

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Вариант 10-02

Класс 10

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?

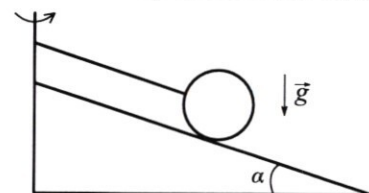
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

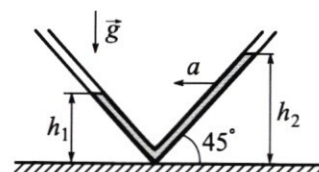


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.

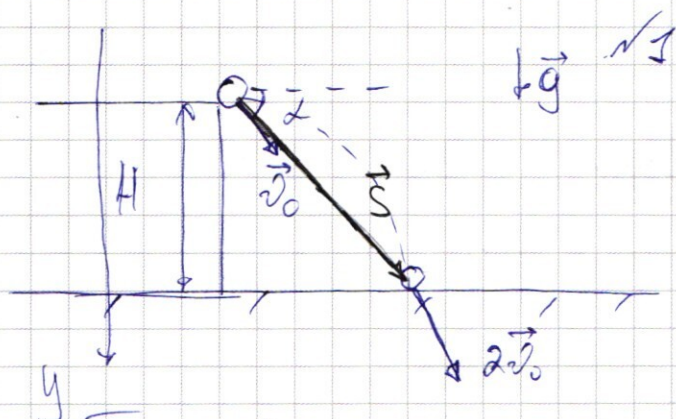


5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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



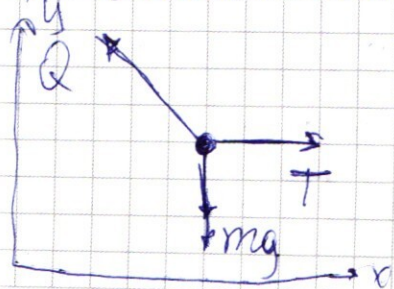
$$\begin{aligned} 1) \text{ЗСЭ: } \frac{mv_0^2}{2} + mgH &= \\ &= 2mv_0^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow H &= \frac{3v_0^2}{2g} = 15 \text{ (м)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{Пусть } t_n - \text{время падения, } \vec{S} &= \vec{v}_0 t_n + \frac{\vec{g} t_n^2}{2} \\ \text{ОУ: } H &= v_0 \sin \alpha t_n + \frac{g t_n^2}{2}; \quad \frac{g}{2} t_n^2 + v_0 \sin \alpha t_n - \frac{3v_0^2}{2g} = 0 \\ \Leftrightarrow t_n &= \frac{-v_0 \sin \alpha \pm v_0 \sqrt{\sin^2 \alpha + 3}}{g} = \frac{v_0}{g} (\sqrt{\sin^2 \alpha + 3} - \sin \alpha) \\ (\text{2-ой корень отрицат.}) &\Rightarrow t_n = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Отметим: } 3) 2\vec{v}_0 &= \vec{v}_0 + \vec{g} t_n; \quad \text{ОУ: } v_y = v_0 \sin \alpha + g t_n \\ (\sqrt{\sin^2 \alpha + 3} - \sin \alpha) &= v_0 \sqrt{\sin^2 \alpha + 3} = 5\sqrt{13} \text{ (м/с)} \\ (v_y - \text{вспомог. ском. } 2\vec{v}_0). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ответ: } 1) v_0 \sqrt{\sin^2 \alpha + 3} &= 5\sqrt{13} \text{ м/с; } 2) t_n = \frac{v_0}{g} (\sqrt{\sin^2 \alpha + 3} - \sin \alpha) \\ &= \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ (с); } 3) H = \frac{3v_0^2}{2g} = 15 \text{ м.} \end{aligned}$$

1) Даны: сила, дейст. на тел:

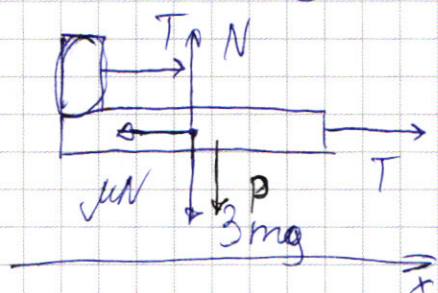


$$\begin{aligned} 23 \text{ Н: ОХ: } |T| &= |Q_x|; \\ \text{ОУ: } |mg| &= |Q_y| \quad (Q - \text{сила реакции} \\ &\text{от стир. бруска)} \end{aligned}$$

2) Даны: Брусок: (N - сила реакции со стороны пола)

2ЗН: ОУ: $N = 2mg + |Q_y| = 3mg$
По 3-й закону $P = N = 3mg$

3) Даны: две-у брус. + Брусок, если $a = 0$:



2ЗН: ОХ: $2T - 3\mu mg = 0 \Rightarrow$

$$T = \frac{3}{2} \mu mg$$

По 3-й закону: $T = F$.

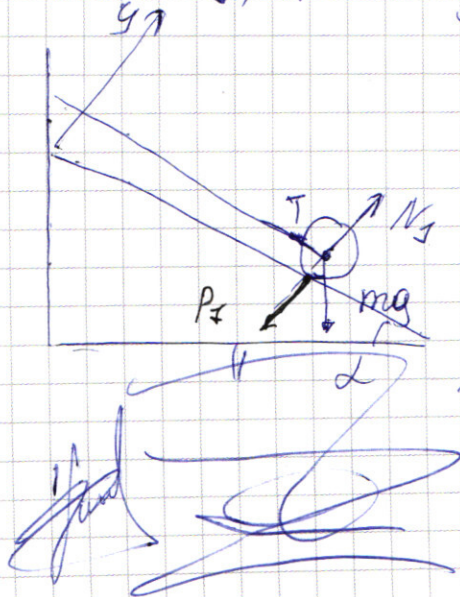
$F = F_0$, при $a = 0$, $\Rightarrow F_0 = T = \frac{3}{2} \mu mg$.

4) Если $F > F_0$, то брусок:

2ЗН: ОХ: $2F - 3\mu mg = 3ma$; $S = \frac{at^2}{2}$, т.к. брусок
скор. равна нулю, $\Rightarrow$

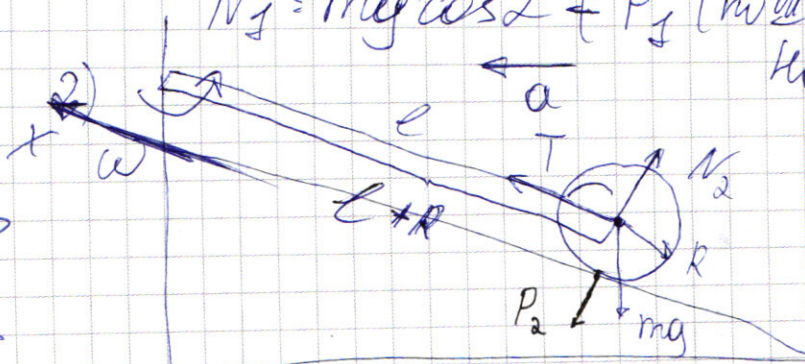
$\Rightarrow 2F - 3\mu mg = 6m \frac{S}{t^2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$

Ответ: 1) $P = 3mg$; 2) $F_0 = \frac{3}{2} \mu mg$; 3) $t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$.



1) 2ЗН: ОУ: $N_1 - mg \cos \alpha = 0$

$N_1 = mg \cos \alpha \neq P_1$ (по 3-й закону)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Палец ускор шары кверху кверху ~~вертикально~~
горизонтально

3) 234: ОУ: $N_2 - mg \cos \alpha = -ma \sin \alpha$

$$N_2 = m(g \cos \alpha - a \sin \alpha)$$

ОХ: $T - mg \sin \alpha = ma \cos \alpha$; $a \cos \alpha = \omega(l+R) \Rightarrow$

$$\Rightarrow N_2 = a = \frac{\omega(l+R)}{\cos \alpha} \Rightarrow$$

$$N_2 = m(g \cos \alpha - \omega \tan \alpha (l+R)) = P_2 \text{ (но } \pi \text{ з-у не вст.)}$$

Ответ: $\sqrt{5}$ $P_1 = mg \cos \alpha$; $P_2 = m(g \cos \alpha - \omega \tan \alpha (l+R))$.

1) Пусть p_n - число пар. По ур-ю Менделеева-Кулона:

$$p = \frac{p_n}{\mu} RT; \quad p_n = \frac{p \mu}{RT} \Rightarrow$$

$$\frac{p_n}{p} = \frac{p \mu}{p RT} \approx 0,26 \cdot 10^{-4}$$

2) Пусть Δm - масса слонящего пара, а m_n - масса пара, V - объем смеси пара.

$$pV = \frac{m_n}{\mu} RT; \quad \frac{pV}{\gamma} = \frac{m_n - \Delta m}{\mu} RT \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \gamma(m_n - \Delta m) = m_n \Rightarrow \Delta m = \gamma \frac{m_n(\gamma - 1)}{\gamma}$$

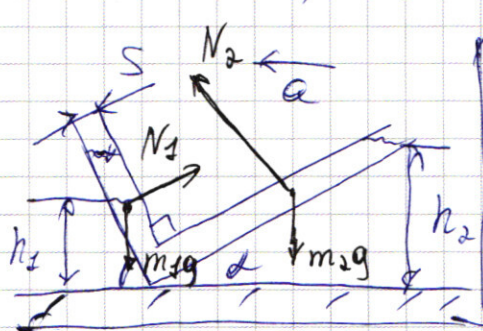
$$= \frac{23}{28} m_n$$

3) $p_n = \frac{m_n - \Delta m}{V_n} \Rightarrow V_n = \frac{5 m_n}{28 p_n}$

$$\rho = \frac{\Delta m}{V_b} \Rightarrow V_b = \frac{23 m_n}{23 \rho} \Rightarrow (V_n - \text{объем паров в канале}; V_b - \text{объем воды в канале})$$

$$\Rightarrow \frac{V_n}{V_b} = \frac{5 \rho}{23 \rho_n} \approx 8 \cdot 10^{-3}$$

Ответ: 1) $0,26 \cdot 10^{-4}$; 2) $8 \cdot 10^{-3}$.



1) Пусть N_1 и N_2 - силы реакции со стенок трубы на части жидк высотой h_1 и h_2 , тогда

$$\Sigma 234: OX: N_2 \sin \alpha - N_1 \cos \alpha = (m_1 + m_2) a$$

(m_1 и m_2 - массы частей жидк.)

2) Силы реакции из частей.

$$\Sigma 234: OY: N_1 \sin \alpha = m_1 g; N_2 \cos \alpha = m_2 g$$

3) Пусть массы жидк - ρ , а площадь сеч. трубы - S :

$$m_1 = \rho S \frac{h_1}{\sin \alpha}; m_2 = \rho S \frac{h_2}{\sin \alpha}$$

$$4) \frac{\rho h_2 S g \sin \alpha}{\sin \alpha \cdot \cos \alpha} - \frac{\rho h_1 S g \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} = \frac{\rho S a}{\sin \alpha} (h_1 + h_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_2 (g \tan \alpha - a) = h_1 (g \cot \alpha + a) \Rightarrow$$

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{g \cot \alpha + a}{g \tan \alpha - a} = 0,23 \text{ (м)} = 23 \text{ (см)}$$

$$\text{Ответ: 1) } h_2 = h_1 \cdot \frac{g \cot \alpha + a}{g \tan \alpha - a} = 0,23 \text{ 23 см.}$$

$$\left[\Delta m = \frac{46}{56} m_n = \frac{23}{28} m_n \right] \quad \rho_n = \frac{m_n - \Delta m}{V_n}$$

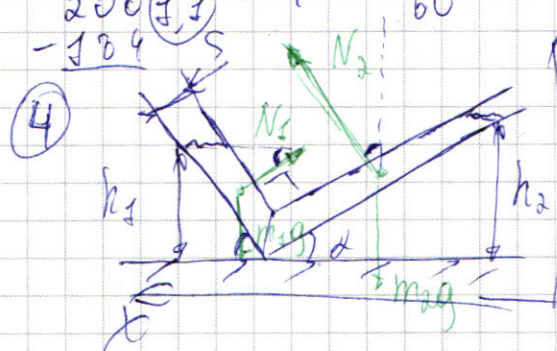
$$\rho = \frac{\Delta m}{V_b} ; m_b = \rho V_b ; V_n = m_n \cdot v$$

$$m_n - \Delta m = \frac{5}{28} m_n ; \rho_n = \frac{5 m_n}{28 V_n} ; N_n = \frac{5 m_n}{28 \rho_n}$$

$$\rho = \frac{23 m_n}{28 V_b} ; V_b = \frac{23 m_n}{28 \rho}$$

$$\left[\frac{V_n}{V_b} = \frac{5 m_n - 28 \rho}{28 \rho_n \cdot 23 m_n} = \frac{5 \rho}{23 \rho_n} = \frac{5}{23} \cdot \frac{5 \cdot 10^4}{1,3} \approx 0,8 \cdot 10^4 \approx 8 \cdot 10^3 \right]$$

$$\begin{array}{r} 25 \overline{) 23} \\ - 23 \quad 1,08 \\ \hline 200 \quad 1,1 \\ - 184 \\ \hline 16 \end{array} \quad \begin{array}{r} 23 \overline{) 184} \\ - 184 \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 11 \overline{) 13} \\ - 11 \quad 0,8 \\ \hline 20 \quad 0,8 \end{array} \quad \begin{array}{r} 23 \overline{) 10} \\ - 23 \quad 0,4 \\ \hline 10 \quad 0,4 \end{array}$$



$$1) N_2 \sin \alpha - N_1 \cos \alpha = Ma$$

$$2) N_1 \sin \alpha = m_1 g ; N_2 \cos \alpha = m_2 g$$

$$N_2 \cdot \frac{m_2 g}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha - \frac{m_1 g}{\sin \alpha} \cos \alpha = (m_1 + m_2) a$$

$$m_1 = \rho \frac{h_1}{\sin \alpha} S ; m_2 = \rho \frac{h_2}{\sin \alpha} S \quad \text{* параллель поверхности}$$

$$\rho \frac{h_2 g \sin \alpha}{\sin \alpha \cdot \cos \alpha} - \frac{\rho h_1 g \cos \alpha}{\sin \alpha} = \rho S a (h_1 + h_2)$$

$$g(h_2 \operatorname{tg} \alpha - h_1 \operatorname{ctg} \alpha) = (h_1 + h_2) a$$

$$g h_2 \operatorname{tg} \alpha - h_2 a = h_1 a + g h_1 \operatorname{ctg} \alpha$$

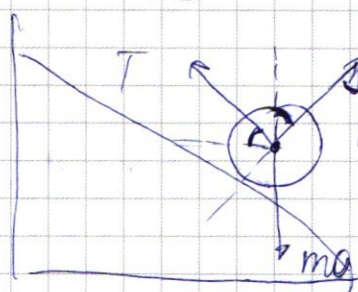
$$h_2 (g \operatorname{tg} \alpha - a) = h_1 (g \operatorname{ctg} \alpha + a)$$

$$\left[h_2 = h_1 \frac{g \operatorname{ctg} \alpha + a}{g \operatorname{tg} \alpha - a} = 0,5 \cdot \frac{10 \cdot 1 + 4}{10 \cdot 1 - 4} = \frac{14}{6} = \frac{7}{3} \approx 2,3 \right]$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$Ox: T - mg \sin \alpha = ma \cos \alpha$; $N_2 = m(g \cos \alpha - a \sin \alpha)$
 $Oy: N_2 - mg \cos \alpha = -ma \sin \alpha$; $N_2 = m(g - a \sin \alpha)$
 $a \cos \alpha = \omega(\ell + R)$; $T = m(g \sin \alpha + \omega \ell + \omega R)$
 $a = \frac{\omega(\ell + R)}{\cos \alpha}$

$2) \left[N_2 = m(g + \omega \tan \alpha (\ell + R)) \right]$ $N \sim \sin \alpha$
 $\left[N_2 = m(g \cos \alpha - \omega \tan \alpha (\ell + R)) \right]$



$N_2 \cos \alpha + T \sin \alpha = mg$
 $mg \cos^2 \alpha - m \omega \sin \alpha (\ell + R) +$
 $+ mg \sin^2 \alpha + m \omega \sin \alpha (\ell + R) = mg$

4



5

$pV = \frac{m}{\mu} RT$

$p = \frac{p_n}{\mu} RT$

$p_n = \frac{p \mu}{RT}$

$\frac{p_n}{p} = \frac{p \mu}{p RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 8,31 \cdot 300} \approx \frac{1,3}{5 \cdot 10^4} \approx$
 $\approx 0,26 \cdot 10^{-4}$

$p_n = \frac{m_n}{V} = \frac{m_n - \Delta m}{V}$
 $p_n = 5,6 \text{ V}$

$m_n 5,6(m_n - \Delta m) = m_n$
 $5,6 \Delta m = 4,6 m$

$pV = \frac{m_n}{\mu} RT$

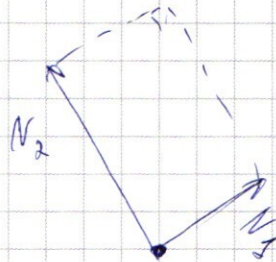
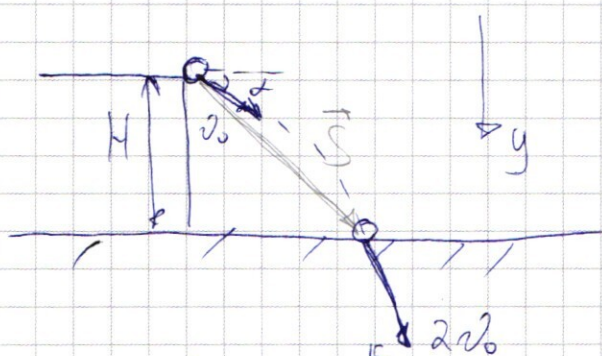
$p \frac{V}{m_n} = \frac{m_n - \Delta m}{\mu} RT$

$\frac{m_n RT}{5,6 \mu} = \frac{m_n - \Delta m}{\mu} RT$

11
 $3,55$
 $10,65$
 $10,65 / 8,31$
 $1,28$
 2340
 1662
 6780
 6648
 1315
 10026
 30
 30

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)



$$1) \left[H = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 100}{2 \cdot 10} = 15 \text{ (m)} \right]$$

$$2) \vec{S} = v_0 t_n + \frac{g t_n^2}{2}; \text{ по } y: H = v_0 \sin \alpha t_n + \frac{g}{2} t_n^2$$

$$\frac{g}{2} t_n^2 + v_0 \sin \alpha t_n - \frac{3}{2} \frac{v_0^2}{g} = 0$$

$$\Delta = v_0^2 \sin^2 \alpha + 4 \cdot \frac{g}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{v_0^2}{g} = v_0^2 \sin^2 \alpha + 3v_0^2$$

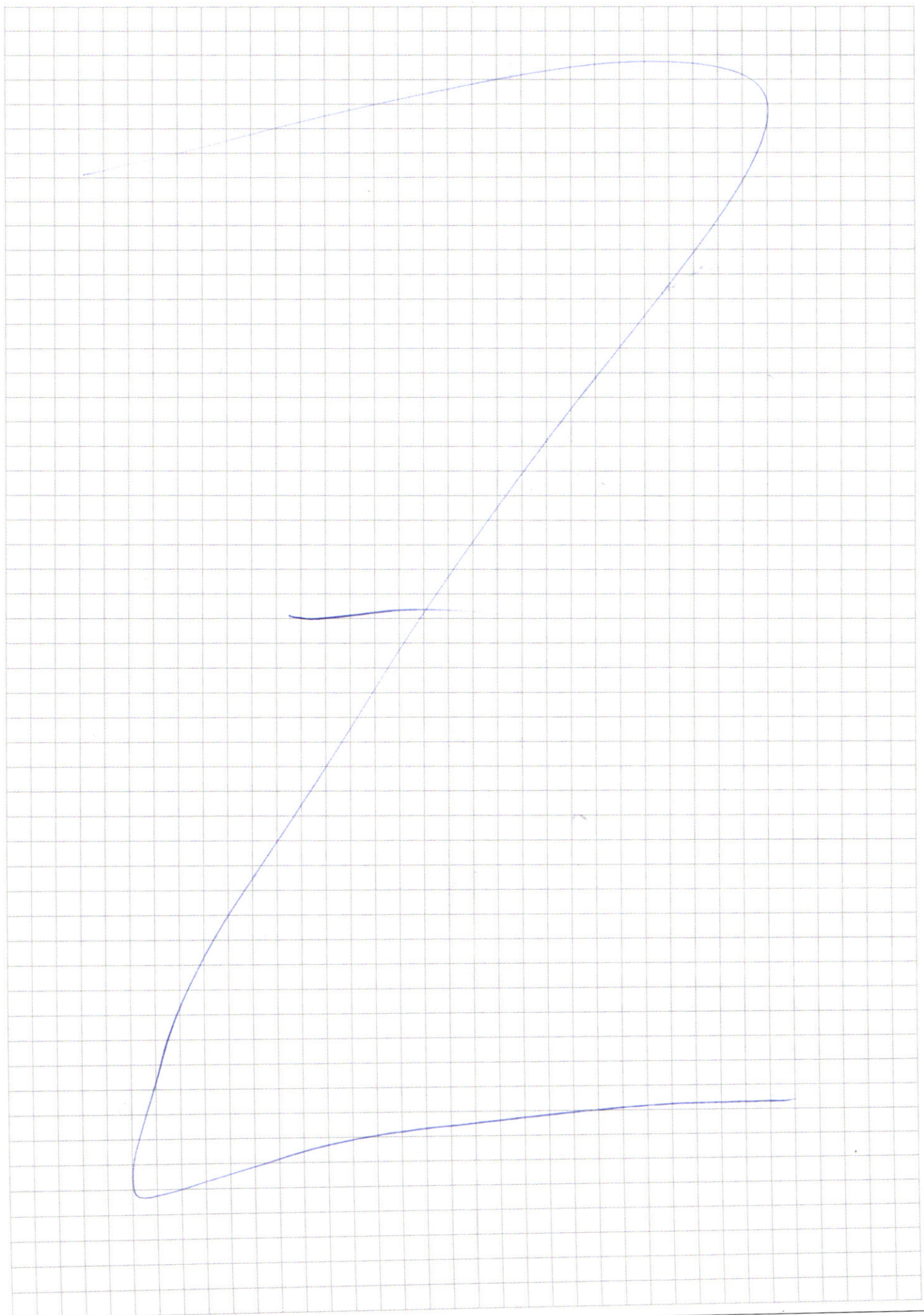
$$t_n = \frac{-v_0 \sin \alpha \pm v_0 \sqrt{\sin^2 \alpha + 3}}{g} = \frac{v_0}{g} (\sqrt{\sin^2 \alpha + 3} - \sin \alpha) =$$

$$= \frac{10}{10} \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{4} + 3} - \frac{1}{2} \right) = \frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2}$$

$$3) v_y = v_{0y} + g t_n = v_0 \sin \alpha + v_0 \sqrt{\sin^2 \alpha + 3} =$$

$$= 10 \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{13}}{2}} = 5\sqrt{13} \text{ (m/s)}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{m \cdot 4v_0^2}{2}; \quad gh = \frac{3}{2} v_0^2; \quad h = \frac{3v_0^2}{2g}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}; \vec{S} = \frac{\vec{v}_0 + 2\vec{v}_0}{2} \cdot t_n$
 $2\vec{v}_0 = \vec{v}_0 + \vec{g} t$
 Oy: $v_y = v_{0y} + g t_n; v_y = -v_0 \sin \alpha + g t_n$ (v_y - берем по модулю $2v_0$; t_n - время)
 2) Oy: $H = -v_0 \sin \alpha t_n + \frac{g t_n^2}{2}; H = 2v_0^2$
 3) $mgH + \frac{mv_0^2}{2} = m \cdot 2v_0^2; gH = \frac{3}{2} v_0^2; H = \frac{3v_0^2}{2g}$
 $t_n^2 \frac{g}{2} - v_0 \sin \alpha t_n - \frac{3}{2g} v_0^2 = 0$
 $D = v_0^2 \sin^2 \alpha + 4 \cdot \frac{g}{2} \cdot \frac{3}{2g} v_0^2 = v_0^2 \sin^2 \alpha + 3v_0^2$
 2) $t_n = \frac{v_0 \sin \alpha \pm v_0 \sqrt{\sin^2 \alpha + 3}}{\frac{g}{2}} = \frac{v_0 \sin \alpha + v_0 \sqrt{\sin^2 \alpha + 3}}{\frac{g}{2}} = \frac{5 \cdot \frac{1}{2} + 10}{\frac{g}{2}}$
 $\sqrt{\frac{1}{4} + 3} = \frac{5 + \frac{\sqrt{13}}{2}}{10} = \frac{10 + \sqrt{13}}{20} \approx \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{13}}{20} (c)$
 3) $v_y = -v_0 \sin \alpha + v_0 \sin \alpha + v_0 \sqrt{\sin^2 \alpha + 3} = 10 \cdot \sqrt{\frac{13}{4}} = 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{2}$
 $= 5\sqrt{13} (m/c)$
 4) $H = \frac{3 \cdot 10^2}{2 \cdot 10} = 15 (m)$

