

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-01

Класс 10

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.

2) Найти время полета камня.

3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

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 $M = 5m$. 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?

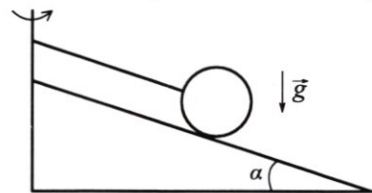
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) Какой скорости достигнет ящик, если 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 натяжения нити, если система покоится.

2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

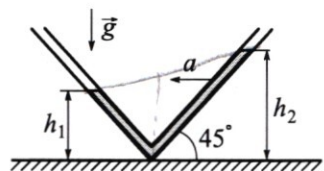


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

1) Найдите ускорение a трубки.

2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

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



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

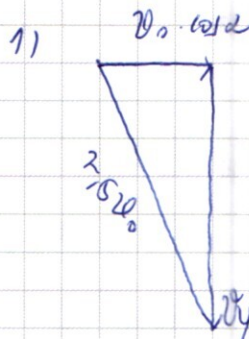
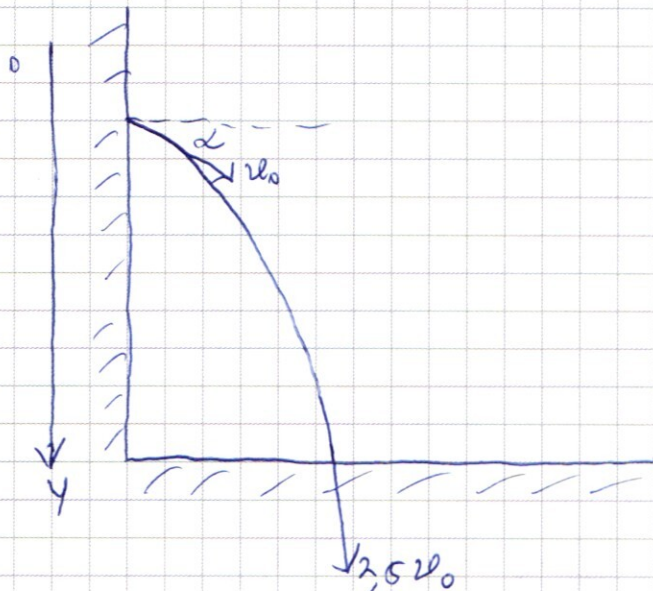
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1



$$(2.5v_0)^2 = (v_0 \cos \alpha)^2 + v_y^2$$

$$v_y = \sqrt{6.25v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{6}$$

$$2) \vec{v}_y = \vec{v}_0 \sin \alpha + \vec{g} t$$

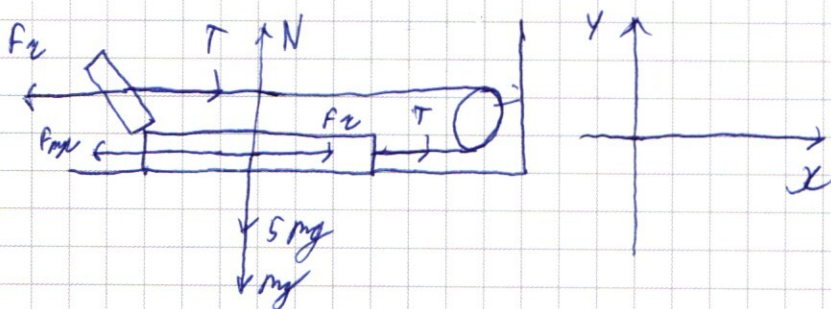
$$a_y: v_y = v_0 \sin \alpha + g t$$

$$t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{g}$$

$$3) S = v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{v_0^2 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{g} \cdot \cos \alpha$$

Ответ: 1) $8\sqrt{6} \frac{m}{c}$ 2) $0.6(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) c$
3) $3.2 \cdot (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) m$

№ 2



Человек действует на ящик с какой-то силой, вертикальная составляющая которой равна $5mg$, а горизонтальная F_x

$$\text{Дука } O_y: 5mg + mg = N$$

$$N = 6mg$$

1) При движении $F_{\text{тр}} = \mu N = 6\mu mg$

$$F = \sqrt{(6mg)^2 + F_{\text{тр}}^2} = \sqrt{(6mg)^2 + (6mg)^2 \cdot \mu^2} = 6mg \sqrt{1 + \mu^2}$$

2) Т.к. для максимальности $\Rightarrow a = 0$

Условие $O_x: T - F_x = 0 \Rightarrow F_x = T$

Дука $O_x: T + F_x - F_{\text{тр}} = 0$

$$2T = 6\mu mg \Rightarrow T = 3\mu mg$$

3) Рассмотрим систему "тело + дука"

Внешние силы: $T, T, F_{\text{тр}}$ В данном случае $T = K$

$$2F - F_{\text{тр}} = (5m + m)a$$

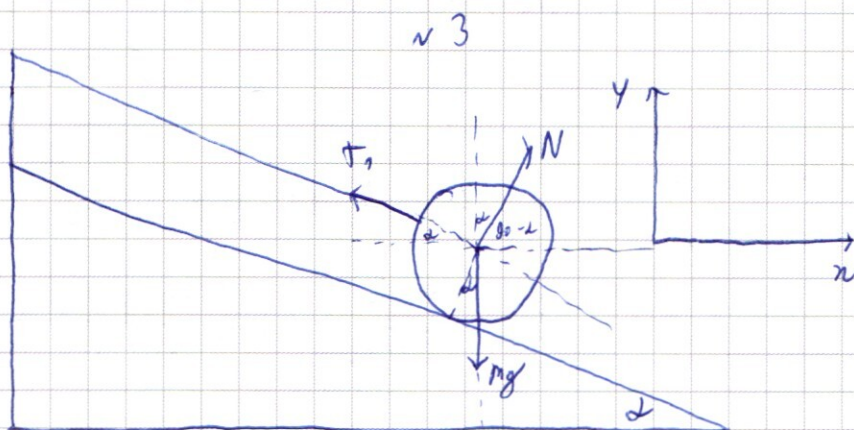
$$2F - 6\mu mg = 6ma \Rightarrow a = \frac{F - 3\mu g}{3m}$$

$$S = \underbrace{x_0}_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{F - 3\mu g}} = \sqrt{\frac{6mS}{F - 3\mu g}}$$

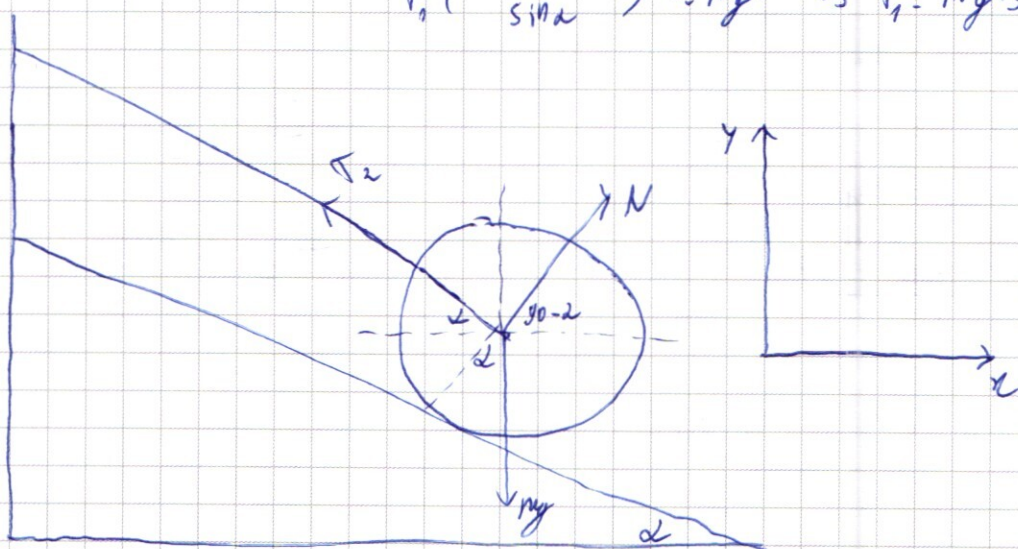
$$v = \underbrace{v_0}_0 + at; \quad v = \frac{F - 3\mu g}{3m} \cdot \sqrt{\frac{6mS}{F - 3\mu g}} = \sqrt{\frac{(F - 3\mu g)^2 \cdot 6mS}{9m^2(F - 3\mu g)}} = \sqrt{\frac{(F - 3\mu g)2S}{3m}}$$

Ответ: 1) $6mg \sqrt{1 + \mu^2}$; 2) $3\mu mg$; 3) $\sqrt{\frac{(F - 3\mu g)2S}{3m}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



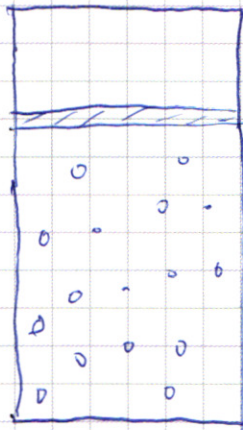
1) $Ox: N \cdot \sin \alpha - T_1 \cdot \cos \alpha$ $Oy: T_1 \cdot \sin \alpha + N \cdot \cos \alpha = mg$
 $N = \frac{T_1 \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} = T_1 \cdot \cot \alpha$ $T_1 \cdot \sin \alpha + T_1 \cdot \cot \alpha \cdot \cos \alpha = mg$
 $T_1 (\sin \alpha + \cot \alpha \cdot \cos \alpha) = mg$
 $T_1 \left(\frac{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}{\sin \alpha} \right) = mg \Rightarrow T_1 = mg \cdot \sin \alpha$



$Oy: N \cdot \cos \alpha + T_2 \cdot \sin \alpha = mg$ $Ox: T_2 \cdot \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha = m a_y$
 $N = \frac{mg - T_2 \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha}$ $a_y = R \omega^2 = L \cdot \cos \alpha \cdot \omega^2$
 $T_2 \cdot \cos \alpha - \frac{mg - T_2 \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha = m L \cdot \cos \alpha \cdot \omega^2$
 $T_2 \cdot \cos^2 \alpha - mg \cdot \sin \alpha + T_2 \cdot \sin^2 \alpha = m L \cdot \cos^2 \alpha \cdot \omega^2 \Rightarrow T_2 = m (L \cdot \cos^2 \alpha \cdot \omega^2 + g \cdot \sin \alpha)$

Ответ: 1) $mg \cdot \sin \alpha$; 2) $m(L \cdot \cos^2 \alpha \cdot \omega^2 + g \cdot \sin \alpha)$

N5



$$T = 388 \text{ K} = \text{const}$$

$$P = 6,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

1) идеал газа: $PV = \nu RT$

$$V = \frac{m}{\mu} ; V = \frac{m}{\rho} \quad (\rho = \rho_{\text{нас}})$$

$$P \cdot \frac{m}{\rho} = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow \rho = \frac{P \mu}{RT}$$

$$n = \frac{\rho}{\rho_m} = \frac{P \cdot \mu}{RT \cdot \rho_m}, \quad n = \frac{6,5 \cdot 10^4 \cdot 16 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 388 \cdot 1000} =$$

$$= \frac{6,5 \cdot 16}{8,31 \cdot 388 \cdot 10^2} \approx 5 \cdot 10^{-4}$$

1) n - ?

2) k - ?

2) $m_{\text{на1}} = V_0 \cdot \rho_{\text{нас}}$

$$m_{\text{на2}} = \frac{V_0}{4,7} \cdot \rho_{\text{нас}}$$

$$m_{\text{в}} = m_{\text{на1}} - m_{\text{на2}} = V_0 \cdot \rho_{\text{нас}} \left(1 - \frac{1}{4,7}\right)$$

$$m_{\text{в}} = V_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}}$$

$$V_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} = V_0 \cdot \rho_{\text{нас}} \cdot \frac{3,7}{4,7}$$

$$V_{\text{в}} = \frac{V_0 \cdot \rho_{\text{нас}} \cdot 3,7}{4,7 \rho_{\text{в}}}$$

$$k = \frac{V_{\text{в}}}{V_0}$$

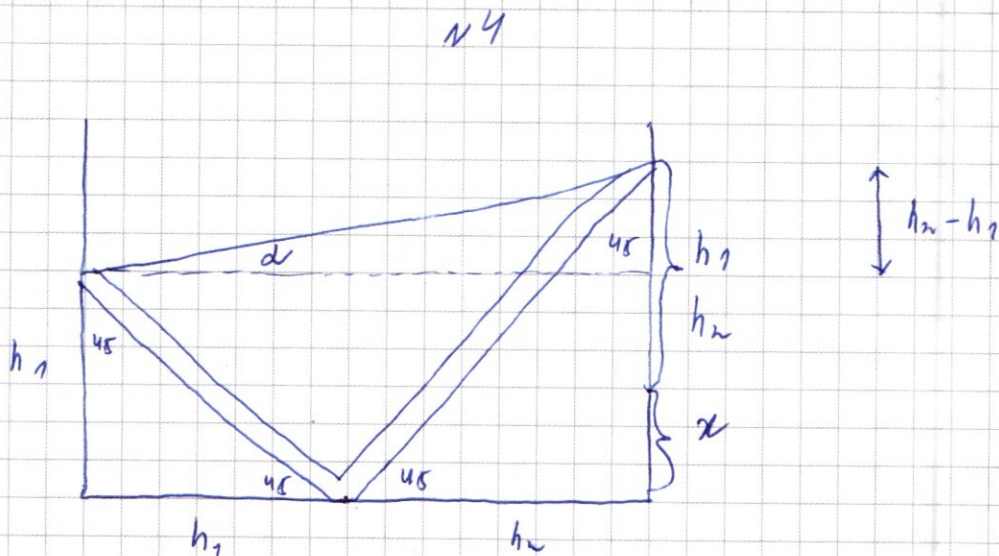
$$= \frac{4,7 \cdot \rho_{\text{в}}}{V_0 \cdot \rho_{\text{нас}} \cdot 3,7} = \frac{4,7 \cdot \rho_{\text{в}}}{4,7 \cdot \rho_{\text{нас}} \cdot 3,7}$$

$$= \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{нас}}} \cdot \frac{1}{3,7} = \frac{1}{n \cdot 3,7}$$

$$k = \frac{10^4}{5 \cdot 3,7} \approx 540$$

Ответ: 1) $5 \cdot 10^{-4}$; 2) 540

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Рассчитать давление актирующей силы с ускорением a .

Давление воды в стенке можно посчитать по формуле $P = \rho g h$

Давление на "прозрачник" h_1 будет равно среднему давлению на "прозрачник" h_1 стороны

Среднее давление

Среднее давление на участке x : $P = \frac{\rho g \cdot h_1 + \rho g \cdot h_2}{2}$

(Среднее давление $m.k.$ изменяется линейно)

$$F_g = \frac{\rho g \cdot (h_1 + h_2)}{2} \cdot b \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\tan \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2}$$

Запишем 2.3.2 для всей воды:

$$(h_1 \cdot (h_1 + h_2) \cdot b + \frac{(h_1 + h_2) \cdot (h_1 + h_2)}{2} \cdot b) \cdot \rho g \cdot a = \frac{\rho g \cdot (h_1 + h_2)}{2} \cdot b \cdot (h_2 - h_1)$$

$$(2h_1 + h_2 - h_1) a = g (h_2 - h_1)$$

$$a = g \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = g \cdot \tan \alpha$$

$$a = 2 \frac{m}{c^2}$$

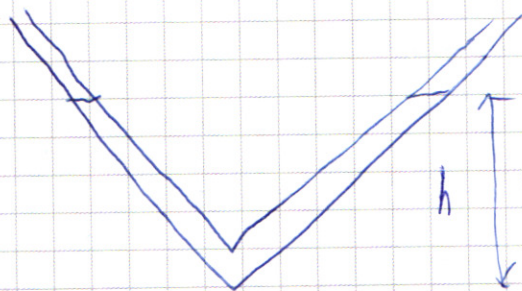
2) Для проточной реки, можно указать, что $\mathcal{E} = 0$ и тогда какин-то образам удерживаю в таком состоянии, а здесь „отрицательный“

Т.е. то же явление или процесс преобразования можно считать за-
ком сохранения энергии.

$$E_{П1} = h_1 \sqrt{g} \cdot \rho \cdot S \cdot \frac{h_1}{2} \cdot g + h_2 \sqrt{g} \cdot \rho \cdot S \cdot \frac{h_2}{2} \cdot g = \rho S g \frac{\sqrt{g}}{2} (h_1^2 + h_2^2)$$

$$E_{П2} = \frac{h_1 \sqrt{g} + h_2 \sqrt{g}}{2} \cdot \sin 45^\circ \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot \rho \cdot S (h_1 \sqrt{g} + h_2 \sqrt{g}) \cdot g = \frac{(h_1 \sqrt{g} + h_2 \sqrt{g}) \cdot \rho \cdot g \cdot \sqrt{g}}{2}$$

~



$$\frac{h}{2} = \frac{h_1 \sqrt{g} + h_2 \sqrt{g}}{2} \cdot \sin 45^\circ \cdot \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{g} (h_1 + h_2) \cdot \sqrt{g}}{8} = \frac{h_1 + h_2}{4}$$

$$E_{П2} = (h_1 \sqrt{g} \cdot \rho \cdot S + h_2 \sqrt{g} \cdot \rho \cdot S) \cdot g \cdot \frac{h_1 + h_2}{4} = \frac{h_1 + h_2}{4}$$

$$E_{П1} = (h_1 \sqrt{g} \cdot \rho \cdot S + h_2 \sqrt{g} \cdot \rho \cdot S) \cdot g \cdot \frac{h_1 + h_2}{4} = \rho S \sqrt{g} (h_1 + h_2) g \cdot \frac{h_1 + h_2}{4}$$

$$= \frac{(h_1 + h_2)^2 \rho S}{2 \sqrt{g}}$$

$$E_{П1} - E_{П2} = E_K = \frac{(h_1 \sqrt{g} + h_2 \sqrt{g}) \cdot \rho \cdot S \cdot \sqrt{g}}{2} = \frac{\rho S \sqrt{g} (h_1 + h_2)}{\sqrt{2}}$$

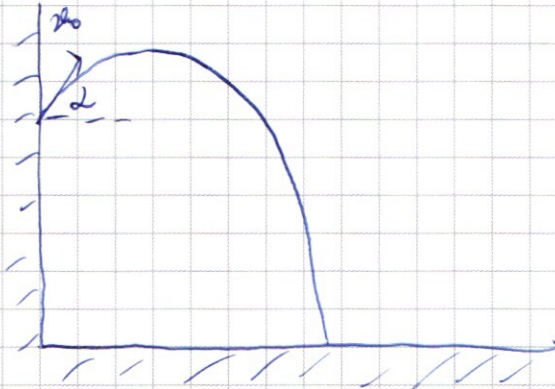
$$\rho S g \frac{h_1^2 + h_2^2}{2} - \frac{(h_1 + h_2)^2 \rho S g}{2 \sqrt{g}} = \frac{\rho S \sqrt{g}}{\sqrt{2}} (h_1 + h_2)$$

$$(2 h_1^2 + 2 h_2^2) g - (h_1^2 + 2 h_1 h_2 + h_2^2) \cdot g = 2 \sqrt{g} (h_1 + h_2)$$

$$\sqrt{g} = \frac{g (h_1^2 + h_2^2 - 2 h_1 h_2)}{2 (h_1 + h_2)} \quad \sqrt{g} = \sqrt{\frac{10 (64 \cdot 10^{-4} + 144 \cdot 10^{-4} - 128 \cdot 10^{-4})}{0,2 \cdot 2}} = \sqrt{25 \cdot 16 \cdot 10^{-4}} = 20 \cdot 10^{-2} = 0,2 \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1



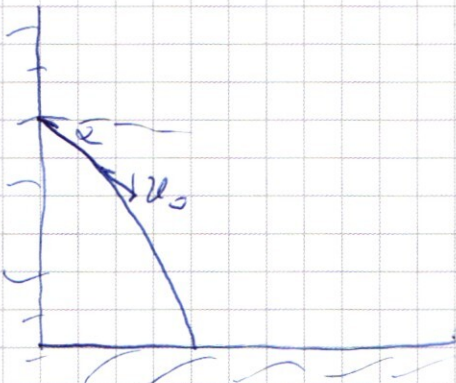
$$(2,5v_0)^2 = (v_0 \cos \alpha)^2 + (v_y)^2$$

$$1) v_y = \sqrt{6,25v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{6}$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha + g t$$

$$2) t = \frac{v_0 \sin \alpha + v_y}{g} = \left(\frac{\sqrt{6}}{2} + \sqrt{6}\right) v_0$$

$$3) S = v_0 \cos \alpha \cdot t$$



$$(2,5v_0)^2 = (v_0 \cos \alpha)^2 + (v_y)^2$$

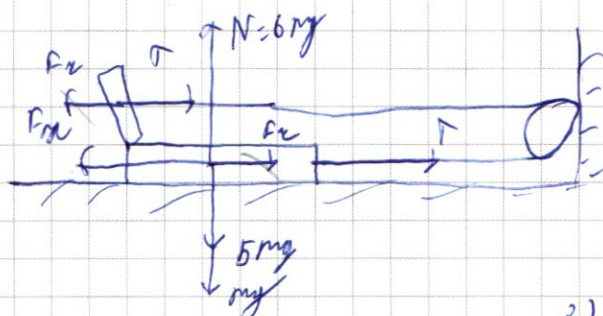
$$1) \text{Верх}$$

$$2) \oplus = v_y = v_0 \sin \alpha + g t$$

$$t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$3) S = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

№ 2

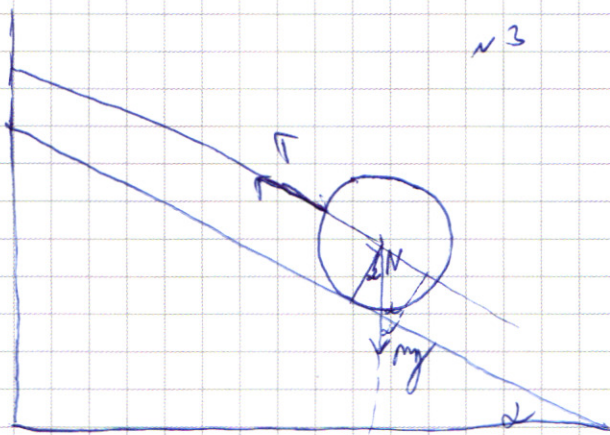


$$F_{\text{тр}} = 6m \mu$$

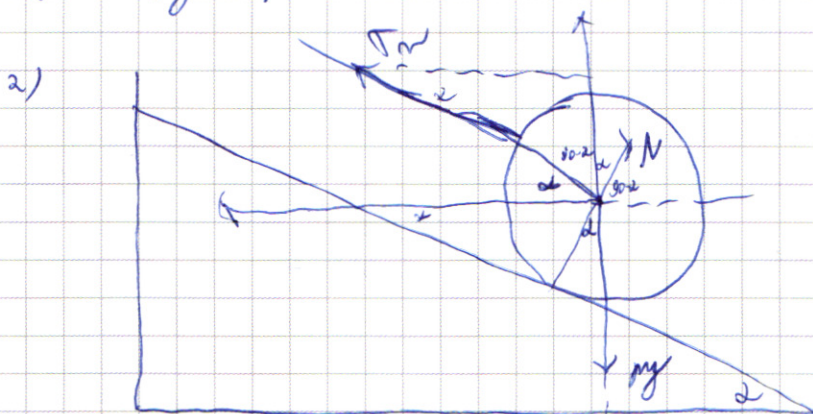
$$1) F_y = \sqrt{36m^2 g^2 + 36m^2 \mu^2 g^2} = 6m g \sqrt{1 + \mu^2}$$

$$2) 2T = 6m \mu \Rightarrow T = 3m \mu$$

$$3) 2F = 6m a \quad a = \frac{F}{3m} \quad S = \frac{at^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{6m}{F}} \quad v = at = \frac{F}{3m} \sqrt{\frac{6m}{F}}$$



1) $T = m_y \cdot \sin \alpha$



~~$$T_2 \cdot \cos(90-\alpha) = m_y$$~~
~~$$T_2 = \frac{m_y}{\cos(90-\alpha)}$$~~

$$T_2 \cdot \cos(90-\alpha) + N \cdot \cos \alpha = m_y$$
~~$$T_2 \cdot \cos \alpha = N \cdot \cos$$~~

$$T_2 \cdot \sin \alpha + N \cdot \cos \alpha = m_y$$
~~$$N = \frac{m_y - T_2 \sin \alpha}{\cos \alpha}$$~~

$$T_2 \cdot \cos \alpha - N \cdot \cos(90-\alpha) = m_{d_2}$$

$$d_2 = R W^2 = L \cdot \cos \alpha W^2$$

$$T_2 \cdot \cos \alpha - \frac{(m_y - T_2 \sin \alpha) \sin \alpha}{\cos \alpha} = m L \cos \alpha W^2$$

$$T_2 \cdot \cos^2 \alpha - m_y \sin \alpha + T_2 \sin^2 \alpha = m L \cos^2 \alpha W^2$$

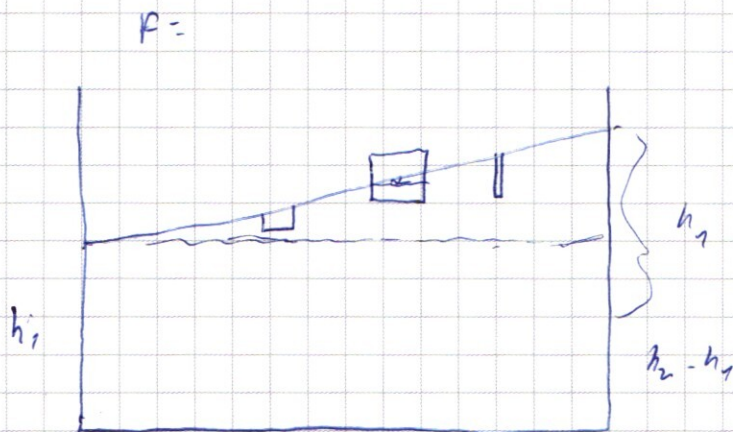
$$\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$T_2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) = m L \cos^2 \alpha W^2 + m_y \sin \alpha$$

сложно

2) $T_2 = m (L \cdot \cos^2 \alpha \cdot W^2 + g \sin \alpha)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2}$$

$b \cdot \operatorname{tg} \alpha$

$$\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2}$$

$$\rho_m \cdot S \cdot (h_2 - h_1) \operatorname{tg} \alpha$$

$$\frac{\rho_m \cdot g \cdot h_1 + \rho_m \cdot g \cdot h_2}{2} \cdot (h_2 - h_1) \cdot b$$

$$\frac{g}{2}$$

$$h_1 \cdot (h_1 + h_2) \operatorname{tg} \alpha + (h_1 + h_2) \cdot (h_2 - h_1) \operatorname{tg} \alpha = \frac{\rho_m \cdot g \cdot (h_1 + h_2)}{2} \cdot (h_2 - h_1)$$

$$2h_1 + h_2 - h_1 = h_2 - h_1$$

$$(2h_1 + h_2 - h_1) a = g(h_2 - h_1)$$

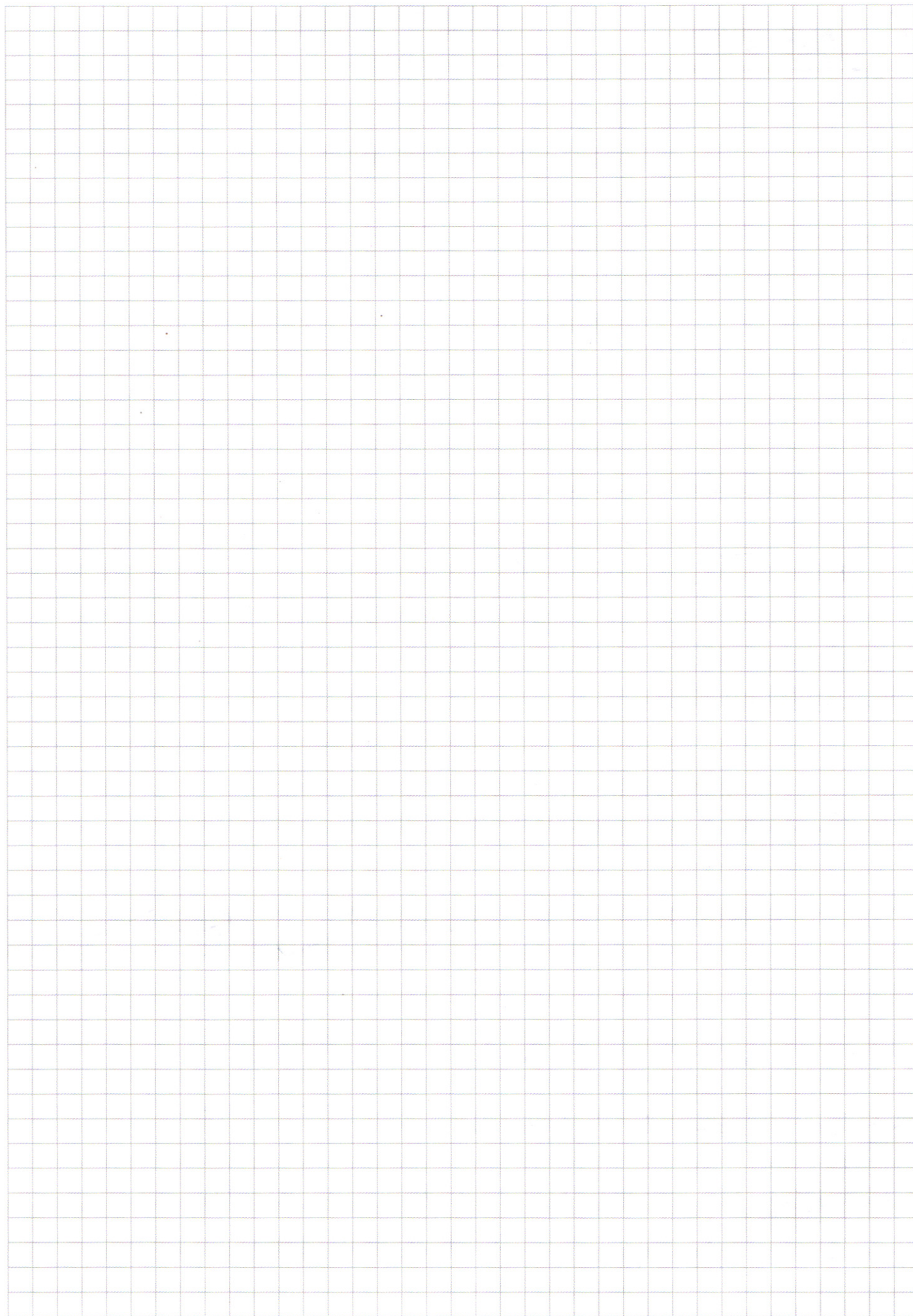
$$a = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} g$$

$$(2h_1 + h_2 - h_1) a = g(h_2 - h_1)$$

$$(2h_1 + h_2 - h_1) a = g(h_2 - h_1)$$

$$(h_1 + h_2) a = g(h_2 - h_1)$$

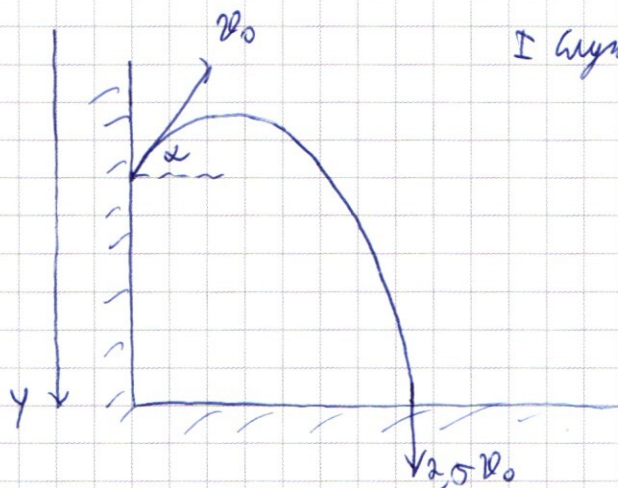
$$(h_1 + h_2) a = g(h_2 - h_1)$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1

I случай



1) $v_0 \cos \alpha$ $v_y = \sqrt{(2.5v_0)^2 - (v_0 \cos \alpha)^2}$
 $v_y = \sqrt{6.25v_0^2 - 0.25v_0^2} = v_0 \sqrt{6}$

2) $\vec{v}_y = \vec{v}_0 \sin \alpha + g t$

$v_y = -v_0 \sin \alpha + g t$

$t = \frac{v_y + v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0 (\sqrt{6} + \frac{\sqrt{3}}{2})}{g}$

3) $S = v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{v_0^2 (\sqrt{6} + \frac{\sqrt{3}}{2})}{g} \cos \alpha$

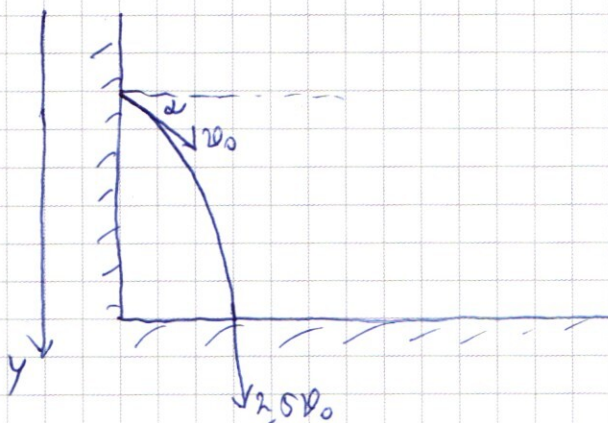
1) v_y - ?

2) t - ?

3) S - ?

64
10.2

II случай



1) Аналогично с I случаем.

2) $\vec{v}_y = \vec{v}_0 \sin \alpha + g t$

$v_y = v_0 \sin \alpha + g t$

$t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{g}$

3) $S = v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{v_0^2 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{g} \cos \alpha$

№ 2

бп.

$$h_1 \sqrt{m} \cdot g \cdot S \cdot \frac{h_1}{2} = h_2 \sqrt{m} \cdot g \cdot S \cdot \frac{h_2}{2} = \frac{h_1 + h_2}{2} g \cdot \frac{h_1 + h_2}{2} \sqrt{m}$$

gS $\frac{h_1 + h_2}{4} (h_1 + h_2) \sqrt{m}$

gS $\frac{\sqrt{m}}{2} (h_1^2 + h_2^2)$ $\frac{h_1 + h_2}{4}$

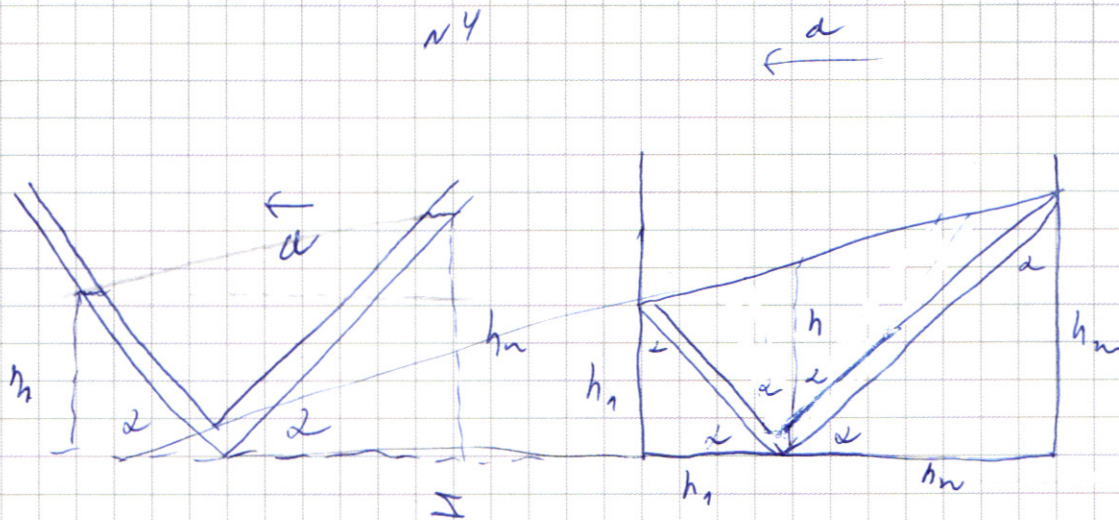
$$\frac{\sqrt{m} (h_1 + h_2)}{2} : \frac{\sqrt{m}}{2} \cdot g \cdot S \cdot \frac{\sqrt{m} (h_1 + h_2)}{2} =$$

$$\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2}$$

$$64 + 144 - 196 = 16$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]



$$\frac{h_1}{h} =$$

$$\frac{H}{h_1} = \frac{H + h_1 + h_2}{h_2}$$

$$\frac{H \cdot 2 h_1 h_2}{h_1 (h_1 + h_2)} = h$$

$$\frac{H}{h_1} = \frac{H + h_1}{h}$$

$$H h_2 = H h_1 + h_1^2 + h_1 h_2$$

$$H (h_2 - h_1) = h_1 (h_1 + h_2)$$

$$H = \frac{h_1 (h_1 + h_2)}{h_2 - h_1}$$

$$H h = H h_1 + h_1^2$$

$$h = \frac{h_1 (H + h_1)}{H}$$

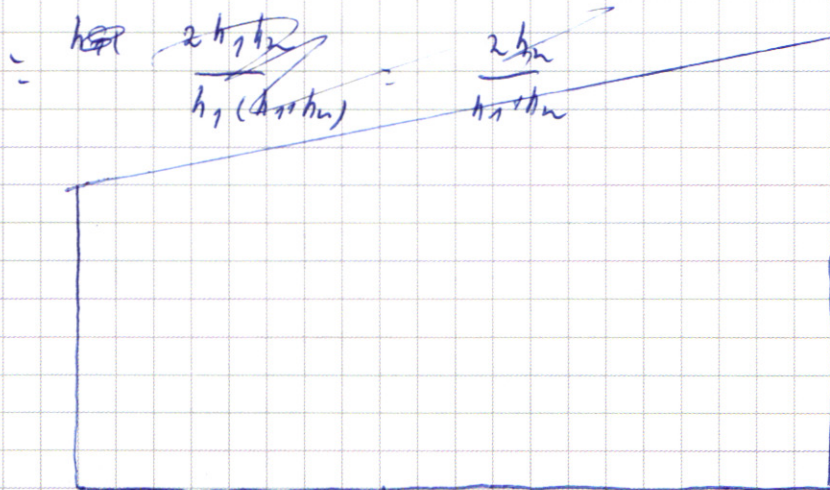
$$h_1 \left(\frac{H + h_1}{H} \right) = \frac{h_1 (h_1 + h_2)}{h_2 - h_1}$$

$$\frac{2 \cdot 96}{20} = 9,6$$

$$\frac{2 \cdot 8}{20} = 0,8$$

$$\frac{24}{20}$$

$$1,2$$



$$\frac{184}{300} \approx 0,61$$

$$\frac{184}{300} = \frac{46}{75}$$

$$18,4$$