

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Вариант 10-04

Класс 10

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

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

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости шарика при падении на Землю.
- 2) Найти время полета шарика.
- 3) Найти горизонтальное смещение шарика за время полета.

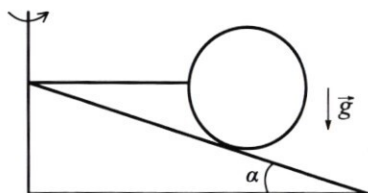
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На противоположных концах тележки массы M , находящейся на гладкой горизонтальной поверхности, стоят два ученика одинаковой массы m каждый. Вначале система неподвижна. Один ученик бросает мяч, а другой ловит. Масса мяча m_1 . После броска тележка движется со скоростью V_1 . Продолжительность полета мяча T . Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

- 1) Найдите горизонтальную проекцию скорости V_0 мяча (относительно поверхности, на которой находится тележка) в процессе полета.
- 2) Найдите длину L тележки.
- 3) Найдите скорость V_2 тележки после того, как второй ученик поймает мяч.

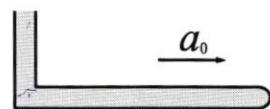
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается горизонтально натянутой нитью, привязанной к вершине клина.

- 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.



4. Тонкая Г-образная трубка с горизонтальным коленом, закрытым с одного конца, и вертикальным коленом высотой $H = 48$ мм, открытым в атмосферу, заполнена полностью ртутью (см. рис.). Если трубку двигать (в плоскости рисунка) с ускорением, не большим некоторого a_0 , то ртуть из трубки не выливается.

- 1) Найти давление P_1 внутри трубки в точке А, находящейся от вертикального колена на расстоянии $1/2$ длины горизонтального колена, если трубка движется с ускорением a_0 .
- 2) Найти давление P_2 в точке А, если трубка движется с ускорением $0,25a_0$.
- 3) Найти давление P_3 вблизи закрытого конца трубки, если она движется с ускорением $0,3a_0$.



Атмосферное давление $P_0 = 752$ мм рт. ст. Давлением насыщенных паров ртути в условиях опыта пренебречь. Ответы дать в «мм рт. ст.».

5. Поршень делит объем горизонтального герметичного цилиндра на две равные части, в каждой из которых находится вода и водяной пар при температуре $T = 373$ К. Масса воды в каждой части в 4 раза меньше массы пара. Поршень находится на расстоянии $L = 0,4$ м от торцов, площадь поперечного сечения поршня

$S = 25$ см². Масса M поршня такова, что $\frac{Mg}{S} = 0,02P_0$, здесь P_0 – нормальное атмосферное давление.

- 1) Найдите массу m воды в каждой части в начальном состоянии.
- 2) Цилиндр ставят на дно (ось цилиндра вертикальна). Найдите приращение Δm массы воды под поршнем к моменту установления равновесного состояния.

Температура в цилиндре поддерживается постоянной. Трение считайте пренебрежимо малым. Молярная масса водяного пара $\mu = 18$ г/моль, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Объем воды намного меньше объема пара.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$1) \frac{m v_0^2}{2} + m g H = \frac{6,25 m v_0^2}{2} - 303$$

$$v_0^2 + 2 g H = 6,25 v_0^2$$

$$H = \frac{5,25 v_0^2}{2 g}$$

Т.к. шарик всегда приближ. к горизонт. поверх.,
значит его бросили вниз.

$$2) H = \frac{v_y^2 - (v_0 \sin \alpha)^2}{2 g}; v_y - \text{вертик. конеч. скор.}$$

$$v_y = \sqrt{2 g H + v_0^2 \sin^2 \alpha} = \sqrt{5,25 v_0^2 + v_0^2 \sin^2 \alpha} = v_0 \sqrt{5,25 + \sin^2 \alpha}$$

$$v_y = 19,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) v_y = v_0 \sin \alpha + g t \Rightarrow t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t = 1,2 \frac{\text{с}}{\text{с}}$$

3) L — горизонт.-ое смещение

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$L = 5,2 \text{ м}$$

Ответ: $19,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; 1,2 \text{ с}; 5,2 \text{ м}$

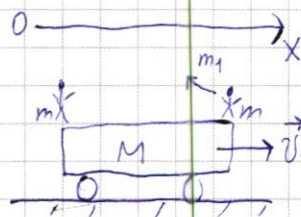
Ответ: $19,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; 1,2 \text{ с}; 5,2 \text{ м}$

√2

1) p_m — импульс мшга, p_r — импульс тележки
 $\vec{p}_m = -\vec{p}_r$ — закон сохранения импульса

Ох: $(M + 2m) \cdot v_1 = m_1 \cdot v_0$ — ЗСИ, т.к. тележка покоилась

$$v_0 = \frac{M + 2m}{m_1} \cdot v_1$$



2) $L = v_{отн} \cdot T$; $v_{отн} \xrightarrow{\text{горизонт.}}$ скорость шара относительно тележки

$$v_{отн} = v_0 + v_1$$

$$L = (v_0 + v_1) \cdot T = \left(\frac{M+2m}{m_1} \cdot v_1 + v_1 \right) \cdot T = v_1 T \cdot \frac{M+2m+m_1}{m_1}$$

OX:

3) $p_T - p_M = p_K$; p_K — импульс системы после лобового удара

Уз 1): $p_T = p_M$

Значит $p_K = 0 = (M+2m+m_1) \cdot v_2 \Rightarrow v_2 = 0$

Ответ: $\frac{M+2m}{m_1} \cdot v_1$; $v_1 T \cdot \frac{M+2m+m_1}{m_1}$; 0

1) OX:

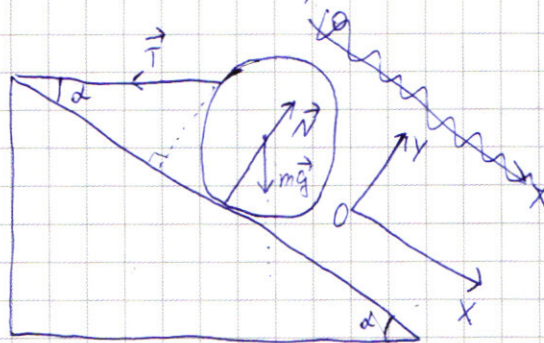
$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{N} = 0$$

OX:

$$T \cdot \cos \alpha = mg \cdot \sin \alpha \Rightarrow$$

$$T = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$\sqrt{3}$



2) При вращении:

$$m \cdot \vec{a}_K = \vec{T}_1 + m\vec{g} + \vec{N}$$

OX:

$$m \cdot a_K = T_1 \cos \alpha \quad m \cdot a_K \cdot \cos \alpha = T_1 \cos \alpha - mg \cdot \sin \alpha$$

$$a_K = \frac{v^2}{l} = \omega^2 \cdot l; \quad l \text{ — расстояние от центра шара до оси вращения}$$

Уз Δ -ка:

$$\sin \alpha = \frac{R}{l} \Rightarrow l = \frac{R}{\sin \alpha}$$

$$a_K = \frac{\omega^2 R}{\sin \alpha}$$

Подставим в (1):

$$\frac{m \cdot \omega^2 R \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} = T_1 \cos \alpha - mg \cdot \sin \alpha \Rightarrow T_1 = mg \operatorname{tg} \alpha + \frac{m \omega^2 R}{\sin \alpha} = m \left(\operatorname{tg} \alpha \cdot g + \frac{\omega^2 R}{\sin \alpha} \right)$$

Ответ: $mg \operatorname{tg} \alpha$; $m \left(g \operatorname{tg} \alpha + \frac{\omega^2 R}{\sin \alpha} \right)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 4

- 1) П.ч. трубка наклонно заполнена и её нельзя двигать
с $a > a_0$, то:

$$\textcircled{1} P_0 + \rho g H = \rho (g + a_0) \cdot L; L - \text{длина горизонт. плага.}$$

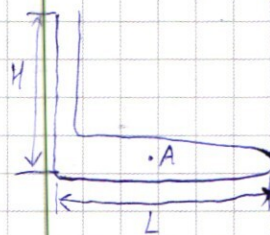
Для точки A:

$$p_1 = \rho (g + a_0) \cdot \frac{L}{2} - \text{давление воды справа}$$

Используем $\textcircled{1}$:

$$p_1 = \frac{P_0 + \rho g H}{2}; \rho g H - \text{давление в м.р.ст.}$$

$$p_1 = 400 \text{ мм. рт.ст.}$$



- 2) Для точки A:

$$P_2 = \rho \cdot \frac{1}{4} a_0 \cdot \frac{L}{2} = \frac{\rho a_0 L}{8}$$

Используем $\textcircled{1}$:

$$P_2 = \frac{P_0 + \rho g H}{8}$$

$$P_2 = 100 \text{ мм. рт.ст.}$$

$$\begin{aligned} 2) P_2 &= P_0 + \rho g H - \rho \cdot \frac{1}{4} a_0 \cdot \frac{L}{2} = P_0 + \rho g H - \frac{\rho a_0 L}{8} = \\ &= P_0 + \rho g H - \frac{P_0 + \rho g H}{8} = \frac{7}{8} (P_0 + \rho g H) \end{aligned}$$

$$P_2 = 700 \text{ мм. рт.ст.}$$

ис $\textcircled{1}$

$$3) P_3 = P_0 + \rho g H - (\rho \cdot 0,3 a_0 \cdot L) = P_0 + \rho g H - 0,3 (P_0 + \rho g H) = 0,7 (P_0 + \rho g H)$$

$$P_3 = 560 \text{ мм. рт.ст.}$$

Ответ: 400 мм. рт.ст.; ~~100~~⁷⁰⁰ мм. рт.ст.; 560 мм. рт.ст.

1) При $T = 373\text{ K}$ давление насыщенного водяного пара равно P_0 . В цилиндре пар насыщен, т.е. есть вода.

Для левой ~~части~~ ^{части} цилиндра:

$$P_0 \cdot S \cdot L = \frac{4m_1}{\gamma} RT; \quad m_1 - \text{масса воды}; 4m_1 - \text{масса пара}$$

Для правой части

$$P_0 \cdot S \cdot L = \frac{4m_2}{\gamma} RT; \quad m_2 - \text{масса воды}$$

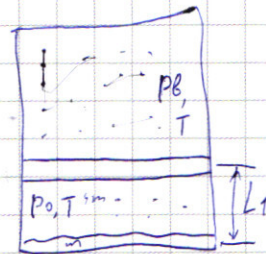
П.ч. уравнения ① и ② относительно m_1 и m_2 одинаковы, то:

$$m_1 = m_2$$

$$m = m_1 = \frac{P_0 \cdot S \cdot L \cdot \gamma}{4RT}$$

$$m = 0,152$$

2) П.ч. ~~что~~ в нижней части давление P_0 (т.е. насыщ. пар при $T = 373\text{ K}$), а сверху краем поршня давит сухой пар при T , то сверху пар ненасыщенный и вся вода испарилась.



Для нижней:

$$P_0 \cdot S \cdot L_1 = \frac{4m - \Delta m}{\gamma} RT \Rightarrow L_1 = \frac{(4m - \Delta m) RT}{\gamma P_0 \cdot S} \quad ①$$

$$② \quad P_0 = P_{\text{в}} + \frac{Mg}{S} = P_{\text{в}} + 0,02 P_0 \Rightarrow P_{\text{в}} = 0,98 P_0$$

Для верхней:

$$③ \quad P_{\text{в}} \cdot S \cdot (2L - L_1) = \frac{5m}{\gamma} RT = 0,98 P_0 S (2L - L_1)$$

Подставим ①:

$$0,98 P_0 \cdot S \cdot 2L - 0,98 \cdot \frac{(4m - \Delta m) RT}{\gamma} = \frac{5m RT}{\gamma}$$

$$\frac{(4m - \Delta m) RT}{\gamma} = 2 P_0 S L - \frac{5m RT}{0,98 \gamma}$$

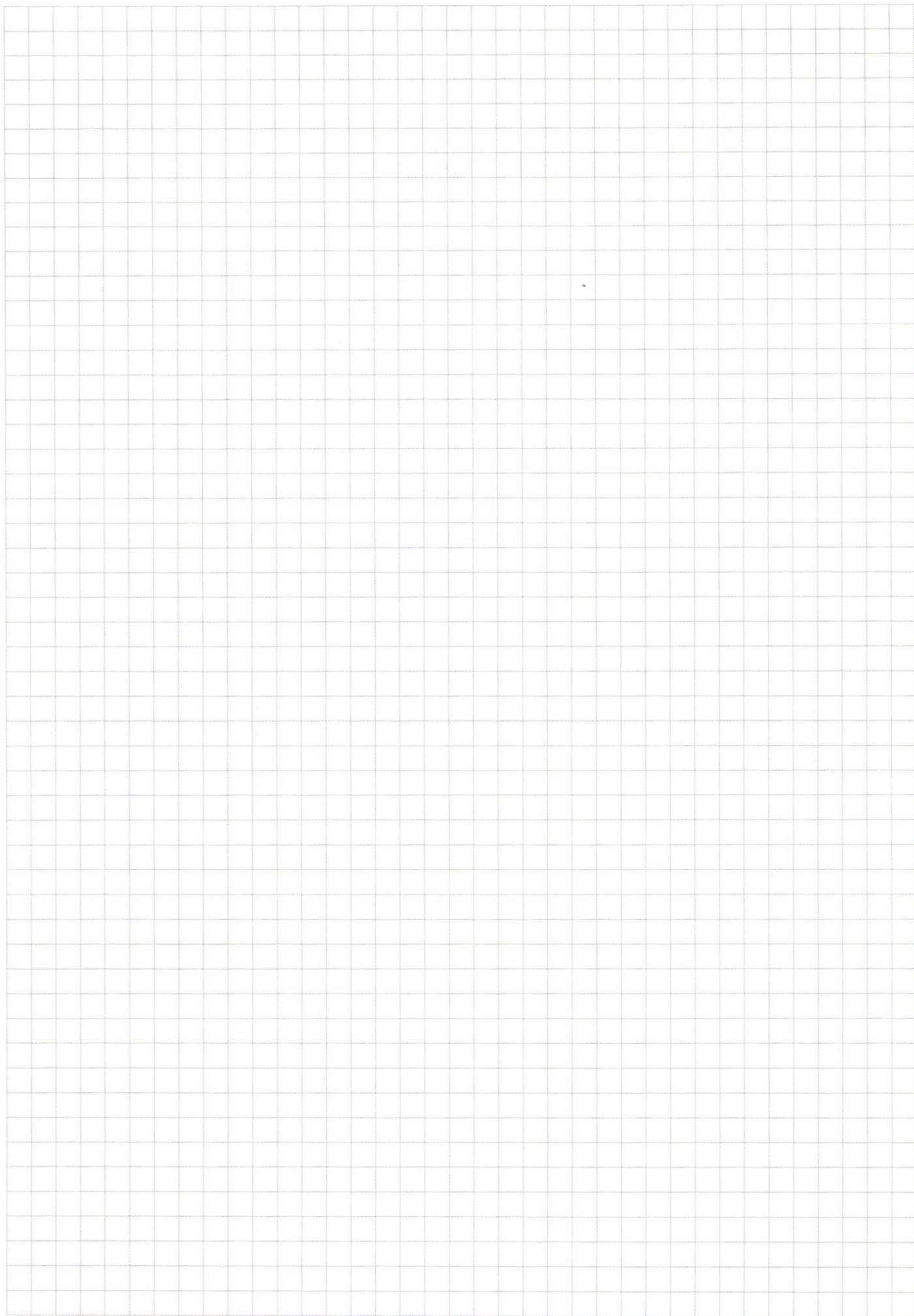
$$\Delta m = 4m - \frac{2 P_0 S L \gamma}{RT} + \frac{5m}{0,98} = \frac{P_0 S L \gamma}{RT} \left(1 - 2 + \frac{5}{4 \cdot 0,98} \right) = \frac{P_0 S L \gamma}{4RT} = m$$

$$\Delta m = 0,152$$

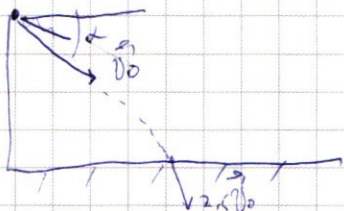


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 0,152



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\alpha, v_0$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$$

$$v_y = v_0 \cdot \sin \alpha + gt$$

$$2gh + v_0^2 = 2gh + 6,25v_0^2$$

$$2gh =$$

$$2gh = 5,25v_0^2$$

$$h = \frac{5,25v_0^2}{2g}$$

$$1) \frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{m6,25v_0^2}{2} - \text{с)} \quad \sqrt{1}$$

$$v_0^2 = v_0^2 + 2gh = 6,25v_0^2$$

$$h = \frac{5,25v_0^2}{2g}; \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad H = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2}$$

$$2) v_y = v_0 \sin \alpha + gt \quad H = \frac{v_0 \sin \alpha + 2,5v_0}{2} t = \frac{v_0 \sin \alpha + 2,5v_0}{2} \cdot t \Rightarrow t =$$

$$H = \frac{-(v_0 \sin \alpha)^2 + v_0^2}{2g} \quad \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = \frac{3}{4} = 0,75 + 5,25 = 6$$

$$v_y = 8 \cdot \sqrt{6} \approx 8 \cdot 2,4 = 16 + 3,2 = 19,2$$

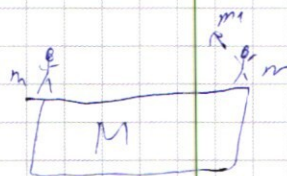
$$v_{0y} = v_0 \quad v_y = v_{0y} + gt \Rightarrow t$$

$$\frac{19,2 - 4\sqrt{3}}{10} = \frac{19,2 - 6,8}{10} = \frac{12,4}{10} \approx 1,24$$

$$8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 1,24$$

$\sqrt{2}$

$$1) (M + 2m) \cdot V_1 = m_1 \cdot V_0 \Rightarrow V_0 = \frac{(M + 2m) \cdot V_1}{m_1}$$

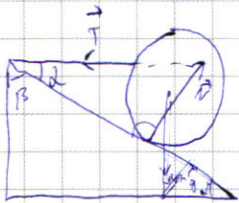


$$L = (v_1 + v_0)$$

$$(2m + M) v_1 - m_1 v_0 = (2m + M + m_1) \cdot v_2$$

$$v_2 =$$

√3



$$N = \sin \alpha \cdot T \Rightarrow T = \frac{N}{\sin \alpha}$$

$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$T = mg \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

$$T \cdot \cos \alpha = mg \cdot \sin \alpha$$

$$F_h = T - N$$

$$\vec{F}_h = \vec{T} + m\vec{g} + \vec{N}$$

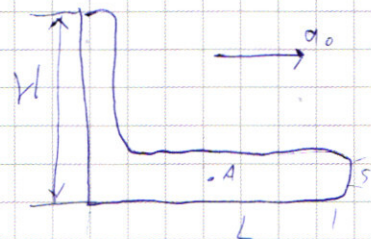
$$Ox: F_h \cdot \cos \alpha = T \cdot \cos \alpha + mg \cdot \sin \alpha$$

$$V = \omega R$$

$$u, 1, 3 = 5, 2$$

$$N_1$$

Po



$$P_0 = \rho \cdot L$$

$$P_0 + \rho g H = \rho L$$

$$\rho g H + P_0 = \rho g L$$

$$F = m(g+a) = \rho \cdot h \cdot S(g+a)$$

$$P_0 + \rho g H = \rho (g+a_0) \cdot L$$

$$P_1 = \rho (g+a_0) \cdot \frac{L}{2}$$

$$P_1 = P_0 + \rho g H - \frac{\rho g (g+a_0) \cdot L}{2}$$

$$\rho g H + \rho (g+a_0) L = P_0 + \rho g L$$

$$P_A = \left[\rho (g+a_0) \cdot \frac{L}{2} \right] = \frac{P_0 + \rho g H}{2} = \frac{752 + 48}{2} = 400 \text{ мН}$$

$$1,7 \cdot 4 = 6,28$$

$$P_2 = \rho (g+0,25a_0) \cdot \frac{L}{2}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{g+0,25a_0}{g+a_0}$$

$$P_1 = \rho (g+a_0) \cdot \frac{L}{2}$$

$$P_2 g + P_2 a_0 = P_1 g + 0,25 P_1 a_0$$

$$a_0 (P_2 - 0,25 P_1) = g (P_1 - P_2)$$

$$a_0 (P_2 - 0,25 P_1) = g (P_1 - P_2)$$

$$1,9 \cdot 206,28 = 6,28$$

$$P_A = P_0 + \rho g H - \frac{\rho g (g+a_0) \cdot L}{2}$$

$$4 P_2 - P_1 = \rho g L$$

$$P_1 = \frac{\rho g L}{2} + \frac{\rho a_0 L}{2}$$

$$4 P_2 = \frac{\rho g L}{2} + \frac{\rho a_0 L}{2}$$

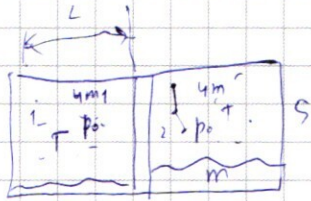
$$P_2 = P_1 + \rho g L$$

$$P_2 = P_0 + \rho g H - \frac{\rho g (g+a_0) \cdot L}{2}$$

$$2 P_1 = \rho g L + \rho a_0 L$$

$$P_0 + \rho g H = \rho g L + \rho a_0 L$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$p_1 \cdot S \cdot L = \frac{m_1}{M} RT$$

$$p_2 \cdot S \cdot L = \frac{m_2}{M} RT$$

$$p_1 \cdot L \cdot S = \frac{m_1}{M} RT$$

0,02 p

$$\frac{10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot 0,02 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 8,31 \cdot 373} = \frac{18}{40 \cdot 8,31 \cdot 373} = \frac{9}{2 \cdot 83 \cdot 373} = \frac{9}{166 \cdot 373}$$

$$\begin{array}{r} 4,4 \\ \times 166 \\ \hline 323 \\ \times 498 \\ \hline 1162 \\ \hline 498 \\ \hline 61918 \end{array}$$

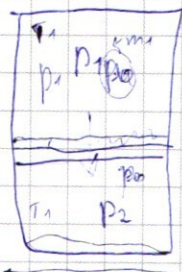
$$\begin{array}{r} 90000 \\ - 62000 \\ \hline 28000 \\ 24000 \\ \hline 42000 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2000 \\ 6798 \\ \hline 0,000145 \end{array}$$

$$p = nkT$$

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

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

$$p = nkT$$



$$p_0 = \frac{5mg}{S} + 0,02 p_0$$

$$\frac{5mg}{S} = 0,02 p_0$$

$$m = \frac{0,02 p_0 S}{g} = 0,02 \cdot 10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-4} = 100 \text{ г}$$

$$\frac{2,5 \cdot 10^5}{25} = 10000 \text{ Па}$$

$$p_1 = 10000 + 10000 = 20000 \text{ Па}$$

$$p_1 \cdot V = \frac{m}{M} RT$$

$$p_0 \cdot V = \frac{m - \Delta m}{M} RT \Rightarrow L_1 = \frac{(m - \Delta m) RT}{p_0 \cdot S}$$

$$p_0 = 0,02 p_0 + p_1$$

$$p_1 \cdot S \cdot (L + L_1) = \frac{m}{M} RT \Rightarrow 0,98 p_0 \cdot S \cdot (L + L_1) = \frac{m}{M} RT$$

$$0,98 p_0 \cdot S L + \frac{0,98 (m - \Delta m) RT}{S} = \frac{m RT}{S}$$

$$P_0 + \rho g H = \rho (g + a_0) \cdot L$$

$$P_2 = \rho (g + 0,25 a_0) \cdot \frac{L}{2}$$

$$P_2 = P_0 + \rho g H - \rho (g + 0,25 a_0) \cdot \frac{L}{2}$$

$$\text{отсюда: } \rho (g + 0,25 a_0) \cdot L = P_0 + \rho g H$$

$$P_1 = \rho g H$$

$$P_0 + \rho g H = \rho a_0 \cdot L$$

$$P_1 = \rho a_0 \cdot \frac{L}{2}$$

$$P_1 = \frac{P_0 + \rho g H}{2}$$

$$P_2 = \rho a_0 \cdot \frac{L}{8} = \frac{P_0 + \rho g H}{8}$$

$$\begin{array}{r} 752 \\ - 480 \\ \hline 272 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 272 \\ - 200 \\ \hline 72 \end{array}$$

$$P_3 = \rho g H - \rho a_0 \cdot L = \rho g H - 0,3 P_0 - 0,3 \rho g H = 0,7 \rho g H - 0,3 P_0 =$$

$$P_3 = P_0 + \rho g H - 0,3 \rho a_0 L = P_0 + \rho g H - 0,3 (P_0 + \rho g H) = 0,7 (P_0 + \rho g H) =$$

$$= 560 \text{ мм}$$

$$p_0 \cdot S \cdot L_1 = \frac{4m - \Delta m}{\gamma} RT$$

$$96 \text{ мм}$$

$$P_0 = 0,98 P_0 = P_0$$

$$P_0 \cdot S \cdot (2L - L_1) = \frac{5m}{\gamma} RT \Rightarrow L_1 = 2L - \frac{5m RT}{\gamma \cdot 0,98 P_0}$$

$$2 P_0 S L - \frac{10 P_0 m RT}{\gamma} = \frac{5m RT}{0,98 \gamma} = \frac{(4m - \Delta m) RT}{\gamma}$$

$$4m - \Delta m = \frac{2 P_0 S L \gamma}{RT} - \frac{5m}{0,98}$$

$$\begin{array}{r} 14,20 \\ - 6,26 \\ \hline 7,94 \end{array}$$

$$\Delta m = \frac{2 P_0 S L \gamma}{RT} - \frac{2 P_0 S L \gamma}{RT} + 5$$

$$P_2 = P_0 + \rho g H$$

$$P_0 + \rho g H = P_2 + \rho \cdot \frac{1}{4} a_0 \cdot \frac{L}{2}$$

$$P_0 + \rho g H - \rho a_0 \cdot \frac{L}{2} =$$

$$P_2 = P_0 + \rho g H - \frac{P_0 + \rho g H}{8}$$