

# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

## Вариант 10-03

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

1. Мальчик бросает стальной шарик с вышки со скоростью  $V_0 = 10$  м/с под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. В полете шарик все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью  $2V_0$ .

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости шарика при падении на Землю.
- 2) Найти время полета шарика.
- 3) С какой высоты был брошен шарик?

Ускорение свободного падения принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

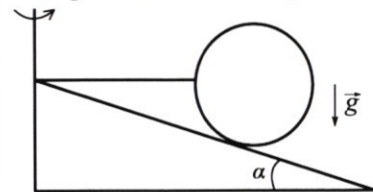
2. На противоположных концах тележки массы  $M$ , находящейся на гладкой горизонтальной поверхности, стоят два ученика одинаковой массы  $m$  каждый. Длина тележки  $L$ . Вначале система неподвижна. Один ученик бросает мяч, а другой ловит. Масса мяча  $m_1$ . В процессе полета горизонтальная составляющая скорости мяча относительно поверхности, на которой находится тележка, равна  $V_0$ .

- 1) Найдите скорость  $V_1$  тележки после броска.
- 2) Найдите продолжительность  $T$  полета мяча.
- 3) Найдите скорость  $V_2$  тележки после того, как второй ученик поймает мяч.

Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

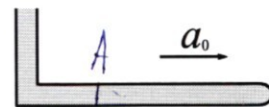
3. Однородный шар массой  $m$  находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.). Шар удерживается горизонтально натянутой нитью длиной  $L$ , привязанной к вершине клина.

- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина.



4. Тонкая Г-образная трубка с горизонтальным коленом, закрытым с одного конца, и вертикальным коленом высотой  $H = 40$  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  $1/3$  длины горизонтального колена, если трубка движется с ускорением  $a_0$ .
- 2) Найти давление  $P_2$  в точке А, если трубка движется с ускорением  $0,6a_0$ .
- 3) Найти давление  $P_3$  вблизи закрытого конца трубки, если она движется с ускорением  $0,8a_0$ .



Атмосферное давление  $P_0 = 740$  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 5 раз меньше массы пара. Поршень находится на расстоянии  $L = 0,6$  м от торцов, площадь поперечного сечения поршня

$S = 20$  см<sup>2</sup>. Масса  $M$  поршня такова, что  $\frac{Mg}{S} = 0,01P_0$ , здесь  $P_0$  – нормальное атмосферное давление.

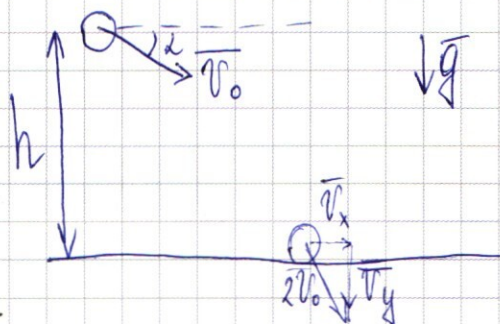
- 1) Найдите массу  $m$  воды в каждой части в начальном состоянии.
- 2) Цилиндр ставят на дно. Найдите вертикальное перемещение  $h$  поршня к моменту установления равновесного состояния.

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

N1.



1)  $v_{0x} = v_x = \text{const}$  (равномерное движение по горизонтали)

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

по т. Пифагора:  $v_x^2 + v_y^2 = (2v_0)^2$

$$v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha + v_y^2 = 4v_0^2$$

$$v_y = \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} \cdot v_0$$

$$v_y = \sqrt{4 - \cos^2 30^\circ} \cdot 10 \text{ м/с} = \sqrt{4 - \frac{3}{4}} \cdot 10 \text{ м/с} = \frac{\sqrt{13}}{2} \cdot 10 \text{ м/с} = 5\sqrt{13} \text{ м/с} \approx 5 \cdot 3,6 \text{ м/с} = 18 \text{ м/с}$$

2)  $v_y = v_{0y} + g \cdot t \Rightarrow t = \frac{v_y - v_{0y}}{g}$

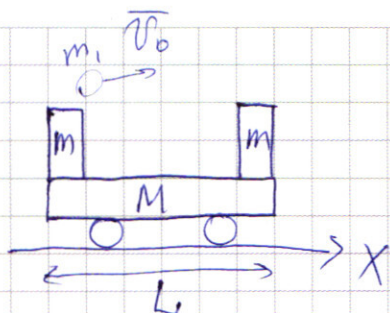
$$v_y = \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} \cdot v_0, \quad v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$$

$$t = \frac{(\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha) \cdot v_0}{g}$$

$$t = \frac{(\sqrt{4 - \frac{3}{4}} - \frac{1}{2}) \cdot 10 \text{ м/с}}{9,8 \text{ м/с}^2} = \left( \frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2} \right) \text{ с} \approx \frac{3,6 - 1}{2} \text{ с} = 1,3 \text{ с}$$

3)  $h = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g} = \frac{(4 - \cos^2 \alpha)v_0^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{4 - \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha}{2g} v_0^2 = 1,5 \frac{v_0^2}{g}$

N2.



$$1) \text{ЗЦи Ох: } 0 = m_1 v_0 - (2m + M) v_1$$

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

2) Рас-м скорость шара отн-но телески:

$$v_0 - (-v_1) = v_0 + v_1$$

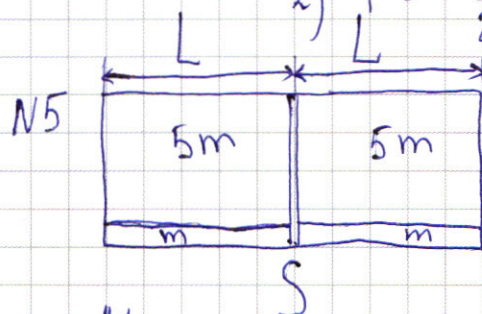
$$(v_0 + v_1) \cdot T = L \Rightarrow T = \frac{L}{v_0 + v_1} = \frac{L \cdot (2m + M)}{2v_0 m + Mv_0 + m_1 v_0} = \frac{2m + M}{2m + M + m_1} \cdot \frac{L}{v_0}$$

$$\boxed{T = \frac{2m + M}{2m + M + m_1} \cdot \frac{L}{v_0}}$$

$$3) \text{ЗЦи Ох: } 0 = (M + 2m + m_1) \cdot v_2 \Rightarrow \boxed{v_2 = 0}$$

Ответ: 1)  $v_1 = \frac{m_1}{2m + M} v_0$

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



$$\frac{Mg}{S} = 0,01 p_0$$

1) Поскольку в цилиндре нах-ся и газ и водяной пар, и вода. А температура парообразования <sup>воды</sup> равна 373 К при нормальном атмосферном давлении, то получили,

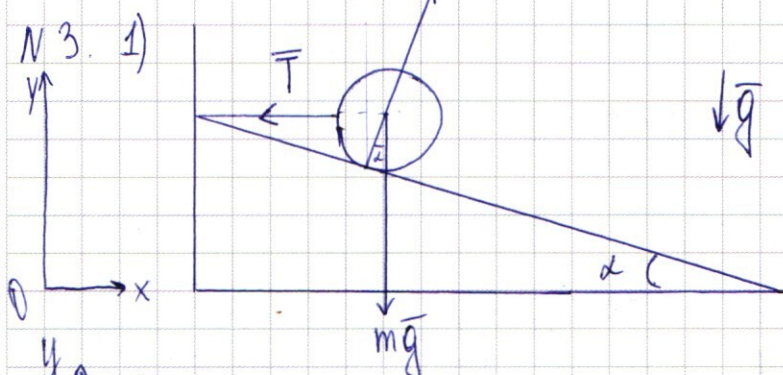
что в цилиндре поддерживается нормальное атмосферное давление. Иначе бы весь пар превратился в воду, или <sup>вся</sup> вода в пар.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$h = 1,5 \frac{v_0^2}{g}$$

$$h = 1,5 \cdot \frac{10 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,5 \cdot 10 \text{ м} = 15 \text{ м}.$$

Ответ: 1)  $v_y = \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} \cdot v_0 = 18 \text{ м/с}.$   
 2)  $t = (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha) \cdot \frac{v_0}{g} = 1,3 \text{ с}.$   
 3)  $h = 1,5 \frac{v_0^2}{g} = 15 \text{ м}.$



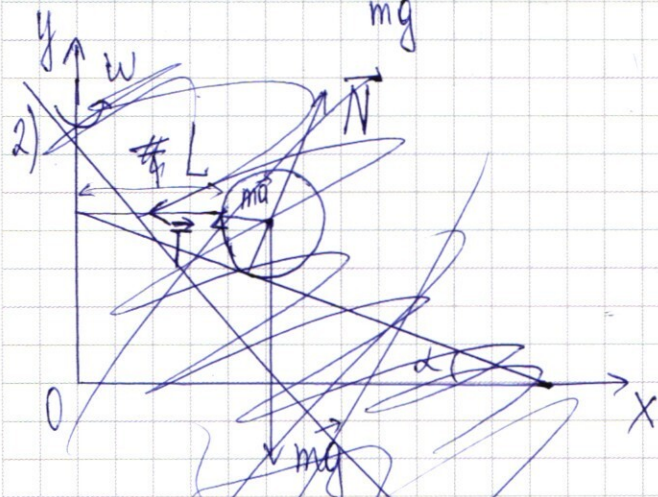
$$\text{по } O_x: N \cdot \sin \alpha - T = 0$$

$$O_y: N \cdot \cos \alpha - mg = 0$$

$$N \cdot \sin \alpha = T \quad (1)$$

$$N \cdot \cos \alpha = mg \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)} = \tan \alpha = \frac{T}{mg} \Rightarrow \boxed{T = mg \tan \alpha}$$



~~$$O_x: N \cdot \sin \alpha - T = 0$$~~

~~$$O_y: N \cdot \cos \alpha - mg = 0$$~~

~~$$a = \omega^2 L \text{ (пренебрежем радиусом шара по сравнению с длиной нити)}$$~~

~~$$\text{Ответ: 1) } T = mg \tan \alpha$$~~

~~$$2) T = m(g \tan \alpha + \omega^2 L)$$~~

~~$$\text{Ответ: 1) } T = mg \tan \alpha$$~~

Поскольку объем воды намного меньше объема пара, будем считать, что пар занимает весь объем.

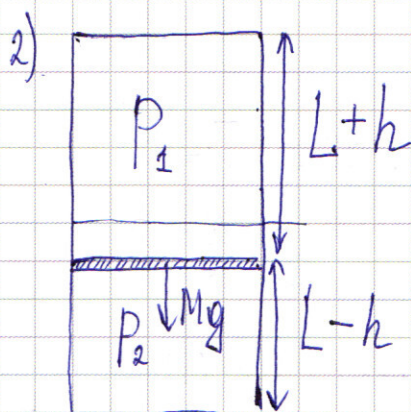
$$pV = \nu RT$$

$$p_0 \cdot S \cdot L = \frac{5m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow m = \frac{p_0 \cdot S \cdot L \cdot M}{5 \cdot R \cdot T}$$

$$m = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 0,6 \text{ м} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{5 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 373 \text{ К}} = \frac{10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{-1} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 8,31 \cdot 373} \text{ кг} =$$

$$= \frac{12 \cdot 18 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 8,31 \cdot 373} \text{ кг} \approx \frac{12 \cdot 18 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 8,28 \cdot 372} \text{ кг} = \frac{1}{5 \cdot 46 \cdot 31} \text{ кг} \approx 0,2 \cdot 0,02 \cdot 0,033 =$$

$$= 1,32 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$$



$$p_1 \cdot S + Mg = p_2 \cdot S$$

$$p_1 + \frac{Mg}{S} = p_2$$

$$p_1 + 0,01 p_0 = p_2$$

Т.к.  $T = \text{const}$ , то

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{(L-h) \cdot S}{(L+h) \cdot S} = \frac{L-h}{L+h}$$

$$\frac{p_1}{p_1 + 0,01 p_0} = \frac{L-h}{L+h}$$

$$p_1 L + p_1 h = p_1 L + 0,01 p_0 L - p_1 h - 0,01 p_0 h$$

$$h = \frac{0,01 p_0 L}{2 p_1 + 0,01 p_0}$$

$$T = \text{const} \Rightarrow p_0 \cdot S \cdot L = p_1 \cdot S \cdot (L+h)$$

$$p_1 = \frac{L}{L+h} p_0$$

$$h = \frac{0,01 p_0 L (L+h)}{2 L p_0 + 0,01 p_0 L + 0,01 p_0 h}$$

$$h = \frac{0,01 p_0 L (L+h)}{2 L p_0 + 0,01 p_0 L + 0,01 p_0 h}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2L \cdot p_0 \cdot h + 0,01 p_0 \cdot L \cdot h + 0,01 p_0 \cdot h^2 = 0,01 p_0 L^2 + 0,01 p_0 \cdot L \cdot h$$

$$0,01 p_0 (0,01 h^2 + 2L \cdot h - 0,01 L^2) = 0$$

$$0,01 h^2 + 2L \cdot h - 0,01 L^2 = 0$$

$$D = 4L^2 + 0,0004 L^2 = 4,0004 L^2 \approx 4 \cdot 10^{-4} \cdot 10001 L^2$$

$$h = \frac{-2L \pm \sqrt{D}}{0,02}$$

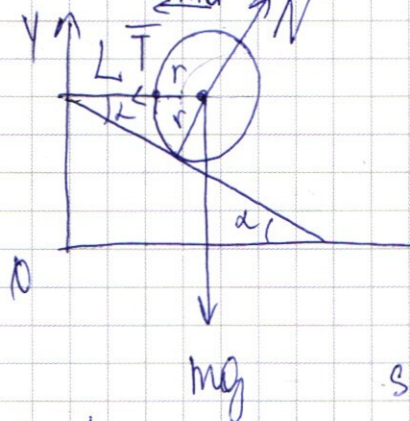
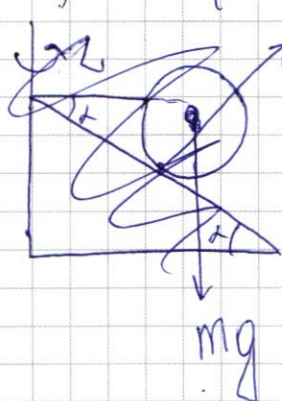
$$h = \frac{-2L + 2 \cdot 10^{-2} \cdot L \sqrt{10001}}{0,02} = 2L \left( \frac{\sqrt{10001}}{2} - 50 \right) = L(\sqrt{10001} - 100)$$

$$k^2 = L^2 \cdot (10001 + 10000 - 20000) = 0$$

1) Ответ: 1)  $k = m = \frac{p_0 \cdot S \cdot L \cdot M}{5RT} = 1,32 \cdot 10^{-4} \text{ КЗ}$

2)  $h = L(\sqrt{10001} - 100) \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

№ 2)



$$O_y: N \cdot \cos \alpha - mg = 0$$

$$O_x: N \cdot \sin \alpha - T = -ma$$

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

$$\sin \alpha = \frac{r}{L+r}$$

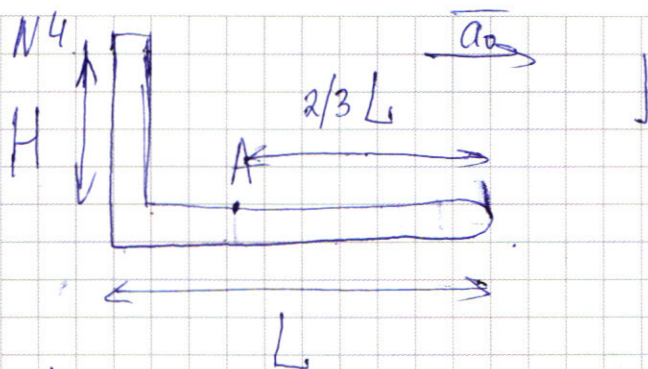
$$L \cdot \sin \alpha + r \cdot \sin \alpha = r \Rightarrow r = \frac{L \cdot \sin \alpha}{1 - \sin \alpha}$$

$$a = \omega^2 \cdot \frac{L \cdot \sin \alpha + L - L \cdot \sin \alpha}{1 - \sin \alpha} = \omega^2 \cdot \frac{L}{1 - \sin \alpha}$$

$$N = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$mg \cdot \tan \alpha - T = -m \cdot \omega^2 \cdot \frac{L}{1 - \sin \alpha} \Rightarrow T = mg \tan \alpha + m \cdot \omega^2 \cdot \frac{L}{1 - \sin \alpha}$$

1) Ответ: 2)  $T = m(g \tan \alpha + \omega^2 \cdot \frac{L}{1 - \sin \alpha})$



1) Т.к. при ускорении, большем  $a_0$ , ртуть будет выливаться, значит при ускорении  $a_0$ :

$$m \cdot a_0 = (p_0 + \rho g H) \cdot S$$

$$L \cdot \rho \cdot a_0 = (p_0 + \rho g H) \cdot S$$

$$p_0 = p_{\text{мм рт.ст.}} \cdot g \cdot \rho$$

$$L \cdot \frac{a_0}{g} = p_{\text{мм рт.ст.}} + H \Rightarrow L = \frac{p_0 + H}{a_0} g$$

~~$$p_1 = \left( \frac{2}{3} L - \frac{1}{3} L \right) \cdot \rho \cdot a_0 = \frac{L \rho a_0}{3} = \frac{(p_{\text{мм рт.ст.}} + H) g \rho}{3}$$~~

~~$$p_1 \text{ мм рт.ст.} = \frac{1}{3} (p_{\text{мм рт.ст.}} + H)$$~~

~~$$p_1 = (740 \text{ мм рт.ст.} + 40 \text{ мм рт.ст.}) \cdot \frac{1}{3} = 260 \text{ мм рт.ст.}$$~~

$$2) p_2 = \left( \frac{2}{3} L - \frac{1}{3} L \right) \cdot \rho \cdot a_0 = \frac{0,6 \cdot L \cdot a_0 \rho}{3} = 0,2 (p_0 + H) \rho g$$

$p_0$  - атм. давл в мм рт.ст.

$$p_1 = p_0 + H + \frac{\frac{L \cdot \rho \cdot a_0}{3 \cdot g} - \frac{2L \cdot \rho \cdot a_0}{3 \cdot g}}{\rho g} = p_0 + H - \frac{1}{3} \frac{L \cdot a_0}{g} =$$

$$= p_0 + H - \frac{1}{3} \cdot (p_0 + H) = \frac{2}{3} (p_0 + H) = \frac{2}{3} (740 + 40) \text{ мм рт.ст.} = 520 \text{ мм рт.ст.}$$

$$2) p_2 = p_0 + H + \frac{\frac{L \cdot \rho \cdot 0,6 a_0}{3 \cdot g} - \frac{2L \cdot \rho \cdot 0,6 a_0}{3 \cdot g}}{\rho g} = p_0 + H - 0,2 \frac{L \cdot a_0}{g} =$$

$$= p_0 + H - 0,2 (p_0 + H) = 0,8 (p_0 + H) = 0,8 (740 + 40) \text{ мм рт.ст.} =$$

$$= 624 \text{ мм рт.ст.}$$

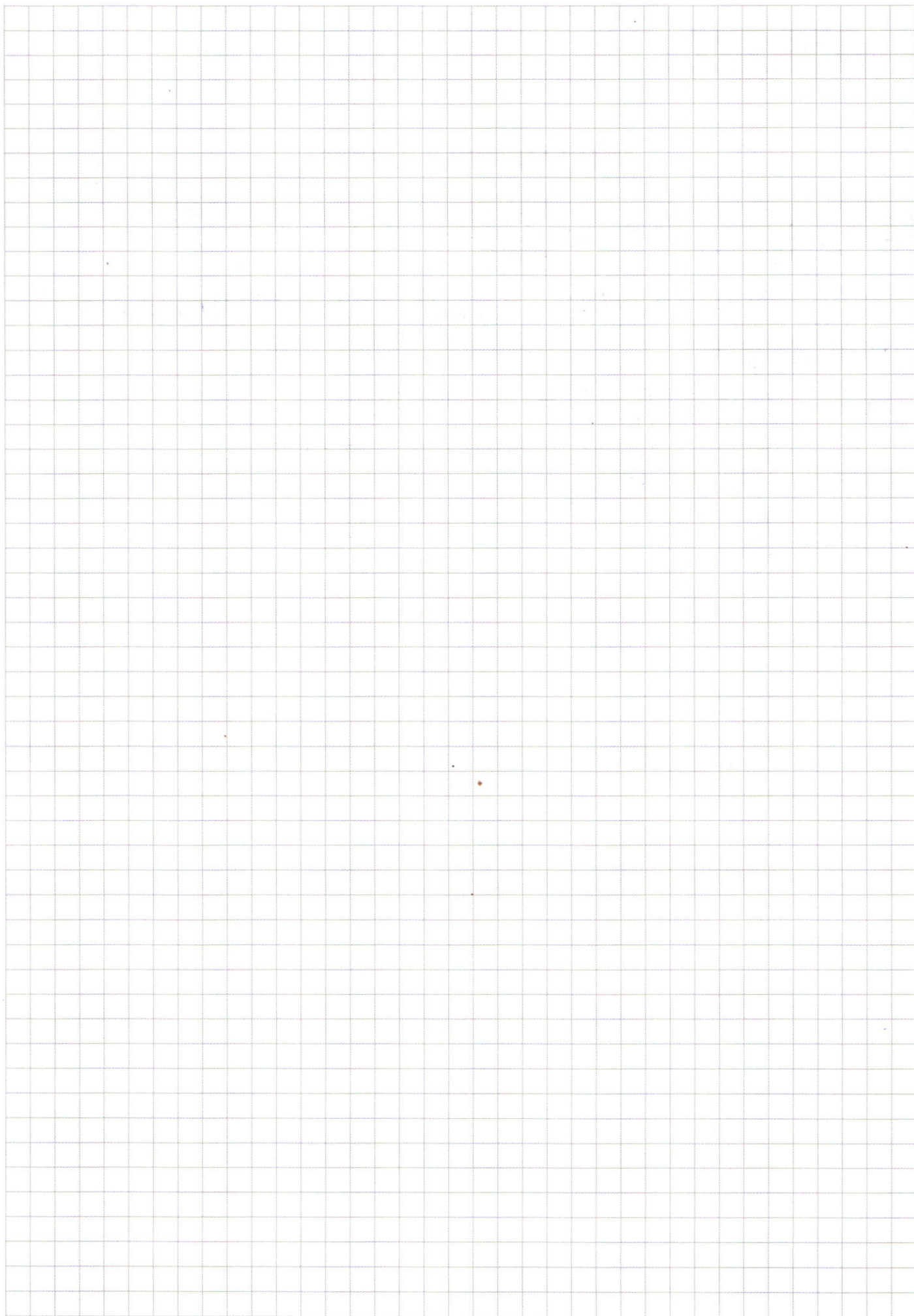
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\text{Зад. 3). } p_3 = p_0 + H + \frac{L \cdot \rho \cdot 0,8 a_0}{\rho \cdot g \cdot 8} = p_0 + H + 0,8 \frac{L a_0}{g} =$$
$$= 1,8 (p_0 + H) = 1,8 \cdot (740 + 40) \text{ мм рт.ст.} = (780 + 624) \text{ мм рт.ст.} =$$
$$= 1404 \text{ мм рт.ст.}$$

Ответ:  $p_1 = \frac{2}{3} (p_0 + H) = 520 \text{ мм рт.ст.}$

$$p_2 = 0,8 (p_0 + H) = 624 \text{ мм рт.ст.}$$

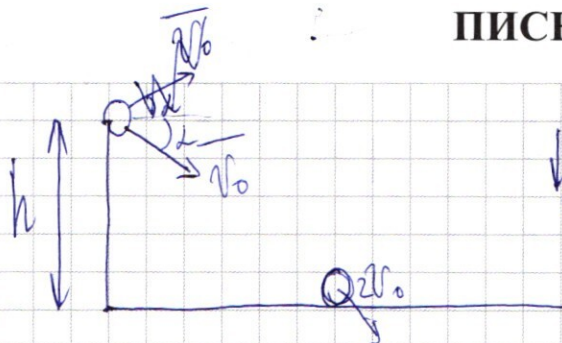
$$p_3 = 1,8 (p_0 + H) = 1404 \text{ мм рт.ст.}$$



☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$h = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2}$$

$$v_0^2 \cos^2 \alpha + v_y^2 = 4v_0^2$$

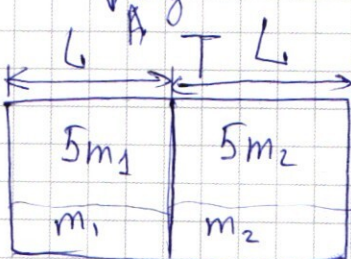
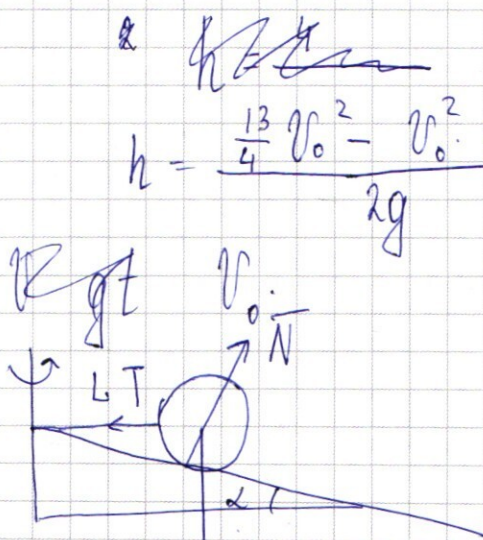
$$\frac{3}{4}v_0^2 + v_y^2 = 4v_0^2$$

$$v_y^2 = \frac{16-3}{4}v_0^2 = \frac{13}{4}v_0^2$$

$$v_y = \frac{\sqrt{13}}{2}v_0$$

$$\frac{3}{2} \frac{v_0^2}{g} = 1,5 \frac{v_0^2}{g}$$

$$\frac{3}{2} < \sqrt{13} < 4$$



$$T = \text{const} \Rightarrow p = \text{const}$$

$$pV = \text{const}$$

$$pLS = \frac{5m}{M} RT$$

$$\frac{p}{p + 0,01 p_0} S = 0,01 p_0$$

$$p(L+h)S = p_0(L-h)S$$

$$p(L+h) = (p + 0,01 p_0)(L-h)$$

$$0,01 \cdot h^2 + 1,2h - 0,00036 = 0$$

$$D = 1,44 + 1,44 \cdot 10^{-4} =$$

400

$$\begin{array}{r} 85^2 \\ 85 \\ \hline 425 \\ 680 \\ \hline 7225 \end{array}$$

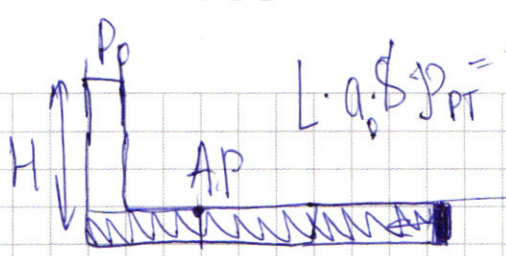
$$\begin{array}{r} 18 \\ 18 \\ \hline 144 \\ 18 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,5 \\ \times 35 \\ \hline 175 \\ 105 \\ \hline 1225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 36 \\ \hline 216 \\ 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 5 \\ \hline 180 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 4 \\ \hline 144 \end{array}$$

$$L \cdot a_0 \cdot \rho_{PT} = P_0 \cdot S$$


$$P_0 + \rho \cdot g \cdot H \cdot \frac{L}{L+h} \cdot \rho_0 + 0,01 \rho_0 = \frac{L}{L-h} \rho_0$$

$$1) P_0 + \rho \cdot g \cdot H$$

$$\frac{1}{3} > 0,3$$

$$\frac{1}{30} > 0,03$$

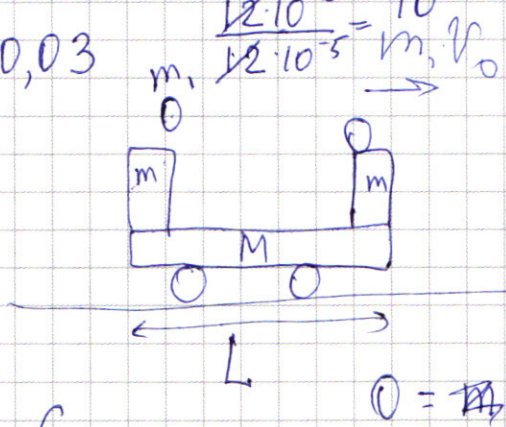
$$\frac{1}{31}$$

$$\frac{12 \cdot 10^{-5}}{12 \cdot 10^{-6}} = 10^{-1}$$

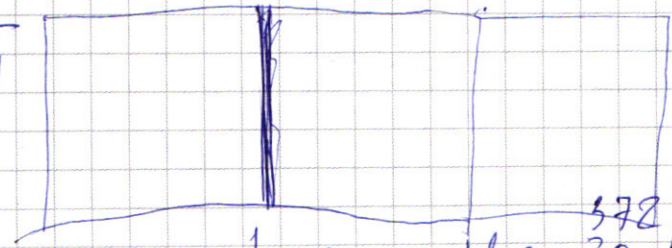
$$m_1 v_0 = (M + 2m - m_1) \cdot v_1$$

$$(v_0 + v_1) T = L \cdot \frac{0,01 L^2 + 2h \cdot L - 0,01 h^2}{L^2 - h^2}$$

$$0,1 \frac{2hL}{L^2 - h^2} = -0,01$$



$$\begin{array}{r} 78 \\ \times 8 \\ \hline 624 \end{array}$$



$$\frac{dm \cdot a}{S} = p \cdot d \cdot l \cdot a$$

$$\frac{1}{30} = 0,33(3)$$

$$\frac{1}{40} = 0,025$$

$$\begin{array}{r} 0,2 \cdot \\ 100 \cdot 46 \\ \hline 2002 \end{array}$$

$$U = 3,3 \text{ kJ}$$

$$\begin{array}{r} 83 \cdot 18 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \cdot 18 \\ 72 \cdot 46 \\ \hline 111 \cdot 108 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 60 + 48 \\ \times 46 \\ \hline 18 \\ 368 \\ 46 \\ \hline 828 \end{array}$$

$$P = \frac{L}{L-h} \rho_0 = \frac{L}{L+h} \rho_0 + 0,01 \rho_0$$

$$0,6 \cdot \frac{L^2 + hL - L^2 + hL}{L^2 - h^2}$$

$$\frac{0,01 L^2 + 2h \cdot L - 0,01 h^2}{0,01}$$

$$\begin{array}{r} 2002 \\ 2002 \\ \hline 4004 \\ 4004 \\ \hline 8008 \\ 8008 \\ \hline 16016 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,0001 \\ 10,001 \end{array}$$