

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-04

Класс 10

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

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.

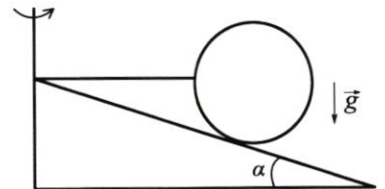
2) Найдите длину L тележки.

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.

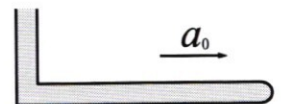


4. Тонкая Г-образная трубка с горизонтальным коленом, закрытым с одного конца, и вертикальным коленом высотой $H = 48$ мм, открытым в атмосферу, заполнена полностью ртутью (см. рис.). Если трубку двигать (в плоскости рисунка) с ускорением, не большим некоторого a_0 , то ртуть из трубки не выливается.

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.

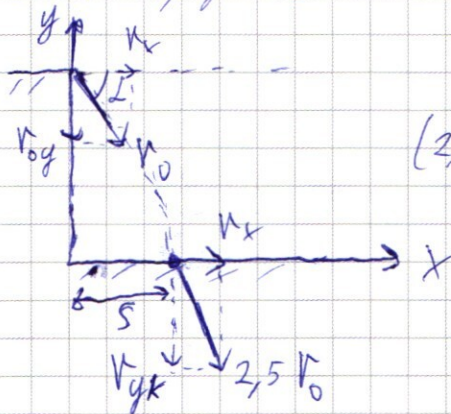
1) Найдите массу m воды в каждой части в начальном состоянии.

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) Шарик всё время приближается к гор. поверхности земли, значит его движется вниз:



$$v_0^2 = v_x^2 + v_{0y}^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$(2.5 v_0)^2 = v_x^2 + v_{yk}^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + v_{yk}^2$$

$$v_{yk}^2 = v_0^2 (2.5^2 - \cos^2 \alpha)$$

$$v_{yk} = v_0 \cdot \sqrt{6.25 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \sqrt{6} v_0$$

$$v_{yk} = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

v_{yk} — искомая вертикальная компонента скорости в момент падения.

$$v_{0y} + g\tau = v_{yk}; v_{0y} = v_0 \sin \alpha = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\tau = \frac{v_{yk} - v_{0y}}{g} = \frac{8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}} - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} \cdot \text{с}$$

$$\tau = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} \text{ с}$$

τ — время полёта

$$s = v_x \tau = v_0 \cos \alpha \tau = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} \text{ м}$$

$$s = \frac{4}{5} \cdot (4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}) \text{ м}$$

s — горизонтальная составляющая

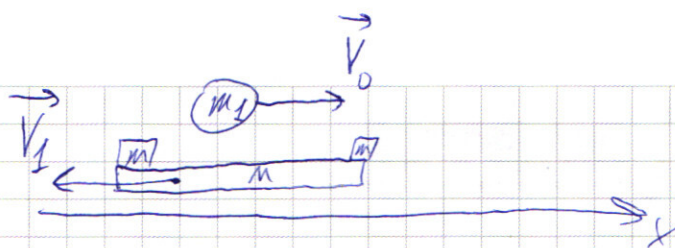
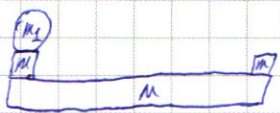
$$v_{yk} \approx 19.6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\tau \approx 1.27 \text{ с}$$

$$s \approx 5.072 \text{ м}$$

Отв: $v_{yk} = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $\tau = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5} \text{ с}$; $s = \frac{4}{5} (4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}) \text{ м}$

2



до:

по 3CU:

$$0 = -(2m+M)V_1 + m_1 V_0$$

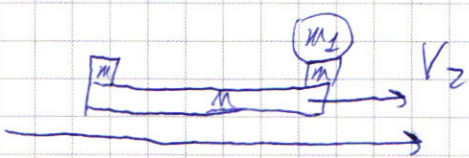
$$V_0 = \frac{M+2m}{m_1} \cdot V_1$$

$$T = \frac{L}{V_0 + V_1}$$

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

$$L = V_1 \cdot T \cdot \frac{M+2m+m_1}{m_1}$$

по 3CU:



$$0 = -(2m+M)V_1 + m_1 V_0 = (M+2m+m_1)V_2$$

$$V_2 = 0$$

$$\text{ответ: } V_0 = \frac{M+2m}{m_1} \cdot V_1$$

$$L = V_1 T \cdot \frac{M+2m+m_1}{m_1}$$

$$V_2 = 0$$

3



$$\text{ок: } T = N \sin \alpha$$

$$\text{ог: } mg = N \cos \alpha$$

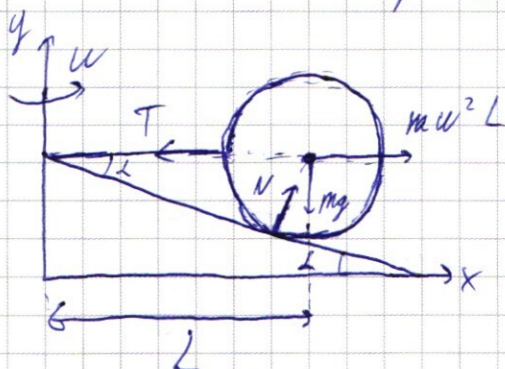
$$T = mg \cdot \tan \alpha$$

Первый способ.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Второй случай:

Переходим в КМО клина:
тогда появится сила $m\omega^2 L$:



$$\text{о } y: mg = N \cos \alpha$$

$$\text{о } x: T = N \sin \alpha + m\omega^2 L$$

$$\sin \alpha = \frac{R}{L}$$

$$\Downarrow$$

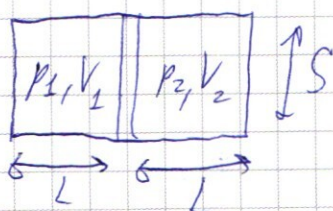
$$L = \frac{R}{\sin \alpha}$$

$$T = mg \cdot \tan \alpha + m\omega^2 \cdot \frac{R}{\sin \alpha} = m \left(g \cdot \tan \alpha + \frac{\omega^2 R}{\sin \alpha} \right)$$

Ответ: $T = mg \cdot \tan \alpha$; в I сл.

$$T = m \left(g \cdot \tan \alpha + \frac{\omega^2 R}{\sin \alpha} \right); \text{ во II сл.}$$

5



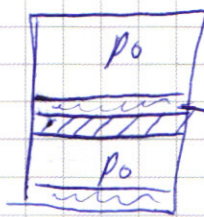
$$V_1 = V_2 = LS, \quad T = \text{const}$$

$$p_1 = p_2 = p_0 \quad \left(\text{равенство давлений на границах при } T = 373 \text{ K} \right)$$

$$p_0 = \frac{\left(\frac{4m}{\mu} \right) \cdot RT}{(LS)}$$

$$\rightarrow m = \frac{p_0 \mu LS}{4RT}$$

После переворота цилиндра, в какой-то части вода обязательно должна полностью испариться, а если это не так, то:



$$p_0 + \frac{m_0 g}{S} + \frac{M g}{S} = p_0$$

это невозможно

Истина есть 2 случая:

а)



$$p_0 + \frac{m_0 g}{S} + \frac{M g}{S} = p_1$$

$$1,02 p_0 + \frac{m_0 g}{S} = \frac{\left(\frac{5M}{\mu}\right) RT}{(L-x) S}$$

б)



x - смещение цилиндра от начального положения равновесия

$$\frac{m_0 g}{S} \geq \frac{\left(\frac{5M}{\mu}\right) RT}{LS} - 1,02 p_0 = \frac{5}{4} p_0 - 1,02 p_0 = 0,23 p_0$$

$$\Downarrow$$

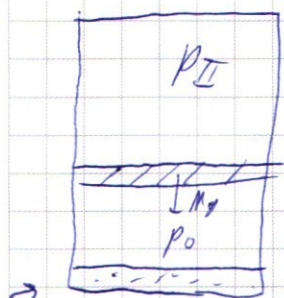
$$m_0 \geq 0,23 p_0 \cdot \frac{S}{g}, \quad 5M = \frac{5}{4} p_0 \cdot \frac{\mu L S}{RT}$$

$$\frac{m_0}{5M} \geq \frac{0,23 RT}{\mu L g} = \frac{0,23 \cdot 8,31 \cdot 373}{0,018 \cdot 0,4 \cdot 10} = \frac{23 \cdot 831 \cdot 373}{18 \cdot 4 \cdot 10} > 1$$

значит массы слюды а) 5м воздуха нежелеза воды больше чем 5м, что невозможно.

Теперь рассмотрим случай б)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$p_{II} + \frac{\Delta \rho}{s} = p_0$$

$$p_H = 0.98 p_0$$

$$\frac{\left(\frac{5M}{\mu}\right)RT}{(L+x)S}$$

$$\frac{\frac{m_r}{\mu} \cdot RT}{(L-x)S}$$

$$\frac{\frac{8M - 5M}{\mu} RT}{(L-x)S}$$

m_n - икса пара снгу.

$$\frac{\left(\frac{5M}{x}\right) \times 1}{(L+x) \times 1}$$

$$\frac{\left(\frac{x}{L+x}\right)^n}{(L+x)^5} = 0,98 \cdot \frac{x}{x^5} \cdot \frac{4m - \Delta m}{L-x}$$

$$\frac{5M}{L+x} = 0,98 \cdot \frac{4M - \Delta M}{L-x}$$

maxwell

$$\frac{\left(\frac{5M}{\mu}\right) RT}{(L+x)S}$$

$$\frac{(14 \text{ M})}{(\mu)} RT$$

$$\frac{5}{2+x} = 0,98 \cdot \frac{4}{1}$$

$$L+x = \frac{5}{4.998} \cdot L = \frac{125}{99} \cdot L$$

$$x = \frac{5 - 4 \cdot 0,98}{4 \cdot 0,98} \cdot L = \frac{27}{98} \cdot L$$

$$\frac{5M}{125} = \frac{98}{100} \cdot \frac{4M - \Delta M}{71}$$

$$\frac{m}{25} = \frac{98}{7100} (4m - 5m)$$

$$4m - \Delta m = \frac{7100 \cdot m}{25.98}$$

$$\Delta M = M \cdot \frac{100 \cdot 98 - 7100}{25 \cdot 98} = M \cdot \frac{2700}{25 \cdot 98}$$

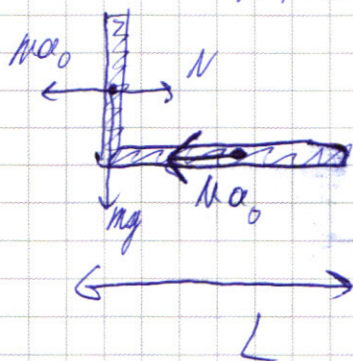
$$\Delta m = m \cdot \frac{10800}{9800} = \frac{54}{49} m$$

$$\text{Ombel: } m = \frac{p_0 \mu L S}{4RT} \approx 0,142$$

$$\Delta m = \frac{54}{49} m \approx 0,152$$

④ ~~Если~~ Если ракурс не выливается при $\alpha = \alpha_0$,
значит:

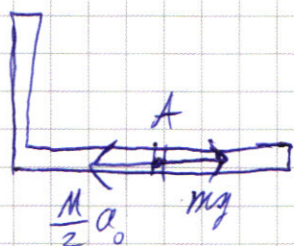
в массе сосуда:



$\uparrow H \Rightarrow$

$$mg = M\alpha_0 = \rho g H \cdot S = \rho \alpha_0 L S$$

$$L = \frac{g}{\alpha_0} \cdot H$$



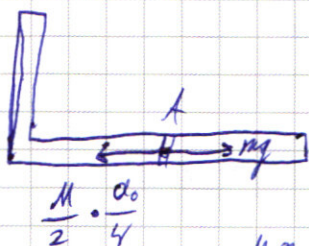
$$P_1 = \left(mg - \frac{M\alpha_0}{2} \right) \frac{1}{S} = \frac{M\alpha_0}{2S} = \frac{\rho L S \cdot \alpha_0}{2S} =$$

$$= \frac{\rho \cdot \left(\frac{g}{\alpha_0} \cdot H \right) \cdot \alpha_0}{2} = \frac{\rho g H}{2} = \rho g \cdot \frac{H}{2}$$

$$P_1 = \rho g \cdot \frac{H}{2} = 24 \text{ н.м. см.}$$

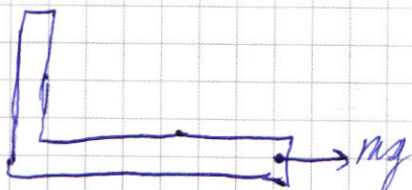
m - масса ракурса
в вертикальной
части

M - масса ракурса
в горизонтальной
части



$$P_2 = \left(mg - \frac{M\alpha_0}{8} \right) \cdot \frac{1}{S} = \frac{7M\alpha_0}{8S} = \frac{7 \cdot \rho L S \cdot \alpha_0}{8S} = \frac{7}{8} \rho \cdot \left(\frac{g}{\alpha_0} \cdot H \right) \cdot \alpha_0$$

$$P_2 = \rho g \cdot \left(\frac{7}{8} H \right) = 42 \text{ н.м. см.}$$



$$P_3 = \frac{mg}{S} = \rho g H = 88 \text{ н.м. см.}$$

Ответ:

$$P_1 = 24 \text{ н.м. см.}$$

$$P_2 = 42 \text{ н.м. см.}$$

$$P_3 = 88 \text{ н.м. см.}$$



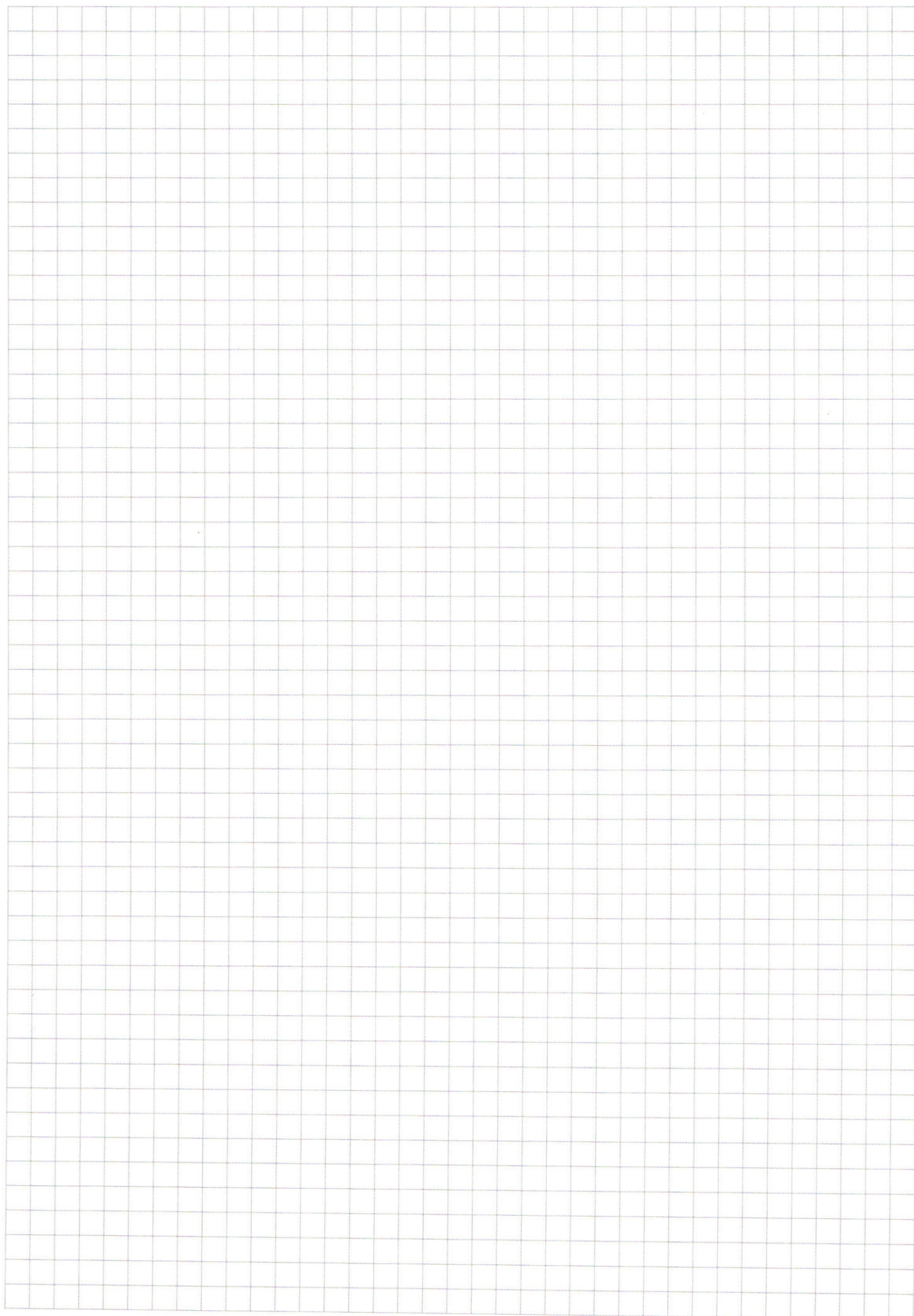
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

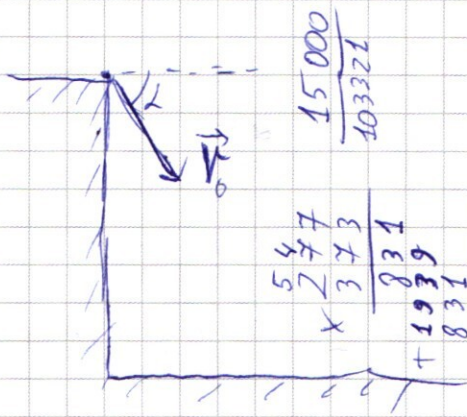
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V_x^2 + V_y^2 = (2,5 V_0)^2$$

$$V_0^2 \cos^2 \alpha + V_y^2 = 2,5^2 \cdot V_0^2$$

$$V_y^2 = (2,5^2 - \cos^2 \alpha) V_0^2$$

$$V_y^2 = (6,25 - 0,25) \cdot V_0^2 = 6 V_0^2$$

$$V_y = \sqrt{6} \cdot V_0$$

$$\begin{array}{r} 2,5 \\ \times 2,5 \\ \hline 125 \\ 50 \\ \hline 6,25 \end{array}$$

$$V_0 \sin \alpha + g t = \sqrt{6} V_0$$

$$t = \frac{\sqrt{6} - \frac{17}{2}}{g} \cdot V_0 = \frac{V_0}{g} \cdot \frac{2\sqrt{6} - 17}{2}$$

$$S = V_0 \cdot \frac{t}{2} = \frac{V_0 (2\sqrt{6} - 17)}{g \cdot 2} = \frac{54}{49} = 1,1$$



$$0 = (M + 2m) V_1 + m_1 V_0$$

$$V_0 = \frac{M + 2m}{m_1} \cdot V_1$$

$$\begin{array}{r} 98 \\ - 27 \\ \hline 71 \\ \times 3700 \\ \hline 10000 \end{array}$$

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

$$V_2 = 0$$

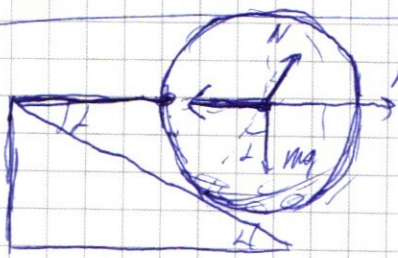
$$\begin{array}{r} 98 \\ - 27 \\ \hline 71 \\ \times 27 \\ \hline 1907 \end{array}$$



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

$$T = N \cdot \sin \alpha = T = mg \cdot \tan \alpha$$

$$\frac{7}{8} \cdot 48 = 42 \text{ м}$$



$$\sin \alpha = \frac{L}{R}$$

$$L = \frac{R}{\sin \alpha}$$

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

$$\begin{array}{r} 98 \\ - 27 \\ \hline 71 \\ \times 100 \\ \hline 7100 \end{array}$$

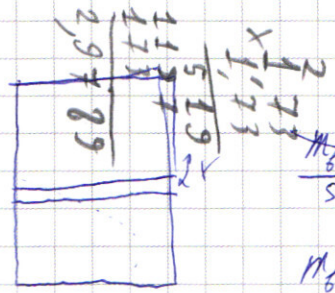
$$\begin{array}{r} 125-98 \\ \hline 27 \\ \times 28 \\ \hline 756 \end{array}$$

$$\frac{m_n RT}{\mu LS} = P_0 \rightarrow m_n = \frac{P_0 LS \cdot \mu}{RT}$$

$$\frac{23 \cdot 8,31 \cdot 373}{25 \cdot 0,018 \cdot 0,4 \cdot 10} \cdot 100$$

$$100 \cdot \frac{23 \cdot 8,31 \cdot 373}{1,8 \cdot 100} =$$

$$\frac{23 \cdot 8,31 \cdot 373}{180} =$$



$$\frac{m_n g}{S} + 1,02 P_0 = \frac{5m - m_0}{S} \cdot \frac{RT}{2S}$$

$$1,25 - 1,02$$

$$\frac{m_n RT}{(L+x)S} = P_0 = \frac{4m RT}{2S}$$

$$\frac{5,072}{4} = \frac{1,223}{1,268} = P_0$$

$$\frac{\Delta m RT}{\mu (L-x)S} = \frac{m_n g}{S}$$

$$\frac{m_n g}{S} > 0,23 \cdot \frac{4m RT}{\mu LS}$$

$$\frac{m_n}{(L+x)} = \frac{4m}{L} = \frac{P_0 S \mu}{RT} = \frac{5m - m_0}{L+x}$$

$$\frac{m_n g}{S} + 1,02 P_0 = \frac{5m RT}{\mu S (L-x)}$$

$$\frac{m_n g}{S} = \left(\frac{5}{4} \frac{L}{L-x} - 1,02 \right) P_0$$

$$\Delta m \cdot \frac{RT}{\mu S (L-x)} = 0,02 P_0 + \frac{m_n g}{S} = \frac{5}{4} \cdot \frac{L}{L-x} \cdot P_0$$

$$\frac{5}{4} \cdot \frac{L S \mu}{4 RT} = 5m$$

$$\frac{5m}{m} = \frac{5 \cdot L \mu g}{16 \cdot 0,02 \cdot RT} = \frac{5 \cdot 94 \cdot 0,018 \cdot 10}{\frac{32}{100} \cdot 8,31 \cdot 373}$$

$$\frac{19,60}{8,45} = 2,32$$

$$= \frac{5 \cdot 4 \cdot 18 \cdot 10 \cdot 10}{32 \cdot 8,31 \cdot 373} = \frac{5 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 5}{2 \cdot 277 \cdot 373}$$

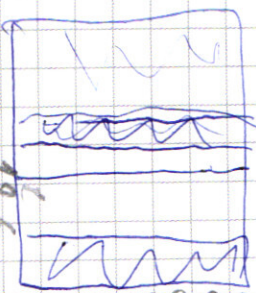
$$\frac{25}{2 \cdot 277 \cdot 373} = \frac{100}{54 \cdot 277 \cdot 373}$$

$$\frac{831}{277} = 3$$

$$\frac{m_x}{L+x} = \frac{4m}{L} \cdot 0,99$$

$$\frac{m_x RT}{(L+x)S} = 0,99 P_0$$

$$\frac{m_x RT}{(L+x)S} = \frac{4m RT}{L S} \cdot 0,99$$



$$p > 1,02 p_0$$

$$p = p_0$$

