4}} = \frac{(8 - \frac{1000}{3} R_2^3) \pi}{20}$$

$$F = \left( (H - h) \cdot \pi R_2^2 - \frac{2}{3} \pi R_2^3 \right) \cdot \rho g$$

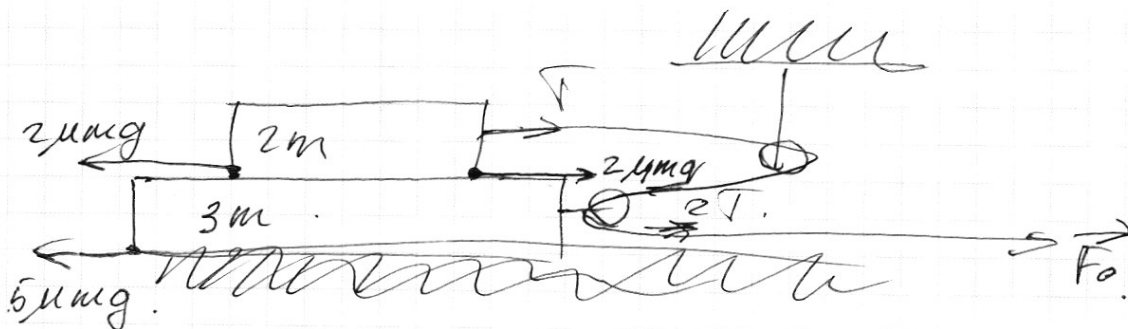


$$a_0 = 2a$$

$$T = 2ma$$

$$2T = 3ma + 5\mu mg$$

$$F_0 = T$$



$$T = F_0$$

$$2T =$$

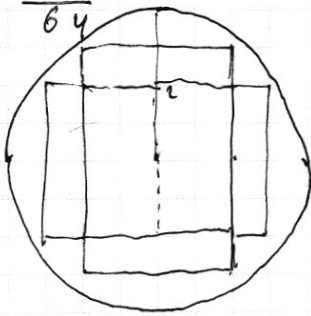


### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 16 \\ \hline 72 \\ 192 \\ \hline 192 \end{array}$$

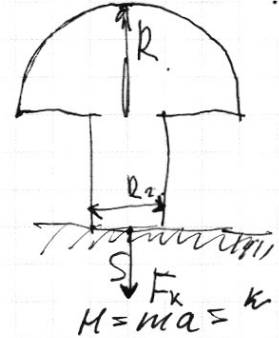
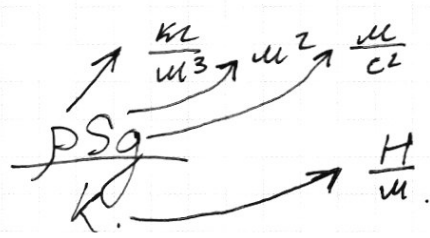
$$\begin{array}{r} 4 \\ 16 \\ \times 8 \\ \hline 128 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -10 \\ -192 \\ 128 \\ \hline 64 \end{array}$$



$$v = \sqrt{\frac{GM}{(R+h)^2}} = \dots$$

$$h = 12 \cdot \frac{16}{10} = \frac{10 \cdot 16^2}{200} = \frac{192}{10} = \frac{128}{10} = 6,4 \text{ (м)}$$



$$\frac{k^2 \cdot m^3}{m^3 \cdot c^2} = \frac{k^2 \cdot m}{c^2 \cdot k^2 \cdot m}$$

$$\frac{H}{m}$$

$$\frac{k^2}{m^3} \cdot m \cdot \frac{m \cdot m}{c^2} =$$

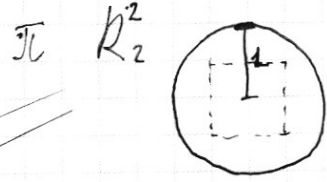
$$H = ? \cdot \frac{k^2}{m^2}$$

$$\frac{2}{3} \pi \frac{S}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \frac{k^2}{m \cdot c^2} \left( \frac{H}{m^2} \right)$$

$$\frac{m}{k^2 \cdot c^2} \cdot m \cdot \frac{k^2}{m^3}$$

$$\frac{k^2 \cdot m}{c^2} = ? \cdot \frac{k^2}{m^2}$$

$$\frac{m}{k^2 \cdot c^2}$$



$$\frac{m}{k^2 \cdot c^2} \cdot \frac{k^2}{m^3} = c^2 \cdot m^2 = c \cdot m$$

$$\frac{m^3}{c^2 \cdot k^2} \cdot m \cdot \frac{k^2}{m^3} = \frac{m}{c^2}$$

$$H = X \cdot \frac{k^2}{m^2}$$

$$X = \frac{\frac{k^2 \cdot m}{c^2}}{\frac{k^2}{m^2}} = \frac{m^3}{c^2 \cdot k^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\frac{m^3}{c^2 \cdot k^2} \cdot \frac{k^2}{m^3}}} = \sqrt{c^2} = c$$



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)