

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

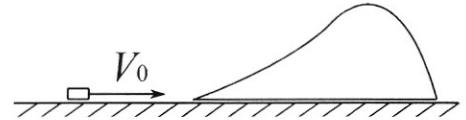
9-3

(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.

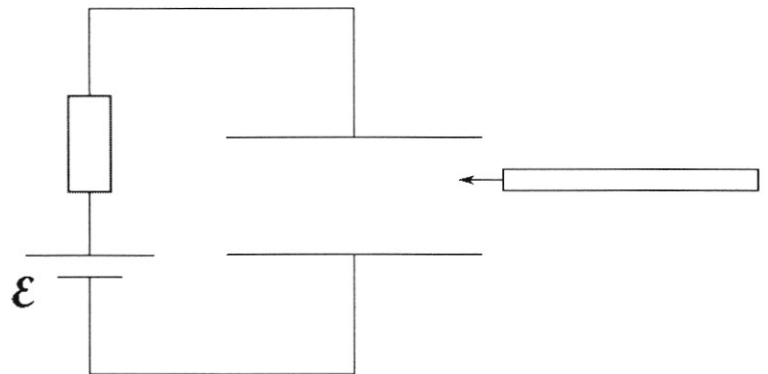


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

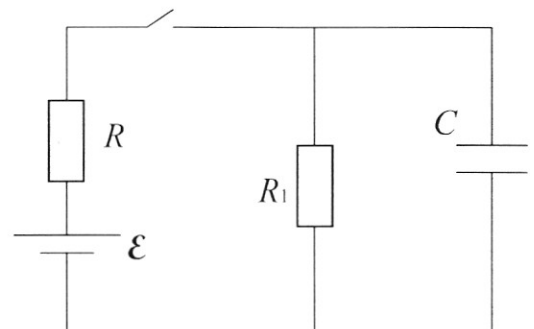
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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

3. Дано:

$$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$t_1 = 27^\circ \text{C}$$

$$(T_1 = 300 \text{ K})$$

$$t_2 = 7^\circ \text{C}$$

$$(T_2 = 280 \text{ K})$$

$$\nu_1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu_2 = 0,3 \text{ моль}$$

1) $t = ?$

2) $p = ?$

1) Запишем 1 закон термодинамики
где q — количество теплоты

$$Q = \Delta U + A$$

Так как $Q = 0$ и $A = 0$, то $U = \text{const}$

$$U_1 + U_2 = U_1' + U_2'$$

$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} \nu_1 R T + \frac{3}{2} \nu_2 R T$$

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = T (\nu_1 + \nu_2)$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,2 + 0,3} = 288 \text{ K}$$

2) Запишем уравнение состояния

газа после установления равновесия:

$$pV = (\nu_1 + \nu_2)RT$$

$$p = \frac{(\nu_1 + \nu_2)RT}{V} = \frac{(0,2 + 0,3) \cdot 8,31 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 1440 \text{ Па}$$

Ответ: 288 K ; 1440 Па .

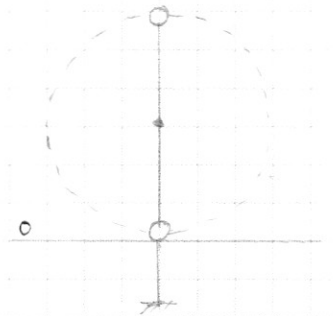
1. Дано:

$$l = 50 \text{ см}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v = ?$$

Пусть высота, на которой
раз изначально находится
шарик, является нуле-
вым уровнем потен-
циальной энергии.



Если шарик совершил полный оборот, то его
кинетическая и потенциальная энергия должны
равняться потенциальной энергии в
наивысшей точке траектории.

$$\frac{mv^2}{2} = mg \cdot 2l$$

$$v^2 = 4gl$$

$$v = 2\sqrt{gl} = 2\sqrt{10 \cdot 50 \cdot 10^{-2}} = 2\sqrt{5} \approx 4,5 \text{ (м/с)}$$

Ответ: 4,5 м/с.

4. Дано: 1) Высота h - толщина

C_0

пластины, d - расстояние

ϵ

между обкладками

$$h = \frac{d}{4}$$

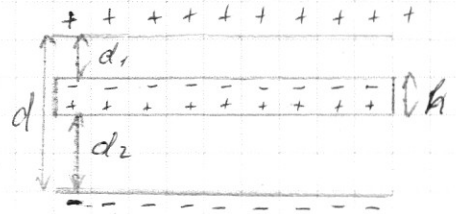
конденсатора.

1) $C' = ?$

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

2) $q_R = ?$

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



Емкость конденсатора после введения пластины можно считать как емкость

батареи из 2-х последовательно соединенных конденсаторов в ϵ расстоянии между обкладками d_1 и d_2

$$C_x = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\frac{\epsilon_0 S}{d_1} + \frac{\epsilon_0 S}{d_2}}{\frac{\epsilon_0 S}{d_1} + \frac{\epsilon_0 S}{d_2}} = \frac{\frac{\epsilon_0 S \cdot \epsilon_0 S}{d_1} \cdot \frac{\epsilon_0 S}{\frac{3}{4}d - d_1}}{\frac{\epsilon_0 S}{d_1} + \frac{\epsilon_0 S}{\frac{3}{4}d - d_1}} = \frac{\frac{\epsilon_0 S \cdot \epsilon_0 S}{d_1} \cdot \frac{\epsilon_0 S}{\frac{3}{4}\frac{\epsilon_0 S}{C_0} - d_1}}{\frac{\epsilon_0 S}{d_1} + \frac{\epsilon_0 S}{\frac{3}{4}\frac{\epsilon_0 S}{C_0} - d_1}} =$$

$$= \frac{\epsilon_0^2 S^2}{\frac{3}{4}d d_1 - d_1^2} = \frac{4}{3} C_0$$

$$\frac{d}{R} \text{ Ответ: 1) } \frac{4}{3} C_0.$$

5. Дано:

R

1) Ток через источник сразу после замыкания ключа будет равен

$$R_1 = 3R$$

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

C

2) Так как конденсатор заряжен, то

ϵ

через него ток не идет, тогда

1) $I = ?$

$$I_{R_1} = \frac{\epsilon}{R_1 R_1} = \frac{\epsilon}{4R}$$

2) $U_C = ?$

3) $R_2 = ?$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$U_c = U_{K_1} = \frac{\varepsilon}{4R} \cdot 3R = \frac{3}{4}\varepsilon$$

3) По закону сохранения энергии

$$q\varepsilon = Q + \frac{q^2}{2C}$$

$$Q = q\varepsilon - \frac{q^2}{2C}$$

$$q_c = U_c \cdot C = \frac{3}{4}\varepsilon C$$

$$Q = q\varepsilon - \frac{9}{32}\varepsilon^2 C$$

4. 2) ~~$\varepsilon = IR + \frac{q_0}{C_0}$~~

~~$\varepsilon =$~~

2. Дано:

m

$3m$

V_0

$h = ?$

$v = ?$

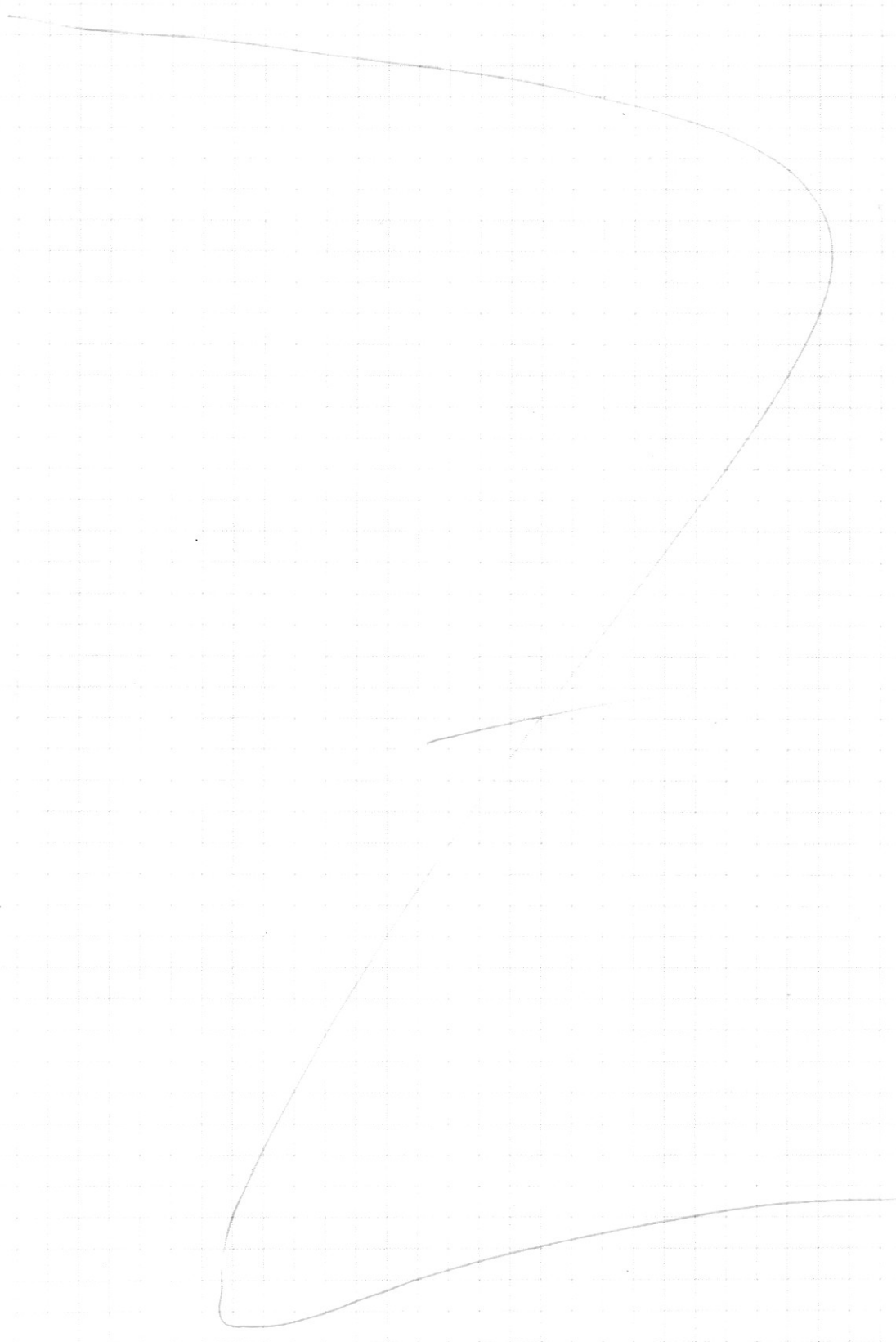
Когда шайба заезжает на горку,
то передает ей часть своего
импульса.

5. 3) (продолжение)

$$q = q_c$$

$$Q = \frac{3}{4}\varepsilon^2 C - \frac{9}{16}\varepsilon^2 C = \frac{15}{32}\varepsilon^2 C$$

Ответ: $\frac{\varepsilon}{R}; \frac{3}{4}\varepsilon; \frac{15}{32}\varepsilon^2 C.$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$5.3) \cancel{q\varepsilon = IR + IR_1}$$

$$q\varepsilon = \frac{q^2}{2c} + Q$$

$$4.2) \Delta C = \frac{1}{3} C_0$$

$$\varepsilon = IR + \frac{q}{C}$$

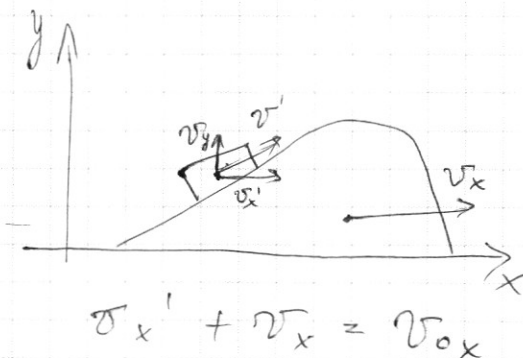
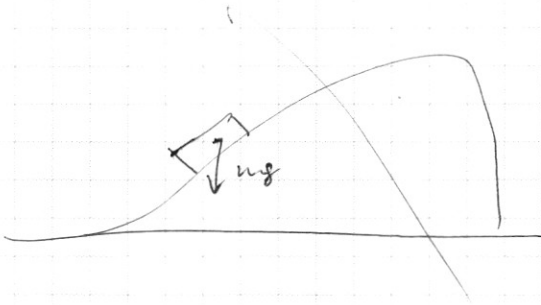
$$5.1) \cancel{I \cdot S} = \frac{\varepsilon}{4R}$$

$$4.2) \varepsilon = IR + \frac{q}{C_0} = IR + \frac{q'}{C'}$$

$$\frac{q}{C_0} = \frac{q'}{C'}$$

$$q' = \frac{4}{3} q$$

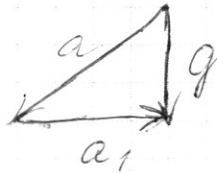
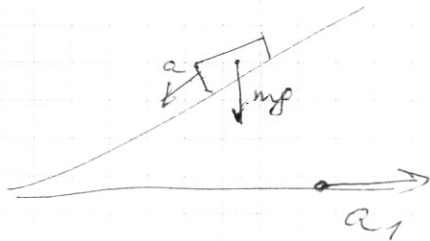
$$q_R = \frac{1}{3} q$$



$$\varepsilon = U_R + \frac{q}{C_0}$$

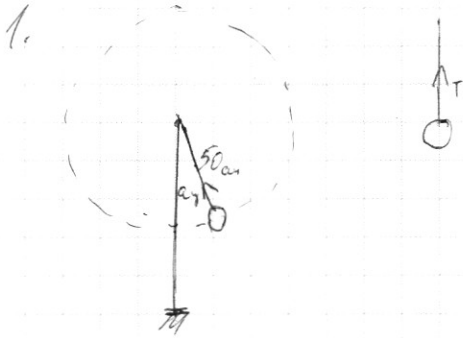
~~$$q\varepsilon = qU_R + q$$~~

2.



$$\vec{g} - \vec{a} = \vec{a}_1$$

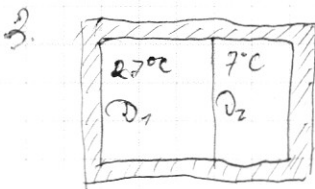
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$v^2 = 2gl$$

$$v = 2\sqrt{gl} = 2\sqrt{10 \cdot 50 \cdot 10^{-2}} = 2\sqrt{5} \approx 4,5 \text{ (м/с)}$$



1) $U = \text{const}$

$$T_1 = 300 \text{ K} \quad T_2 = 280 \text{ K}$$

$$\nu_1 \frac{3}{2} k T_1 + \nu_2 \frac{3}{2} k T_2 = T (\nu_1 \frac{3}{2} k + \nu_2 \frac{3}{2} k)$$

$$\begin{array}{r} 28 \\ \times 3 \\ \hline 84 \end{array}$$

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = T (\nu_1 + \nu_2)$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,5} = \frac{60 + 84}{0,5} = 2 \cdot 144 = 288 \text{ (K)} = \underline{\underline{15^\circ \text{C}}}$$

2) $p_1 V_1 = \nu_1 k T_1$

$$p_2 V_2 = \nu_2 k T_2$$

$$p V = (\nu_1 + \nu_2) k T$$

$$\begin{array}{r} 288 \\ \times 5 \\ \hline 1440 \end{array}$$

$$p = \frac{(\nu_1 + \nu_2) k T}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 500 \cdot 288 = \underline{\underline{1440 \text{ (Па)}}}$$

5.1) $f = \frac{\epsilon}{4R}$

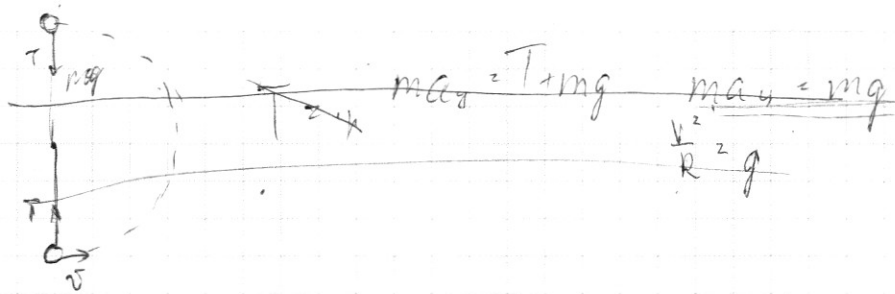
2) $U = \frac{q}{\epsilon}$

$$U_c = U_k$$

$$\epsilon = fR + fR_1$$

4.2) $\epsilon = fR + \frac{q}{\epsilon} = fR + \frac{q'}{\epsilon'}$





4.1) $C' = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d_1}$

$C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_2} = \frac{\epsilon_0 S}{d - \frac{d}{4} - d_1} = \frac{\epsilon_0 S}{\frac{3d}{4} - d_1}$

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

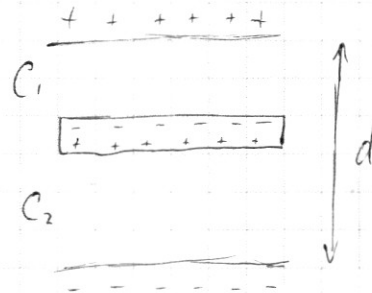
$d = \frac{\epsilon_0 S}{C_0}$

$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d_1}$

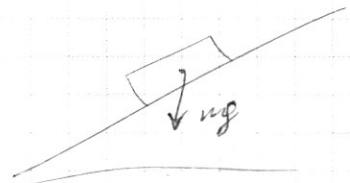
$C' = \frac{\frac{\epsilon_0 S}{d_1} \cdot \frac{\epsilon_0 S}{\frac{3}{4} \frac{\epsilon_0 S}{C_0} - d_1}}{\frac{\epsilon_0 S}{d_1} + \frac{3}{4} \frac{\epsilon_0 S}{C_0} - d_1}$

$= \frac{\frac{\epsilon_0^2 S^2}{4 d_1 \frac{\epsilon_0 S}{C_0} - d_1^2}}{\frac{3}{4} \frac{\epsilon_0^2 S^2}{C_0} - \epsilon_0 S d_1 + \epsilon_0 S d_1}$

$= \frac{\epsilon_0^2 S^2}{\frac{3}{4} \frac{\epsilon_0^2 S^2}{C_0}} = \frac{4}{3} C_0$



$m v_0 = (m + 3m) v$
 $v = \frac{m v_0}{4m} = \frac{v_0}{4}$



4.2) $\epsilon = fR + \frac{q}{C}$

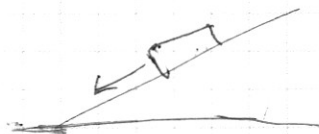
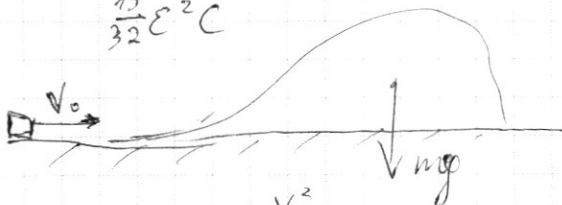
$C\epsilon = C fR + q$

$q = C(\epsilon + fR)$

$Q = \frac{3}{4} \epsilon^2 C - \frac{9}{32} \epsilon^2 C = \frac{15}{32} \epsilon^2 C$

$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{3m v^2}{2} + m g h$
 $q = \frac{9 \epsilon^2}{16 R^2} \cdot 3R + \frac{9 \epsilon^2 C}{10 R^2} = \frac{27}{16} \frac{\epsilon^2}{R} + \frac{9}{32} \epsilon^2 C$

$\frac{\epsilon}{R}$
 $\frac{\epsilon}{4R}$
 $U_C = \frac{\epsilon}{4R} \cdot 3R^2 \frac{3}{4} \epsilon$



$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{3m v^2}{2} + m g h$

$f = \frac{\epsilon}{R}$
 $q = C U_C = \frac{3}{4} \epsilon C = \frac{\epsilon}{R}$
 $\frac{C \epsilon^2}{2} + \left(\frac{\epsilon}{4R}\right)^2 \cdot 3R^2$

$m g h =$

$\epsilon = \frac{\epsilon}{3R} + \frac{C \epsilon^2}{2} = \dots$

$q \epsilon = \frac{9}{2} C + \dots$
 $Q = q \epsilon - \frac{9}{32} C = \frac{3}{4} \epsilon^2 C - \frac{9}{16} \frac{\epsilon^2 C}{2}$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

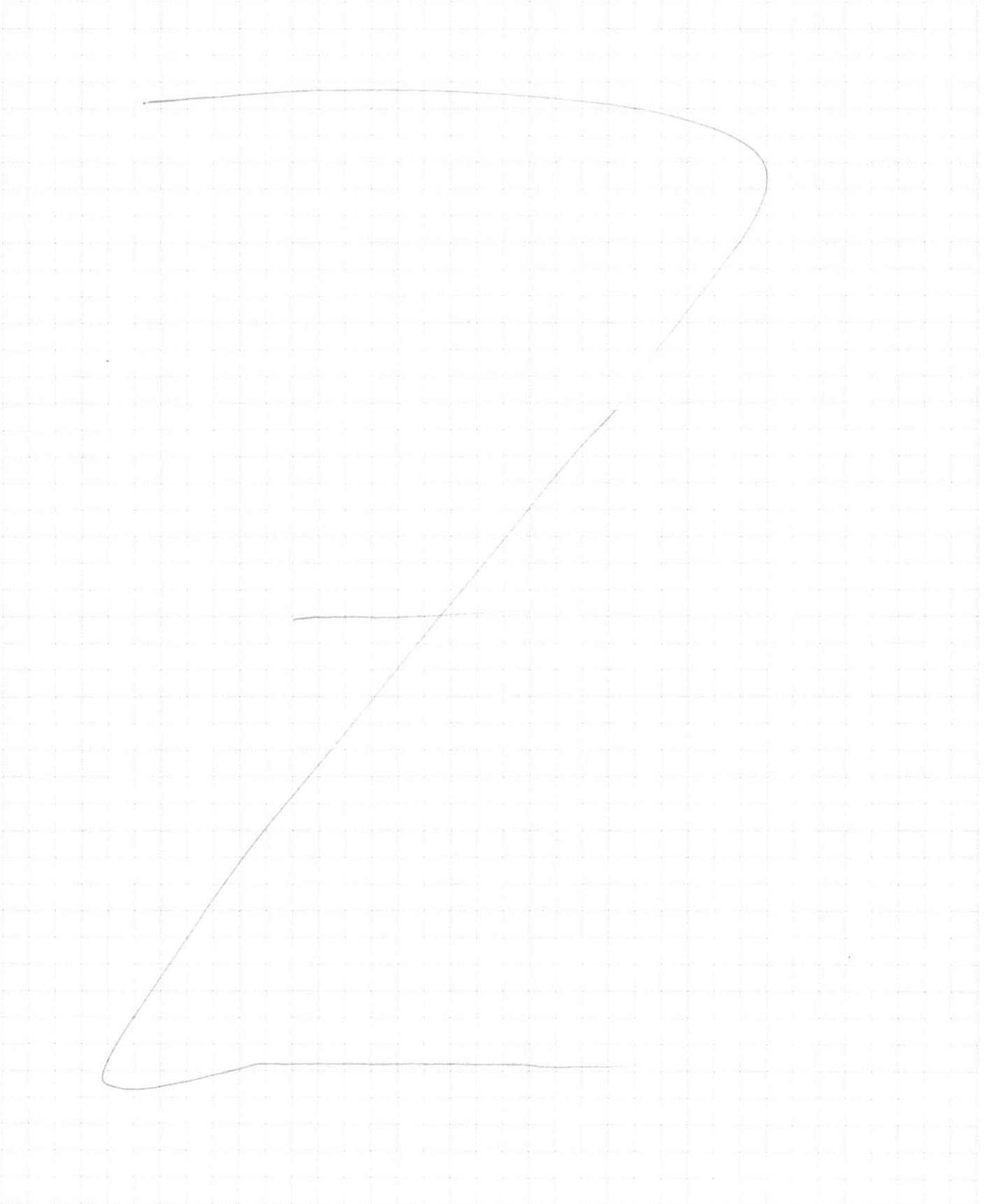
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

9-3

ШИФР

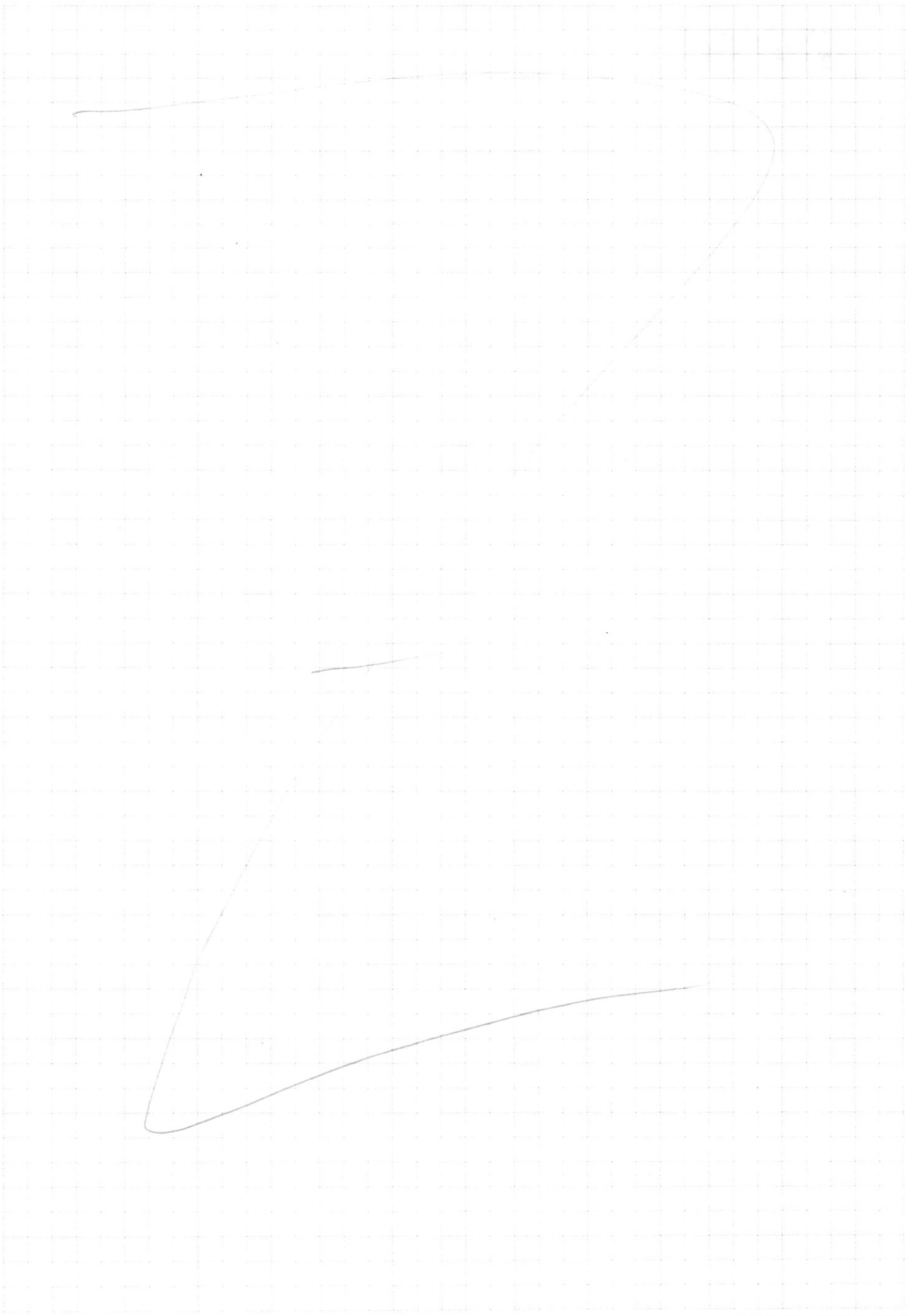
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)