

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

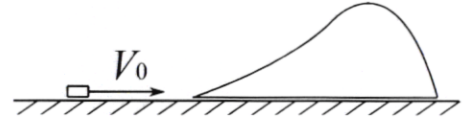
g-4

(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.

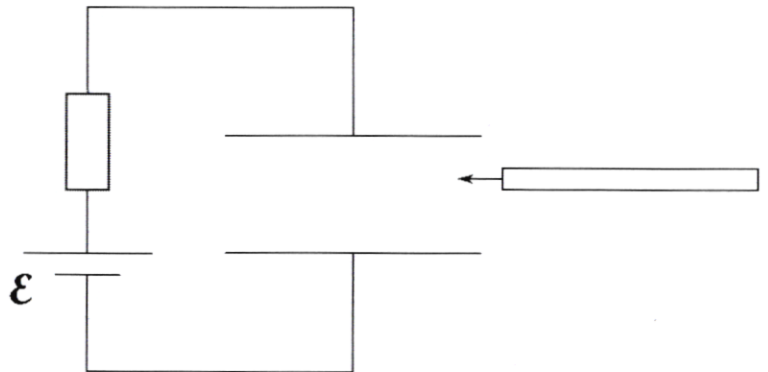


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

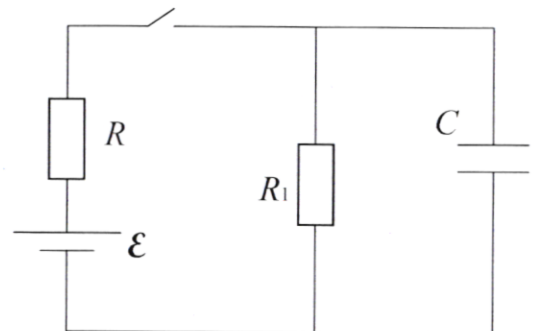
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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

Задача 3.

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

$$T_1 = 300 \text{ K}, t_1 = 27^\circ \text{C}$$

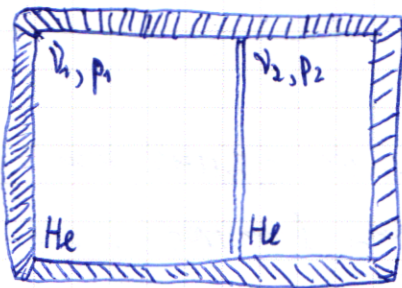
$$T_2 = 280 \text{ K}, t_2 = 7^\circ \text{C}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$V_2 = 0,3 \text{ моль}$$

1) T_k при термодинамическом равновесии - ?

2) P_k - ?



1) Т.к. по условию сказано, что дан термодинамически закрытый сосуд, тогда он не будет нагреваться, и не будет отдавать теплоту, значит $Q = 0, A = 0$.

Запишем первый закон термодинамики:

$$Q = \Delta U + A, \text{ т.к. } Q = 0, A = 0, \text{ тогда } \Delta U = 0, \Delta U - \text{const.}$$

2) Тогда при термодинамическом равновесии запишем уравнение:

$$\frac{3}{2} V_1 R T_1 + \frac{3}{2} V_2 R T_2 = \frac{3}{2} V_1 R T + \frac{3}{2} V_2 R T$$

$$\frac{3}{2} R (V_1 T_1 + V_2 T_2) = \frac{3}{2} R (V_1 T + V_2 T)$$

Разделим обе части на $\frac{3}{2} R$, тогда:

$$V_1 T_1 + V_2 T_2 = T(V_1 + V_2)$$

Подставим: $0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280 = T \cdot 0,5$

$$60 + 84 = 0,5 T; T = 288 \text{ K}; t = 288 - 273 = \underline{15^\circ \text{C}}$$

$$3) P_k \cdot V = (V_1 + V_2) R T$$

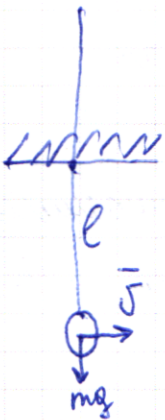
$$P_k = \frac{(V_1 + V_2) R T}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{119,316}{10^{-3}} = 119,316 \cdot 10^3 = \underline{119,316 \text{ кПа}}$$

Ответ: $15^\circ \text{C}; 119,316 \text{ кПа}$.

Задача 1

Дано:
 $l = 0,5 \text{ м.}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

$v_{\text{min}}(l_0) = ?$



1) $\frac{mv_0^2}{2} = 2mgl + \frac{mv^2}{2}$, - закон сохранения энергии
 $2mgl$ - потенциальная энергия ($2l$, т.к. шарик поднят над землей на двойную длину нити), $\frac{mv^2}{2}$ - энергия, которая останется у шарика после верхней точки, чтобы он совершил оборот.

2) По 2-му закону Ньютона: $ma_{\text{ч.с.}} = mg + T$.

$$\frac{mv^2}{l} = mg ; v^2 = gl.$$

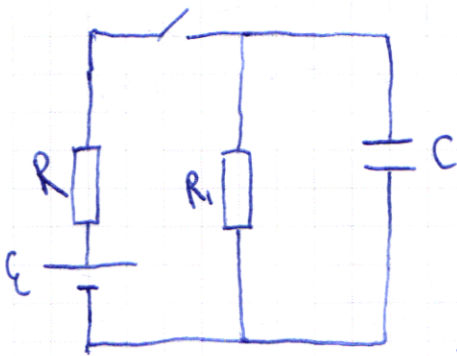
$$\frac{mv_0^2}{2} = 2mgl + \frac{mgl}{2} \quad (m)$$

$$v_0^2 = 4gl + gl = 5gl.$$

$$v_0 = \sqrt{5gl} = \sqrt{5 \cdot 9,8 \cdot 10} = \underline{5 \text{ м/с.}}$$

Ответ: 5 м/с.

Задача 5.



Дано: $r = R$

$$R_1 = 3R$$

$$C = C$$

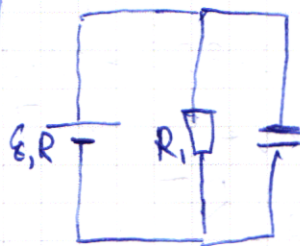
$$E = E$$

1) $I = ?$

2) $U = ?$

3) $Q = ?$

1) Когда ключ замыкают цепь будет выглядеть так:



Когда сила тока в цепи будет равна:

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{E}{R+3R} = \frac{E}{4R}$$

2) Напряжение на конденсаторе будет равно напряжению на резисторе тогда $U = IR$,

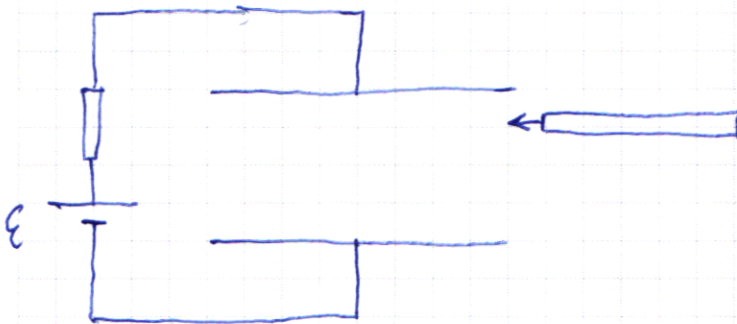
$$U = \frac{E \cdot 3R}{4R} = \underline{\underline{\frac{3}{4} E (В)}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) После размыкания цепи индукция в цепи будет находится как-во теплоты: $Q = \frac{CU^2}{2} = \frac{C \cdot (\frac{3}{4}E)^2}{2} = \frac{9 \cdot E^2 \cdot C}{32}$.

Ответ: 1) $\frac{E}{4R}$; 2) $\frac{3}{4}E$; 3) $\frac{9}{32} \cdot E^2 \cdot C$.

Задача 4.



Дано:

$$E = E$$

мощность в 4 раза меньше = $\frac{d}{4}$

1) $C_{\text{общ}}$ - ?

2) Δq - ?

$$1) C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}; C_1 = \frac{4 \epsilon \epsilon_0 S}{d};$$

$$C_{\text{общ.1}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{16 \epsilon \epsilon_0 S}{\frac{d}{8 \epsilon \epsilon_0 S}} = \frac{2 C_0}{8 \epsilon \epsilon_0 S / d} = 2 C_0 - \text{ёмкость конденсатора с пластиной.}$$

2) Теперь найдём заряд, который прошёл через резистор: $\Delta q = C_{\text{общ.1}} \cdot U = C_0 U = 2 C_0 E - \frac{1}{2} C_0 E = \frac{3}{2} C_0 E$.

Ответ: $2 C_0$; $\frac{3}{2} C_0 E$.

Задача 2.

Дано:

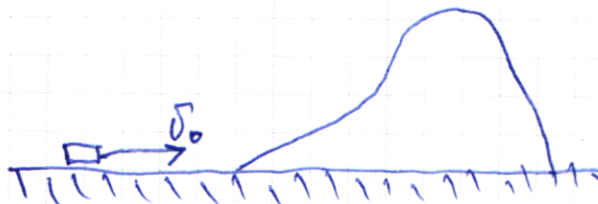
$$m_{\text{ш.}} = m$$

$$M = 0.$$

$$V = V_0$$

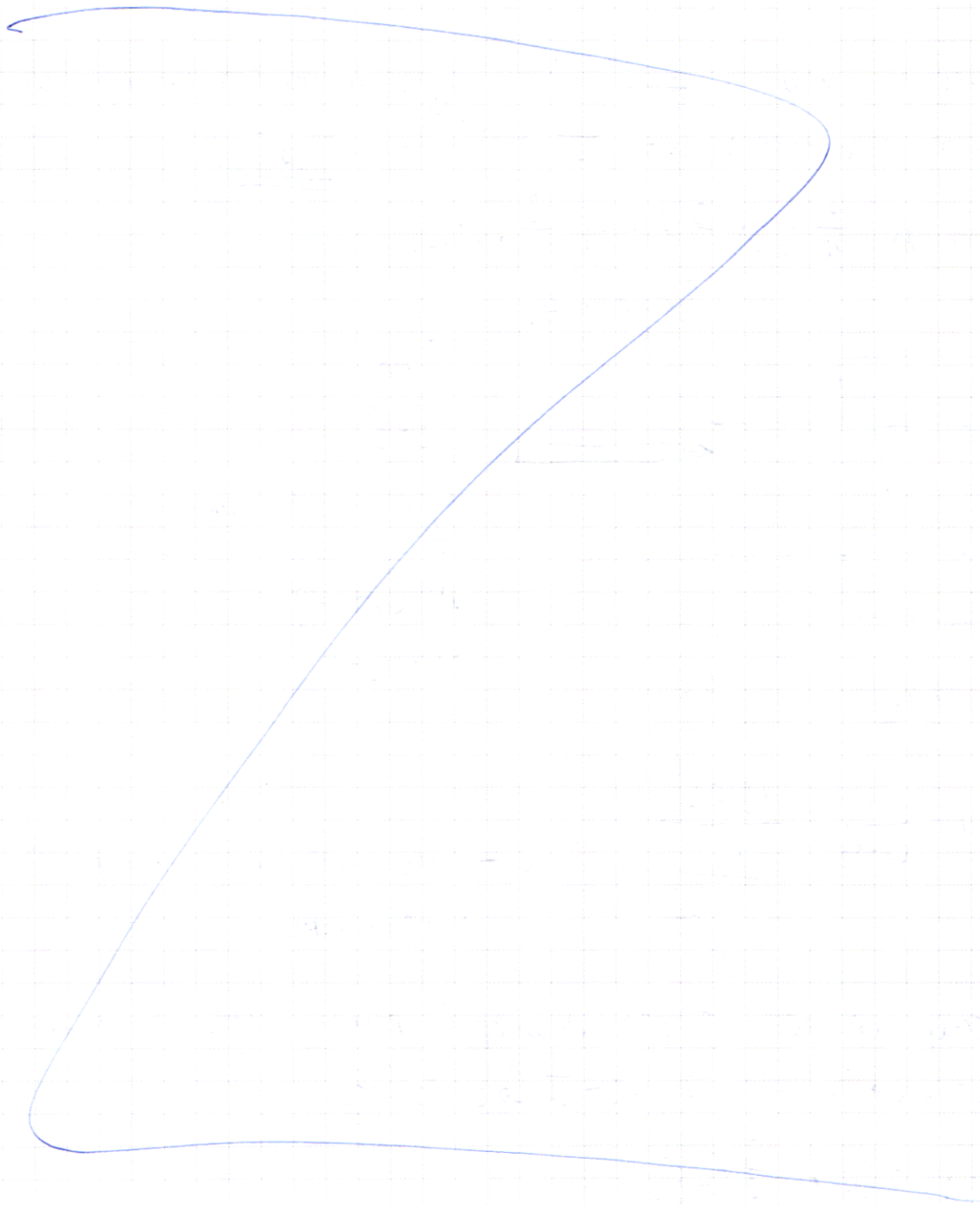
$$m_T = 3m$$

1) ΔH_{max} - ?
2) $\Delta v_{\text{к}}$ - ?



Торка неподвижная и незакреплённая.

1) Когда шайба скользит на горку, горка нагала движется, шайба скользит по ней без трения ($\mu = 0$).



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$l = 50 \text{ см}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$



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

$$E = mgl$$

$$\frac{v^2}{2} = gl$$

$$l = 2h = 1 \text{ м}$$

$$v^2 = 2gl = 20 \cdot 0,5 = 10$$

$$v = \sqrt{10} \text{ м/с} \text{ либо } \sqrt{20} \approx 2\sqrt{5} \approx 2,23 \cdot 2 = 4,46 \text{ м/с}$$

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

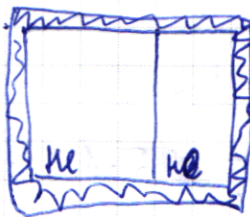
$$Q = 0$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ моль}$$

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

$$V_2 = 0,3 \text{ моль}$$



$$1) Q = 0, A = 0,$$

$$Q = \Delta U + A, \Delta U = 0,$$

$$\Delta U = \text{const.}$$

$$2) \frac{3}{2} V_1 RT_1 + \frac{3}{2} V_2 RT_2 = \frac{3}{2} V_1 RT + \frac{3}{2} V_2 RT \quad (\text{и } \frac{3}{2} R)$$

$$V_1 T_1 + V_2 T_2 = V_1 T + V_2 T$$

$$0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280 = 0,5 T$$

$$0,5 T = 60 + 84$$

$$0,5 T = 144$$

$$T = 288 \text{ K} = 15^\circ \text{C}$$

$$1) T_{\text{к-н}}$$

$$2) P_{\text{к-н}}$$

~~$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$~~

~~$$\begin{cases} P_1 V_1 = \nu R T_1 \\ P_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases}$$~~

~~$$\begin{aligned} P_1 V_1 &= \nu R T_1 \\ P_1 V_1 &= \nu R T_1 \end{aligned}$$~~

~~$$\frac{P_1}{P_1} = \frac{T_1}{T_1} = \frac{288}{300} \approx 0,96 = \frac{96}{100} = \frac{24}{25}$$~~

~~$$\begin{aligned} P_1 V_2 &= \nu R T_1 \\ P_2 V_2 &= \nu R T_2 \end{aligned}$$~~

~~$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{288}{280} = \frac{72}{70} = \frac{36}{35}$$~~

~~$$\frac{P_1}{P_2} : \frac{P_1}{P_2} = \frac{24}{25} : \frac{36}{35}$$~~

~~$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{24 \cdot 35}{36 \cdot 25} = \frac{14}{15}$$~~

~~$$P_2 = \frac{14}{15} P_1$$~~

3) $P_k V = \nu R T$

$$P_k \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 8,31 \cdot 288.$$

$$P_k = \frac{144}{10^{-3}} = 144 \cdot 10^3 \text{ Па} = \underline{144 \text{ кПа}}$$

12.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

- $m_{\text{ш}} = m$
 $v = 0$
 $v = v_0$
 $m_2 = 3m$
 1) H_{max}
 2) v_k

№2.

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh_{\text{max}}$$

$$\frac{v^2}{2} = gh$$

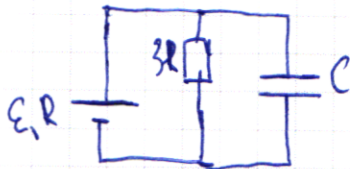
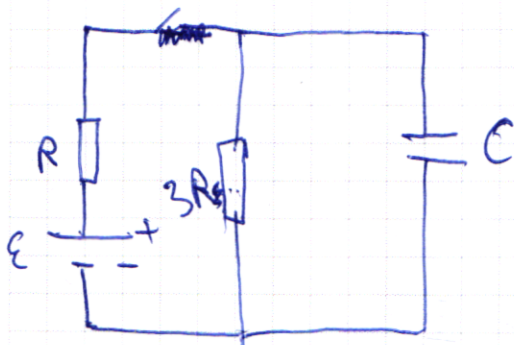
$$(v_0 - v_k)^2 = 2gh_{\text{max}}$$

$$h_{\text{max}} = \frac{(v_0 - v_k)^2}{2g}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{3mv^2}{2} + \frac{mv_k^2}{2}$$

$$v_0^2 = 3v^2 + v_k^2$$

$$v_k = \sqrt{v_0^2 - 3v^2}$$



№5.

$$R_{\text{вн}} = R, R_1 = 3R$$

$$C, \varepsilon, R$$

$$1) I = \frac{\varepsilon}{2+R} = \frac{\varepsilon}{4R}$$

$$U = ? , U = \frac{q}{C} \Rightarrow q = CU, q_{\text{вн}} = C\varepsilon$$

$$C = \frac{q}{U} = \left[\frac{\text{Кл}}{\text{В}} \right]$$

$$2) U = IR = \frac{\varepsilon R}{4R} = \frac{3}{4} \varepsilon$$

3)

$$Q = \frac{CU^2}{2} = \frac{9 \cdot \epsilon \cdot C}{32}$$

NA

$$\frac{mv_0^2}{2} = mg2l + \frac{mv^2}{2}$$

$$m_{\text{з.с.}} = mg + T$$

$$\frac{mv^2}{r} = mg, \quad v^2 = gl$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = 2mg l + \frac{mgl}{2}$$

$$v_0^2 = 4gl + gl = 5gl$$

$$v_0 = \sqrt{5gl} = \sqrt{50 \cdot 0,5} = 5 \text{ м/с.}$$

$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}; \quad C_1 = \frac{34 \epsilon \epsilon_0 S}{d};$$

$$1) C_{\text{эф.}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{16 \epsilon \epsilon_0 S}{8 \epsilon \epsilon_0 S} = 2 C_0$$

$$2) \Delta q = C_{\text{эф.}} U = C_0 U = 2 C_0 \epsilon - \frac{1}{2} C_0 \epsilon = \underline{\underline{\frac{3}{2} C_0 \epsilon}}$$



9-4

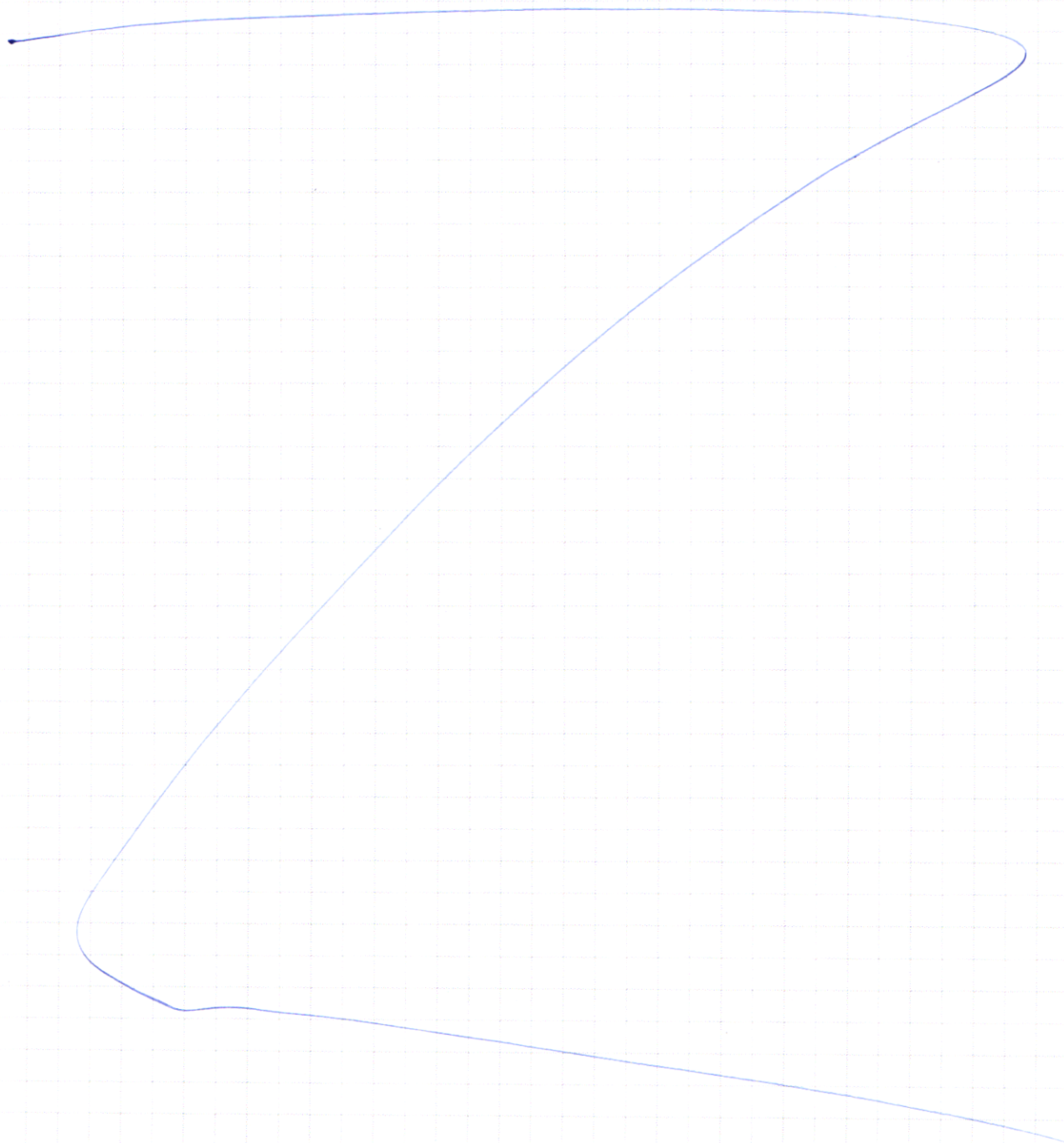
ШИФР

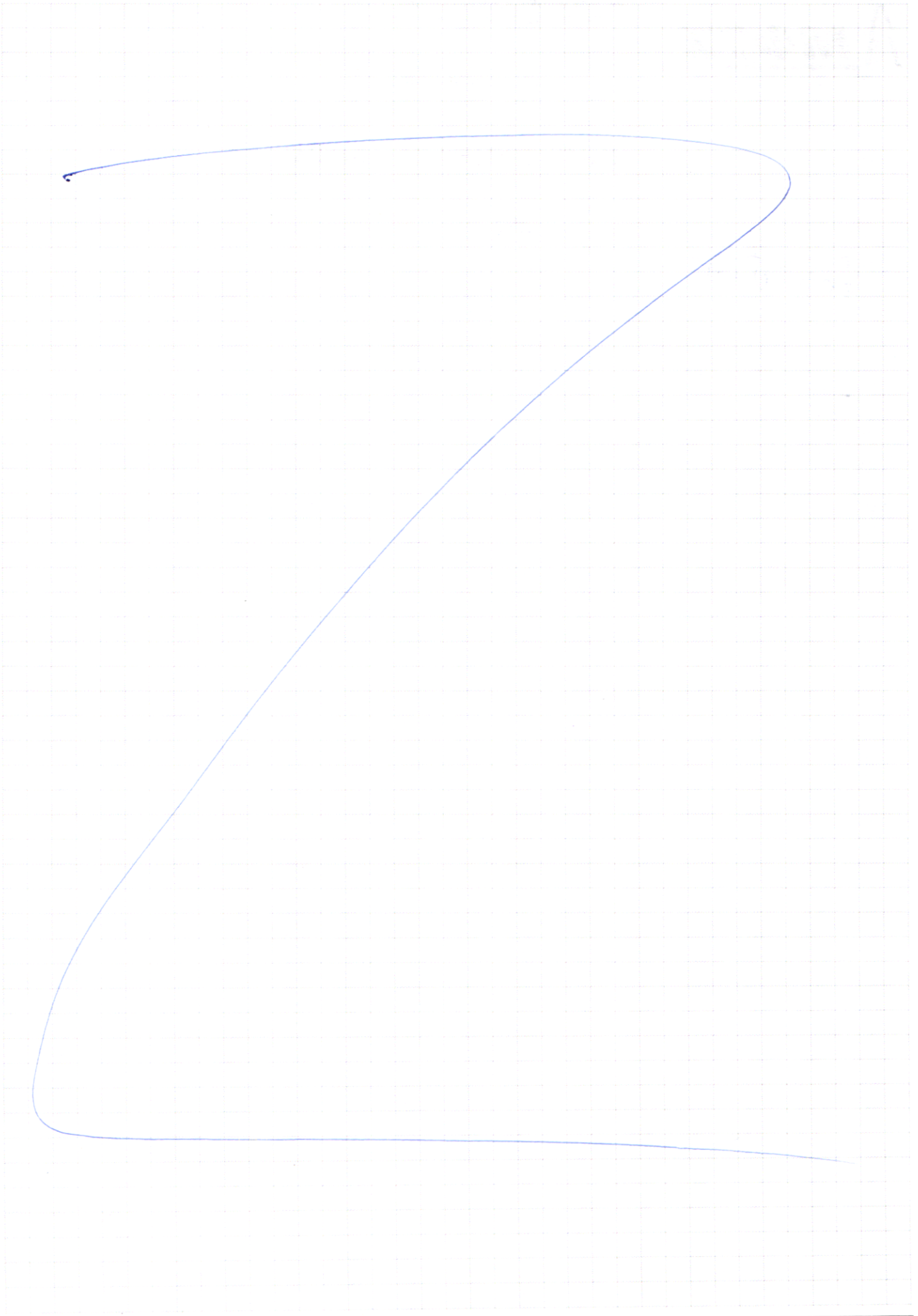
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~$v_0 = 30 + t^2$~~

2.





черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)