

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
- 2) Найти время полета гайки.
- 3) С какой высоты была брошена гайка?

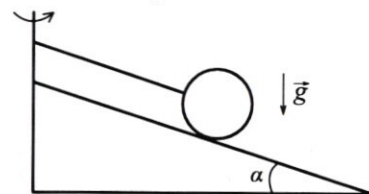
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) За какое время человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

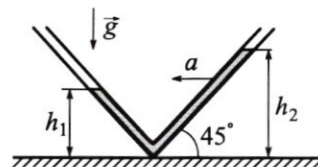


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

- 1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?
- 2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$2v_0$$

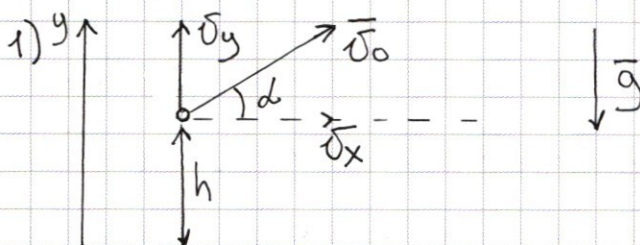
$$v_y' - ?$$

$$t - ?$$

$$h - ?$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:



П.и. ускорение действует
вниз параллельно оси

Oy , горизонтальная составляющая скорости не изменяется $\Rightarrow v_x' = v_x = v_0 \cos \alpha$

$$v_y' = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 30^\circ} = v_0 \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0$$

$$2) Oy: v_y - gt = -v_y', \text{ где } v_y = v_0 \sin \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{v_0 \sin \alpha + v_0 \frac{\sqrt{13}}{2}}{g} = \frac{v_0}{2g} (1 + \sqrt{13})$$

$$3) Oy: -h = \frac{(v_y')^2 - (v_y)^2}{-2g} \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g} \left(\frac{13}{4} - \frac{1}{4} \right) = \frac{3v_0^2}{2g}$$

Ответ: 1) $v_y' = 5\sqrt{13} \text{ м/с} \approx 18 \text{ м/с}$

2) $t = \frac{1 + \sqrt{13}}{2} \text{ с} \approx 2,3 \text{ с}$

3) $h = 15 \text{ м}$

2. Дано:

$S; m; \mu;$

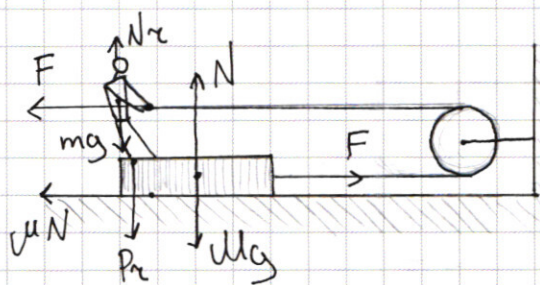
$M = 2m$

$N - ?$

$F_0 - ?$

$t - ?$

Решение:



$$\left. \begin{aligned} 1) N &= \mu mg + P_r \\ P_r &= N_r = mg \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = 3mg$$

$$2) F_0 = F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$\Rightarrow F_0 = 3\mu mg$$

$$3) \begin{cases} F - F_{\text{мп}} = 3ma \quad (a \neq 0, \text{ т.е. } F > F_0, \text{ а } F_0 = F_{\text{тр}}) \\ S = \frac{at^2}{2} \end{cases}$$

$$F - F_{\text{мп}} = F - 3\mu mg = a \Rightarrow \frac{F}{3m} - \mu g = a \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S = \frac{F - 3\mu mg}{6m} \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{6mS}{F - 3\mu mg}}$$

Ответ: 1) $N = 3mg$;

2) $F_0 = 3\mu mg$;

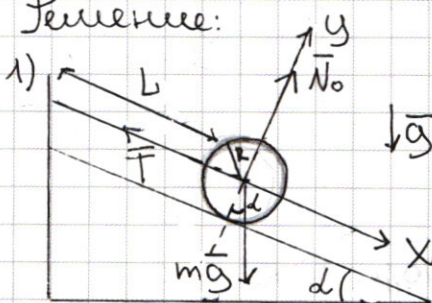
3) $t = \sqrt{\frac{6mS}{F - 3\mu mg}}$

3. Дано:

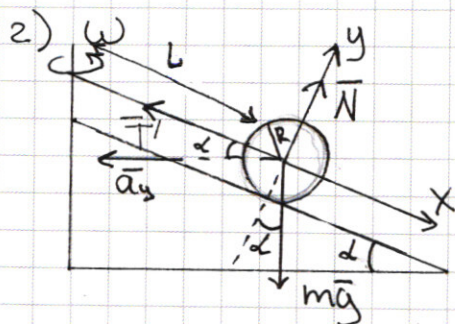
$m; R; d; L; \omega$

$N_0 - ?; N - ?$

Решение:



$$O_y: N_0 = mg \cos \alpha$$



$$a_y = \omega^2 x, \text{ где } x = (L + R) \cos \alpha$$

$$O_y: -ma_y \sin \alpha = N - mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow N = m(g \cos \alpha - \sin \alpha \cos \alpha (L + R) \omega^2)$$

☐ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 2

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1) $N_0 = mg \cos \alpha$
2) $N = m \cos \alpha (g - \sin \alpha (L+R) \cdot \omega^2)$

4. Дано:
 $\alpha = 45^\circ$;
 $a = 4 \text{ м/с}^2$;
 $h_1 = 10 \text{ м}$;
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $h_2 = ?$
 $v = ?$
($h_2 > h_1$)

Решение:

1) $ma = \Delta p S \Rightarrow g S \Delta h = (h_2 - h_1) g S$, где

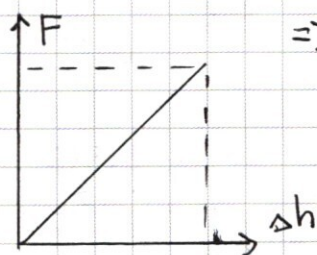
$$l = \frac{h_2 + h_1}{\cos 45^\circ} \Rightarrow \frac{h_2 + h_1}{\cos 45^\circ} \cdot a = (h_2 - h_1) g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_2 + h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{g}{a} (h_2 - h_1) \Rightarrow h_2 \left(\frac{\sqrt{2} \cdot 5}{4} - 1 \right) =$$

$$= h_1 \left(\frac{\sqrt{2} \cdot 5}{4} + 1 \right) \Rightarrow h_2 = h_1 \left(\frac{\sqrt{2} \cdot 5 + 4}{\sqrt{2} \cdot 5 - 4} \right) \approx 36 \frac{2}{3} \text{ м}$$

2) $F = \Delta p S = g S \Delta h$ - линейная зависимость

$$\Rightarrow \frac{F \cdot \Delta h}{2} = \frac{mv^2}{2}, \text{ где } F = g S \Delta h \text{ и } m = g S l = g S \frac{(h_2 + h_1)}{\cos 45^\circ}$$



$$\Rightarrow \frac{g S (h_2 - h_1)^2}{2} = \frac{g S (h_2 + h_1) \cdot 2 \cdot v^2}{\sqrt{2}} \Rightarrow v^2 = \frac{\sqrt{2} g (h_2 - h_1)^2}{4 (h_2 + h_1)}$$

$$h_2 - h_1 = h_1 \frac{\sqrt{2} \cdot 5 + 4 - \sqrt{2} \cdot 5 + 4}{\sqrt{2} \cdot 5 - 4} = h_1 \cdot \frac{8}{\sqrt{2} \cdot 5 - 4}$$

$$h_2 + h_1 = h_1 \cdot \frac{10 \sqrt{2}}{5 \sqrt{2} - 4} = \frac{\sqrt{2}}{5 \sqrt{2} - 4}$$

$$\Rightarrow v = \frac{8}{10 \cdot 2} \cdot \frac{1}{(5 \sqrt{2} - 4)} \sqrt{g (5 \sqrt{2} - 4)} \approx \frac{11}{15} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $h_2 = 36\frac{2}{3} \text{ см}$

2) $\sigma = \frac{11}{15} \text{ м/с}$

5. Дано:

$T = 300^\circ \text{K};$

$P = 3,55 \cdot 10^5 \text{ Па};$

$\gamma = 5,6;$

$g = 12 \text{ г/см}^3;$

$\mu = 18 \text{ г/моль};$

$\frac{g_{\text{нара}}}{g} - ?$

$\frac{V_1}{V_0} - ?$

Решение:

1) $\frac{pV}{T} = \nu R = \frac{m}{\mu} R \Rightarrow \frac{p}{T} = \frac{gR}{\mu} \Rightarrow g_{\text{нара}} = \frac{p\mu}{RT}$

$\frac{g_{\text{нара}}}{g} = \frac{p\mu}{gRT} = \frac{3,55 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} \cdot 18}{10^3 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 10^2} \approx \frac{7}{3} \cdot 10^{-3}$

2) В данном процессе $\frac{V}{\nu} = \text{const}$

$\frac{V_0}{\nu_0} = \frac{RT}{P} = \frac{V_1}{\nu_1}, \text{ где } V_1 = \frac{V_0}{5,6} \Rightarrow \nu_0 = 5,6 \nu_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow \nu_1 = \frac{\nu_0}{5,6}; \Delta m = \mu(\nu_0 - \nu_1), \text{ где } \Delta m =$

масса конденсированной воды = $gV_0 \Rightarrow$

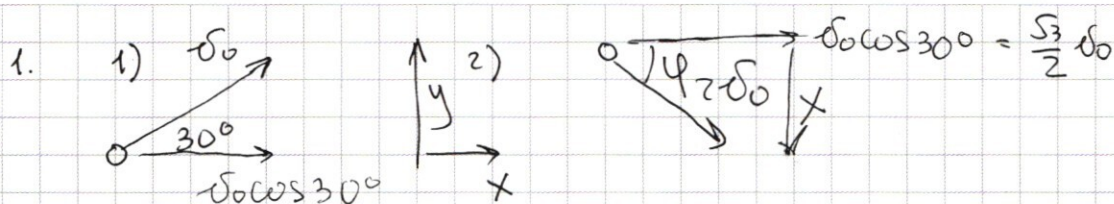
$\Rightarrow V_0 = \frac{\mu(\nu_0 - \frac{\nu_0}{5,6})}{g} = \frac{\mu\nu_0 \cdot 4,6}{5,6g} \left. \begin{array}{l} V_1 = \frac{RT}{P} \cdot \frac{\nu_0}{5,6} \\ \Rightarrow \frac{V_1}{V_0} = \frac{RT\nu_0}{5,6P} \cdot \frac{5,6g}{\mu\nu_0 \cdot 4,6} = \end{array} \right\}$

$= \frac{8,31 \cdot 3 \cdot 10^2 \cdot 10^3}{3,55 \cdot 10^5 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 4,6} = \frac{302}{355 \cdot 10^{-2}} = 0,85 \cdot 100 = 85$

Ответ: 1) $\frac{7}{3} \cdot 10^{-3}$

2) 85

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

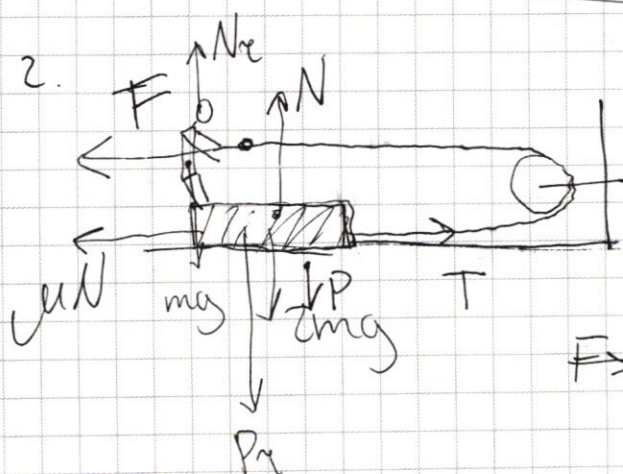


$$\sigma_y = \sqrt{4\sigma_0^2 - \sigma_0^2 \cdot \frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{13}}{2} \sigma_0$$

$$s = \frac{\sigma_0^2 - \sigma_0^2}{-2g} = \frac{4\sigma_0^2 - \sigma_0^2}{-2g} = \sigma_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_y: \sigma_0 \sin 30^\circ - gt &= -2\sigma_0 \sin \varphi \\ x = 4 \quad \sin \varphi &= \frac{\sqrt{13}}{2} : 2 = \frac{\sqrt{13}}{4} \end{aligned} \right\} \Rightarrow t = \frac{\sigma_0 (\sin 30^\circ + 2 \frac{\sqrt{13}}{4})}{g}$$

$$-h = \sigma_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

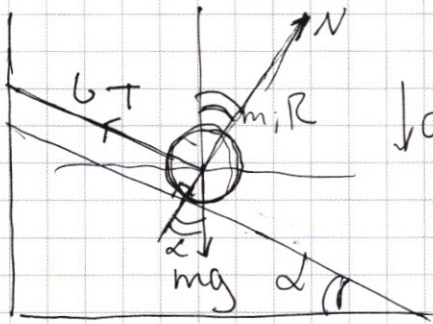


$$P = N = 3mg$$

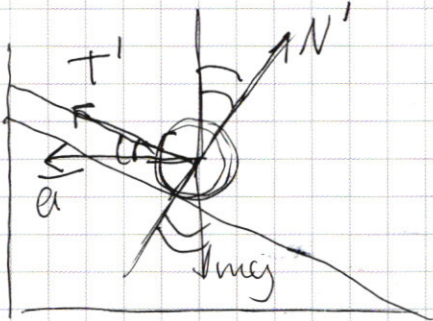
$$\begin{aligned} F > F_0 &\Rightarrow T - \mu \cdot 3mg > 0 = ma \\ F > F_0 &\Rightarrow 3m \\ S &= \frac{at^2}{2} \Rightarrow \end{aligned}$$

$$F_0 = T = \mu \cdot 3mg - \min$$

$$\Rightarrow \sqrt{\frac{2S}{\frac{T}{m} - 3\mu g}} = t$$



1) $T = mg \sin \alpha$
 $N = mg \cos \alpha$



$N' \neq 0$

$m a \cos \alpha = T' - mg \sin \alpha$
 $-m a \sin \alpha = N' - mg \cos \alpha$

$N' = mg \cos \alpha - m a \sin \alpha$

$R\omega = v \quad \frac{v^2}{R} = a \Rightarrow \omega^2 R = a$

$h_2 + h_1 = \frac{\sqrt{2} \cdot g}{2 \cdot a} (h_2 + h_1)$

$a = \omega^2 (L + R)$

$h_2 \left(1 - \frac{\sqrt{2} \cdot 5}{4}\right)$

$h_1 \left(1 + \frac{\sqrt{2} \cdot 5}{4}\right) =$

4. $\Delta p S = m a$

$\frac{h_2}{\omega \cdot x_2} = h_2 \left(\frac{\sqrt{2} \cdot 5}{4} - 1\right)$

$(h_1 - h_2) g \cos 45^\circ = \frac{(h_1 + h_2) g}{\cos 45^\circ} a$

$$\begin{array}{r} 440 \overline{) 156} \\ \underline{312} \\ 128 \end{array}$$

$\frac{10(10-x)}{10+x} = \frac{4 \cdot 2}{\sqrt{2}} = \frac{8}{\sqrt{2}} = 4\sqrt{2}$

$$\begin{array}{r} \times 1,4 \\ 4 \\ \hline 5,6 \end{array}$$

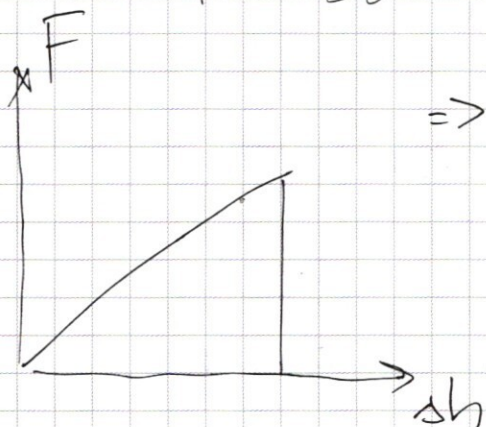
$100 - x \cdot 10 = 4\sqrt{2} \cdot 10 + 4\sqrt{2} x$

$x(10 + 4\sqrt{2}) = 100 - 4\sqrt{2} \cdot 10 = 10(10 - 4\sqrt{2})$

$x = 10 \cdot \left(\frac{10 - 4\sqrt{2}}{10 + 4\sqrt{2}}\right) = 10 \cdot \frac{4,4}{15,6}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F = \Delta p S = \rho g \Delta h S - \text{мин. значение}$$



$$\Rightarrow \frac{F \frac{\Delta h}{2}}{2} = \frac{m_{\text{мин}} \sigma^2}{2}$$

$$\frac{\rho g \Delta h^2 S}{2} = \frac{\rho g (h_2 + h_1) S}{2 \cos 45^\circ} \cdot \sigma^2$$

$$\sigma^2 = \frac{(h_2 - h_1)^2 \sqrt{2} (h_2 + h_1)}{4}$$

5. $T = 27^\circ\text{C}$
 $p = 3,55 \cdot 10^3$
 $\varphi = 100\%$
 $T = \text{const}$

$$\frac{pV}{T} = \nu R = \frac{m}{\mu} R \quad \frac{p_0 V_0}{T} = \nu_0 R$$

$$\frac{p}{T} = \frac{\rho R}{\mu} \Rightarrow \rho_{\text{норм}} = \frac{p \mu}{RT} = x$$

$$\mu(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$$

$$\frac{\rho_{\text{норм}}}{\rho_{\text{возд}}} = \frac{x}{1000 \text{ кг/м}^3}$$

2) $\frac{V_0}{V_1} = 5,6$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_0}{V_6} = \frac{RT}{p} =$$

$$pV = \nu RT \quad RT = \text{const} \quad \frac{V}{\nu} = \frac{RT}{p} = \text{const}$$

$$\frac{5,6 V_1}{V_0} = \frac{RT}{p} = \frac{V_1}{V} \Rightarrow V = \frac{V_0}{5,6}$$

$$\gamma = \frac{V_0}{5,6}$$

$$m_{\text{max}} = \mu V_0$$

$$m_1 = V_1 \mu$$

$$\begin{array}{r} \times 8310 \\ 3 \\ \hline 2493604,6 \\ 230 \\ \hline 1,93 \\ 1549,5 \end{array}$$

$$m_0 - m_1 = \Delta m_{\text{выг}} = \rho V \Delta \gamma$$

1300

$$\begin{array}{r} 35 \\ \times 35 \\ \hline 175 \\ 105 \\ \hline 1225 \end{array}$$

$$\frac{V_1}{V_0} =$$

$$\frac{V_0 RT}{5,6 p}$$

$$\cdot \mu \left(\gamma_0 - \frac{1}{\gamma_0} \right) =$$

$$\frac{V_0 RT}{5,6 p}$$

$$\cdot \frac{5,6}{8}$$

$$= \frac{3 RT}{8 p \mu \cdot 4,6}$$

$$\mu \sqrt{6 \left(\frac{5,6 - 1}{E_{\text{выг}}} \right)}$$

$$p \mu \cdot 4,6$$

$$\begin{array}{r} \times 1,454 \\ 5 \\ \hline 7 \\ 110 \end{array}$$

$$30,5$$

μ

$$\begin{array}{r} 3060 \\ \times 3,55 \\ \hline 10860 \\ 355 \\ \hline 10860 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 355 \\ \times 3,55 \\ \hline 1208 \\ 1208 \\ \hline 12680 \end{array}$$

$$36 - 0$$

$$36 \overline{) 11063}$$

$$36 \overline{) 11063} \quad 36^2 = 1296$$

$$3 \overline{) 20}$$

$$3 \overline{) 20} \quad 13$$

$$3 \overline{) 20} \quad 13$$

$$3 \overline{) 20} \quad 13$$

$$3 \overline{) 20} \quad 13$$

$$3 \overline{) 20} \quad 13$$

$$3 \overline{) 20} \quad 13$$

$$3 \overline{) 20} \quad 13$$

$$3 \overline{) 20} \quad 13$$

$$3 \overline{) 20} \quad 13$$

$$3020 / 355$$

$$2240$$

$$1800$$

$$1775$$

$$275$$

$$2975$$

$$3025$$

$$8 \overline{) 2130} \quad \sqrt{10-3} \hat{=}$$

$$\approx \frac{2}{15} \cdot \frac{11}{2}$$

$$100$$

$$100$$

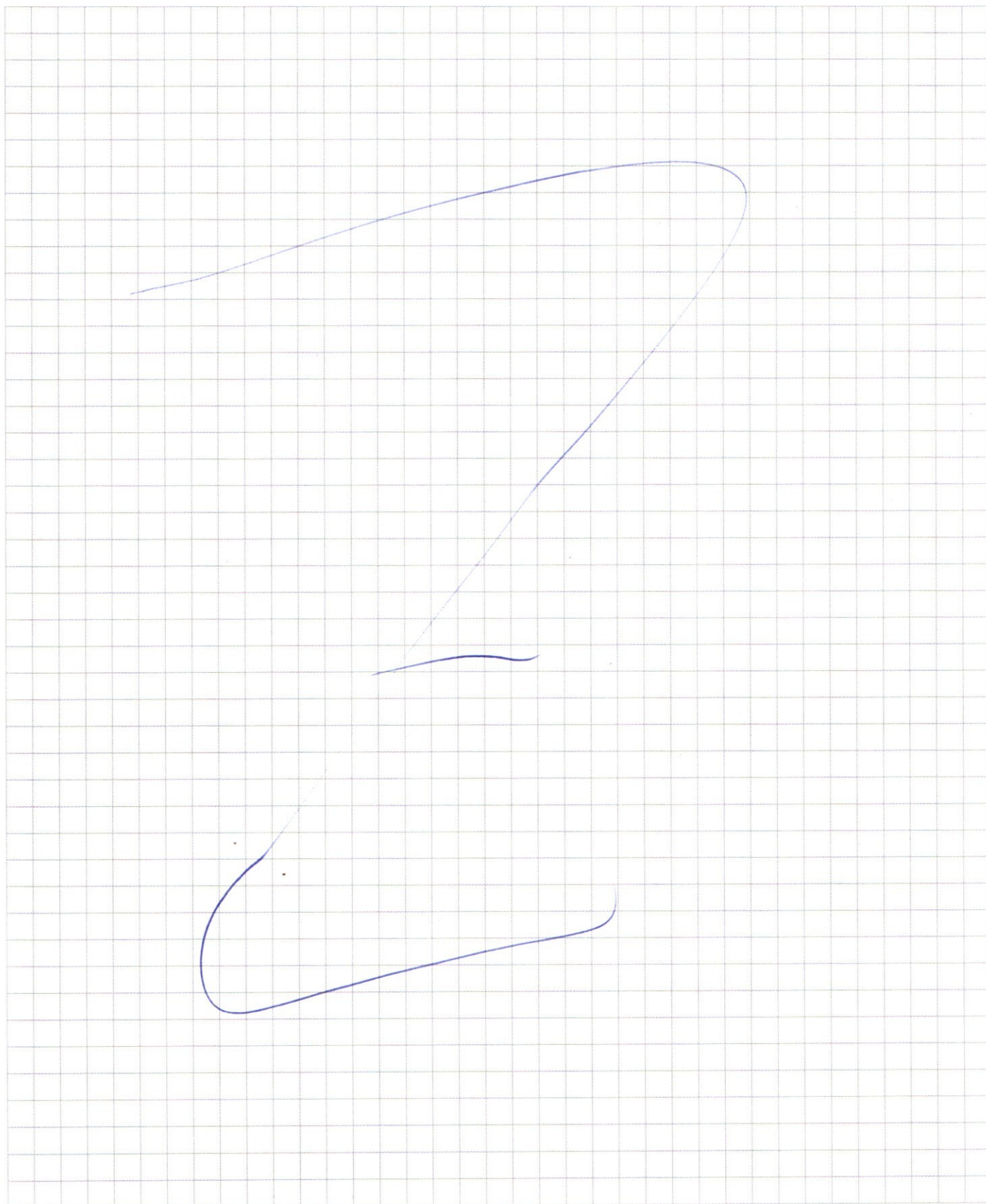
$$100$$

$$100$$

$$100$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



☒ черновик

☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)

