

Олимпиада «Физтех» по физике,

Вариант 10-01

Класс 10

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

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 .

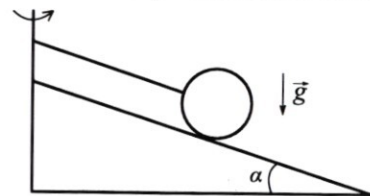


1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

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.



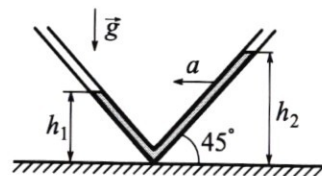
1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.

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 коленах 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

Для начала обозначим новые переменные
 V_x, V_y - горизонтальная и вертикальная
компоненты начальной скорости соот-
ветственно.

$\Delta x, \Delta y$ - горизонтальная и вертикальная смеще-
ние камня за время полёта соответственно.

$$V_x = V_0 \sin \alpha = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3} \approx 4 \cdot 1,7 = 6,8 \text{ м/с}$$

$$V_y = V_0 \cos \alpha = 8 \cdot \frac{1}{2} = 4 \text{ м/с}$$

Так же введём переменную V_{y2} - вертикальную компо-
ненту скорости при падении камня.

Из постоянства горизонтальной компоненты скорости:

$$\sqrt{V_x^2 + V_{y2}^2} = 2,5 V_0$$

$$\sqrt{(4\sqrt{3})^2 + V_{y2}^2} = 2,5 \cdot 8$$

$$\sqrt{48 + V_{y2}^2} = 20$$

$$V_{y2}^2 = 400 - 48$$

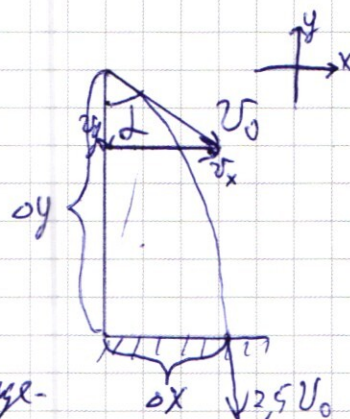
$$V_{y2} = \sqrt{352} \approx 19 \text{ м/с}$$

$$V_{y2} = V_y + g t = 4 + 10 \cdot t$$

$$19 = 4 + 10 \cdot t$$

$$t = \frac{19 - 4}{10} = 1,5 \text{ с}$$

$$\Delta x = V_x \cdot t = 6,8 \cdot 1,5 = 10,2 \text{ м} \approx 10 \text{ м}$$

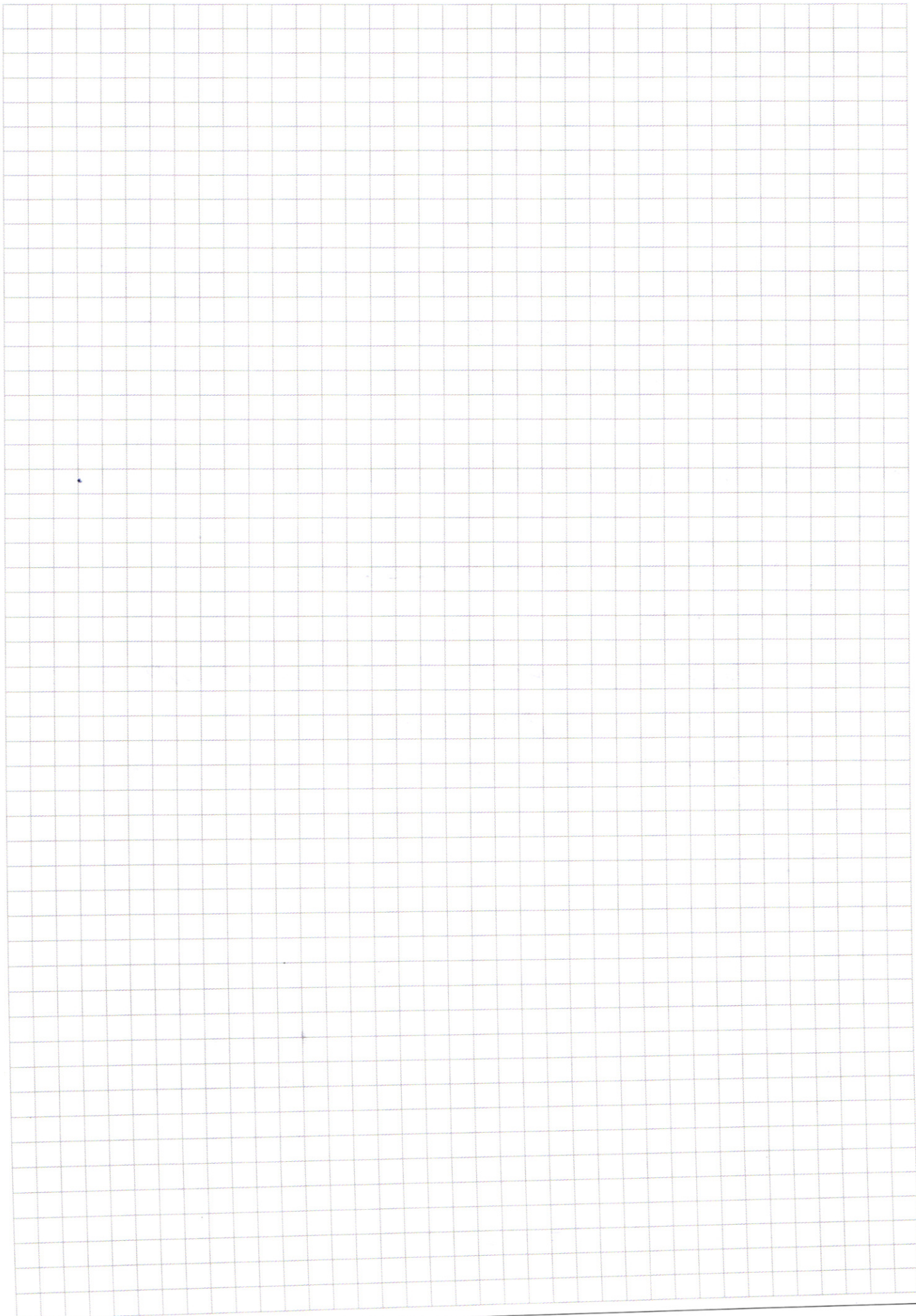


Ответы:

1) $V_{y2} = 19 \text{ м/с}$

2) $t = 1,5 \text{ с}$

3) $\Delta x = 10 \text{ м}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2

Для начала обозначим все известные
переменные:

T - сила натяжения троса.

N_1, N_3 - вертикальная и горизонталь-
ная составляющие силы реакции опоры
на человека соответственно.

N_2 - сила реакции опоры на ~~второй брусок~~ люльку.

$F_{\text{тяги}}$ - сила тяги, действующая на люльку

a - ускорение люльки и человека.

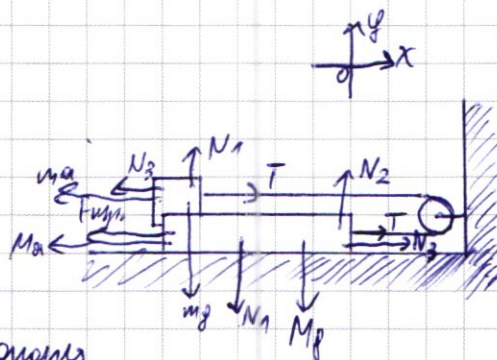
Рассмотрим силы, действующие на люльку ^{и человека} по оси Ox :

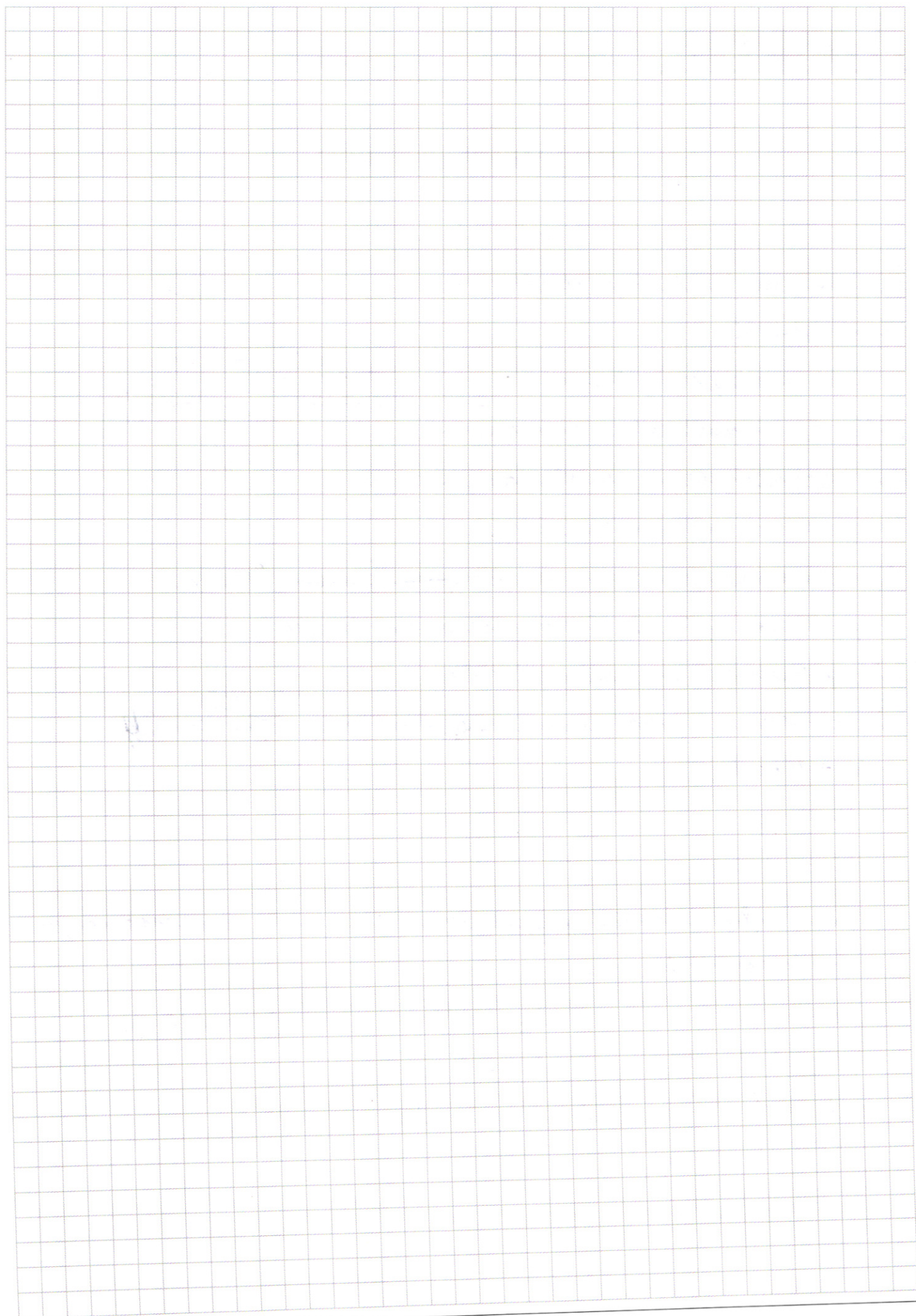
$$\begin{cases} N_1 + Mg = N_2 \\ N_1 = mg \end{cases}$$

$$N_2 = (m + M)g$$

Запишем систему уравнений для сил, действующих
на систему ($a = 0$):

$$\begin{cases} N_1 = mg \\ N_2 = N_1 + Mg \\ N_3 = T \\ T + N_3 = F_{\text{тяги}} \\ F_{\text{тяги}} = \mu N_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} N_2 = (m + M)g \\ 2T = F_{\text{тяги}} \\ F_{\text{тяги}} = \mu N_2 \end{cases} \Rightarrow T = \frac{\mu}{2} (m + M)g = F_0$$





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Перезапишем уравнения с учётом ускорения:

$$\begin{cases} N_1 = mg \\ N_2 = N_1 + Mg \\ N_3 + ma = T \\ T + N_3 = F_{\text{упр.}} + Ma \\ F_{\text{упр.}} = \mu N_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} N_2 = (m+M)g \\ 2N_2 - ma = F_{\text{упр.}} + Ma \\ F_{\text{упр.}} = \mu N_2 \end{cases} \Rightarrow 2T - ma = \mu g(m+M) + Ma$$

$$2F - \mu g(m+M) = Ma + ma$$

$$a = \frac{2F - \mu g(m+M)}{M+m} = \frac{2F}{M+m} - \mu g$$

$$2as = v^2$$

$$v = \sqrt{2as} = \sqrt{2s \left(\frac{2F}{m+M} - \mu g \right)}$$

Ответы:

$$1) N_2 = (M+m)g$$

$$2) F_0 = \frac{\mu g (M+m)}{2}$$

$$3) v = \sqrt{2s \left(\frac{2F}{m+M} - \mu g \right)}$$

N3

Запишем уравнение сил на ось OX (при показываемся кинем):

$$T = mg \sin \alpha$$

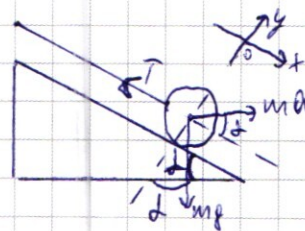
и так же при вращающемся:

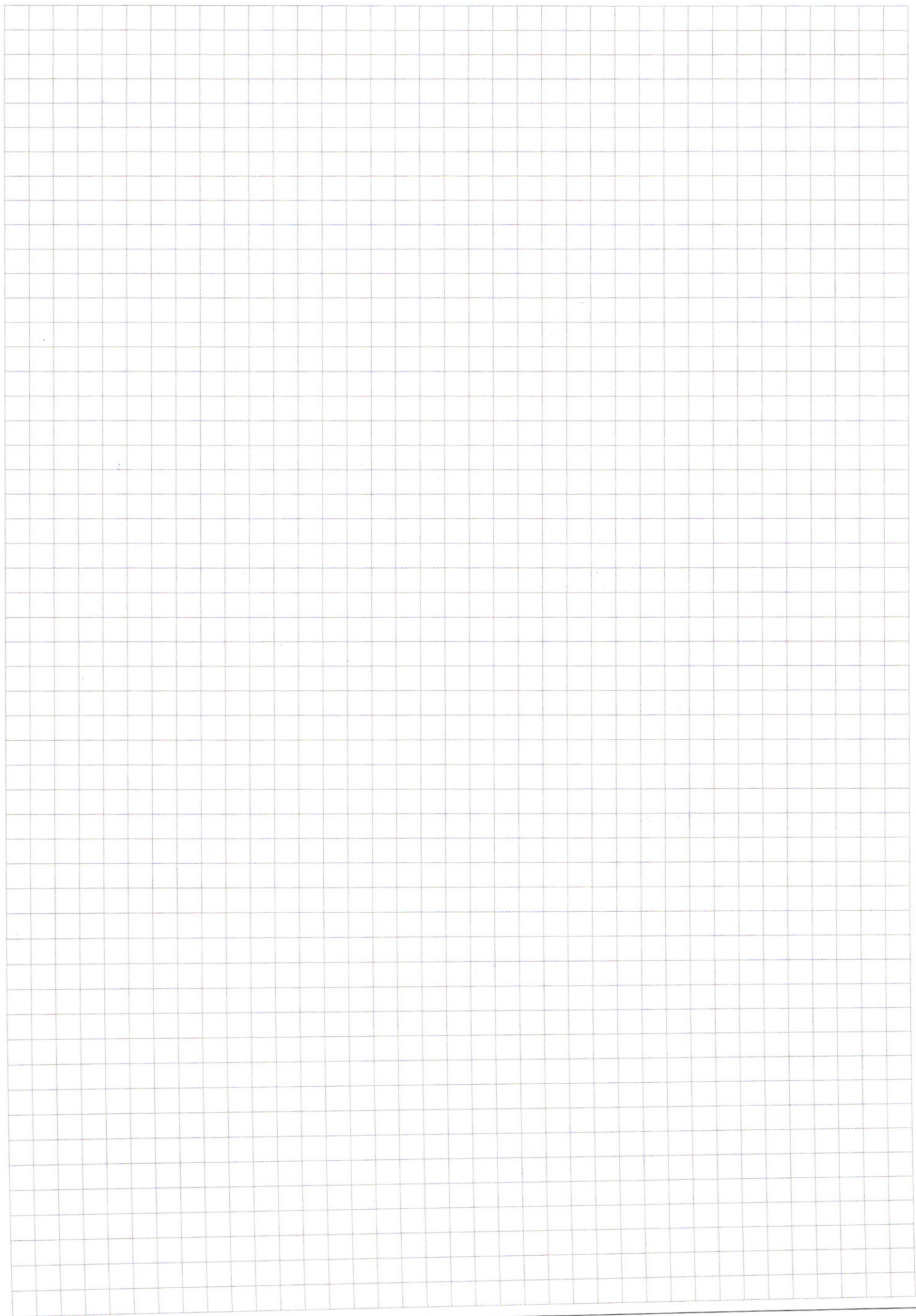
$$T = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha$$

Ответы:

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

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





ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

Обозначим введенные переменные:

S - длина трубки, заполненной жидкостью по оси Ox .

L - длина трубки, заполненной жидкостью

αL - разность длин трубки, заполненной жидкостью в коленах.

P - плотность жидкости:

Запишем уравнения разности давлений на концах трубки:

$$\begin{cases} \Delta P = P g (h_2 - h_1) \\ \Delta P = P \alpha S \end{cases}$$

$$P g (h_2 - h_1) = P \alpha (h_2 + h_1) \cos 45^\circ$$

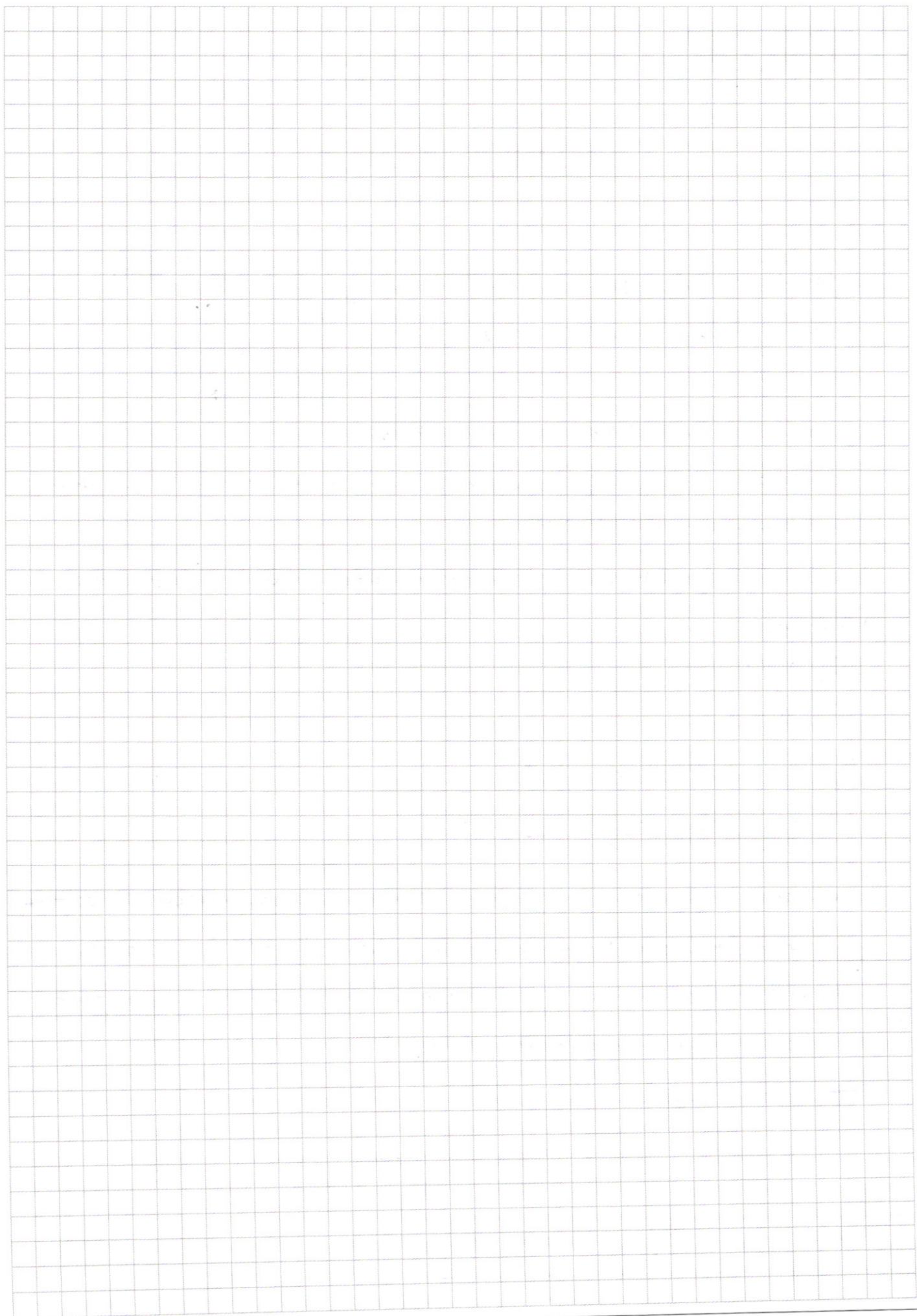
$$\alpha = \frac{g (h_2 - h_1)}{(h_2 + h_1) \cos 45^\circ} = \frac{10 (0,12 - 0,08) \cdot 2}{(0,12 + 0,08) \sqrt{2}} = 2,8 \frac{м}{с^2}$$

Скорость жидкости в трубке максимальна, когда её центр тяжести опущен ниже, следовательно когда часть столба жидкости $\frac{\alpha L}{2}$ перетечет в левое колено, скорость жидкости будет максимальна:

$$\frac{\alpha L}{2L} g \frac{(h_2 - h_1)}{2} = \frac{1}{2} v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{\alpha L (h_2 - h_1) g}{2L}} = \sqrt{\frac{(h_2 - h_1)^2 g}{2L \cos 45^\circ}} = \sqrt{\frac{(h_2 - h_1) g}{2(h_2 + h_1)}} = \sqrt{0,04} = 0,2 \text{ м/с}$$

Ответы: 1) $\alpha = 2,8 \frac{м}{с^2}$; 2) $v = 0,2 \text{ м/с}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 5

Найдём плотность пара:

$$\rho_n = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368} \approx 0,9 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_v} = \frac{0,9}{1000} = 5 \cdot 10^{-4} \times$$

При увеличении объёма происходит конденсация, и, так как пар насыщенным, его плотность останется той же а масса увеличится в 4,7 раз, а масса воды составит $\frac{3,7}{4,7}$ массы пара в начальном состоянии:

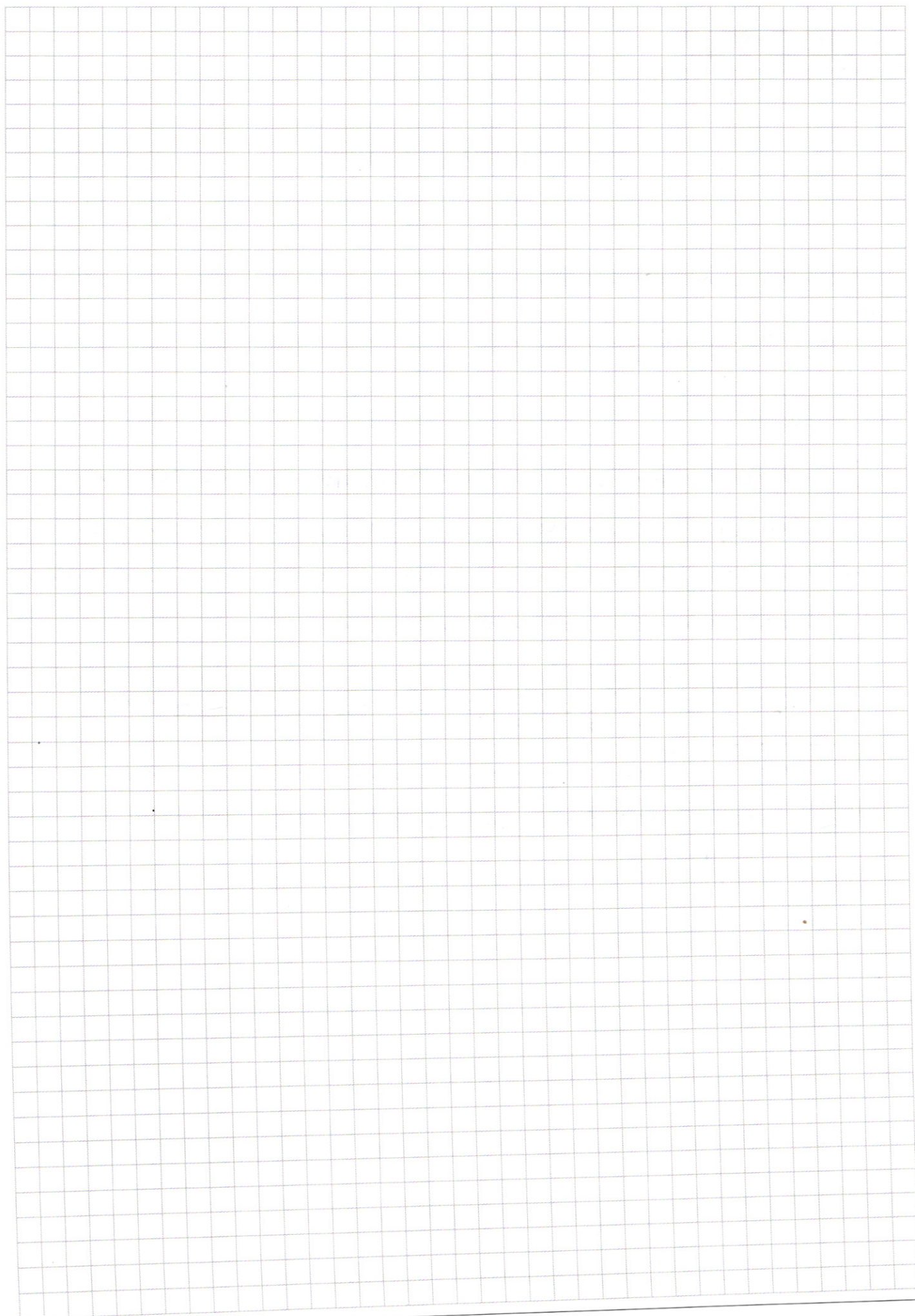
$$\frac{V_n}{V_v} = \frac{m_n}{\rho_n} \cdot \frac{\rho_v}{m_v} = \frac{m_n}{m_v} \cdot \frac{\rho_v}{\rho_n} = \frac{m_0 \cdot 4,7}{4,7 \cdot 3,7 m_0} \cdot \frac{\rho_v}{\rho_n} = \frac{\rho_v}{3,7 \rho_n} = \frac{1}{3,7 \cdot 5 \cdot 10^{-4}} \approx 4 \cdot 10^3$$

Ответ:

$$1) \frac{\rho_n}{\rho_v} = 5 \cdot 10^{-4}$$

$$2) \frac{V_n}{V_v} = 4 \cdot 10^3$$

Так же стоит отметить что в некоторых расчётах было учтено, что $V_n \gg V_v$.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

$$\rho = \frac{P_M}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368} = \frac{85 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} = \frac{1530}{3058,08} \approx \frac{1}{2} = 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \times \frac{89}{18}$$

$$\frac{P_n}{P_0} = \frac{0,5}{1000} = 5 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{V_n}{V_n \cdot 3,4 \cdot 10^{-4}} \approx 4 \cdot 10^3$$

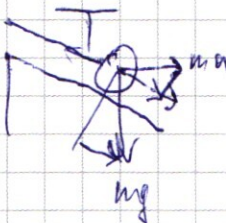
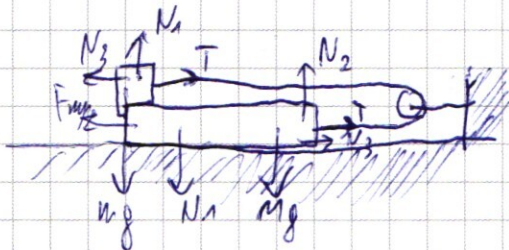
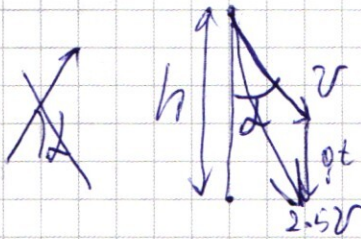
$$\begin{array}{r} \times 89 \\ 18 \\ \hline 680 \\ 1530 \\ \hline \times 368 \\ 837 \\ \hline 368 \\ 1104 \\ 2946 \\ \hline 3058,08 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,4 \\ 15 \\ \hline 22,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22,5 \cdot 10^{-4} \\ 2,25 \cdot 10^{-3} \end{array}$$

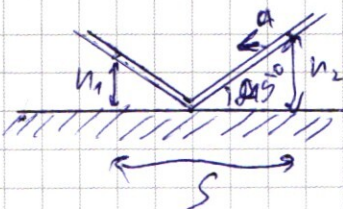
$$V = \frac{m}{\rho}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$T = mg \sin \alpha$$

$$T_2 = mg \sin \alpha + m \omega^2 (R + r) \cos \alpha$$



$$\Delta P = \rho g \Delta h = \rho g (h_2 - h_1)$$

$$\Delta P = \rho a S = \rho a (h_2 + h_1) \cos 45^\circ$$

$$\rho g \Delta h = \frac{\rho v^2}{2}$$

$$\frac{\rho h^2}{2} = \frac{\rho v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \rho h^2}{\rho}} = \sqrt{2 h^2} = h \sqrt{2}$$

$$\frac{0,04^2 \cdot 10}{2 \cdot 0,2} = \frac{0,04 \cdot 0,4}{0,4} = 0,04$$

$$0,04 \cdot \sqrt{2} = 0,04 \cdot 1,41 = 0,0564 \text{ м/с}$$

$$1) v_{0x} = \frac{8 \cdot \sqrt{3}}{2} \text{ м/с} = 4\sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$v_{0y} = 4 \text{ м/с}$$

$$\sqrt{4^2 + 3^2} = 5$$

$$\sqrt{16 + 3} = 4,3$$

$$x^2 = 400 - 48$$

$$x = \sqrt{352} \approx 18,7$$

$$1) \text{ Answer: } 18,7 \text{ м/с}$$

$$2) \frac{19 - 4}{10} = 1,5 \text{ с}$$

$$3) \Delta x = 4\sqrt{3} \cdot 1,5 \approx 40,17 \cdot 1,5 \approx 60,26 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 14 \\ \hline 96 \\ 140 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 214 \\ \times 14 \\ \hline 856 \\ 428 \\ \hline 2996 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 414 \\ \times 14 \\ \hline 1656 \\ 1656 \\ \hline 5796 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 18 \\ \hline 144 \\ 144 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 14 \\ \hline 98 \\ 196 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 119 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 40 \\ \times 14 \\ \hline 560 \\ 560 \\ \hline 1120 \end{array}$$

$$4 \times 28 = 112$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ \times 15 \\ \hline 1020 \\ 680 \\ \hline 1020 \end{array}$$