

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

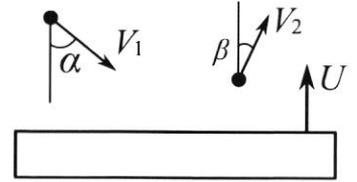
Класс 11

Вариант 11-03

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 12$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{1}{2}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{1}{3}$) с вертикалью.



1) Найти скорость V_2 .

2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

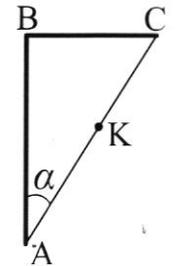
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода $T_1 = 350$ К, а азота $T_2 = 550$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$. $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов водорода и азота.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

3) Какое количество теплоты передал азот водороду?

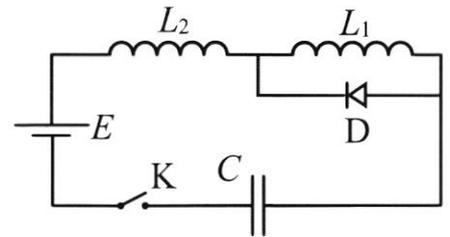
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 3\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E , катушек с индуктивностями $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, конденсатора емкостью C , диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1 .

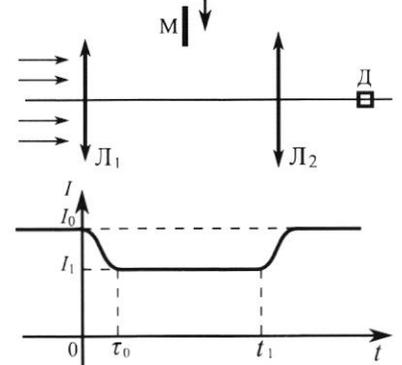


1) Найти период T этих колебаний.

2) Найти максимальный ток I_{M1} , текущий через катушку L_1 .

3) Найти максимальный ток I_{M2} , текущий через катушку L_2 .

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями $3F_0$ и F_0 , соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D , причем D значительно меньше F_0 . На линзу L_1 падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии F_0 от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 5I_0/9$.

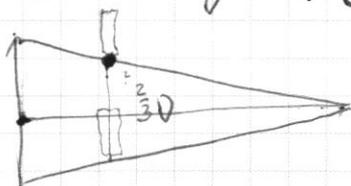


1) Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.

2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 .

Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .

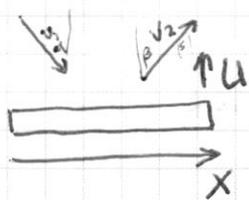
3) В момент времени t_1 кинит край лишины кошкам
выезжать за пределы хода лучей. Пере Нити За это время



он прошел расстояние $\frac{2}{3}D$.

$$\Rightarrow t_1 = \frac{\frac{2}{3}D}{v} = \frac{\frac{2}{3}D}{\frac{g}{2} \frac{D}{c_0}} = \frac{3}{2} T_0$$

Задача №1



1) т.к. палка движется вертикально и она гладкая,

$$v_x = \text{const} \Rightarrow v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$$

$$\Rightarrow v_2 = v_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 12 \cdot \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = \frac{3 \cdot 12}{2} = 18 \text{ м/с}$$

2) $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$. Пусть Δt - малое время удара палки о шар.

$$A = F \Delta l = F u \Delta t \Rightarrow A = u \Delta p$$

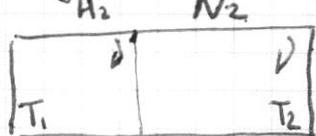
$$A = \Delta W_k = \frac{m}{2} (v_2^2 - v_1^2) = \frac{m}{2} (v_2 - v_1)(v_2 + v_1)$$

$$\Delta p = m(v_2 - v_1) \Rightarrow$$

$$A = \frac{m}{2} (v_2 - v_1)(v_2 + v_1) = m(v_2 - v_1)u \Rightarrow u = \frac{v_2 + v_1}{2}$$

$$\Rightarrow u = \frac{12 + 18}{2} \text{ м/с} = 15 \text{ м/с}$$

Задача №2

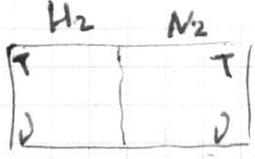


1) Т.к. поршень кашинает двигаться медленно,
можно считать, что разность давлений
почти отсутствует, $P_1 \approx P_2$.

$$\left. \begin{array}{l} P_1 V_1 = \nu R T_1 \\ P_2 V_2 = \nu R T_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} \approx \frac{T_1}{T_2} \quad (\text{т.к. } P_1 \approx P_2)$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} \approx \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)  Так состояние установилось, поршень не движется и $P_1 = P_2$ $C_V = \frac{5}{2}R = \frac{i}{2}R \Rightarrow i = 5$

$\Delta Q = \Delta U + A \Rightarrow \Delta U = \Delta Q - A$ в системе. Но $A = 0$, т.к. поршень перемещается без трения $\Delta Q = 0$, т.к. система теплоизолирована $\Rightarrow \Delta U = 0$

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= \frac{5}{2} \nu R T_1 + \frac{5}{2} \nu R T_2 \\ U_2 &= 2 \cdot \frac{5}{2} \nu R T \end{aligned} \right\} \Rightarrow T_1 + T_2 = 2T \Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{350 + 550}{2} = 450 \text{ К}$$

3) $P = \text{const}$

$$\Delta Q_{N \rightarrow H} = A_H + \Delta U_H$$

$$A_H = P \Delta V = \frac{900 \nu R}{V} \Delta V. \text{ В конце } P, \nu, T_i \text{ равны } \Rightarrow V_i \text{ равны}$$

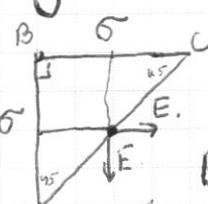
$$\Rightarrow \Delta V = \frac{1}{2} V - \frac{7}{18} V = \frac{2}{18} V = \frac{1}{9} V$$

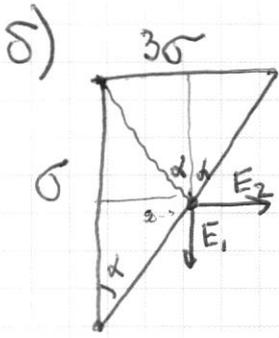
$$A_H = \frac{900 \nu R V}{V \cdot 9} = 100 \nu R \text{ Дж}$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \cdot 100 = 250 \nu R \text{ Дж}$$

$$\Delta Q = A_H + \Delta U_H = 350 \nu R = \frac{350 \cdot 6 \cdot 8,31}{7} = 2493 \text{ Дж}$$

Задача №3

а)  т.к. точка К - середина АС, из соображений симметрии поле E будет направлено перпендикулярно плоскости. Вторая пластинка даёт ровно такое же по величине поле (т.к. ширина пластин и расстояние от них до К одинаковы), но $\vec{E}_2 \perp \vec{E}_1 \Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_2 + \vec{E}_1 \Rightarrow |\vec{E}| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2} E_1 \Rightarrow$ увеличится в $\sqrt{2}$ раз.



$$E_1 = \Omega_1 k \cdot 3\sigma, \text{ где } \Omega_1 \text{ и } \Omega_2 - \text{ телесные}$$

$$E_2 = \Omega_2 k \cdot \sigma \text{ углы, под которыми}$$

выглядит пластинка

$$\frac{\Omega_1}{4\pi} = \frac{2\alpha}{2\pi} \Rightarrow \Omega_1 = 4\alpha = \frac{4}{5}\pi$$

$$\frac{\Omega_2}{4\pi} = \frac{180^\circ - 2\alpha}{2\pi} = \frac{\pi - 2\alpha}{2\pi} \Rightarrow \Omega_2 = 2\pi - 4\alpha = \left(2 - \frac{4}{5}\right)\pi = \frac{6}{5}\pi$$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\left(\frac{4}{5}\pi k \cdot 3\sigma\right)^2 + \left(\frac{6}{5}\pi k \sigma\right)^2}$$

$$= \pi k \sigma \sqrt{\frac{16 \cdot 9}{25} + \frac{36}{25}} = \sqrt{\frac{180}{25}} \pi k \sigma$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

только перпендикулярно - т.к К-середине.

$E = K\sigma\Omega$

$E_H = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0}$

$2\cos^2\alpha - 1 = \cos 2\alpha$

$\cos^2\alpha = \frac{\cos 2\alpha + 1}{2}$

$\frac{1}{2}(1 - \cos 2\alpha) = \frac{1}{2} \frac{2\alpha}{2\alpha}$

Ответ: $\sqrt{2}$ раз $\left(\frac{2}{2+1}\right) \frac{2\alpha}{2\alpha} = 2\alpha$

$\frac{1}{2}(1 - \cos 2\alpha) = \frac{2\alpha}{2\alpha}$

$\frac{36}{5} = 7.2^\circ$

$\frac{\cos 2\alpha}{2}$

$\frac{\sin 2\alpha}{4}$

$\frac{1}{2} \cdot \frac{0.55}{0.55} = \frac{1}{1}$

1)

2)

Поле от нити на расстоянии a.

$E = \frac{kq \cdot \tau dl}{\epsilon^2 l^2 + a^2}$

$E = \frac{k\tau}{a^2} \cos^2\alpha dl$

$dl = da \cdot \frac{a}{\cos\alpha}$

$E = \frac{k\tau}{a^2} \cos\alpha a da = \frac{k\tau}{a} \cos\alpha da$

$dE_H = E \cdot \cos\alpha = \frac{k\tau}{a} \cos^2\alpha da = \frac{k\tau}{a} \left(\frac{\cos 2\alpha + 1}{2}\right) da$

$\int E_H = \frac{k\tau}{a} \left(\frac{\sin 2\alpha}{4} + \frac{1}{2}\alpha\right) \Big|_{\pi/2}^{\pi} = \frac{2\pi k\tau}{a}$

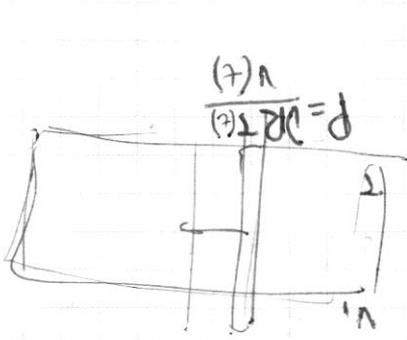
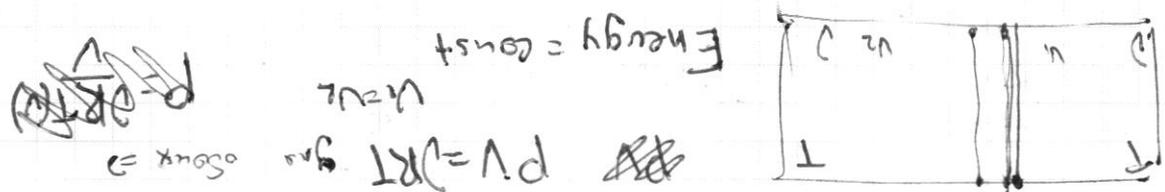
$\frac{2\pi}{0.55} = 2\pi \cdot 0.55 = \frac{2\pi}{0.55}$

$\frac{2\pi}{1} = \frac{2\pi}{1} = \frac{1}{1}$

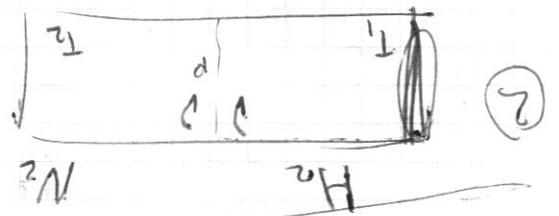
$7\pi \cos = \frac{1}{1}$

$7\pi = 1$

$A = P \Delta V = A = P \Delta V$
 $T_1 + T_2 = 2T \Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2}$
 $\frac{2}{5} DRT_1 + \frac{2}{5} DRT_2 = 2 \cdot \frac{2}{5} DRT$
 $\frac{dQ}{dT} \approx C_V = V$
 удельная газовая \Rightarrow на процесс ΔT



$PV_1 = D_1 RT_1$
 $PV_2 = D_2 RT_2$
 $\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$



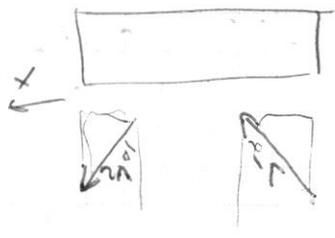
$C_V = \frac{5}{2} R$

$PV = \text{const}$
 $PV^{\frac{5}{2}} = \text{const}$

$\frac{V_2 + V_1}{2} = u$
 $(N_2 - V_1)(V_2 + V_1) = (N_2 - V_1)u$
 $\frac{2}{mV_2^2} - \frac{2}{mV_1^2} = (mV_2 - mV_1)u$
 $\frac{2}{mV_2^2} - \frac{2}{mV_1^2}$

$C_V T = \Delta Q$
 $T(u) =$

$\frac{dP}{dt} = F$
 $A = F dx = F u dt = dPu = \Delta Pu$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$E \cdot 2\pi a l = 4\pi k \tau e$$

$$E = \frac{4\pi k \tau e}{2\pi a l} = \frac{2k\tau}{a}$$

$$PV = \nu RT$$

$$P = \frac{\nu RT}{35V} = \frac{\nu R}{V} 900$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{350}{550}$$

$$V_1 = \frac{350 \cdot 35}{90} U$$

$$E_H = E_n \cos \alpha$$

$$E_H = \frac{2k\tau}{\frac{h}{\cos \alpha}} = \frac{2k\tau \cos \alpha}{h}$$

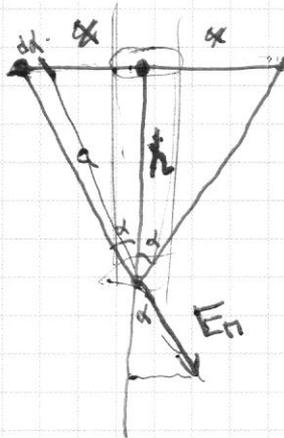
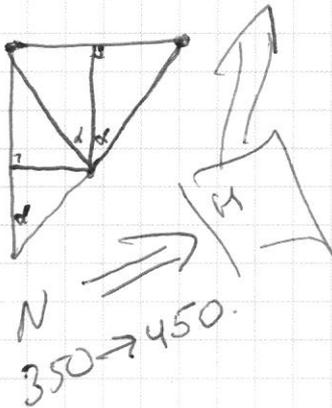
$$E_H = \frac{2k\tau \cos^2 \alpha}{h}$$

$$E_H = \frac{2k\tau}{h} \cos^2 \alpha$$

$$900 \frac{\nu R}{V}$$

$$\frac{V_H}{V_N} = \frac{37}{11}$$

$$450, V_H = \frac{7}{18}$$



$$q = \sigma \cdot x = \tau \cdot x = \tau \cdot h \cdot \tan \alpha \Rightarrow \tau = \frac{q}{h \tan \alpha}$$

$$q = \sigma \cdot x = \tau \Rightarrow \tau = \sigma \cdot 2 \cdot \tan \alpha \cdot h$$

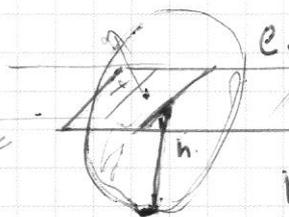
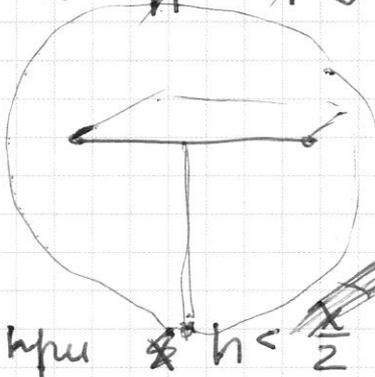
$$300 \cdot 8,31$$

$$= 3 \cdot 831$$

$$= 2400 + 90 + 3$$

$$= 2493$$

$$E_H = \frac{2k}{h} \cdot 2k \cdot \sigma \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \cdot \cos^2 \alpha = 2k\sigma \sin 2\alpha$$

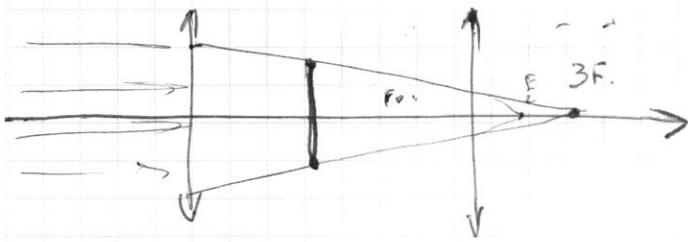


$$\text{при } h > \frac{x}{2}$$

$$E \cdot 2\pi h l = 4\pi k q_{in} = 4\pi k \sigma l x$$

$$E = \frac{4\pi k \sigma l x}{2\pi h l} = 2k\sigma \frac{x}{h}$$

$$E \cdot 2\pi h l = 4\pi k \sigma l h \cdot 2$$



$$\frac{1}{F} = -\frac{1}{F} + \frac{1}{d}$$
$$d = \frac{F}{2}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

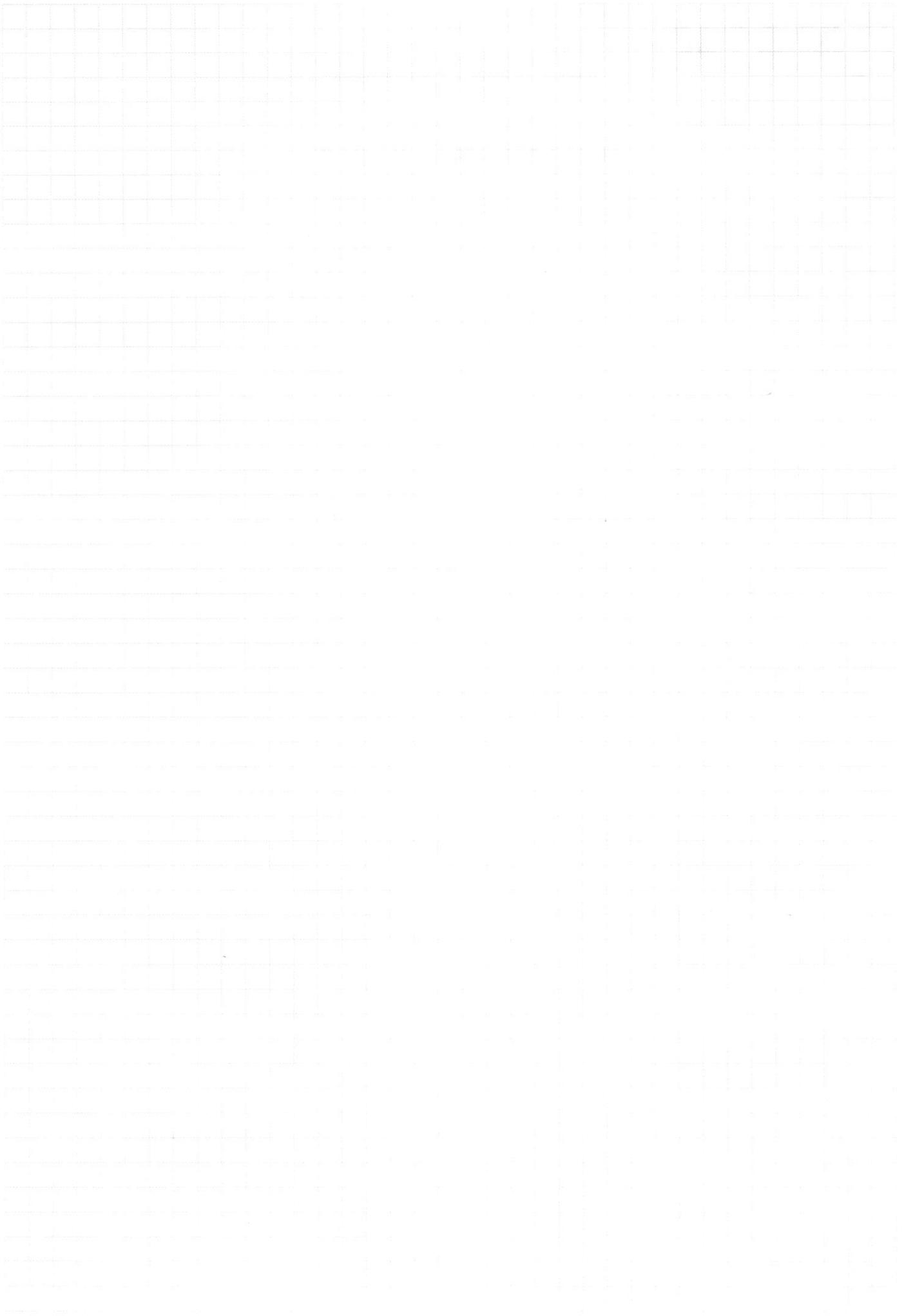
ШИФР

(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)