Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

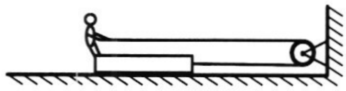
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^0$ 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.

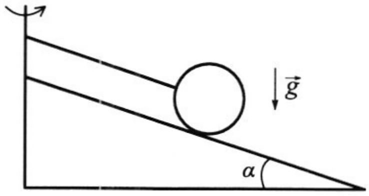
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с^2. Сопротивление воздуха не учитывать.

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.



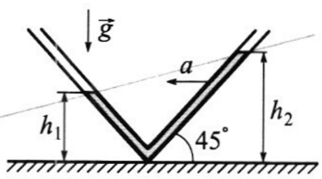
1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу $F\ (F > F_0)$ к канату?

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 $\alpha = 45^0$. 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/с^2. Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95 ^{0}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/см^3, $\mu = 18$ г/моль.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

Дано:

$v_0 = 8$ м/с

$\alpha = 60^\circ$

вниз

$v = 2,5\, v_0$

v_y - ?

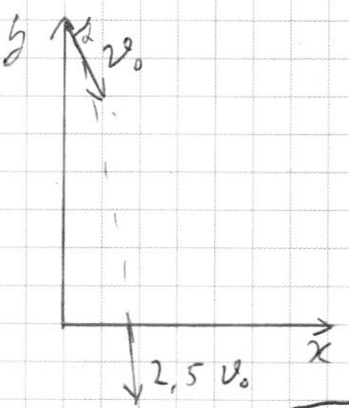
t - ?

S_x - ?

$g = 10$ м/с^2

Решение:

т.к. камень все время приближался к Земле, то изначально его бросили вниз.



$Ox: S_x = v_0 \cos\alpha\, t$

$Oy: v_y = v_0 \sin\alpha + gt$

$v_x = v_0 \cos\alpha$

$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

$$2,5\, v_0 = \sqrt{(v_0 \cos\alpha)^2 + (v_0 \sin\alpha + gt)^2}$$

$$6,25\, v_0^2 - (v_0 \cos\alpha)^2 = (v_0 \sin\alpha + gt)^2$$

$$t = \frac{\sqrt{v_0^2 (6,25 - \cos^2\alpha)} - v_0 \sin\alpha}{g}$$

$$t = \frac{8 \text{ м/с} \sqrt{6} - 8 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10 \text{ м/с}^2}$$

$t \approx 0,8 \cdot (2,45 - 0,87) \approx 1,264$ с.

$v_y = v_0 \sin\alpha + gt = 8$ м/с $\cdot\, 0,87 + 10$ м/с$^2 \cdot 1,264$ с

$v_y \approx 19,6$ м/с

$S_x = v_0 \cos\alpha\, t = 8$ м/с $\cdot\, 0,5 \cdot 1,264$ с

$S_x \approx 2,056$ м

Ответ: $t \approx 1,264$ с, $v_y \approx 19,6$ м/с, $S_x \approx 2,056$ м.

№ 2

Дано:

S

m

$M = 5m$

μ

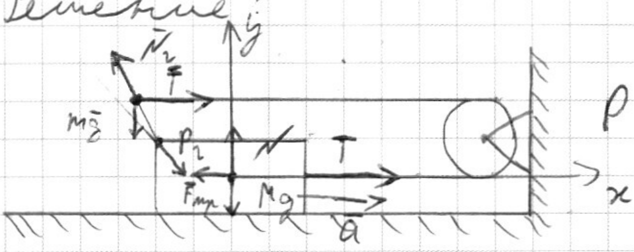
$P - ?$

$F_0 - ?$

$v - ?$

F

Решение:



$P = N$

$P_2 = N_2$

1) $O_y: \ N = Mg + N_{2y}$

$N = Mg + mg = \boxed{6mg}$

2) $F_0 = T$, в равновесии $\vec{a} = 0$

$O_x: \ T + P_{2x} - F_{тр} = 0 \iff 2T = F_{тр}$

$O_y: \ N - P_{2y} - Mg = 0 \iff N = 6mg$

$F_{тр} = \mu N = 6 \cdot mg\mu$

тогда

$2F_0 = 6mg\mu \iff F_0 = \boxed{3\mu mg}$

3) $F > F_0 \Rightarrow a > 0$

$O_x: \ 2T - F_{тр} = a(M+m)$

$O_y: \ N - 6mg = 0$

$F_{тр} = \mu N$

$2T - 6\mu mg = a \cdot 6m$

$a = \dfrac{T - 3\mu mg}{3m}$ $\quad a = \dfrac{T}{3m} - \mu g$

$T = F$

$S = \dfrac{v^2 - v_0^2}{2a}$ $\quad v_0 = 0$ м/с

$v^2 = 2aS$

$v = \sqrt{\dfrac{2S(F - 3\mu mg)}{3m}}$

$\boxed{v = \sqrt{\dfrac{2}{3}\dfrac{FS}{m} - 2\mu g S}}$

Ответ: $P = 6mg$, $F_0 = 3\mu m$, $v = \sqrt{\dfrac{2}{3}\dfrac{FS}{m} - 2\mu g S}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3

Дано: Решение:

m

R

$F_{тр} = 0$

α

L

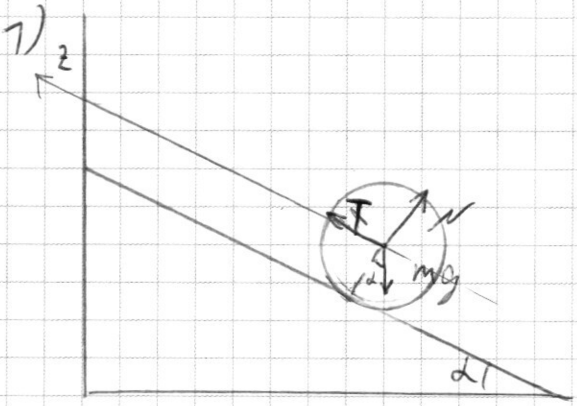
1) T - ?

2) ω

T_2 - ?

$N \geqslant 0$

1)

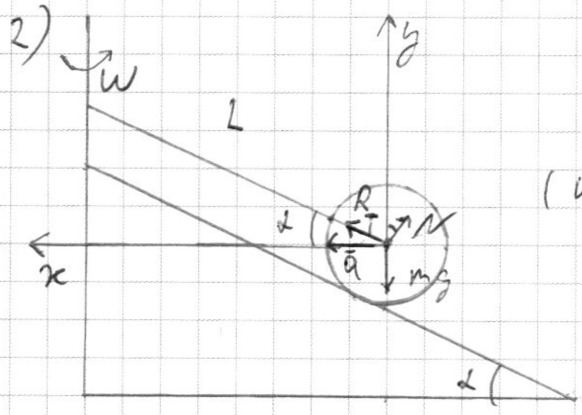


$\bar{T} + \bar{N} + m\bar{g} = 0$

$Oz: \; T - mg \sin\alpha = 0$

$T = mg\sin\alpha$

2)



$N \geqslant 0$

(шар не оторв.)

$\bar{T} + \bar{N} + m\bar{g} = m\bar{a}$

шар вращается — движ. по окружности радиуса $r = (L+R)\cos\alpha$

$Ox: \; T\cos\alpha - N\sin\alpha = am$

$Oy: \; N\cos\alpha + T\sin\alpha = mg$ $\qquad a = \frac{\omega^2}{r} = \frac{\omega^2}{(L+R)\cos\alpha}$

$\begin{cases} T\cos\alpha = am + N\sin\alpha \\ N = \frac{mg - T\sin\alpha}{\cos\alpha} \end{cases}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$$T = \frac{am}{\cos\alpha} + (mg - T\sin\alpha)\frac{\sin\alpha}{\cos^2\alpha}$$

$$T\left(1 + \frac{\sin^2\alpha}{\cos^2\alpha}\right) = \frac{am}{\cos\alpha} + mg\frac{\sin\alpha}{\cos^2\alpha}$$

$$T = \frac{\frac{w^2 m}{(L+R)\cos^2\alpha} + mg\frac{\sin^2\alpha}{\cos^2\alpha}}{\frac{\sin^2\alpha + \cos^2\alpha}{\cos^2\alpha}}$$

$$T = \frac{w^2 m + mg\sin^2\alpha(L+R)}{\cos^2\alpha\ (L+R)} \cdot \cos^2\alpha$$

$$T = m\left(\frac{w^2}{L+R} + g\sin^2\alpha\right)$$

Ответ: 1) $T = mg\sin\alpha$

2) $T_2 = m\left(\frac{w^2}{L+R} + g\sin^2\alpha\right)$

№ 4

Дано: Решение:

$\alpha = 45^0$

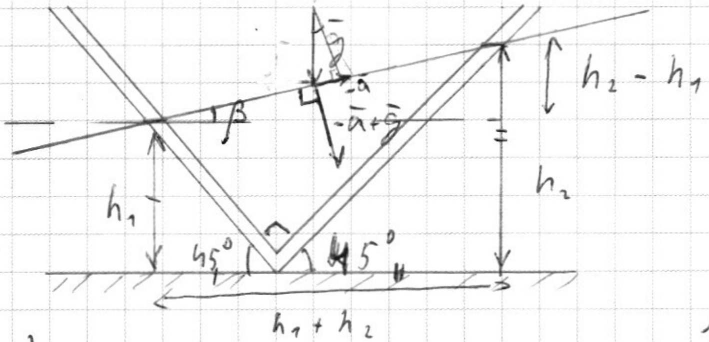
$h_1 = 8$ см

$h_2 = 12$ см

$g = 10$ м/с^2

a – ?

v_{max} – ?



1) Суммарное ускорение масла (вектор) перпендикулярен линии установившегося уровня. ($\bar{a}_{см} = -\bar{a}$)

~~(Если перейти в инерциальную с.о., появится ускорение $-\bar{a}$ действ. на масло, тогда суммарное ускорение будет $\perp$ уровню)~~

пусть угол между уровнем и горизонтом β, тогда из рисунка (с учетом равенства катетов равнобедр. прямоугольных Δ):

$$tg\,\beta = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{|a|}{|g|} \Rightarrow a = \frac{g(h_2 - h_1)}{h_2 + h_1}$$

$$a = \frac{10\ м/с^2 \cdot (12\ см - 8\ см)}{12\ см + 8\ см} = 2\ м/с^2$$

2) После „исчезновения" a (ускорения) движение воды в трубке будет незатухающим (т.к. отсутствует трение) – подобно движ. маятника. Тогда v_{max} – в ниж. точке, когда уровень будет парал. земле (ц.м. будет в ниж. точке)

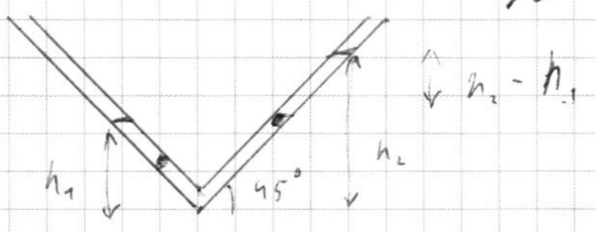
v_{max} найдём из З.С.Э.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4



$$\frac{104 \cdot 288}{800} = 0{,}1\sqrt{3744}$$

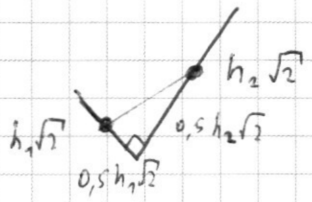
$$144 \cdot 26 = 3744$$

$$V = (h_2 - h_1)\sqrt{2}\,S \qquad V_1 = h_1\sqrt{2}\,S \qquad h_2\sqrt{2}$$

$$0{,}2\sqrt{936}$$

$$0{,}6\sqrt{104}$$

$$0{,}2\sqrt{26}$$



$$\frac{0\,h_1\sqrt{2} + \sqrt{\frac{1}{2}(h_1^2 + h_2^2)} \cdot h_2\sqrt{2}}{h_1\sqrt{2} + h_2\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{2}(h_1^2 + h_2^2)}}{\sqrt{(h_1 + h_2)^2 \cdot 2}}$$

$$\sqrt{\frac{1}{2}(h_1^2 + h_2^2)}$$

$$\frac{0 \cdot 8\sqrt{2} + 2 \cdot 12\sqrt{2}}{20\sqrt{2}} = 0{,}6$$

$$\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0{,}0002} = \sqrt{0{,}00}$$

$$\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0{,}002} = \sqrt{0{,}04} = 0{,}2$$

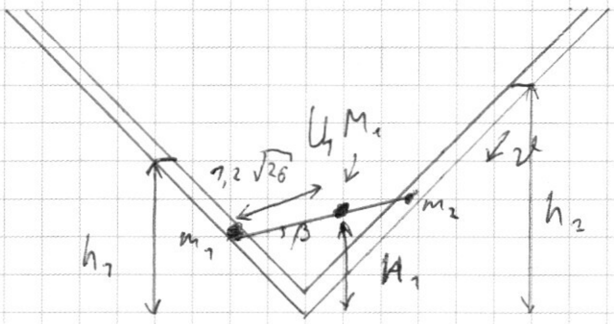
(там продолжение)

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № X (Нумеровать только чистовики)

Найдем начальное положение ц.м и его устойчивое положение:

нач]:



массы будем считать в см, т.к. S, ρ – const

$m_1 = h_1\sqrt{2}$ $\quad m_2 = h_2\sqrt{2}$

из маленького Δ катеты = $0,5 h_1\sqrt{2}$ и $0,5 h_2\sqrt{2}$

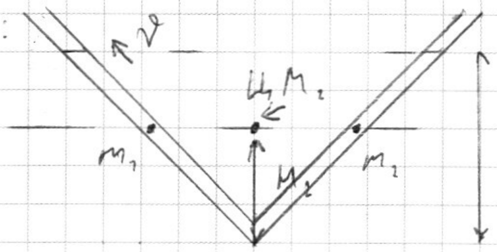
=> по т. Пифаг. гип = $\sqrt{\frac{1}{2}(h_1^2+h_2^2)}$

от т. m_1: $\dfrac{0\cdot h_1\sqrt{2} + \sqrt{\frac{1}{2}(h_1^2+h_2^2)}\cdot h_2\sqrt{2}}{h_1\sqrt{2}+h_2\sqrt{2}} =$

$= \dfrac{\sqrt{\frac{1}{2}\cdot 208\,см^2}\cdot\sqrt{288\,см^2}}{\sqrt{800\,см^2}} = 1,2\sqrt{26}$

$H_1 = \dfrac{h_1}{2} + \dfrac{0\cdot 8\sqrt{2} + \frac{12-8}{2}\cdot 12\sqrt{2}}{20\sqrt{2}} = 4см + 1,2см = 5,2см$

конец]:



уровень сравн. и выс. станет $\frac{h_1+h_2}{2}$ в кажд.

$\frac{h_1+h_2}{2} = 10$ см.

тогда $H_2 = \frac{1}{2}\,\frac{h_1+h_2}{2} = 5$ см

($m_1 = m_2$ в силу симметрии)

тогда из ЗСЭ: $\cancel{m}g\Delta h = \dfrac{\cancel{m}v_{max}^2}{2}$

$v_{max} = \sqrt{2g(H_1-H_2)} = \sqrt{2\cdot 10\,м/с^2\,(0,052\,м - 0,05\,м)}$

$v_{max} = 0,2$ м/с **Ответ:** $a = 2$ м/с^2; $v_{max} = 0,2$ м/с

продолжение →

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

Дано:

$t = 95\,^\circ C$

$P = 8{,}5 \cdot 10^4$ Па

$\gamma = 4{,}7$

$\rho = 1 \frac{г}{см^3}$

$M = 18 \frac{г}{см^3}$

$\frac{\rho_п}{\rho_в}$ — ?

$\frac{V_п}{V_в}$ — ?

Решение:

$PV = \nu RT \qquad T = t + 273\,K = 368\,K$

1) $\frac{Pm}{\rho_п} = \nu RT$

$\frac{PM}{\rho_п} = RT \iff \rho_п = \frac{PM}{RT}$

$\rho_п = \frac{8{,}5 \cdot 10^4\,Па \cdot 0{,}018\,\frac{кг}{моль}}{8{,}31\,\frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 368\,К} \approx 0{,}5\,\frac{г}{см^3}$

$\frac{\rho_п}{\rho_в} = 0{,}5$

2) $m_п = V_п \rho_п$ т.к. пар насыщ.

$m_п' = \frac{V_п \rho_п'}{\gamma} \qquad \rho_п' = \rho_п$ (T-const, $P \le P_0 \to \nu \downarrow$, пар конденсир.)

Из закона сохранения масс:

$m_в = m_п - m_п' = V_п \rho_п - \frac{V_п \rho_п}{\gamma} \Rightarrow$

$V_в = \frac{m_в}{\rho_в} = \frac{V_п \rho_п - \frac{V_п \rho_п}{\gamma}}{\rho_в} \Rightarrow \frac{V_п}{V_в} = \frac{\cancel{V_п}}{\frac{\cancel{V_п}\rho_п - \frac{\cancel{V_п}\rho_п}{\gamma}}{\rho_в}} =$

$= \frac{\rho_в}{\rho_п - \frac{\rho_п}{\gamma}} = \frac{1\,\frac{г}{см^3}}{0{,}5\,\frac{г}{см^3} - \frac{0{,}5\,г/см^3}{4{,}7}} \approx \frac{1}{0{,}5 - 0{,}106} \approx 2{,}5$

Ответ: $\frac{\rho_п}{\rho_в} = 0{,}5$; $\frac{V_п}{V_в} = 2{,}5$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

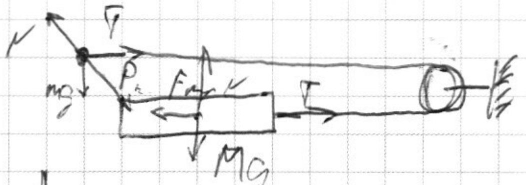
2,45 × 2,45: 1225, 980, 490 → 6,0025

0,87 × 2 = 1,74; 1,74 × 1,74: 696, 1218, 174 → 3,0276

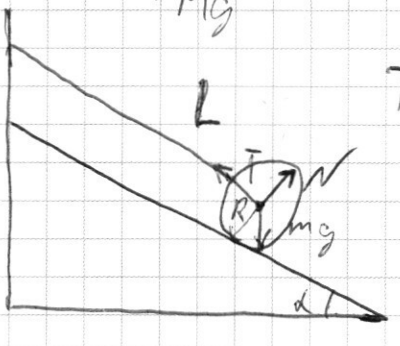
2,45 − 0,87 = 1,58; 1,58 × 0,8 = 1,264; + 4 → 2,056

0,87 + 8 → 6,96; 12,64 → 19,60; 19,6 × 19,6: 1176, 1764, 196 → 384,16 + 16 ≈

≈ 400 → 20



$$T(1+tg^2\alpha) = \frac{am}{\cos\alpha} + mg\frac{\sin\alpha}{\cos^2\alpha}$$



$$T = \frac{\dfrac{\omega^2 m}{(L+R)\cos^2\alpha} + mg\dfrac{\sin^2\alpha}{\cos^2\alpha}}{1+tg^2\alpha}$$

$$= \frac{\sin^2+\cos^2}{\cos^2}$$

$$v = \omega r \qquad a = \frac{v^2}{r} = \frac{\omega^2 r^2}{r} = \frac{\omega^2}{r}$$

$$T\cos\alpha = am + N\sin\alpha$$

$$N = \frac{mg - T\sin\alpha}{\cos\alpha}$$

$$T\cos\alpha = am + (mg - T\sin\alpha)\,tg\,\alpha$$

$$T = \frac{am}{\cos\alpha}\cancel{\cos\alpha} + mg\frac{tg\,\alpha}{\cos\alpha} - T\,tg^2\alpha$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$: \frac{1}{\cos^2}$

$$\frac{(w^2 m + mg\sin^2\alpha(L+R)) \cdot \cancel{\cos^2}}{\cancel{\cos^2}\alpha\,(L+R)}$$

$50 : 47 = 0{,}1063$

-50, 47, -300, 282, 180

$\frac{1}{0{,}394}$

$$T = m\,\frac{w^2 + g\sin^2\alpha(L+R)}{L+R}$$

$$T = \frac{mw^2}{L+R} + mg\sin^2\alpha = m\left(\frac{w^2}{L+R} + g\sin^2\alpha\right)$$

№ 5

85×18: 680, 85, 1530

$368 \times 8{,}31$ (8,37): 368, 1104, 2944, $3058{,}08$

$pV = nRT$

$\frac{pm}{\rho_n} = nRT$

$\cancel{\frac{pM}{\rho_n} = RT}$

$\cancel{\rho_n = \frac{pM}{RT}}$

$$\rho_n = \frac{pM}{RT} =$$

$$= \frac{8{,}5 \cdot 10^4\,\text{Па} \cdot 0{,}018\,\frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8{,}37\,\frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}} \cdot 368\,\text{К}} = 0{,}5$$

$$\left\{\begin{array}{l} p_1V_1 = nRT \\ p_2\frac{V_1}{4{,}7} = nRT \end{array}\right.$$

$$\rho_n' = \frac{p'M}{RT} =$$

$1000 : 394 = 2{,}512$

-1000, 788, -2120, 1970, -500, 394, 1060

$$\frac{p_2 V_1}{4{,}7\,p_1 V_1} = 1 \qquad p_2 = 4{,}7\,p_1$$

$V = \cancel{m\rho_n M}\ \frac{m}{\rho}$ было $4{,}7V_n$ $4{,}7\,M_n\rho_n$

стало: V_n $M_n\rho_n$

$m_n = V_n\rho_n$

$m_n' = \frac{V_n\rho_n}{4{,}7}$ $\quad m_b = m_n - m_n' = \frac{4{,}7V_n\rho_n - V_n\rho_n}{4{,}7}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)