



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

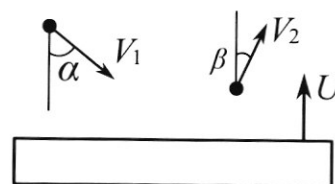
Класс 11

Вариант 11-01

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью  $U$  вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость  $V_1 = 8$  м/с, направленную под углом  $\alpha$  ( $\sin \alpha = \frac{3}{4}$ ) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью  $V_2$ , составляющей угол  $\beta$  ( $\sin \beta = \frac{1}{2}$ ) с вертикалью.

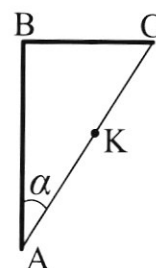


- 1) Найти скорость  $V_2$ .
  - 2) Найти возможные значения скорости плиты  $U$  при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве  $\nu = 3/7$  моль. Начальная температура азота  $T_1 = 300$  К, а кислорода  $T_2 = 500$  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 азота и кислорода.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?

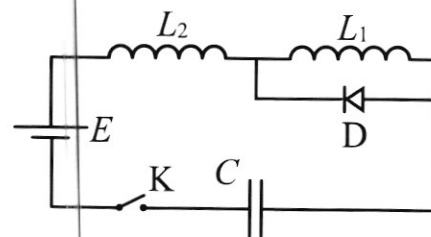
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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?

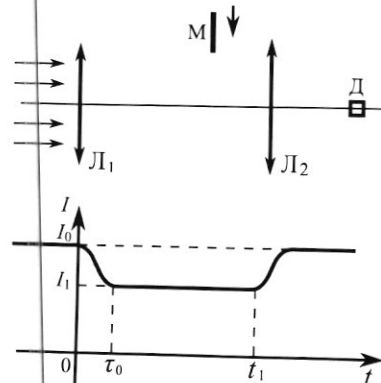
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда  $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$ , соответственно. Угол  $\alpha = \pi/7$ . Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС  $E$ , катушек с индуктивностями  $L_1 = 2L, L_2 = L$ , конденсатора емкостью  $C$ , диода D (см. рис.). Ключ К 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 фокусным расстоянием  $F_0$  у каждой. Расстояние между линзами  $3F_0$ . 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  $2F_0$  от  $L_1$ . На рисунке показана зависимость тока  $I$  фотодетектора от времени  $t$  (секундомер включен в момент начала уменьшения тока).  $I_1 = 3I_0/4$ .



- 1) Найти расстояние между линзой  $L_2$  и фотодетектором.
- 2) Определить скорость  $V$  движения мишени. 3) Определить  $t_1$ .

Известными считать величины  $F_0, D, \tau_0$ .



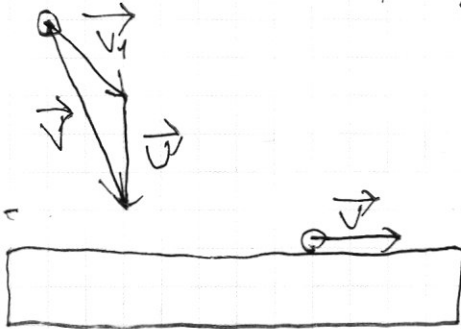
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. 1) сила взаимодействия шара и шарика перпендикулярна поверхности шара  $\Rightarrow$  всегда вертикальна  $\Rightarrow$  горизонтальная составляющая скорости шарика  $v_x$  не изменилась.

$$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta \quad v_2 = v_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{3v_1}{2} = 12 \text{ м/с}$$

Ответ:  $v_2 = 12 \text{ м/с}$

- 2) т.к.  $v = \text{const}$ , система отсчета шара инерциальна.



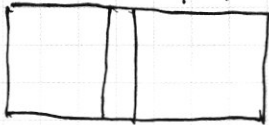
условие нулевой  $\Rightarrow$  изменение импульса шарика  $|\Delta p| = m \cdot (v + v_1 \cos \alpha)$  и конечная скорость горизонтальная,

в системе отсчета земли. вертикальная составляющая  $v_{2y} = v \Rightarrow v = v_2 \cos \beta \quad \cos \beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$

Ответ:  $v = 6\sqrt{3} \text{ м/с}$

2.

1)  $T_N, V_N, P_N$     $T_0, V_0, P_0$     $U_N = U_0$



$$pV = \nu RT$$

$$P_N = P_0 \Rightarrow \frac{V_N}{V_0} = \frac{T_N}{T_0} = \frac{3}{5}$$

Ответ:  $3/5$

2)  $Q = \Delta U + A$

$$Q_N = \Delta U_N + A_N$$

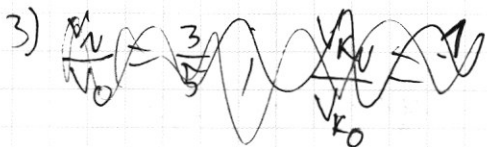
$$Q_0 = \Delta U_0 + A_0$$



$$\Delta U_N = -\Delta U_0 \quad ; \quad U_N = U_0$$

$$\Delta T_N = -\Delta T_0 = \frac{500\text{K} - 300\text{K}}{2} = 100\text{K} \Rightarrow T_K = 400\text{K}$$

Ответ:  $400\text{K}$



т.к. газы медленнее расширяются  $\Delta T_N = -\Delta T_0$

$$T_N + T_0 = \text{const} = 800\text{K}$$

$$V_1 + V_2 = \frac{\nu R T_N}{P} + \frac{\nu R T_0}{P} = \frac{\nu R (T_N + T_0)}{P}$$

$$P = \frac{\nu R (T_N + T_0)}{V_1 + V_2} = \text{const}$$

$$A_N = P dV = \nu R T_N \cdot \frac{dV}{V_N} \quad V_H = \frac{3}{8} \quad V_K = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{dV}{V_N} = \frac{1}{3}$$

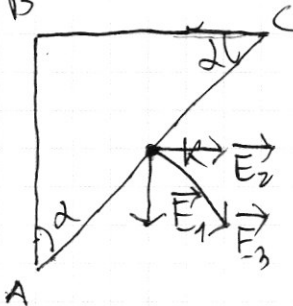
$$A_N = \nu R \cdot 100\text{K} \quad \Delta U_N = \nu R \Delta T \cdot \frac{i}{2} \quad \frac{i}{2} = \frac{C_V}{R} = \frac{5}{2} \Rightarrow \Delta U = \frac{5}{2} \cdot \nu R \cdot 100\text{K}$$

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{4} \cdot 8,31 \cdot 100 \cdot \frac{4}{2} = 3 \cdot 8,31 \cdot 50 = 1246,5 \text{ Дж}$$

Ответ:  $1246,5 \text{ Дж}$ .

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3. В



1)  $\vec{E}_3 = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

$\sigma_1 = \sigma_2 \Rightarrow E_3 = \frac{\sqrt{2}\sigma}{2\epsilon_0}$        $\frac{E_3}{E_1} = \sqrt{2}$

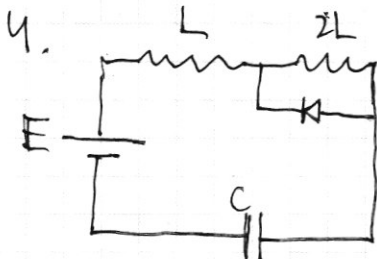
пластины бесконечны  $\Rightarrow$  по теории Гаусса, напряженность в любой точке перпендикулярна их плоскости и равна  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

создаваемая или по отталкиванию

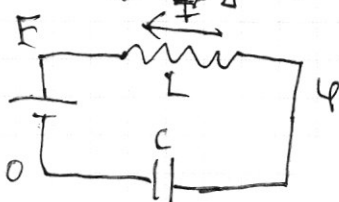
Ответ: в  $\sqrt{2}$  раз

2) Аналогично,  $|\vec{E}_3| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{\sqrt{45^2 + 5^2}}{2\epsilon_0} = \frac{\sqrt{55}}{2\epsilon_0}$

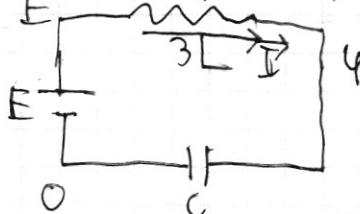
Ответ:  $\frac{\sqrt{55}}{2\epsilon_0}$



в другую:



в одну сторону:



$t_0$  - момент когда  $I=0$

$I = A_2 \sin(\omega_2 t + \pi)$

$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

~~А cos~~

$T = \frac{\pi}{\omega_1} + \frac{\pi}{\omega_2} = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3} + 1)$

~~$I = A_1 \sin(\omega_1 t)$~~   
 ~~$\omega = \sqrt{\frac{1}{3LC}}$~~   
 ~~$I = A_1 \cos(\omega t)$~~   
 ~~$\omega = \sqrt{\frac{1}{3LC}}$~~

$I = A_2 \sin(\omega t)$

$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{3LC}}$

~~А cos~~

$\omega$  - циклическая частота  
 $A$  - амплитуда

Ответ:  $T = \sqrt{LC}(\sqrt{3}+1)\pi$  *константа*

2) ~~когда~~ когда  $I=0$   $q=C\dot{U}$ ; когда  $I=\max$  :  $q=C\dot{U}$

$$C=CE \Rightarrow A_C = CE \quad A_I = CE\omega = \sqrt{\frac{C}{L}} E$$

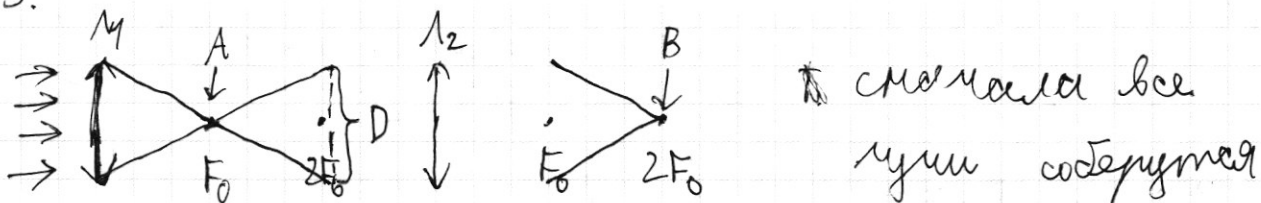
Т.к.  $A_C = \text{const}$ ;  ~~$A_I = \text{const}$~~   $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{~~т.к. } A_{I1} = \sqrt{\frac{C}{3L}} E; A_{I2} = \sqrt{\frac{C}{L}} E~~$$

$$I_{M1} = A_{I1} = \sqrt{\frac{C}{3L}} E$$

3)  $I_{M2} = A_{I2} = \sqrt{\frac{C}{L}} E$  Т.к.  $A_{I2} > A_{I1}$

5.



в фокусе, после чего преломляется и содержится на расстоянии  $2F_0$  от  $L_2$ .

Т.к. Т.В - изображение Т.А через  $L_2$  (см. рис.)

1)  $x = 2F_0$  ответ:  $2F_0$

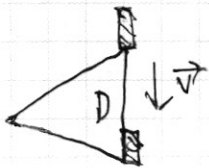
2)  $d$  - диаметр. миллиметров

$t_0 - t_1 \rightarrow$  время  
когда мименю  
полностью  
направлена  
светом

$$\frac{D-d}{D} I_0 = I_1 \quad 1 - \frac{d}{D} = \frac{3}{4} \Rightarrow d = \frac{D}{4}$$

$$v t_0 = d \Rightarrow v = \frac{D}{4 t_0} \quad \text{Ответ: } \frac{D}{4 t_0}$$

3)  ~~$t_1 = \frac{D}{v}$~~   $t_1 = \frac{D}{v} = 4 t_0 \Rightarrow t_1 = 4 t_0$  ~~Ответ:  $\frac{D}{4 t_0}$~~   
4  $t_0$

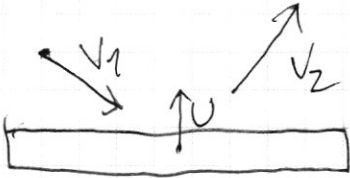




## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

mm

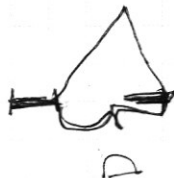
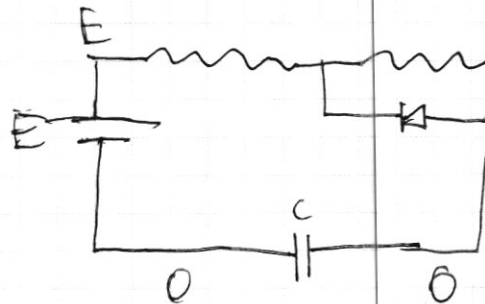
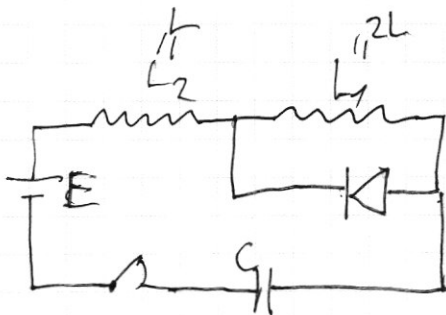
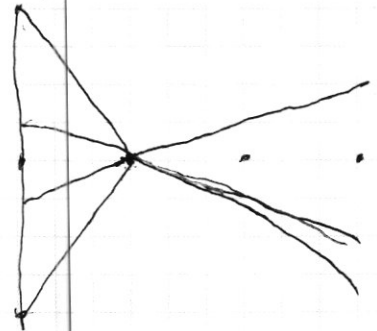
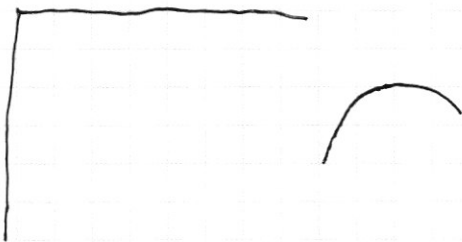
Черновик



$$\frac{vRT}{\rho} + \frac{vRT}{V}$$

$$24,93 \cdot 50$$

$$\frac{B \cdot c^2}{\kappa} \quad 2493 \quad B$$





Черновик



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

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

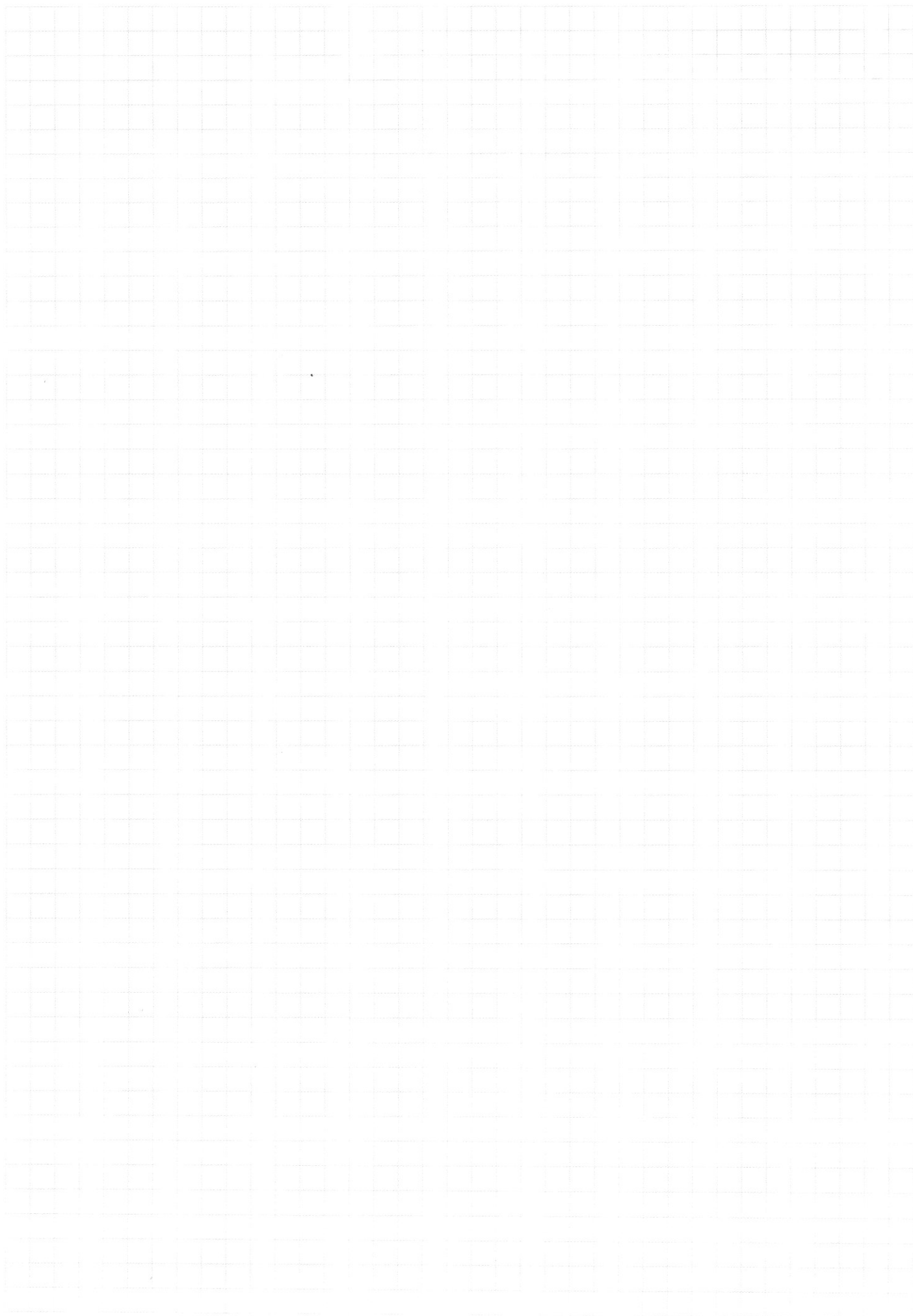
ШИФР

(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)



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)