

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

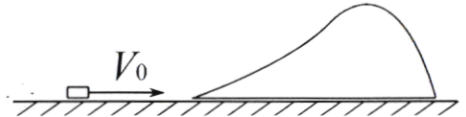
9-20

(заполняется секретарём)

Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарика, 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.

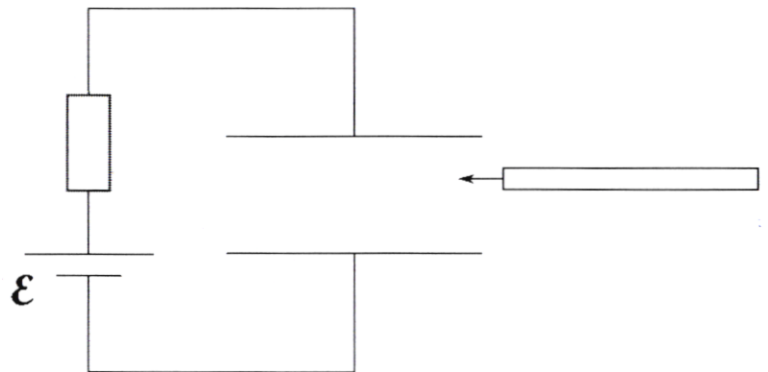


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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°C в количестве $\nu_1 = 0,2$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°C в количестве $\nu_2 = 0,3$ моль. Перегородка прорывается.

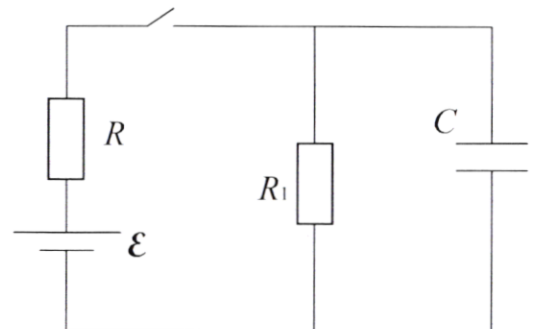
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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?

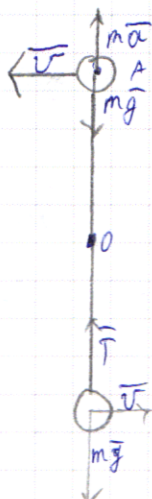
5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в R , $R_1=3R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , \mathcal{E} , R .



- 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

№1.



Решение

1) Чтобы шарик сделал полный оборот в вертикальной плоскости, он должен пройти критическую точку А (вверху); чтобы ~~найти~~ пройти ее на минимальной скорости сила притяжения (F_T) Земли должна уравновеситься.

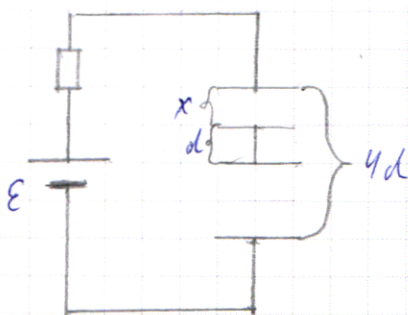
$|\vec{v}| = |\vec{g}|$, найдем скорость;

$$\alpha = \frac{v^2}{R}; \quad v = \sqrt{\alpha \cdot R} = \sqrt{g \cdot R}$$

$$v = \sqrt{10 \cdot 0,5} = \sqrt{5} \approx 2,24 \text{ (м/с)}$$

Ответ: 2,24 м/с

№4.



Решение

1) Пусть у нас все расстояние между перпендикулярными конденсаторами $4d$, тогда, когда мы вынули проводящую пластину, то у нас получится пара параллельных конденсаторов, как показано на рис.

Пусть мы вынули нас расстоянием x , от верхней пластинки конденсатора, от нижней тогда будет $4d - d - x = 3d - x$.

2) Найдем C новых конденсаторов:

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

3) Найти $C_{об}$ для параллельных конденсаторов:

$$C_{об} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x(3d-x)}}{\frac{1}{x} + \frac{1}{3d-x}} \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{x(3d-x)}{x(3d-x)(3d-x+x)}$$

$$\epsilon \epsilon_0 S = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{3d}$$

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

тогда $C_{об} = \frac{4}{3} \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{4d} = \frac{4}{3} C_0$

5) $\Delta q = q_2 - q_1 = C_{об} \cdot E - C_0 \cdot E = \frac{4}{3} C_0 \cdot E - C_0 \cdot E = \frac{1}{3} C_0 E$

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

N3

Значения $PV = \nu RT$; закон Менделеева-Клапейрона

1) $P_{общ} = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{V_{общ}} = \frac{\nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2}{V_{общ}}$

$$= \frac{0,2 \cdot 8,31 \cdot 280 + 0,3 \cdot 8,31 \cdot 300}{8,31 \cdot 10^{-3}} = (56 + 90) \cdot 10^3 = 146 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

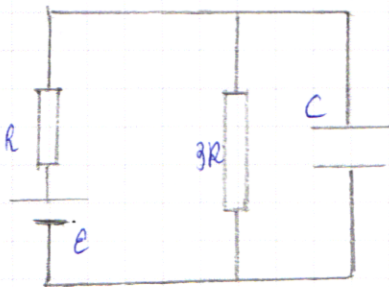
Из закона Менделеева-Клапейрона

2) $T_{конечное} = \frac{P_{общ} \cdot V_{общ}}{(\nu_1 + \nu_2) \cdot R} = \frac{146 \cdot 10^3 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 8,31} =$

$$= 146 \cdot 2 = 292 \text{ (K)} = 19^\circ \text{C}$$

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

N5



Решение:

1) $j_{об} = \frac{E}{R+3R} + \frac{j t}{C} \stackrel{\Rightarrow 0}{=} \frac{E}{4R}$; м.к.

следует ток сразу после включения.

2) $U_{резистора} = U_{конденсатора} = j_{об} \cdot 3R = \frac{E}{4} \cdot 3R =$

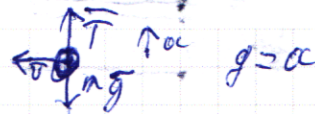
$$= \frac{3}{4} E$$

3) Когда мы разождем то на конденсаторе установится заряд $q = C \cdot U$ тогда вся энергия выделится в резисторе, когда заряд будет протекать (конденсатор):

$$\frac{C U^2}{2} = Q + \frac{C \cdot 0^2}{2}; \quad Q = \frac{C \cdot \frac{9}{16} E^2}{2} = \frac{9}{32} C E^2$$

Ответ: $j = \frac{E}{4R}$; $U = \frac{3}{4} E$; $Q = \frac{9}{32} C E^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$g = a$

$a = \frac{v^2}{R}$

$g = \frac{v^2}{R}$

$v = \sqrt{gR} = \sqrt{10 \cdot 9.8} =$

$\vec{a} = \vec{g}$

$a = \frac{v}{R}$

$v = \sqrt{gR} = \sqrt{5} \text{ (м/с)} \approx 2,24 \text{ м/с}$

2 3
x 2 3
4 6 9
5 2 9

2 2
x 2 2
4 4
4 4
4 8 4

2 2 5
x 2 2 2

2 2 4
x 2 2 4
8 9 8
4 4 8
4 4 8
5 0 1 4 6

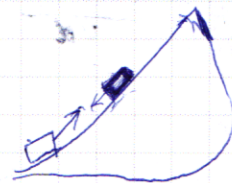
$mgh = \frac{mv^2}{2}$

$v = \sqrt{2gh}$

$mv = 3mV - mv$

$v = \frac{1}{2} V_1$

N2



$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{3mv_1^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mv_1^2}{2} + mgh$

$\frac{3mv_1^2}{2}$

$mv_0 = 4mv_1$

$v = \frac{1}{4} v_0$

$v_0^2 = 4v_1^2 + gh$

N3



$R_1 = \frac{U_1}{I_1}$

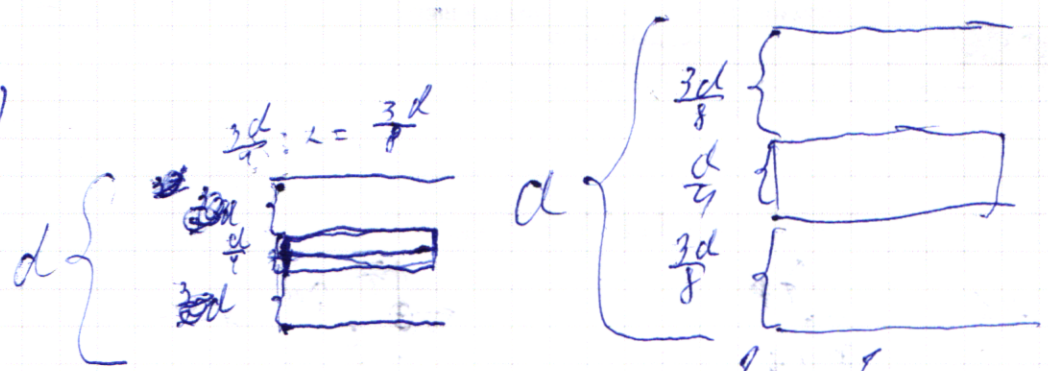
$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_1}{I_2}$

$R_1 = R_2$

$\frac{P_1 U_1}{U_1} = \frac{P_2 U_2}{U_2}$

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

1)



$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$
 $C_1 = \frac{8 \epsilon \epsilon_0 S}{3d}$

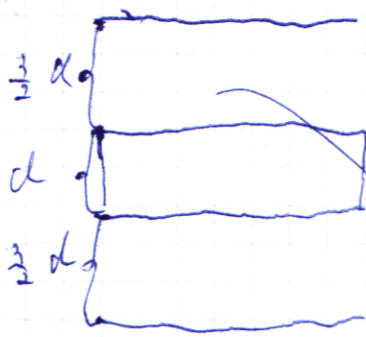
$\frac{1}{C_{0\text{с}}} = \frac{1}{C}$

$C_{0\text{с}} = \frac{C_0 C_1}{C_0 + C_1}$

$\frac{64}{3 \cdot 16} \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{4}{3} C_0$

$C_{0\text{с}} = C_0$

$C_{0\text{с}} = \frac{8 \epsilon \epsilon_0 S}{3d} \cdot \frac{8 \epsilon \epsilon_0 S}{3d} = \frac{76 \epsilon \epsilon_0 S}{3d}$



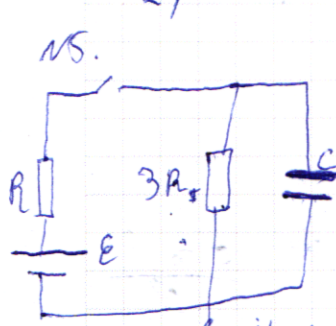
$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{4d}$

$C_1 = \frac{2 \epsilon \epsilon_0 S}{3d}$

$C_{0\text{с}} = \frac{3 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}}{\frac{3}{3}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$

$\frac{4}{3} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$

2)



$j = 0, \text{ м.к. табл}$

$q = C \cdot U$
 $q = C \cdot U$

$j = \frac{q}{t}$

1) $j = \frac{E}{R+3R} + \frac{it}{C} = \frac{1}{4} \frac{E}{R} + 0$

2) $U = \frac{1}{4} \frac{E}{R} \cdot 3R = \frac{3}{4} E$

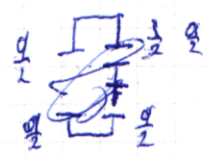


$NS \cdot j = \frac{E}{R+3R} + \frac{it}{C} = \frac{1}{4} \frac{E}{R}$

$q = q_1 = q_2$

$U = \frac{1}{4} \frac{E}{R} \cdot 3R = \frac{3}{4} E$

$q = U \cdot C$



$q_1 = C \cdot C_0$

$q_2 = E \cdot \frac{1}{3} C_0$

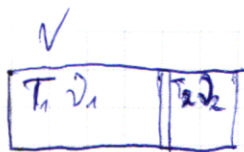
$\Delta q = q_2 - q_1 = \frac{1}{3} C_0 \cdot E - C C_0 = \frac{1}{3} \epsilon \epsilon_0$

3)

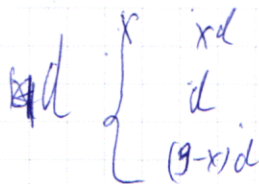
$\frac{C U^2}{2} = \frac{3R \cdot I^2}{2} + \frac{C \cdot 0^2}{2}$

$U = 0$
 $C U^2 = 3R I^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V_1 \cdot T_1 + V_2 \cdot T_2 = V_{\text{од}} \cdot T_{\text{од}}$$

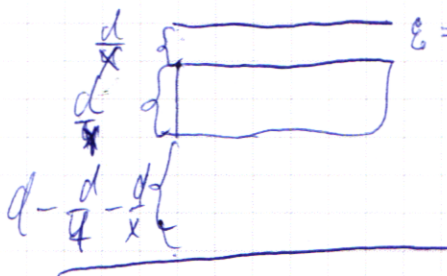


$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{4d}$$

$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x d}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{(9-x)d}$$

энергия $C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x d} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S \cdot \frac{4}{3-x+x}}{x d} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{3d}$



$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S \cdot \frac{4}{3-x+x}}{x d} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{3d}$$

$$C_1 = \frac{x \cdot \epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$C_2 = \frac{4 - \epsilon \epsilon_0 S}{(3x-4)d}$$

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

$$C_2 = \frac{2 \epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$C_{\text{од}} = \frac{4-2}{6} C_0 = \frac{2}{3} C_0$$

$$C_{\text{од}} = \frac{4x}{x(3x-4)+4}$$

$$= \frac{4x}{3x^2+4x+4}$$

③

$$P_1 V_1 + P_2 V_2 = P_{\text{общее}} V_{\text{общее}}$$

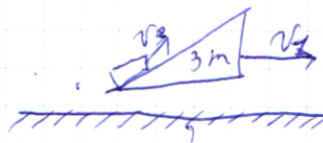
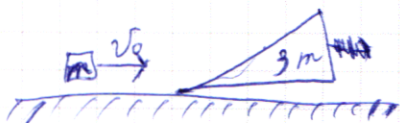
$$P_2 R T_2 + P_1 R T_1 = P_{\text{общее}} V_{\text{общее}}$$

$$\frac{P_{\text{общее}} + P_{\text{общее}}}{(v_1 + 2)(R)} = T_{\text{конечное}}$$

$$292 - 273 = 19$$

$$\sqrt{4 \cdot 1,8} = \sqrt{7,2}$$

$$\begin{cases} v_0 = v_2 + 4v_1 & v_1 = \frac{v_0 - v_2}{4} \\ v_2^2 = 2gh \\ v_0^2 = 2gh + 4v_1^2 \end{cases}$$



$$v_0 = v_2 + 4v_1$$

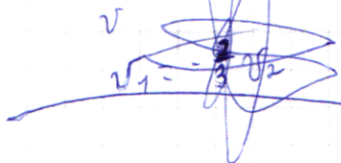
$$mgh + \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$\begin{cases} m v_0 = m v_2 + 4 m v_1 \\ \frac{m v_2^2}{2} = mgh \\ \frac{m v_0^2}{2} = mgh + \frac{4 m v_1^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 = v_2 + 4v_1 \\ v_2^2 = 2gh \\ v_0^2 = 2gh + 4v_1^2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_1^2 = v_2^2, v_2 = 0$$

$$8v_1(v_1 + v_2) = 0$$



$$v_0^2 = (v_2^2 + 2gh + v_1^2)$$

$$v_2^2 = 2gh$$

$$v_0^2 = v_2^2 + 4v_1^2$$

$$\begin{cases} v_2^2 + 2v_1v_2 + v_1^2 = v_2^2 + 4v_1^2 \\ \downarrow \\ 2v_1v_2 + v_1^2 = 3v_1^2 \end{cases}$$

$$2v_1v_2 = 2v_1^2 \Rightarrow v_2 = v_1$$

$$2gh = 0,36v_0^2$$

$$h = \frac{0,36v_0^2}{20} = 0,018v_0^2$$

$$v_0 = \frac{2}{3}v_2$$

$$v_0 = \frac{2}{3}v_2$$

$$v_2 = 0,6v_0$$

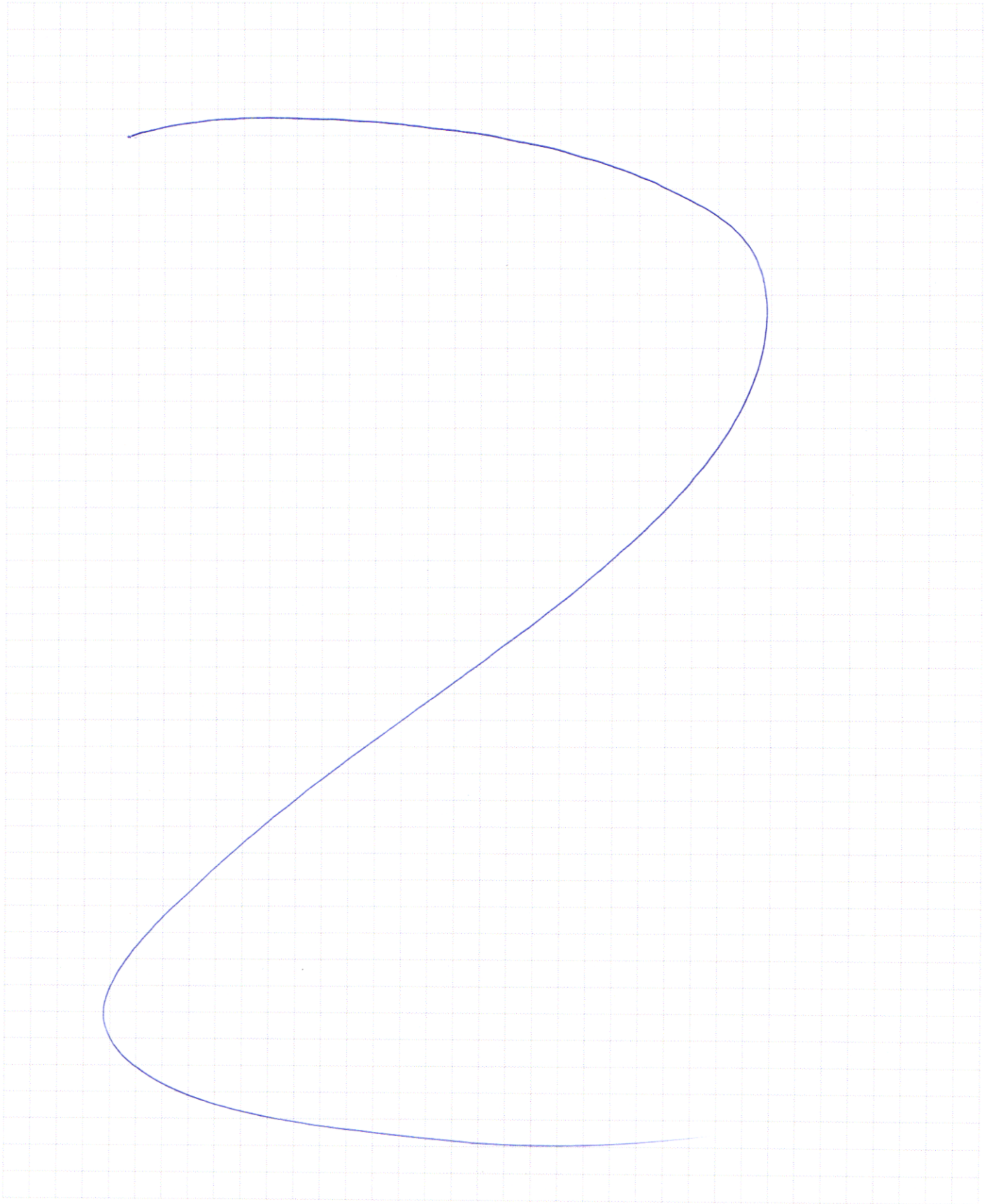


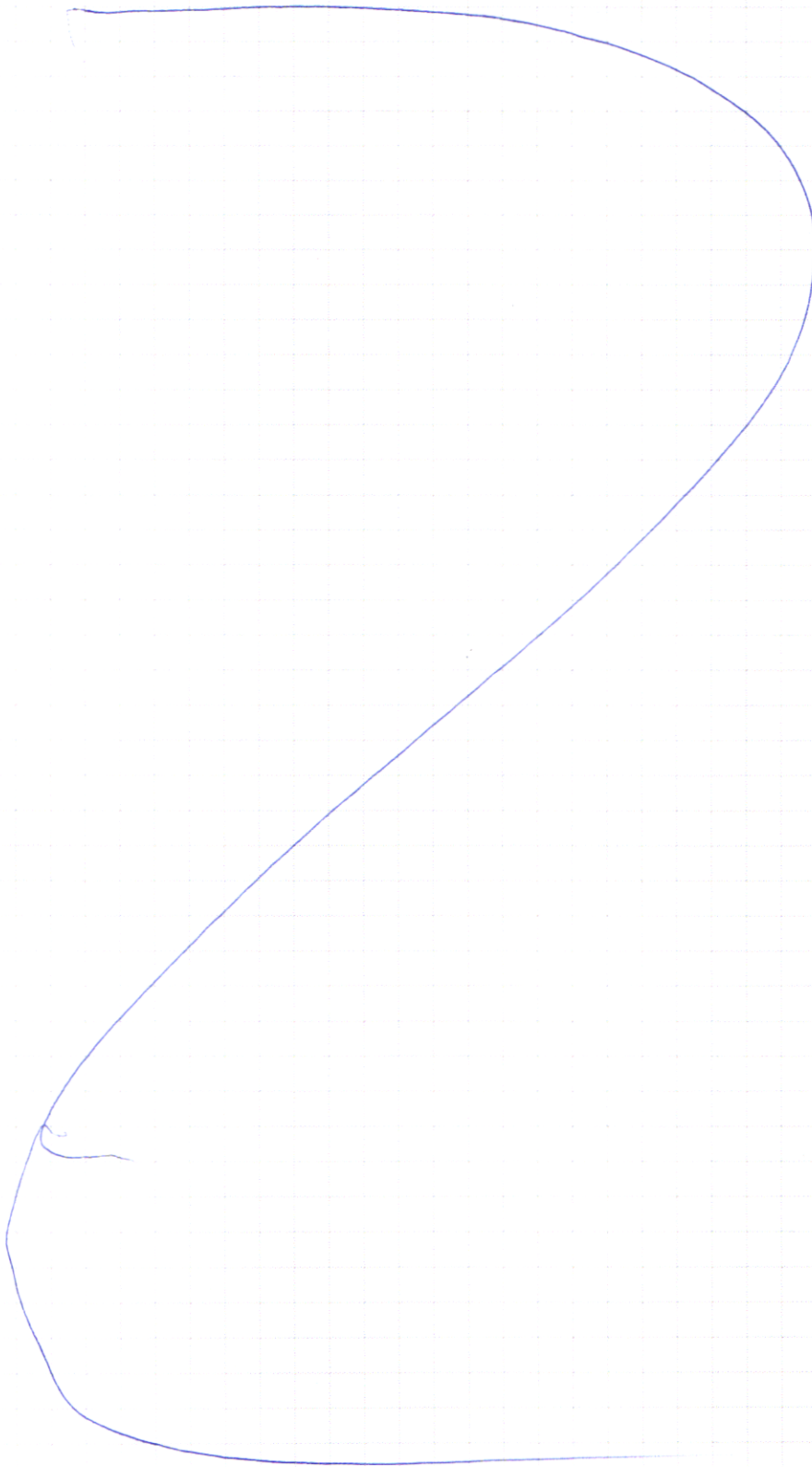
9-20

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

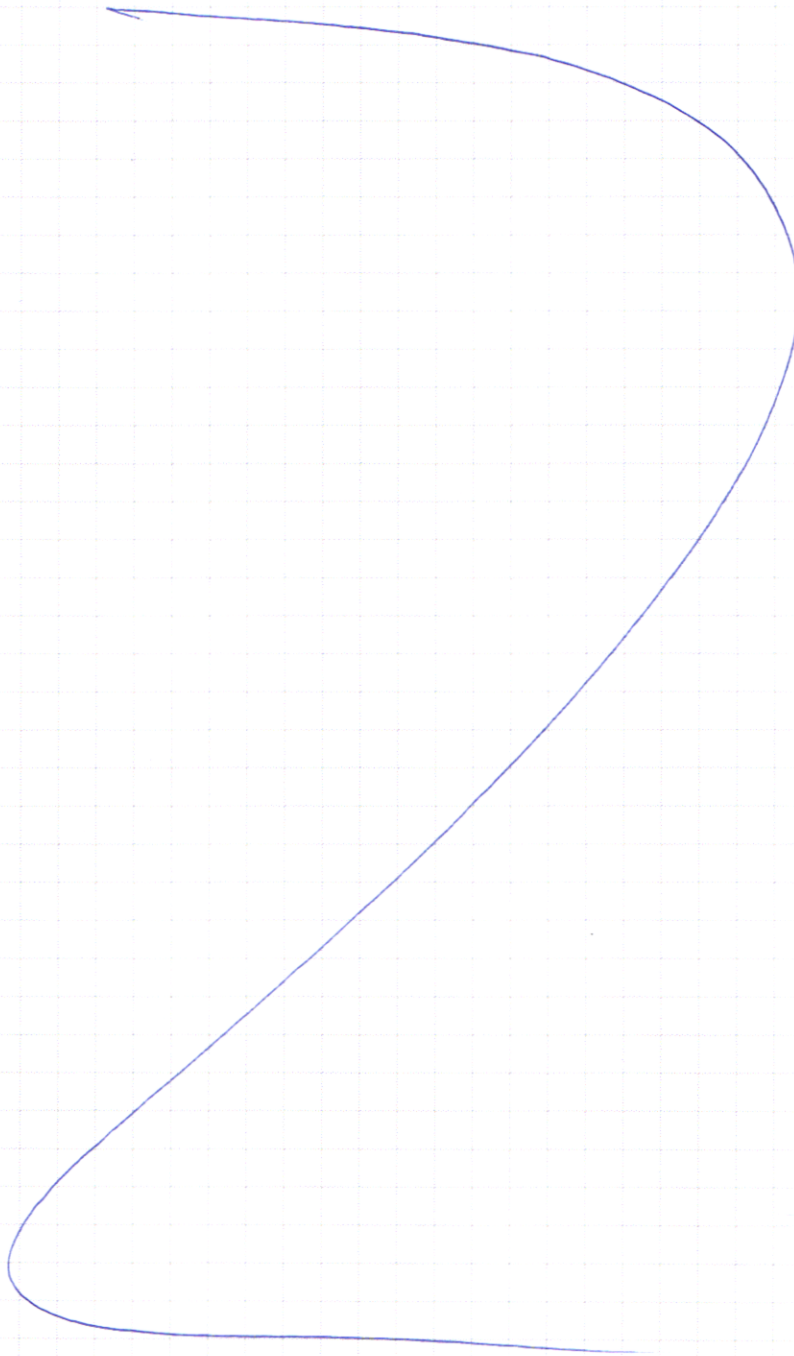
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

9-20

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

