

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

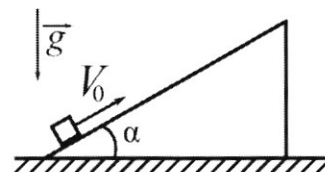
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$ м. На землю осколки падают в течение $\tau = 10$ с.

1) Найдите начальную скорость V_0 фейерверка.

2) Найдите суммарную кинетическую энергию K осколков сразу после взрыва.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают начальную скорость $V_0 = 2$ м/с (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1) На какую максимальную высоту H над точкой старта поднимется шайба на клине?

2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса $R = 1,2$ м равномерно со скоростью $V_0 = 3,7$ м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели $m = 0,4$ кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) С какой по величине силой P модель действует на сферу?

2) Рассмотрим модель автомобиля равномерно движущуюся по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = \frac{\pi}{6}$. Вычислите минимальную допустимую скорость V_{MIN} такого

равномерного движения. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,9$.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

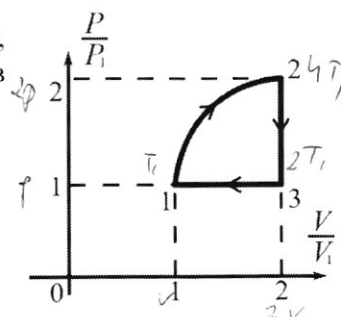
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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

2) Найдите работу A газа за цикл.

3) Найдите КПД η цикла.

Универсальная газовая постоянная R .



5. Заряд $Q > 0$ однородно распределен по сфере радиуса R . В первом опыте на расстоянии $2R$ от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом $q > 0$.

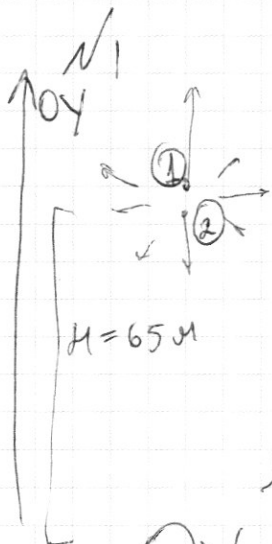
1) Найдите силу F_1 , действующую на заряженный шарик.

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 $2R$ от центра.

2) Найдите силу F_2 , с которой заряд сферы действует на заряженный стержень.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



На рисунке обозначены осколки 1 и 2
Первый будет падать дольше всех, т.к.
проекция его скорости на OY больше всех,
а 2 — медленнее.

тогда $\tau = t_1 - t_2$, где ~~то~~ t_1 и t_2 —
время падения 1-го и 2-го соотв.

$$\text{OY: } 0 = H + v t_1 - \frac{g t_1^2}{2}, \quad v - \text{их скорость.}$$

$$0 = H - v t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$$

$$v: (t_1 + t_2) + \frac{g}{2} (t_2 - t_1)(t_1 + t_2) = 0$$

$$v = \frac{g}{2} = 50 \text{ м/с}$$

ЗСД:

$$x \cdot dm \cdot \frac{v^2}{2} = M \cdot \frac{v_1^2}{2} \Rightarrow v_1 = v, \text{ где } v_1$$

— скорость перед взрывом

$$\text{тогда } M g H + \frac{M v^2}{2} = \frac{M v_0^2}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{2gH + v^2} = \sqrt{2gH + \frac{g^2 t^2}{4}} = \sqrt{3800} \text{ м/с} \approx 62 \text{ м/с}$$

$$K = \frac{M v^2}{2} = M \cdot \frac{t^2 g^2}{8} = 2500 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) 62 м/с, 2) 2500 Дж

$$N_4 \quad Q = A + \Delta U$$

$$A_{12} = \left(\frac{\pi}{4} \cdot 1^2 + 1 \right) p_1 V_1 = \frac{\pi+4}{4} \nu R T_1$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1), \quad i = 3$$

Ур-я Менделеева - Клапейрона:

$$\textcircled{1} \quad p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$\textcircled{2} \quad p_2 V_2 = 4 p_1 V_1 = \nu R \cdot 4 T_1 \Rightarrow T_2 = 4 T_1$$

$$\textcircled{3} \quad p_3 V_3 = 2 p_1 V_1 = \nu R \cdot 2 T_1 \Rightarrow T_3 = 2 T_1$$

$$\Rightarrow Q = \nu R T_1 \cdot \frac{\pi+4}{4} + \frac{3}{2} \nu R \cdot 3 T_1 =$$

$$= R T_1 \left(\frac{\pi}{4} + 5,5 \right) \approx 6,285 R T_1$$

($\nu = 1$)

A_3 - работа цикла

$$A_3 = \frac{\pi}{4} \cdot 1^2 \cdot p_1 V_1 = \frac{\pi}{4} \nu R T_1 = \frac{\pi}{4} R T_1 = 0,785 R T_1$$

($\nu = 1$)

$$\eta = \frac{Q_{\text{полн}}}{Q_{\text{н}}} = \frac{A_3}{Q_{\text{н}}} = \frac{A_3}{Q_{12}}$$

$$Q_1 = Q_{\text{полн}} \quad Q_2 = Q_{\text{полн}} - A_3$$

$$1 \rightarrow 2 \quad Q = \left(\frac{\pi}{4} + 5,5 \right) \nu R T_1 > 0$$

$$2 \rightarrow 3 \quad Q = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) < 0$$

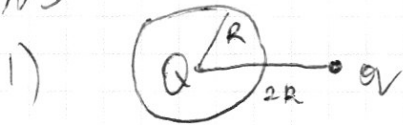
$$3 \rightarrow 1 \quad Q = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) - p_1 V_1 < 0$$

$$\eta = \frac{A_3}{Q_{12}} = \frac{0,785 R T_1}{6,285 R T_1} \approx 0,124 = 12,4\%$$

Ответ: 1) $6,285 R T_1$, 2) $0,785 R T_1$, 3) $12,4\%$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

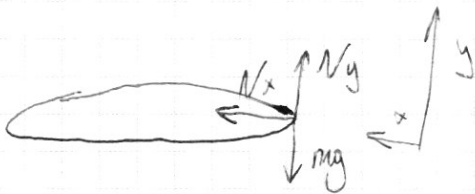


$$F_1 = \frac{Qq \cdot k}{4R^2}$$

Ответ: $F_1 = \frac{Qq \cdot k}{4R^2}$

№3

1)

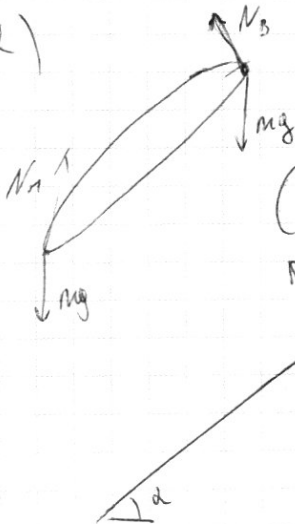


OY: $N_y = mg$ ($a_y = 0$)

Ox: $N_x = ma = m \frac{V_0^2}{R}$

$$P = \sqrt{N_x^2 + N_y^2} = m \sqrt{g^2 + \frac{V_0^4}{R^2}} = 0,4 \cdot \sqrt{223,21} \approx 6 \text{ Н}$$

2)



необходимо, чтобы лезвия
не упала с верхней точки
Спроецирует картину по вертикали
23П:

тогда $N_B \cdot \cos \alpha = mg$
 $N_B \cdot \sin \alpha \leq ma \Leftrightarrow \mu N_B$
 $\Rightarrow a_{\min} = N_B \cdot \sin \alpha = \frac{V_{\min}^2}{R}$

$$\Rightarrow \mu \frac{mg}{\cos \alpha} \leq \frac{V_{\min}^2}{R}$$

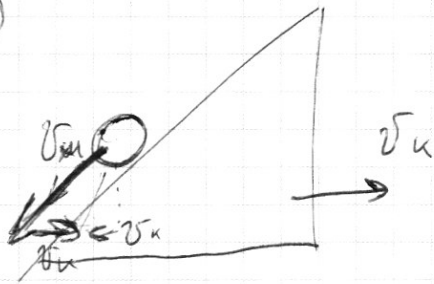
$$V_{\min} = \sqrt{\frac{gR(\sin \alpha + \mu)}{\cos \alpha}} = 4,4 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) 6 Н, 2) 4,4 м/с

№2 трюк кот, по трапеции
ЗСЭ:

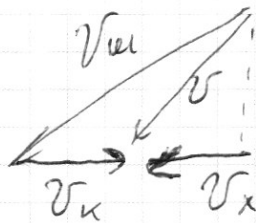
$$1) \frac{mV_0^2}{2} = mgH \Rightarrow H = \frac{V_0^2}{2g} = 0,2 \text{ м}$$

2)



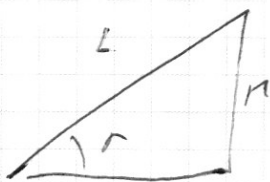
v_m - скорость, с к-й
шаиба движется отн-но
клину

$$v = v_m + v_k \quad \leftarrow \text{ск-ть клина}$$



по по ОХ выполняется ЗСМ, поэтому
 $m\vec{v}_x + m\vec{v}_k = 0$

$$\Rightarrow |\vec{v}_x| = v_k \quad \text{тогда } v_m \cdot \cos \alpha = 2v_k$$



$$L = \frac{H}{\sin \alpha} = v_m t, \quad H = \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{gt}{2 \sin \alpha} = v_m = \frac{\sqrt{2Hg}}{2 \sin \alpha} = \frac{\sqrt{2 \cdot \frac{V_0^2}{2g} \cdot g}}{2 \sin \alpha} =$$

$$= \frac{V_0}{2 \sin \alpha}, \quad v_k = \frac{v_m \cdot \cos \alpha}{2} = \frac{V_0}{4 \tan \alpha} =$$

$$= 0,5 \cdot \sqrt{3} \approx 0,85 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) 0,2 м, 2) 0,85 м/с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)

$m v_y$ $\begin{matrix} \nearrow v + v_y \\ \searrow v - v_y \end{matrix}$

$$0 = v_0 t$$

$$0 = H + v_0 t_1 = \frac{\rho L_1^2}{2}$$

$$v_0 = \frac{t \rho}{2}$$

$$0 = H - v_0 t_2 - \frac{\rho L_2^2}{2}$$

$m g$

$$v_0 t_1 + v_0 t_2 - \frac{\rho L_1^2}{2} + \frac{\rho L_2^2}{2} = 0$$

62
62
124
372
384
6,2

$$v_0 (t_1 + t_2) + \frac{\rho}{2} (L_2^2 - L_1^2) = 0$$

$$H = \frac{\rho L^2}{2}$$

$$v_0 = \frac{t \rho}{2}$$

$$0 = (v + v_y) t_1 + (v - v_y) t_2 + \frac{\rho}{2} (L_2^2 - L_1^2) = 0$$

$$0 = v(t_1 + t_2) + v_y(t_1 - t_2)$$

36
38
43
6,2

$$m g H + m \frac{v_0^2}{2} = m \frac{v_y^2}{2} + m g H$$

$$H = \frac{v_0^2 - v_y^2}{2g}$$

$$0 = \frac{H}{t_1} + v + v_y - \frac{\rho L_1}{2}$$

$$0 = \frac{H}{t_2} - v + v_y - \frac{\rho L_2}{2}$$

$$0 = H + (v + v_y) t_1 - \frac{\rho L_1^2}{2}$$

$$0 = \frac{H}{t_1} + \frac{H}{t_2} + 2v_y - \frac{\rho}{2} (L_1 + L_2)$$

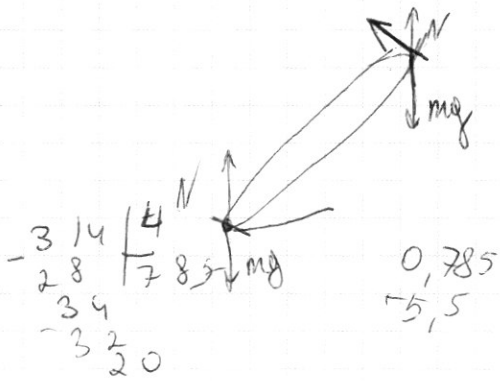
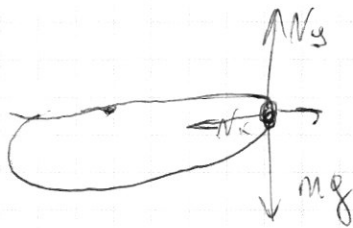
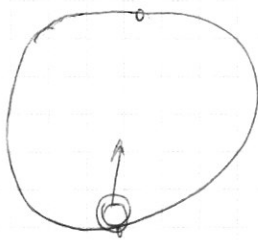
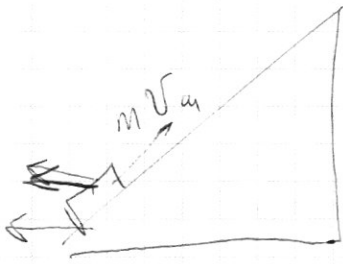
$$0 = H - (v - v_y) t_2 - \frac{\rho L_2^2}{2}$$

50
x 50
2500
50.2
1300
13
2500
2

$$\sqrt{3306} = 10\sqrt{38}$$

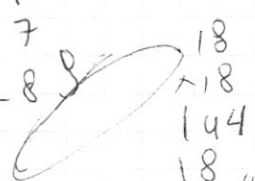
$$33/2 = 19$$

$$V_0 = \frac{gt}{2} \quad x = m \frac{V_0^2}{2} = \frac{mV^2}{2} \quad \frac{1}{2}$$

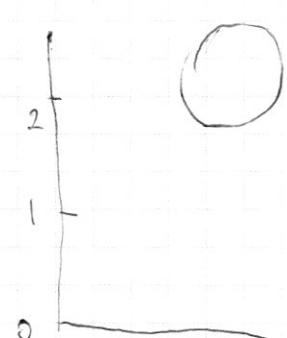


$$\sqrt{R(T_2 - T_1)} + \sqrt{R(T_3 - T_2)} + \sqrt{R(T_1 - T_3)}$$

$$\begin{array}{r} 1,6 \\ \times 1,6 \\ \hline 96 \\ 16 \\ \hline 256 \\ 1,7 \\ \times 1,7 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 289 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 1,7 \\ \times 1,8 \\ \hline 144 \\ 18 \\ \hline 324 \\ 1,7 \\ + 5,5 \\ \hline 6,285 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 3,7 \\ \times 3,7 \\ \hline 111 \\ 111 \\ \hline 123,1 \end{array}$$

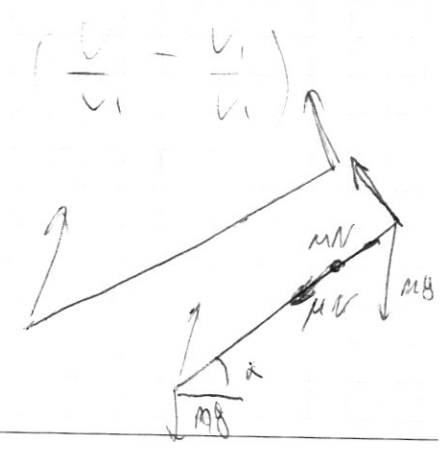
$$\begin{array}{r} 0,785 \\ \times 4 \\ \hline 3,12 \end{array}$$

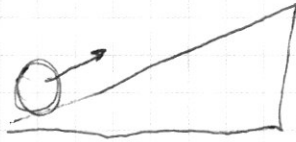
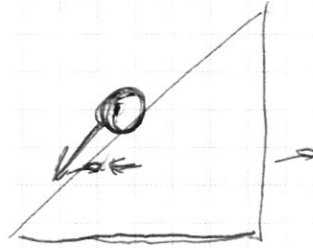
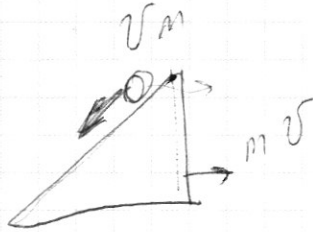
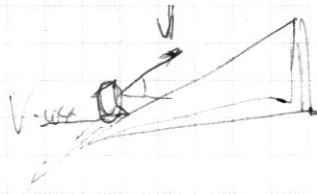
$$pV = \nu RT, \quad 2p_2V = \nu R 4T_2, \quad 2pV = \nu R 2T_1$$

$$Q = A + \Delta U =$$

$$S = 1 \cdot \frac{m}{4} = \left(\frac{p}{p_1} - \frac{V}{V_1} \right)$$

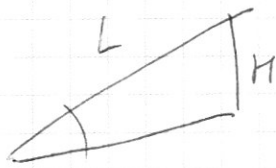
$$T_1 + \frac{p}{r} = 3,14 + 1 = 3,14 + 1$$





$$H = \frac{g L^2}{2}$$

$$L = \frac{H}{\sin \alpha} = v_m \cdot t$$



$$\sqrt{\frac{217}{g}} \cdot g$$

$$\sqrt{g} \cdot g$$

$$\begin{matrix} 1,7 \\ 1,2 \\ 3 \end{matrix}$$

$$1,7$$

$$5 + 3,5$$

$$8,5$$



ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{10 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 2}{1,7} = \frac{2,4 \cdot 1,4 \cdot 10}{1,7}$$

$$\begin{array}{r} 24 \mid 1,7 \\ -17 \\ \hline 70 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \cdot 1,4 \\ \cdot 1,4 \\ \hline 14 \\ 140 \\ \hline 154 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10,6 \\ \cdot 1,3 \\ \cdot 1,3 \\ \hline 13 \\ 130 \\ \hline 143 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10,6 \\ \cdot 1,4 \\ \cdot 1,4 \\ \hline 14 \\ 140 \\ \hline 154 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4,5 \\ \cdot 4,5 \\ \cdot 4,5 \\ \hline 225 \\ 180 \\ \hline 2025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4,4 \\ \cdot 4,4 \\ \cdot 4,4 \\ \hline 44 \\ 440 \\ \hline 176 \\ 176 \\ \hline 6 \end{array}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

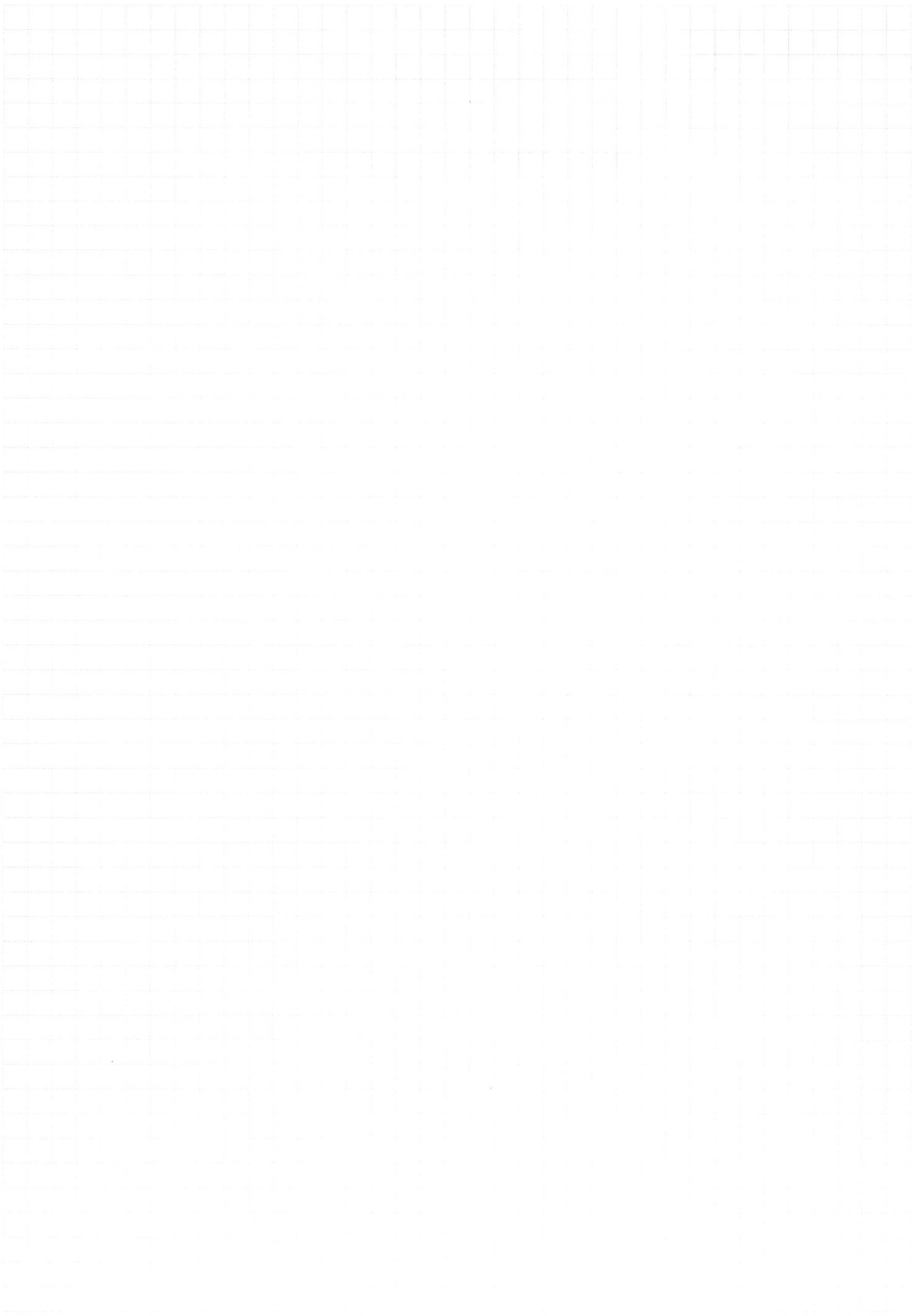
ШИФР

(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)