

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

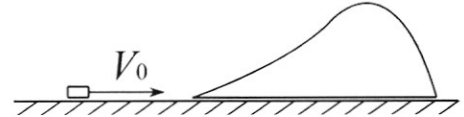
Шифр 9-21

(заполняется секретарём)

## Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарiku, чтобы он, двигаясь по окружности, совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Принять  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

2. Небольшая монета массой  $m$  скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью  $v_0$  к неподвижной незакрепленной горке массой  $4m$  (см. рис.). Монета въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.

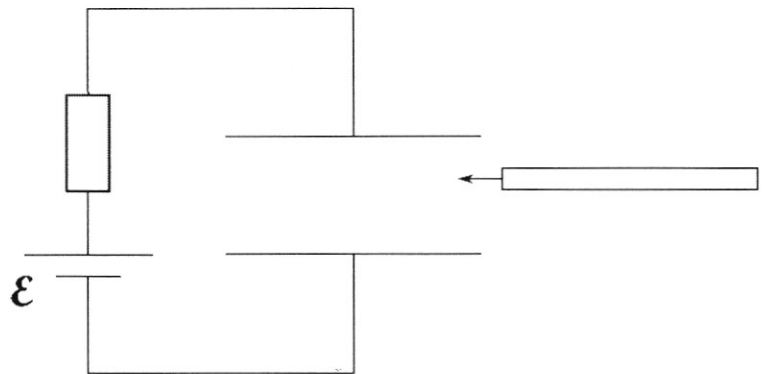


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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  $127^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_1 = 0,1$  моль. Во второй части находится гелий при температуре  $7^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_2 = 0,4$  моль. Перегородка прорывается.

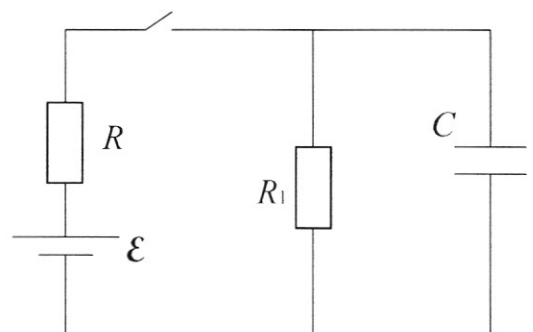
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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 3 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  $R$ ,  $R_1=4R$ . 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

$$U_{R_1} = U_C = U_2$$

$$U_R = \mathcal{E} = U_2$$

По 1 закону:

$$I = I_1 + I_C \quad \Rightarrow \quad I_C = I - I_1$$

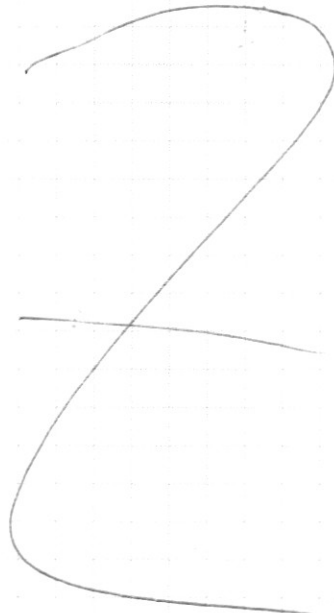
по 2 закону:

$$1) I R + I_1 R_1 = \mathcal{E} \quad \Rightarrow \quad I R + 4 I_1 R = \mathcal{E} \quad \Rightarrow \quad I + 4 I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$2) I_C R_C + I_1 R_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad I_C R_C = I_1 R_1 \quad \Rightarrow \quad I_C R_C = 4 I_1 R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I R_C - I_1 R_C = 4 I_1 R$$

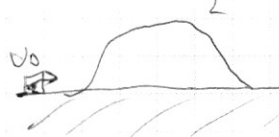

$$U_1 = U_2 = \frac{\mathcal{E}}{2} \Rightarrow \frac{\mathcal{E}}{2R} \Big/ \frac{\frac{\mathcal{E}}{2}}{R_1} = \frac{\mathcal{E}}{8R} = I_2$$



$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{4}{2}mv^2 \quad \frac{mv_0^2}{2} = 5mgh \quad N2$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = 5mgh \Rightarrow v_0 = \sqrt{10gh}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mv^2}{2} \Rightarrow v = \frac{v_0}{2}$$

N5

~~$$E = U_C = U_C$$

$$I = \frac{U_C}{R_C}$$

$$U_C = IR_C$$

$$I = \frac{U_C}{R_C}$$

$$U_C = IR_C$$

$$I = \frac{U_C}{R_C}$$~~

5R, with  $I_C = 0$ .

$$I = \frac{E}{5R}; \quad I = \frac{E}{5R}; \quad U_{R_1} = I \cdot R_1 = \frac{E}{5R} \cdot 4R = \frac{4}{5}E = U_C$$

$$3) Q = \frac{C U_C^2}{2} = \frac{C \left(\frac{4E}{5}\right)^2}{2} = \frac{C \cdot 16 E^2}{25} = \frac{16 C E^2}{25}$$

$$\frac{4mv^2}{2} \cdot \frac{mv_0^2}{2} = 4mv^2 + mgh \quad \frac{4mv^2}{2} = 1 \cdot gh = \frac{2v^2}{g}, \text{ where } U_C = 0$$

$$\frac{2v^2}{g} \cdot \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_0 = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$$

N4

$$U_C = E - I \cdot R = E - \frac{E R}{R + R_C} = \frac{E R + E R_C - E R}{R + R_C} = \frac{E R_C}{R + R_C}$$

$$C_0 = \frac{Q}{U_C} = \frac{E_0 S}{d}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{\frac{2d}{3\epsilon_0}}{\epsilon_0 S} + \frac{d}{\epsilon_0 S}$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$T = mg$   
 $T + mgy = m v^2 \Rightarrow 2mg = \frac{m v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{2gR} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10} = \sqrt{196,2} = 14 \text{ м/с}$   
 $a = \frac{v^2}{R}$   
 $T - mgy = 0 \Rightarrow T = mgy$   
 $mg + m \frac{v^2}{R} \cos \alpha = T \cos \alpha$   
 $m \frac{v^2}{R} \cos \alpha = T \sin \alpha$

№2

$\frac{m v_0^2}{2}$  — кинетическая энергия системы.

$W = (m, v_0)$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgh + \frac{m v^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = 2gh + v^2$$

2)  $mgh = \frac{m v^2}{2}$

№3

Даны:  $V = 1,37 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ,  $T_1 = 27^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 7^\circ\text{C}$ ,  $\mu = 1,4$ ,  $\nu_1 = 0,4 \text{ км/ч}$

Решение

$Q = \Delta U + A; Q \leq 0 \text{ и } Q = 0 \Rightarrow \Delta U = \text{const}$   
 $P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$   
 $\nu_2 = \frac{3}{2} \nu_1 R T_2$   
 $U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T_n = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 \Rightarrow T_n = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$   
 $T_n = \frac{\frac{1}{70} \cdot (273 + 272) + \frac{2}{5} \cdot (273 + 7)}{0,5} = \frac{400 + 4 \cdot 280}{5} = 80 + 8 \cdot 28 = 80 + 160 + 64 = 80 + 224 = 304 \text{ К} \Rightarrow$   
 $T_n = 304 - 273 = 31^\circ\text{C}$   
 $P_n = \nu R T_n \Rightarrow P_n = (\nu_1 + \nu_2) R T_n = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{5,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{804 \cdot 10^3}{5,31} = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}$

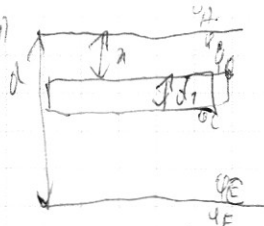
1)  $P_n = ?$

2)  $P_n = 152 \text{ кПа}$

N4

Им:  $\epsilon_0, \epsilon_1$   
 $d_1 = \frac{d}{3}$

Решение



$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{\epsilon_0 S}{d}, \text{ н.н. у.м. } \epsilon_2 = 1.$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{\epsilon_0 S} + \frac{1}{\epsilon_0 S} + \frac{d - x - \frac{d}{3}}{\epsilon_0 S} \Rightarrow$$

1) C=?  
2) Q'=?

$\epsilon_2 = 1$ ;  $\epsilon_0$  — диэлектрик  
нормальный.

$$\Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{4}{3} \frac{d}{\epsilon_0 S} \Rightarrow C = \frac{3}{4} \frac{\epsilon_0 S}{d} = \boxed{\frac{3}{4} C_0}$$

$$Q = I^2 R t = \frac{\epsilon^2 t}{R} = \frac{\epsilon^2 Q'}{R I} = \frac{\epsilon^2 Q' \pi}{R \epsilon} = Q' \epsilon$$

~~Q = I^2 R t~~

$$C = \frac{Q}{U}; \quad U_C = U_R; \quad \frac{U_C}{R} = \frac{U_C}{R_C} \Rightarrow \frac{\epsilon - U_C}{R} = \frac{U_C}{R_C}$$

$$\Delta W = \left| \frac{C_0 \epsilon^2}{2} - \frac{C \epsilon^2}{2} \right| = \frac{C_0 \epsilon^2}{2} - \frac{3 C_0 \epsilon^2}{8} = \frac{C_0 \epsilon^2}{8} = Q = Q' \epsilon \Rightarrow Q' = \frac{C_0 \epsilon}{8} = \boxed{\sqrt{\frac{C_0 \epsilon}{8}}}$$

N5

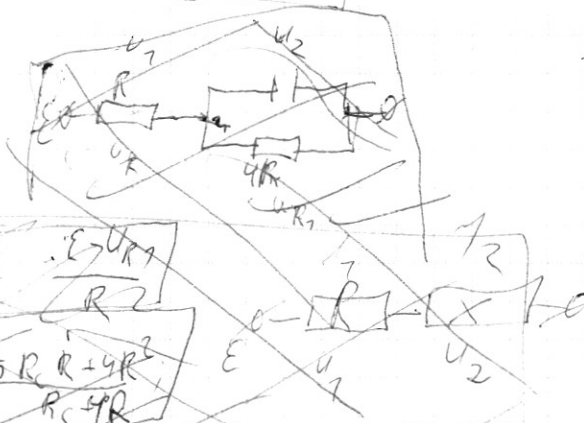
Им: Решение

R; C;  
 $\epsilon_1$   
 $R_0 = 4R$

1) Вруч по условию: В цепи нету конденсаторов,  $\Rightarrow I_0 = \frac{\epsilon}{R}$

2)  $U_C = U_{R_1}; \quad \epsilon = U_R + U_{R_1}$

3)  $I = \frac{U}{R} = U$



$$R_C = \frac{R \cdot R_1}{R + R_1}; \quad R_{\Sigma} = R + \frac{4R \cdot R}{R + 4R} = \frac{5R \cdot R + 4R^2}{R + 4R}$$

$$I_1 = \frac{U_R}{4R}; \quad I_2 = \frac{U_C}{R_C}; \quad \frac{\epsilon}{R_{\Sigma}} = \frac{\epsilon - U_C}{R} + I_1 + I_2 = \frac{\epsilon - U_C}{R} + \frac{U_C}{4R} + \frac{U_C}{R_C}$$

$$I_1 + I_2 = I = \frac{\epsilon}{R_{\Sigma}}; \quad I_1 = \frac{\epsilon}{2R_{\Sigma}}; \quad I_2 = \frac{\epsilon - U_C}{R} = \frac{\epsilon}{2R_{\Sigma}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2R_{\Sigma}} = \frac{1}{R + X} \Rightarrow \frac{U_1}{R} = \frac{U_2}{X} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{R}{X}$$

$U_C = \epsilon$ ;  
 $(2\epsilon + \epsilon) = 3\epsilon$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

**№1**

**Дано:**  $l = 18 \text{ м}$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $v = ?$

**Решение:**

$u = \frac{v^2}{L}$ ;  
 $mg + T = mu \Rightarrow 2mg = \frac{mv^2}{L} \Rightarrow v = \sqrt{2gl} =$   
 $= \sqrt{36} = 6 = \frac{3\sqrt{2}}{\sqrt{5}} \approx \frac{3 \cdot 1.4}{3.2} \approx \frac{4.2}{3.2} \approx \frac{21}{16} \approx 1.3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

**Ответ:**  $v \approx 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

**№3**

**Дано:**  $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$   
 $t_1 = 127^\circ \text{C}$   
 $t_2 = 7^\circ \text{C}$   
 $\nu_1 = 0,1 \text{ моль}$   
 $\nu_2 = 0,4 \text{ моль}$

**Решение:**

1)  $Q = \Delta U + A$ ;  $Q = 0$   $A = 0 \Rightarrow \Delta U = \text{const}$   
 $U_1 = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1$ ;  $U_2 = \frac{3}{2} \nu_2 R T_2$   
 $U_k = U_1 + U_2 \Rightarrow \sum \nu_k R T_k = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 \Rightarrow (\nu_1 + \nu_2) T_k = \nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 \Rightarrow$   
 $\Rightarrow T_k = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = 309 \text{ K}; \Rightarrow t_k = T_k - 273 = 37^\circ \text{C}$

2)  $p_k \nu_k = \nu_k R T_k \Rightarrow p_k = \frac{(\nu_1 + \nu_2) \cdot R \cdot T_k}{V} = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}$

**Ответ:** 1)  $T_k = 37^\circ \text{C}$ ; 2)  $p_k = 152 \text{ кПа}$

**№4**

**Дано:**  $\epsilon_0, \epsilon$   
 $d_1 = \frac{d}{3}$

**Решение:**

$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ ;  $Q = \Delta W = \left| \frac{C_0 U_0^2}{2} - \frac{C U_0^2}{2} \right|$

Рассчитать константы симметричной системы? рассчитать:

~~$C = \frac{\epsilon_1 S}{d_1} + \frac{\epsilon_2 S}{d_2} = \epsilon_0 \epsilon_1 \frac{S}{d_1} + \epsilon_0 \epsilon_2 \frac{S}{d_2}$~~

N5

Дано: | Задача

$C; \varepsilon; R;$  | 1) В параллельном соединении конденсаторов, и  $R_C = 0 \Rightarrow I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$

$R_1 = 4R$  | 2) При замыкании переключателя:  $U_{R_1} = U_C$ . При замыкании  $R_C = +\infty \Rightarrow$

1)  $I_0 = ?$   $\Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R+R_1} = \frac{\varepsilon}{5R} \Rightarrow U_C = U_{R_1} = I \cdot R_1 = \frac{\varepsilon \cdot 4R}{5R} = \frac{4}{5} \varepsilon.$

2)  $U_C = ?$  | 3) В цепи совершается нек-во работы, равная энергии запасенной на

3)  $Q = ?$  | конденсаторе:  $Q = W = \frac{C U_C^2}{2} = \frac{8}{25} C \varepsilon^2$

Ответ: 1)  $I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$ ; 2)  $U_C = \frac{4}{5} \varepsilon$ ; 3)  $Q = \frac{8}{25} C \varepsilon^2.$

N2

Дано: | Задача

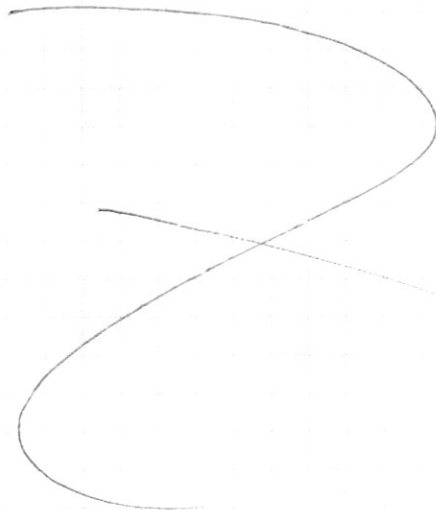
$m; \gamma m$  | 1) ПТ. о.  $u=0$ , то Энергия будет равна сумме и кинетической, и потенциальной энергии

$v_0;$  | условия:  ~~$mgh = \frac{1}{2}mv^2$~~   $\rightarrow \frac{2v^2}{2} = gh$   $\frac{4mv^2}{2} = mgh$

1)  $h = ?$   $\frac{mv^2}{2} = mgh + \frac{4mv^2}{2} = 2mgh \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{4g}$

2)  $v_h = ?$  | 2) Если мячик сбвзгает:  $\frac{mv_h^2}{2} = mgh \Rightarrow v_h^2 = 2gh = \frac{2 \cdot v_0^2}{4g} \Rightarrow v_h = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$

Ответ: 1)  $h = \frac{v_0^2}{4g}$ ; 2)  $v_h = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

9-21  
ШИФР

(заполняется секретарём)

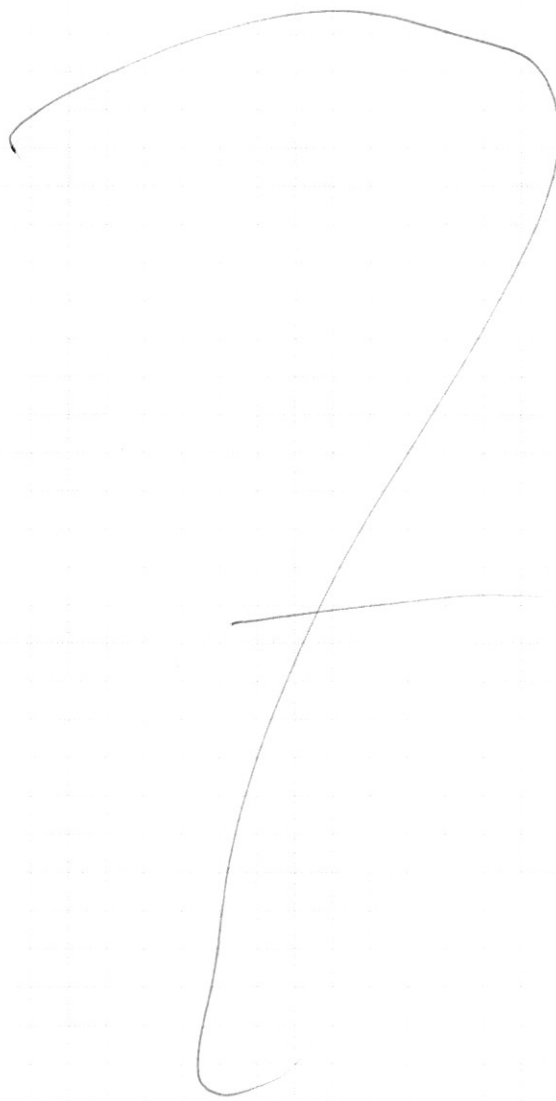
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)







ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

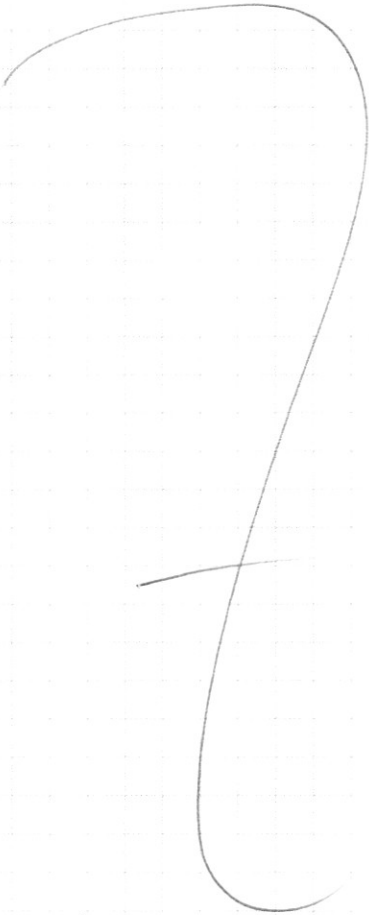
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

9-26

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

