

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

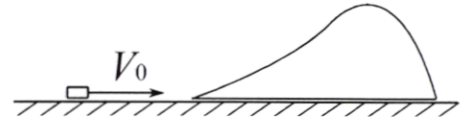
9-6

(заполняется секретарём)

## Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарик, чтобы он, двигаясь по окружности, совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Принять  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

2. Небольшая шайба массой  $m$  скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью  $v_0$  к неподвижной незакрепленной горке массой  $3m$  (см. рис.). Шайба въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.

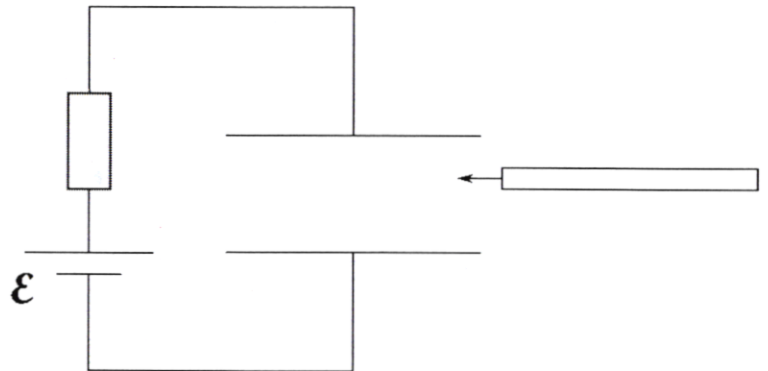


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

3. Теплоизолированный сосуд объемом  $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  разделен перегородкой на две части с различными объемами. В первой части находится гелий при температуре  $27^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_1 = 0,2$  моль. Во второй части находится гелий при температуре  $7^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_2 = 0,3$  моль. Перегородка прорывается.

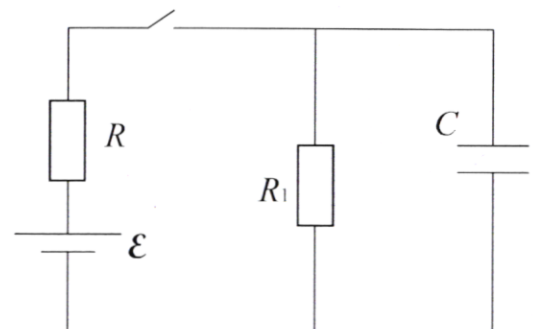
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью  $C_0$  подсоединен через резистор к источнику с ЭДС  $\mathcal{E}$  (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины в 4 раза меньше расстояния между обкладками.



- 1) Найти емкость конденсатора с пластиной.
- 2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в  $R$ ,  $R_1=3R$ . Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать  $C$ ,  $\mathcal{E}$ ,  $R$ .



- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $t = 27^\circ\text{C}$ | $t = 7^\circ\text{C}$ |
| $V_1 = 0,2$            | $V_2 = 0,3$           |

$$^\circ\text{C} = \text{K} - 273$$

$$V_{\text{общ}} = V_1 + V_2$$

$$V_{\text{общ}} = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{)}$$

$$pV = \nu RT \quad (1) \text{ закон Менделеева - Клапейрона}$$

$$27 + 273 = 300$$

$$7 + 273 = 280$$

$$p = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2} \quad (2)$$

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1 \quad (3)$$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2 \quad (4)$$

$$p_{\text{общ}} = \frac{R (V_1 T_1 + V_2 T_2)}{V_{\text{общ}}}$$

$$p_{\text{общ}} = \frac{8,31 (0,2 \cdot 300 + 280 \cdot 0,3)}{8,31 \cdot 10^{-3}}$$

$$p_{\text{общ}} = \frac{86 + 60}{10^{-3}} = 146 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

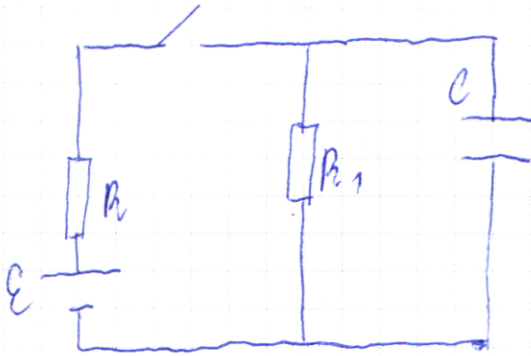
$$\frac{p_{\text{общ}} \cdot V_{\text{общ}}}{(V_1 + V_2) R} = T_{\text{конечн}}$$

$$T_{\text{конечн}} = \frac{146 \cdot 8,31 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 8,31} = 292 \text{ K}$$

$$T_{\text{кон}} = 292 - 273 = 19^\circ\text{C}$$

Ответ:  $T_{\text{конечн}} = 19^\circ\text{C}$ ;  $P = 146 \cdot 10^3 \text{ Па}$

### Задача 5



② При замыкании цепи конденсатор создает разрыв в цепи, и напряжение на нем будет такое, как на  $R_1$ , т.е. это напряжение равно  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  Можно переписать цепь

$$I = \frac{\varepsilon}{R + R_1}$$

$$U_1 = \frac{\varepsilon}{R + R_1} \cdot R_1$$

$$U_1 = \frac{\varepsilon}{4R} \cdot 3R$$

$$\underline{U_1 = \frac{3}{4} \varepsilon}$$

$$\textcircled{1} I_{\text{од}} = \frac{\varepsilon}{R + R_1} + \frac{1\varepsilon}{C} \Rightarrow 0 = \frac{\varepsilon}{R + R_1} + 0 = \frac{\varepsilon}{4R}$$

$$\textcircled{2} Q = \frac{C U_{\text{конд}}^2}{2} = \frac{C \left( \frac{\varepsilon \cdot R_1}{R + R_1} \right)^2}{2} = \frac{C \left( \frac{\varepsilon \cdot 3R}{4R} \right)^2}{2} = \frac{C \varepsilon^2 \cdot \frac{9}{16}}{2} = \frac{9}{32} C \varepsilon^2$$

Ответ: 1)  $I = \frac{\varepsilon}{4R}$  ; 2)  $U_1 = \frac{3}{4} \varepsilon$  ; 3)  $Q = \frac{9}{32} C \varepsilon^2$

### Задача 4

Рассмотрим для общего случая. Пусть расстояние от верхней пластины  $x$ , а раст. между нач. пласт.  $4d$ , тогда раст. ~~между~~ от ниж. пласт.  $3d - x$

$$1) C_1 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{x} ; C_2 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{3d - x}$$

$$2) C_{\text{од}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\frac{1}{x} \cdot \frac{1}{3d - x}}{\frac{1}{x} + \frac{1}{3d - x}}$$

$$\varepsilon \varepsilon_0 S = \frac{x(3d - x)}{(3d - x) + x} (3d - x)$$

$$3) C_0 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{4d} \quad C_{\text{од}} = \frac{4}{3} \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{4d} = \underline{\underline{\frac{4}{3} C_0}}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$4) \Delta q = q_2 - q_1 = C_0 \delta \cdot E - C_1 E = \frac{4}{3} C_0 E - C_0 E = \underline{\underline{\frac{1}{3} C_0 E}}$$

Ответ:  $\frac{4}{3} C_0$ ;  $\frac{1}{3} C_0 E$ .

Задача 1

$$\frac{mV_0^2}{2} = 2mg\ell + \frac{mV_0^2}{2} ; V_0 - \text{искомое}; - \text{закон сохр. энергии}$$

$$mg_4 = mg + T, T=0 - \text{второй закон Ньютона}$$

$$a_4 = \frac{V^2}{\ell} \rightarrow V^2 = \ell \cdot g$$

$$\frac{V^2}{\ell} = g$$

Подставим в закон сохр. энергии

~~$$\frac{mV_0^2}{2} = 2mg\ell + \frac{mV_0^2}{2}$$~~

$$\frac{mV_0^2}{2} = 2mg\ell + \frac{m(\ell g)^2}{2}$$

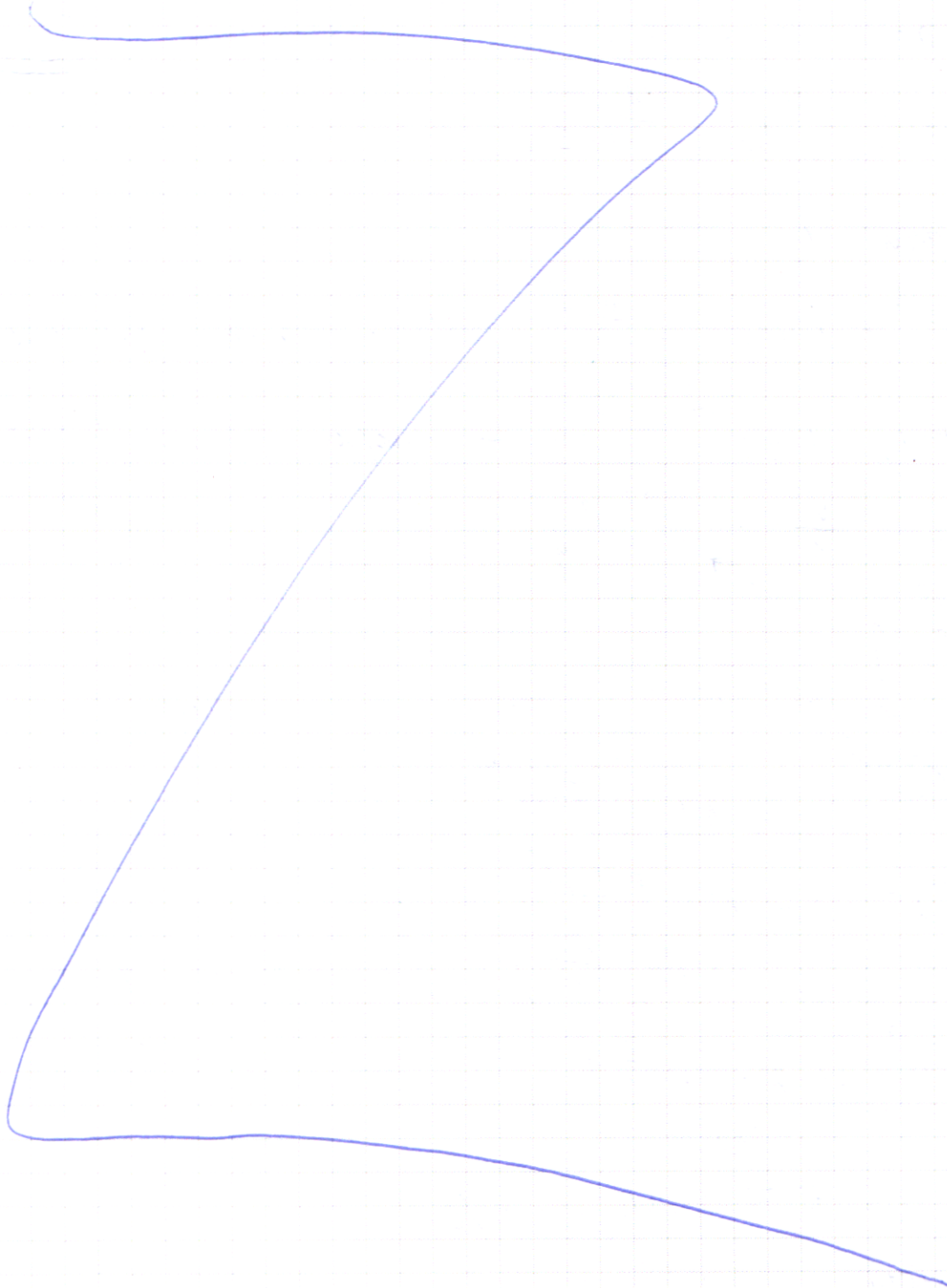
$$V^2 = 2\left(2g\ell + \frac{\ell g}{2}\right) ; \ell = 0,5 \text{ м}; g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$V^2 = 2\left(2 \cdot 5 + \frac{5}{2}\right)$$

$$V^2 = 2 \cdot 12,5$$

$$V = \sqrt{25}; V = 5 \text{ м/с}$$

Ответ: 5 м/с



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4)  $C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$   
 $C_1 = \frac{3\epsilon \epsilon_0 S}{d}$

$C_2 = \frac{3\epsilon \epsilon_0 S}{d}$   
 $\frac{3\epsilon \epsilon_0 S}{d} + \frac{3\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{6\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{9}{6} \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{3}{2} \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{3}{2} C_0$

1)  $\frac{mv_0^2}{2} = mgl + \frac{mv^2}{2}$   
 $v_0$  - скорость  
 $mgd = \frac{v^2}{2}$   
 $v^2 = l \cdot g$   
 $\frac{qU}{2} = q \cdot \frac{mgl}{2}$   
 $\frac{mgl}{2}$

144  
 +22  
 -----  
 288  
 -243  
 -----  
 15

84  
 +60  
 -----  
 144

2)  $\Delta q = C_0 U_1 - C_0 U = C_0 U = \frac{3}{2} C_0 \cdot \epsilon - C_0 \epsilon = \frac{1}{2} C_0 \cdot \epsilon$   
 $q = C_0 U = C_0 \cdot \epsilon$



Рассмотрим для общего случая  
 Пусть расстояние от верхней  $x$ , а пласт.  
 между параллельными пласт  $ud$ , а пласт.  
 от низа  $(3d-x)$

$$1) C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x} \quad C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{(3d-x)}$$

$$2) C_{об} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\frac{1}{x} \cdot \frac{1}{(3d-x)}}{\frac{1}{x} + \frac{1}{3d-x}}$$

$$\epsilon \epsilon_0 S = \frac{x(3d-x)}{(3d-x+x) \cdot x(3d-x)}$$

$$3) C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{4d} \quad C_{об} = \frac{4}{3} \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{4d} = \left( \frac{4}{3} C_0 \right)$$

$$4) \Delta q = q_2 - q_1 = C_{об} \cdot \epsilon - C_1 \epsilon = \frac{4}{3} C_0 \epsilon - C_0 \epsilon = \left( \frac{1}{3} C_0 \epsilon \right)$$

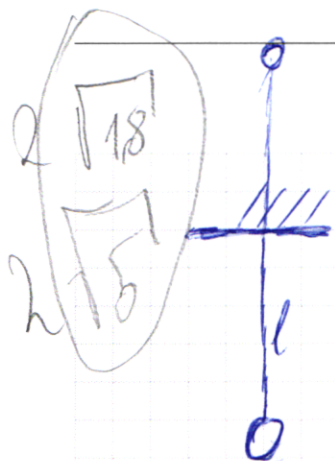
90      146

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 146 \\ \hline 292 \\ 0,292 \end{array}$$

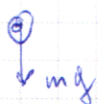
$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 273 \\ \hline 90 \\ \hline 363 \end{array}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mgh = \frac{mv^2}{2}$$



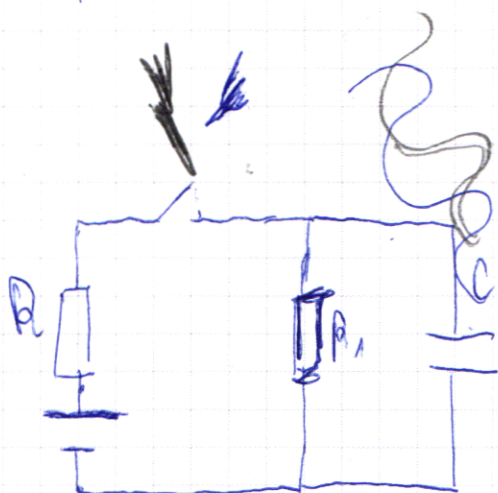
$$v = \sqrt{2gl}$$

$$\frac{mv^2}{2} = mgh$$

$$v^2 = 2gh$$

$$v = \sqrt{2gl}$$

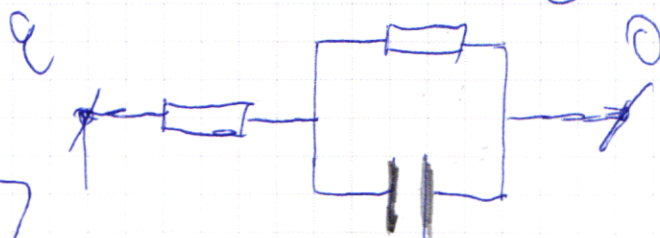
$$I \cdot R$$



$$I = \frac{E}{R}$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 d}{l}$$

$$q = CE$$



$I = \frac{E}{R + R_1}$   
 $U_1 = \frac{U}{R + R_1} \cdot R_1$   
 $U_1 = \frac{E}{4R} \cdot 3R$   
 $U_1 = \frac{3}{4} E$

$$I = \frac{E}{R}$$

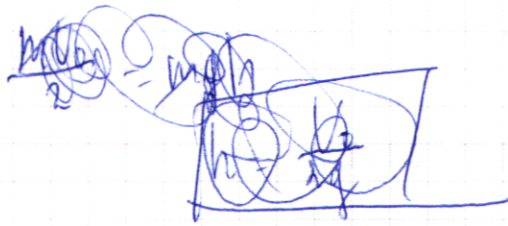
$$I_1 = \frac{E - x}{R_1}$$

$$\frac{E - x}{R_1} = \frac{E}{R}$$

$$R(E - x) = R_1 E$$

$$E - x = \frac{R_1 E}{R} = \frac{3E}{4}$$

$$x = E - \frac{3E}{4} = \frac{E}{4}$$



**E**



$$mV_0 = (m+M)U$$

$$U = \frac{mV_0}{m+M}$$

$$U = \frac{mV_0}{4m}$$

$$U = \frac{V_0}{4}$$

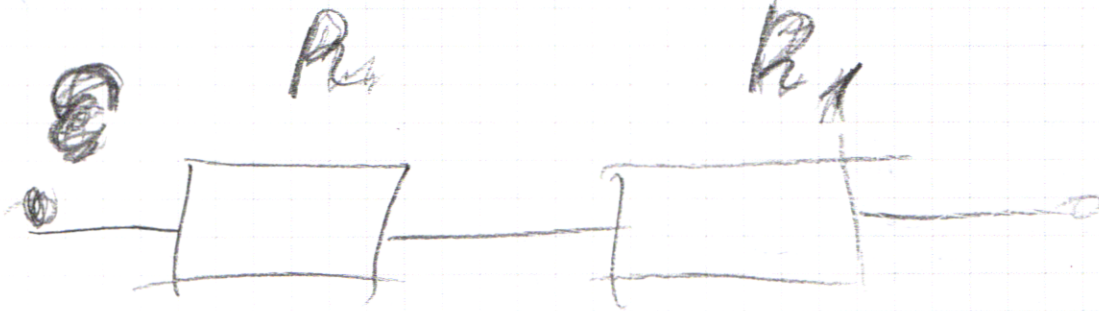
$$V_0 = 4U$$



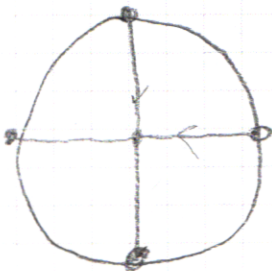
$$\frac{P_{\text{подушек}} \cdot V_{\text{подушек}}}{\Delta R} = T_n$$

$$\frac{V_1 AT_1 + V_2 AT_2}{V_{\text{подушек}}} = P_{\text{подушек}}$$

$$P = \frac{V_0}{10}$$



14



$$\begin{array}{r} 84 \\ + 60 \\ \hline 144 \end{array}$$

$$q_{\text{в}} = \frac{V^2}{R}$$

$$V^2 =$$

$$\begin{array}{r} 690 \\ \times 280 \\ \hline 840 \end{array}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

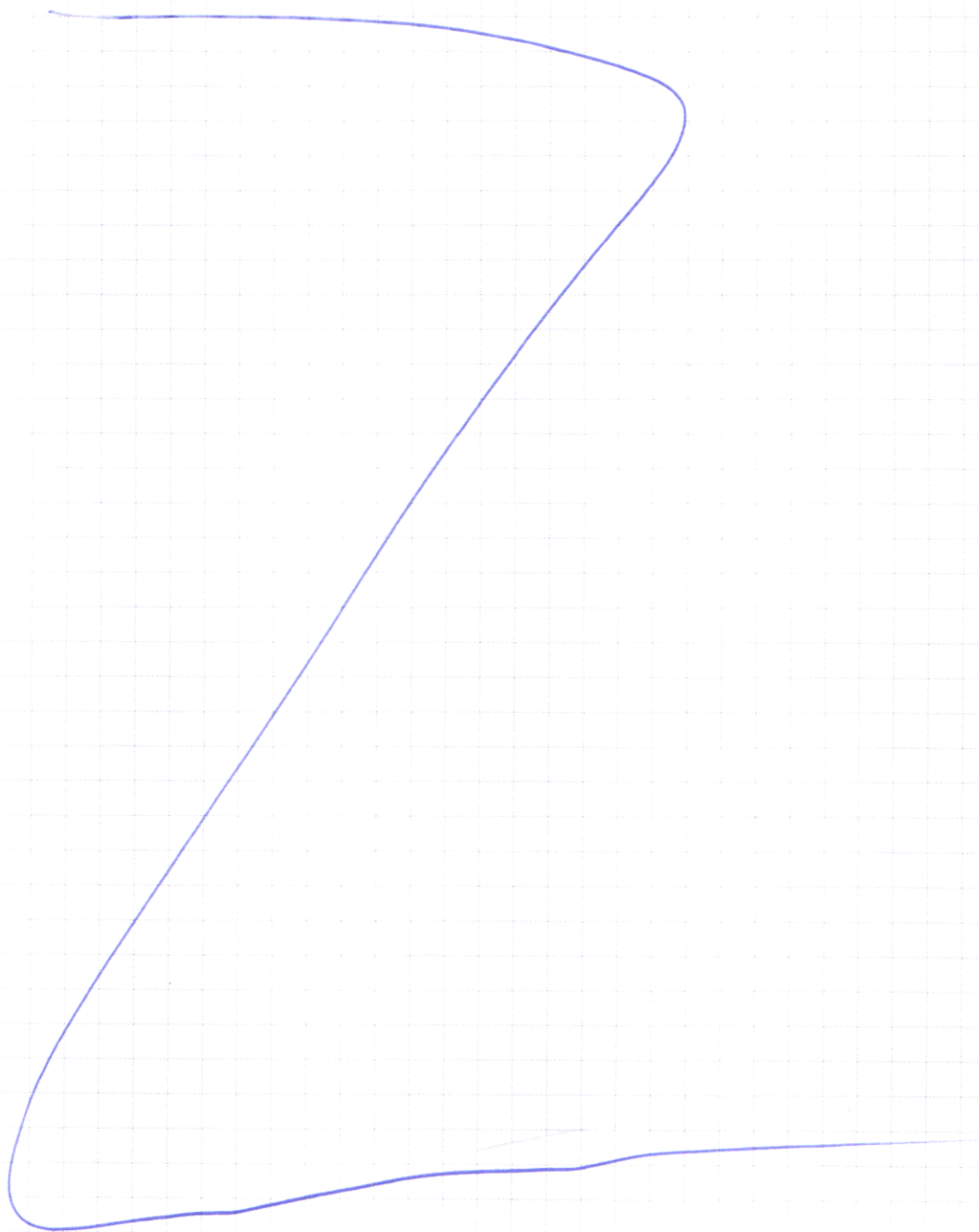
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

9-6

ШИФР

(заполняется секретарём)

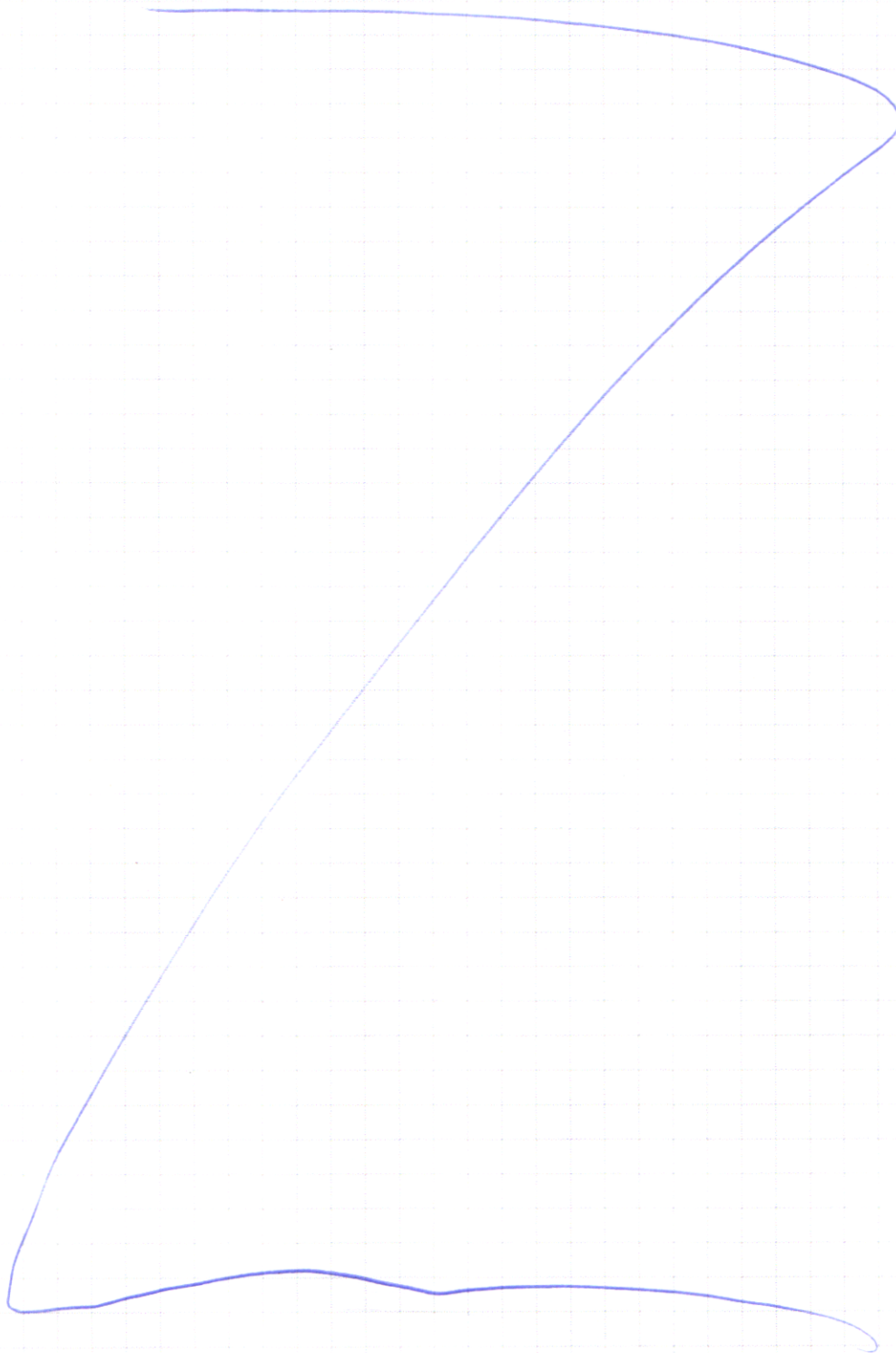
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)





черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)