

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарём)

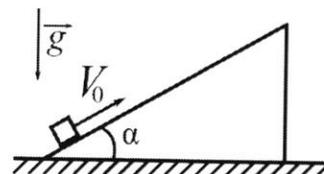
1. Фейерверк массой  $m = 1 \text{ кг}$  стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через  $T = 3 \text{ с}$  разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая энергия осколков сразу после взрыва  $K = 1800 \text{ Дж}$ . На землю осколки падают в течение  $\tau = 10 \text{ с}$ .

1) На какой высоте  $H$  взорвался фейерверк?

2) В течение какого промежутка времени  $\tau$  осколки будут падать на землю?

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол  $\alpha$  такой, что  $\cos \alpha = 0,6$ . Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают некоторую начальную скорость  $V_0$  (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину и поднимается на максимальную высоту



$H = 0,2 \text{ м}$ . Масса клина в два раз больше массы шайбы. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  шайбы.

2) Найдите скорость  $V$  клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

3. По внутренней поверхности проволочной сферы равномерно движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Сила, с которой модель действует на сферу, в два раза больше силы тяжести, действующей на модель. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) Найдите ускорение  $a$  модели.

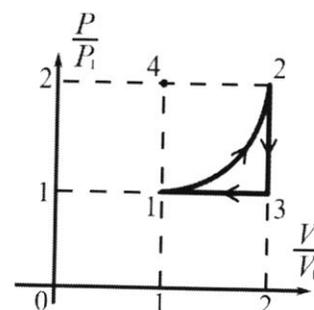
2) Вычислите минимальную допустимую скорость  $V_{\text{MIN}}$  равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 45^\circ$ . Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы  $\mu = 0,8$ , радиус сферы  $R = 1 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 4. Считать заданными давление  $P_1$  и объём  $V_1$ .

1) Какое количество  $Q$  теплоты подведено к газу в процессе расширения?

2) Найдите работу  $A$  газа за цикл.

3) Найдите КПД  $\eta$  цикла.



5. Заряд  $Q > 0$  однородно распределен по сфере радиуса  $R$ . В первом опыте на расстоянии  $3R$  от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом  $q > 0$ .

1) Найдите силу  $F_1$ , действующую на заряженный шарик.

Во втором опыте заряд  $q$  однородно распределяют по стержню длины  $R$ , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии  $3R$  от центра.

2) Найдите силу  $F_2$ , с которой заряженный стержень действует на заряженную сферу.

Все силы, кроме кулоновских, считайте пренебрежимо малыми. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Явлениями поляризации пренебрегите.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано:  $m = 1 \text{ кг}$

$T = 3 \text{ с}$

$v_1 = v_2 = v_3 = \dots = v_n$

$K = 1800 \text{ Дж}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

а)  $H = ?$

б)  $t = ?$

$$\bar{v}_k = \bar{v}_n + \bar{a}t$$

$$0 = v_n - gT$$

$$v_n = gT; \quad v_n = 3 \cdot 10 = 30 \text{ м/с.}$$

$$H = v_n \cdot T + \frac{T^2 g}{2}$$

~~$$H = 30 \cdot 3 + \frac{10 \cdot 9}{2}$$~~

$$H = 30 \cdot 3 + \frac{9 \cdot 10}{2}$$

$$H = 45 \text{ м.}$$

$$K = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + \dots + \frac{m_n v_n^2}{2}$$

$$K = \frac{v^2 (m_1 + m_2 + \dots + m_n)}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2K}{m}}; \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{1}}; \quad v = 60 \text{ м/с.}$$

$$0 = H - v \cdot t - \frac{t^2 \cdot g}{2}$$

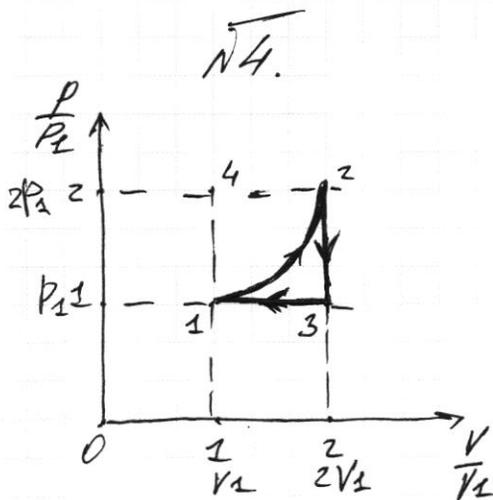
$$5t^2 + 60t - 45 = 0$$

$$t^2 + 12t - 9 = 0$$

$$D = 60^2 - 4 \cdot (-9) = 3600 + 36 = 3636$$

$$t_{1,2} = \frac{-60 \pm \sqrt{3636}}{2} \Rightarrow t = \frac{-60 + \sqrt{3636}}{2} = -6 + 3\sqrt{5}$$

Ответ: 45 м;  $-6 + 3\sqrt{5}$  с.



1-2 - процесс расширения.

$$Q_2 = A_2 + \Delta U.$$

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1. \quad p_1 V_1 = \nu R T_1; \quad U_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1.$$

$$U_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2. \quad p_2 V_2 = \nu R T_2; \quad 2p_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2,$$

$$U_2 = \frac{3}{2} \cdot 4 p_1 V_1.$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \cdot 4 p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{9}{2} p_1 V_1.$$

$$A_2 = 2p_1 V_1 - \frac{\pi p_1 V_1}{4} = \frac{(8 - \pi) p_1 V_1}{4}$$

$$Q_2 = A_2 + U = \frac{(8 - \pi) p_1 V_1}{4} + \frac{9}{2} p_1 V_1 =$$

$$= \frac{(8 - \pi + 18) p_1 V_1}{4} = \frac{(26 - \pi) p_1 V_1}{4}. \quad \text{Две.}$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3.$$

$$A_2 = 0.$$

$$A_3 = -p_1 V_1.$$

$$A = \frac{(8 - \pi) p_1 V_1}{4} - p_1 V_1 = \frac{(4 - \pi) p_1 V_1}{4}. \quad \text{Д м.}$$

$$Q_1 > 0$$

$$Q_2 < 0$$

$$Q_3 < 0$$

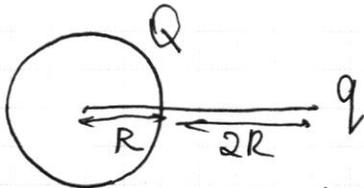
$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{A}{Q_1} = \frac{\frac{(4 - \pi) p_1 V_1}{4}}{\frac{(26 - \pi) p_1 V_1}{4}} = \frac{4 - \pi}{26 - \pi}.$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4  
Ответ:

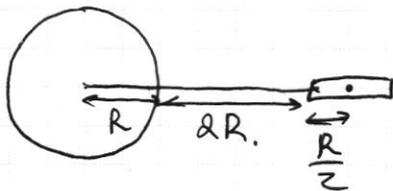
$$\frac{(26-\pi) \rho_1 V_1 \omega_{\text{ин}}}{4}, \quad \frac{(4-\pi) \rho_1 V_1 \omega_{\text{ин}}}{4}, \quad \frac{4-\pi}{26-\pi}$$

№5.



$$F_1 = \frac{k \cdot |Q| \cdot |q|}{(2R)^2}$$

$$F_1 = \frac{kQ \cdot q}{9R^2}$$



$$F_2 = \frac{k|Q||q|}{(3,5R)^2}$$

$$F_2 = \frac{kQq}{12,25R^2}$$

Ответ:  $\frac{kQq}{9R^2}$ ;  $\frac{kQq}{12,25R^2}$ .



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$x(t) = \frac{10 \cdot T^2}{2} = 45 \text{ м}$$

$$FV = F_{\text{н}} g h = 1 \text{ м}$$

$$W = (m_1 + m_2 + \dots + m_n) v = K$$

$$a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu$$



Через какое  
время после  
взрыва переместит  
осьона на расстояние  
на 3 м.

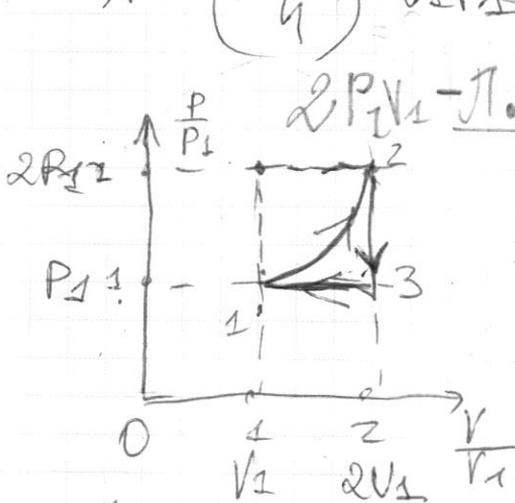
$$\eta = \frac{4 - \pi}{\left(\frac{8 - \pi}{4} + \frac{9}{2}\right) \rho^{1/2}}$$

$$\frac{v_H^2 - v_K^2}{2a} = S$$

$$Ft = m \Delta v$$

$$A = \left(\frac{4 - \pi}{4}\right) v \rho^{1/2}$$

$$\frac{mv^2}{2} = F \cdot S \cdot \rho^{1/2}$$



$$2P_1 V_1 - \pi \cdot V_1 P_1 = \left(\frac{8 - \pi}{4}\right) V_1 P_1$$

$$U = \frac{3}{2} \nu R T$$

$$Q = A + U$$

$$\mu = \frac{A}{Q}$$

$$pV = \nu R T \quad T_1$$

$$V = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$\Delta T = 3 T_1 \quad \nu = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1 = \frac{3}{2} 3 \cdot p_1 V_1$$

$$A =$$

$$\mu = \frac{A}{Q}$$

$$\eta$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$2 p_1 V_1 = \nu R T$$

$$T = 4 T_1$$

$$8x - 6 |x - 1| \leq ax + 6 \leq -8x^2 + 6x + 7.$$

$$\vec{v}_k = \vec{v}_H + a \cdot t$$

$$v_H = at$$

$$v_H = 30 \text{ м/с.}$$

$$h_b = 30 \cdot t + \frac{at^2}{2}$$

$$h_b = 30 \cdot 3 + \frac{10 \cdot 9}{2}$$

$$h_b = 45$$



$$\begin{cases} 2t_1 + t_2 = 10 \\ v_k = t_1 \cdot a \\ 45 = v_k t_2 + 5t_2^2 \end{cases} \quad \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + \dots = 1800$$

$$45 = 4t_1 t_2 + 5t_2^2 \quad v_1^2 = 4 = 3600$$

$$g = 4t_1 t_2 + 5t_2^2$$

$$(4t_1)^2 = 4 \cdot 9$$

$$t_2 = 10 - 2t_1$$

$$g = (40 - 2t_1)t_2 + t_1^2$$



$$6 \cdot 2\sqrt{5} = 6 +$$

$$D = 9^2 + 9 = 45$$

$$t^2 + 12t - 9 = 0$$

$$t + 20 = 15$$

$$v_1^2 = 4 = 3600$$

$$v_1 = 60$$

$$180 = 10 +$$

$$45 + 60 \cdot 10$$

$$- 45 + 60 \cdot 10 - \frac{60 \cdot 10^2}{2} =$$

$$= 45 + 600 - 500$$

$$40 \quad 60 = 6 \cdot 10$$

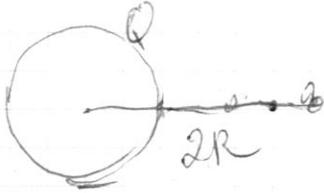
Во все время направления  
знаем если  
вертикально вниз  
 $45 = 60 \cdot 6 -$

$$0 = 45 - 60 \cdot 6 - 5t^2$$

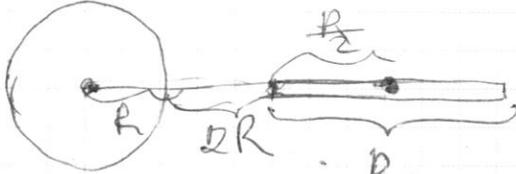
$$45 = 60 \cdot 6 + 5t^2$$

$$45 = 40t + t^2$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F_0 = \frac{kQq}{(2R)^2} \quad ??$$



$$F_1 = \frac{kQq}{3,5R^2}$$

1225.

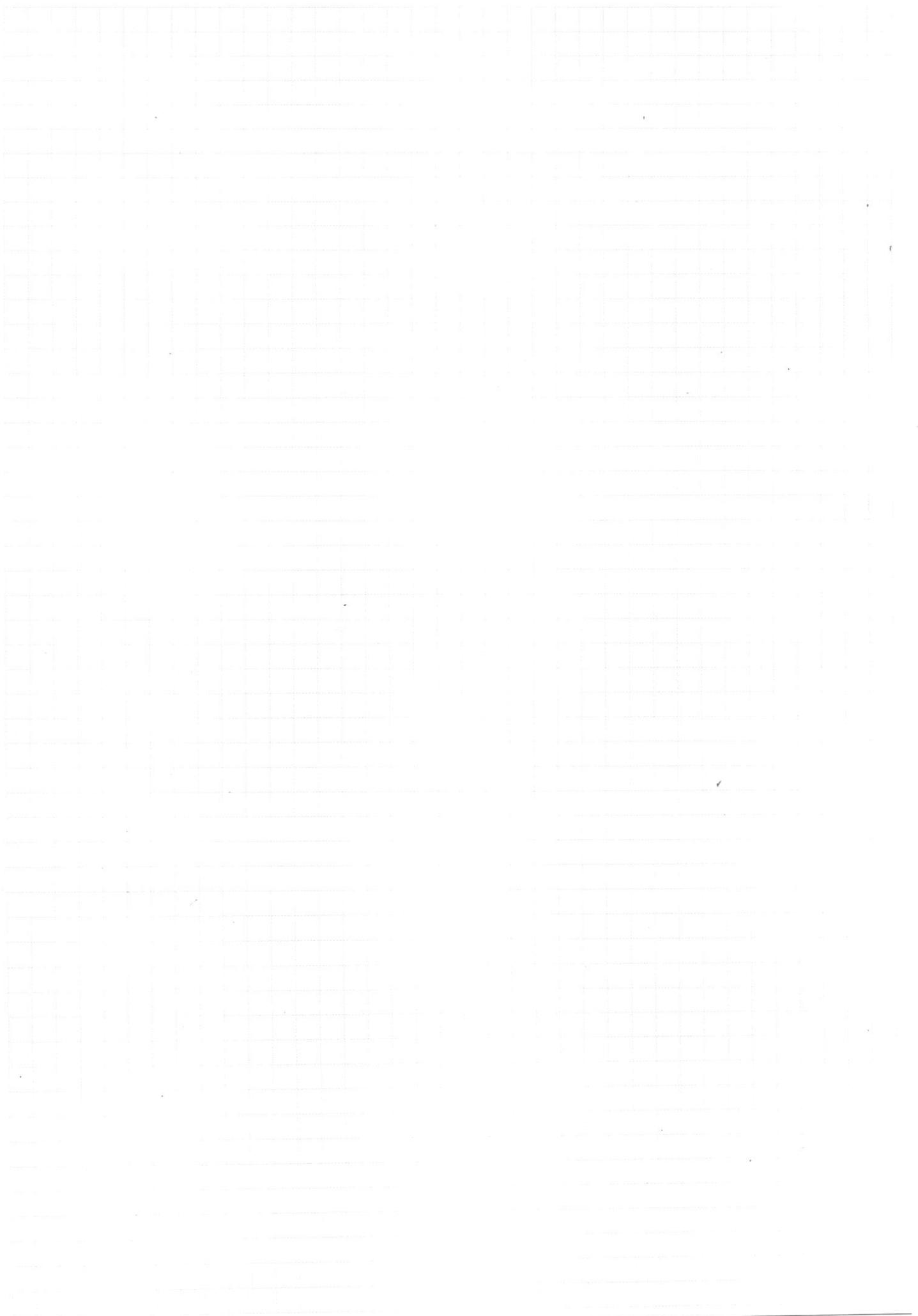
$$3,5 \cdot 3,5 = 12,25$$

$$150 + 15$$

$$\begin{array}{r} 13,5 \\ 3,5 \\ \hline 17,0 \\ 1050 \\ \hline 1225 \end{array}$$

$$q_{11} = q_2$$

$$= 12,25 \cdot \frac{10}{1} = 122,5$$



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

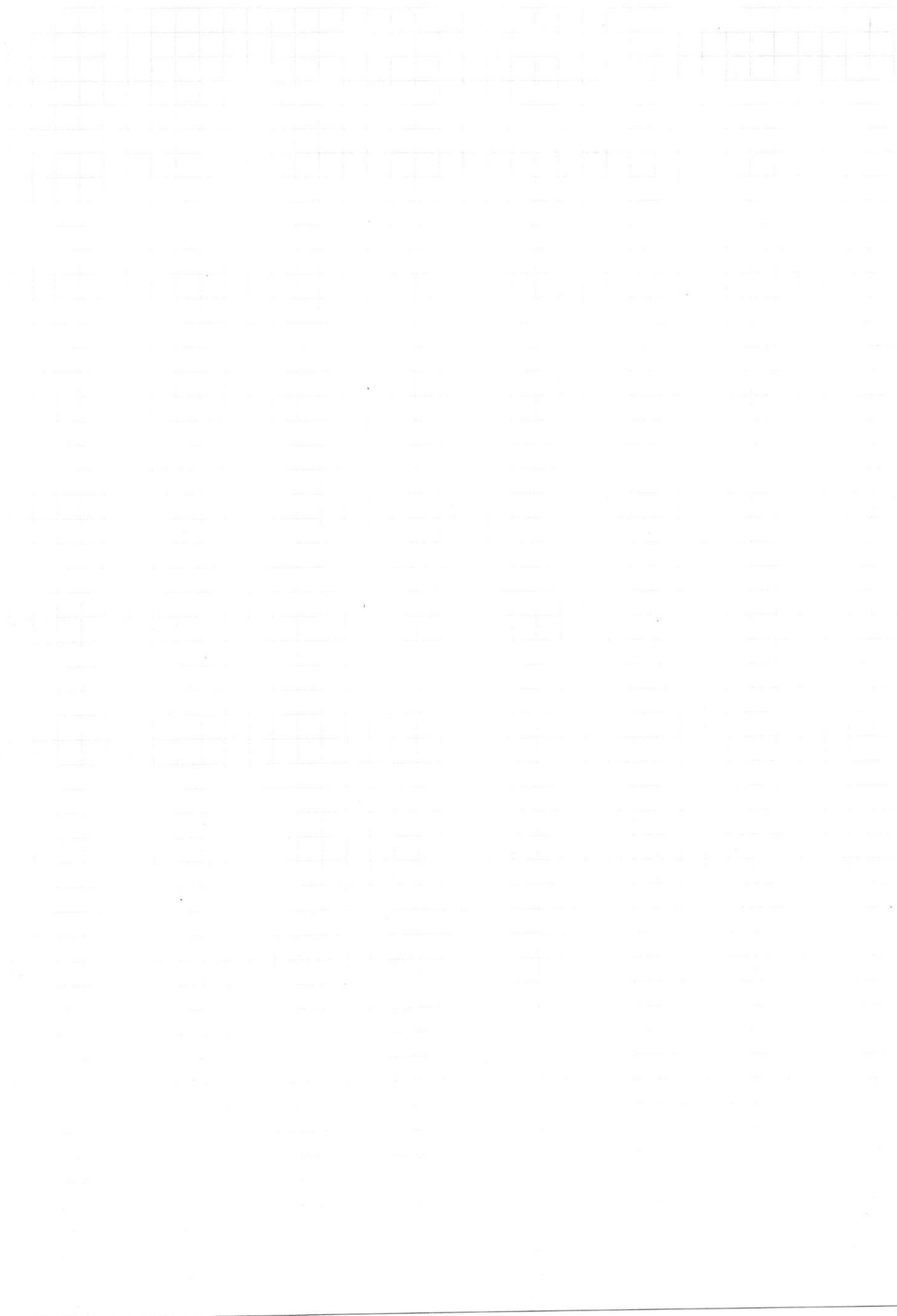
(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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)