

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-01

Класс 10

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

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?

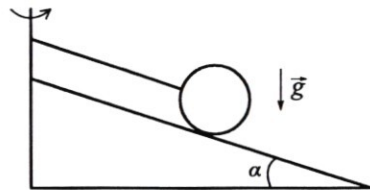
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

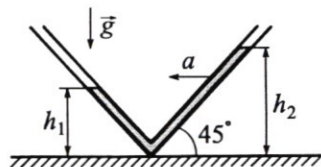


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.



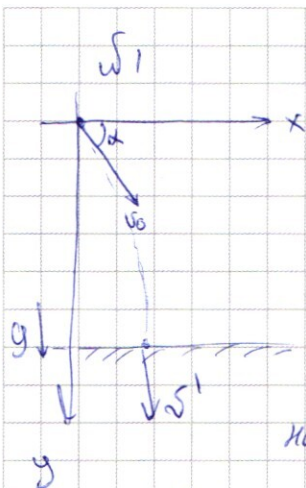
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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



Введём ось y ^(напр. поств. на ось y) направленную вертикально вниз, ось x лежащую в плоскости, проходящей через ось y и вектор $\vec{v}_0$, сонаправленную с ~~этой~~ ^{этим} состоят. вектор v_0 пер-ной оси y .

Пусть $\vec{v}'$ — конечная скорость, v_x, v_y — проекции $\vec{v}_0$ на ось x и y соотв., v'_x, v'_y — проекции $\vec{v}'$ на x и y соотв.

На камень действует только сила тяжести, значит $v'_x = v_x$

из II зак. Ньютона ускорение на ось x во время полёта 0, $\Delta v'_x - v_x = \int_0^{t_k} a_x dt$

Пусть t_k — время полёта, l — смещение вдоль x

Тогда: $v_x = v_0 \sin \alpha$; $v_y = v_0 \cos \alpha$; $v'_x = v_x = v_0 \sin \alpha$, из Т. Пифагора

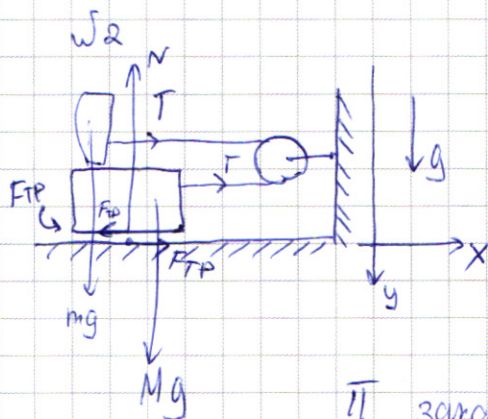
$$v'_y = \sqrt{v'^2 - v_x^2}; \quad v'_y = \sqrt{400 - 16} \text{ м/с} = \sqrt{384} \text{ м/с} = 8\sqrt{6} \approx 8 \cdot 1,414 \approx 11,31 \text{ м/с}$$

$$gt_k = v'_y - v_y \Rightarrow t_k = \frac{v'_y - v_y}{g}$$

$$t_k \approx \frac{11,31 \text{ м/с} - 4\sqrt{3} \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} \approx \frac{11,31 - 6,93}{10} \text{ с} = 0,438 \text{ с} \approx 0,44 \text{ с}$$

$$l = t_k v_x \approx 0,44 \cdot 4 \text{ м} = 1,76 \text{ м} \approx 1,8 \text{ м}$$

Ответ: $v'_y \approx 11,3 \text{ м/с}$; $t_k \approx 0,44 \text{ с}$; $l \approx 1,8 \text{ м}$



3 сила натяжения нити — T , сила нормальной реакции опоры (пола) — N , сила трения — $F_{тр}$

Введём систему координат: ось y совпадает с вектором $\vec{g}$, ось x параллельна нити и направлена от человека к стене.

II закон Ньютона в проекции на y для системы (человек + ящик): $Mg + mg - N = (M+m) \cdot 0 \Rightarrow N = 6mg$

При движении $F_{тр} = \mu N = 6\mu mg$. Тогда полная сила реакции опоры: $\sqrt{N^2 + F_{тр}^2} = 6mg \sqrt{1 + \mu^2}$

При движении a_x (ускорение ^{с попом. T} ^{впрямую} на ось x) не меньше 0.

тогда II зак. Ньютона в проекции на x для системы (ящик + чел.):

$$2T - F_{тр} = (M+m)a_x \Rightarrow 2T - 6\mu mg = (M+m)a \geq 0 \Rightarrow T \geq 3\mu mg$$

При $T = F > 3\mu mg$ имеем из равенства выше:

$$2F - F_{тр} = (M+m)a_x \Rightarrow a_x = \frac{F - 3\mu mg}{3m} \Rightarrow a_x = \frac{F}{3m} - \mu g$$

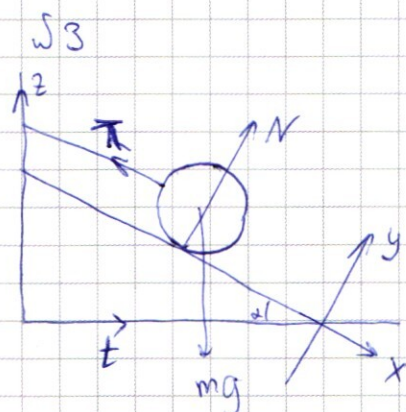
Тогда, пройдя путь S и получив ск-ть v имеем:

$$v^2 = 2Sa_x = 2S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)$$

$$v = \sqrt{2S \frac{F - 3\mu mg}{3m}}$$

Ответ: Ящик с человеком при движении давят на пол с силой $6mg \sqrt{1 + \mu^2}$; $T_{\min} = 3\mu mg$; $v = \sqrt{2S \frac{F - 3\mu mg}{3m}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Раз клин наклонный, то сила трения равна 0.

Пусть N - сила нормальной реакции опоры,

а ось x пар-на нити и напр. от ^{оси} центра к шару, y - пер-на x и напр. вверх.

По теореме о трех силах векторы сил T, N, mg пересекаются в 1 точке, но mg и N проходят через центр шара, тогда и T пройдет через центр шара.

II закон Ньютона в неподвижном случае в проекции на:

$$x: mg \sin \alpha - T = 0 \Rightarrow T = mg \sin \alpha.$$

Для случая вращения введем z направл. вертикально вверх и $t \perp z$, напр. в плоскости, содержащей нить от точки к шару. Центр шара удален от оси на $(L+R) \cos \alpha$, тогда его ускорение равно $\omega^2 (L+R) \cos \alpha$ (направленно вдоль t в обратн. сторону). II закон Ньютона на оси:

$$z: N \cos \alpha + T \sin \alpha - mg = 0 \quad (1)$$

$$t: N \sin \alpha - T \cos \alpha = -m \omega^2 (L+R) \cos \alpha \quad (2)$$

$$\text{из (1): } N = \frac{mg}{\cos \alpha} - T \tan \alpha$$

$$\text{подставим в (2): } mg \tan \alpha - T \sin \alpha \tan \alpha - T \cos \alpha = -m \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

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

$$T = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha \quad (\text{быстрее было бы на ось } x \text{ действовать :c)}$$

Ответ: в неподвиж. случае: $T = mg \sin \alpha$

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

55

до начала сжатия газа по закону Бойля - Мариотта:

$$pV = \nu R T \quad (T - \text{температура в } ^\circ\text{K}; \nu - \text{кол-во в-ва}, V - \text{объем пара})$$

откуда (если μ - молярная масса H_2O $\mu = 18 \text{ г/моль}$):

$$\mu pV = \nu \mu R T$$

$$\frac{\mu p}{RT} = \frac{\nu \mu}{V} = \frac{m}{V} = \rho_n \quad (m - \text{масса пара (прежде всего воздуха)}, \rho_n - \text{его плотность})$$

$$\rho_n \approx \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{(25 + 273) \cdot 8,5} \approx \frac{\text{Па} \cdot \text{г/моль}}{\text{град} \cdot (\text{Па} \cdot \text{м}^3/\text{моль град})} \approx \frac{10^4 \cdot 18}{370} \text{ г/м}^3 = \frac{1}{2} \text{ г/м}^3$$

Этот процесс изотермический, то пар оставался насыщенным и его плотность не менялась. Пусть начальный объем был λV_1 .

Тогда, когда он уменьшился в λ раз, он стал V_1 , то есть пар из объема $(\lambda - 1) V_1$ перешел в воду объемом $V_{\text{н.о.}}$

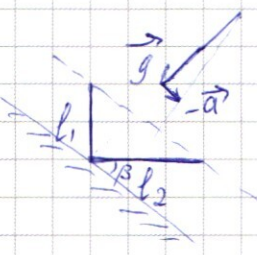
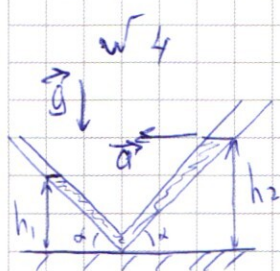
$$\text{Тогда: } (\lambda - 1) V_1 \rho_n = V_{\text{н.о.}} \rho \Rightarrow \frac{V_1}{V_{\text{н.о.}}} = \frac{\rho}{\rho_n (\lambda - 1)}$$

$$\frac{V_1}{V_{\text{н.о.}}} \approx \frac{1800}{87} \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot \left(3,7 \cdot \frac{18}{37} \text{ г/м}^3 \right)^{-1} =$$

$$= 10^3 \cdot 1,8 = \cancel{1800 \text{ раз}} \quad 550 \text{ раз}$$

$$\text{Ответ: } \rho \approx 0,5 \text{ г/м}^3; \quad \frac{V_1}{V_{\text{н.о.}}} = \cancel{1800 \text{ раз}} \quad 550 \text{ раз}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Пусть длина стога жидкости в меньшей колене l_1 , а в большем l_2

$$l_1 = h_1 / \cos \alpha$$

$$l_2 = h_2 / \sin \alpha = h_2 / \cos \alpha \quad (\text{так } \alpha = 45^\circ)$$

тогда $\frac{l_1}{l_2} = \frac{h_1}{h_2}$

Перейдем в кинематическую систему отсчета, связанную с трубкой, запишем для любого кол-ва жидкости II закон Ньютона с учетом сил инерции: $\vec{F}_{\text{равн}} + m\vec{a} =$

II закон Ньютона для любого объема жидкости в трубке:

$$\vec{F}_{\text{равн}} + m\vec{g} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F}_{\text{равн}} + m(\vec{g} - \vec{a}) = 0, \text{ то есть нашу систему}$$

можно заменить покоящейся, с вектором $\vec{a}$ ускорением "свободного" падения равным $\vec{g} - \vec{a}$.

По закону соотв. сосудов имеем, $l_1 \cos \beta = l_2 \sin \beta$, (1),

где β - угол между коленами, где жидкости больше и ковал

"горизонтально". Тогда $\vec{g} - \vec{a}$ пер-ны новой полу, ~~то вертикально~~

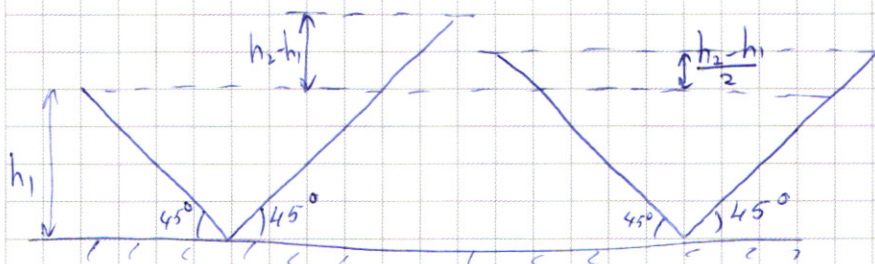
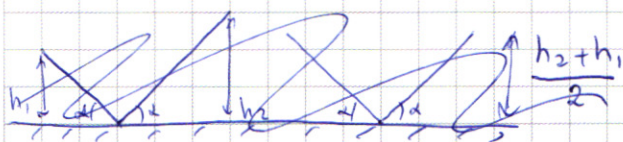
~~в обратную систему, под повернется на угол (alpha - beta)~~

а угол между $\vec{g}$ и $\vec{g} - \vec{a}$ $\alpha - \beta$ Тогда $\frac{|\alpha|}{|\beta|} = \tan(\alpha - \beta)$

$$\text{Из (1)} \quad \tan \beta = \frac{l_1}{l_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

$$a = g \tan(\alpha - \beta) = g \frac{\tan \alpha - \tan \beta}{1 + \tan \alpha \tan \beta} \approx g \frac{0.7 - \frac{2}{3}}{1 + \frac{14}{15}} = 10 \cdot \frac{\frac{1}{30}}{\frac{29}{15}} = \frac{10}{44} \approx 0.23 \text{ м/с}^2$$

§4 омотание



ЗСЭ для психности:

$$\frac{(h_2 - h_1)}{2} \Delta m g + \frac{-h_1}{2} m' g = \frac{-h_1}{2} m' g + 2 \frac{h_2 - h_1}{4} \frac{\Delta m}{2} g + m \frac{v^2}{2} \quad (1)$$

где v^2 - конст. скорость системы (до этого момента она была (равенство ур-нов психности), после него - будет падать, это - максимальная), m - масса всего масла, Δm масса масла выше отметки в h_1 .

$$U_3 \quad (1): \frac{h_2 - h_1}{4} \Delta m g = \frac{m v^2}{2}$$

но если S - площадь сечения трубки, то $\Delta m = \rho_{\text{масла}} (h_2 - h_1) S$,

а $m = \rho_{\text{масла}} S (l_1 + l_2)$. Тогда

$$v^2 = \frac{h_2 - h_1}{2} g \frac{\Delta m}{m} = \frac{h_2 - h_1}{2} g \frac{l_2 - l_1}{l_2 + l_1} = \frac{h_2 - h_1}{2} g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$$

$$v = (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{2(h_2 + h_1)}} \approx 0,04 \text{ м} \sqrt{\frac{10 \text{ м/с}^2}{2 \cdot 0,2 \text{ м}}} \approx 0,2 \text{ м/с}$$

Задача решена. при постоянном сечении трубки и $S \ll h_1$

Ответ: $a \approx 0,23 \text{ м/с}^2$; $v \approx 0,2 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2,5 v_0 = \sqrt{20 \text{ m/s}}$$

4 16 3

$$384 = (75 + 21)^4 = 96 \cdot 4 = 24 \cdot 16 = 360 + 24 = 384$$

$$64 \cdot 6 \quad 360 + 24 = 384$$

$$= 64 \cdot 6$$

$$14 \cdot 17 = 170 + 40 + 28 = 210 + 28 = 238$$

$$\sqrt{V_x} = 4 \text{ m/c}$$

$$v_y = \sqrt{64 - 16} = \sqrt{48} = 4\sqrt{3} \approx 4 \cdot 1,7 = 6,8 \text{ m/s}$$

$$s_y' = \sqrt{400 - 16} = \sqrt{384} = 8\sqrt{6} = 8 \cdot 1,4 \cdot 1,7 \approx 8 \cdot 2,4 = 16 + 3,2 = 19,2$$

$$t = \frac{v_y' - v_y}{g} = \frac{19,2 - 6,8}{10} = \frac{12,4}{10} = 1,24 \text{ s}$$

$$l = t v_x = 4,896 \approx 5$$

$95 + 273$

370

18 360

370 360

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

$$F_{TP} = \mu N = \mu(m+M)g = 6 \text{ m} / \mu g$$

$$F' = 6mg \sqrt{1+\mu^2}$$

$$2T = F_{TP} \Rightarrow T = 3 \mu\text{mg}$$

$$\frac{F - 2\mu mg}{6m} = 6mg \Rightarrow a = \frac{F - 3\mu mg}{3m} = \frac{F}{3m} - \mu g$$

$$R = 3m(a + \cancel{mg}) \quad \frac{1}{2}at^2 = s$$

$$v^2 = 2Sa$$

$$v = \sqrt{2sa}$$

$$P\cancel{V} = 2RT$$

$$\frac{V}{Z_M} = \frac{RT}{P_M}$$

$$M_p V = \frac{2}{3} RT M$$

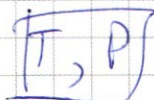
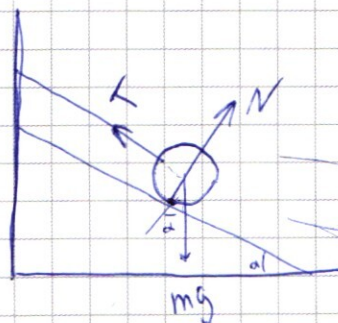
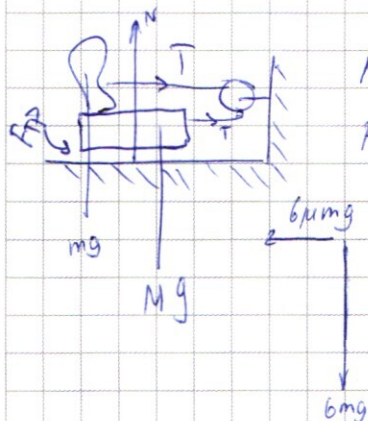
$$P = \frac{MP}{RT}$$

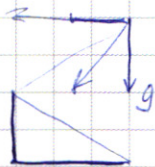
$$\rho = \frac{RT}{PM}$$

$$10^5 \cdot 22,4 \text{ mol} = 1 \text{ mol} \cdot 3000 \cdot R$$

$$R = \frac{0,022,4 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{м}}{3 \cdot 11016 \cdot \text{Па} \cdot \text{с}} =$$

па.мз
мо.м.ураг





$$\operatorname{tg}(\alpha - \beta) = \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos(\alpha - \beta)} = \frac{\sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta}{\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta}$$

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta}$$

$$\alpha = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta$$

~~l~~

l

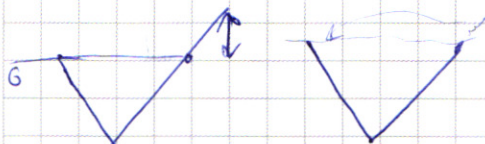
$$\Delta l(t) = v(t) \cdot \Delta t$$

$$dl(t) = v(t) dt$$

$$a(t) = l(t) g_0$$

3C2

$$\frac{h_2 - h_1}{2}$$



$$\frac{h_2 - h_1}{2} \Delta m g = \frac{h_2 - h_1}{4} \Delta m g + m v^2 / 2$$

$$\frac{h_2 - h_1}{4} \Delta m g = \frac{m v^2}{2}$$

$$(h_2 - h_1) \Delta m g = 2 m v^2$$

$$0,04 \sqrt{\frac{10}{0,04}} = 0,04 \cdot \frac{1}{0,2}$$

$$\frac{dl(t)}{dt} = a(t)$$

$$(l_2 - l_1) g = a m$$

$$\frac{10}{44} = x$$

$$10 \times 10 = 44x$$

$$x < \frac{1}{4}$$

$$\begin{array}{r} 0,2 \\ 0,25 \\ 0,23 \\ 0,22 \\ 80 \\ 92 \\ 92 \\ 1012 \\ 88 \\ 88 \\ 9,68 \end{array}$$

$$4,7 V_1 \rightarrow V_1$$

$$3,7 V_1 \rightarrow H_2O$$

$$3,7 V_1 \rightarrow H_2O$$

$$V_{H_2O} = \frac{3,7 V_1 \rho_{H_2O}}{\rho_{H_2O}}$$

$$\frac{V_1}{V_{H_2O}} = \frac{\rho_{H_2O}}{3,7 \rho_{H_2O}}$$

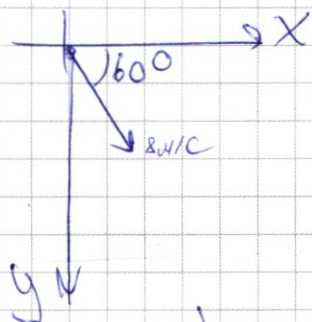
☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_x = 4 \text{ м/с}$$

$$v_y = \sqrt{20^2 - 16^2} = \sqrt{384} = 8\sqrt{6} = 19,2$$

$$v_y = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 8 = 4\sqrt{3} \approx 4 \cdot 1,7 = 6,8$$

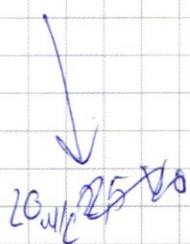
$$384 = (75 + 21)4 = 96 \cdot 4 = 6 \cdot 16 \cdot 4$$

$$1,4 \cdot 1,7 = 1,7 + 0,68$$

$$2,8^2 = 7,84$$

$$19,2 - 6,8 = 12,4$$

$$1,25$$



$$at^2 = 2S$$

$$at^2 = 2Sa$$

$$v^2 = 2Sa$$

$$v = \sqrt{2Sa}$$

$$T_P = 6 \mu mg$$

$$6mg \sqrt{1 + \mu^2}$$

$$T_P \leq 2T$$

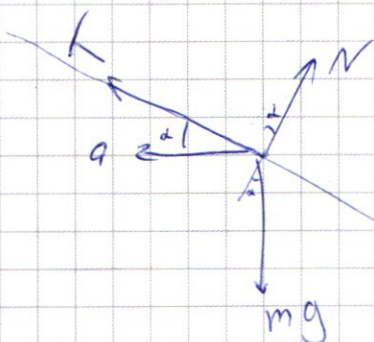
$$T \geq 3 \mu mg$$

$$6am = 2F - 6 \mu mg$$

$$3am = F - 3 \mu mg$$

$$a = \frac{F}{3m} - 3 \mu g$$

$$v = \sqrt{2S \frac{F - 3 \mu mg}{3m}}$$

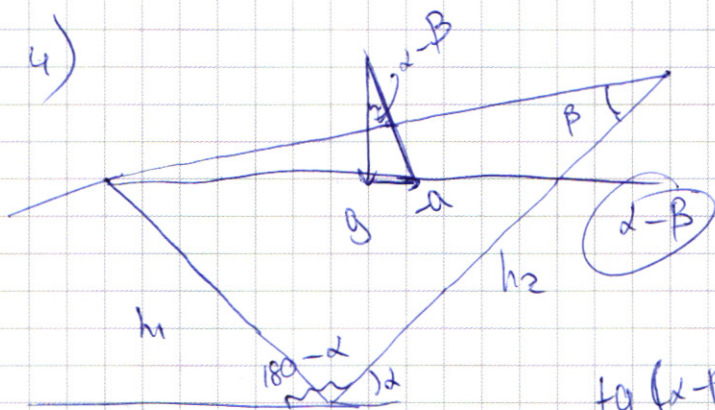


$$a = \omega^2 R' = \omega^2 (L + R) \cos \alpha$$

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

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

4)



$$\operatorname{tg} \beta = \frac{h_1}{h_2}$$

$$\operatorname{tg} (\alpha - \beta) = \frac{g}{g}$$

$$a = g \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,2$$

$$g \frac{0,2 - \frac{2}{3}}{1 + \frac{2}{15}} = g \frac{\frac{1}{30}}{\frac{22}{15}}$$

$$0,233^2 \cdot 44 = 88 + 12 + 0,12$$

$$\frac{1}{44} \quad \frac{10}{44}$$

$$\frac{h_2 - h_1}{2} (h_2 - h_1) g = \frac{h_2 - h_1}{4} \frac{(h_2 - h_1)}{2} g + (h_1 + h_2) v^2$$

$$\frac{(h_2 - h_1)^2 g}{2} = (h_1 + h_2) v^2$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{(h_2 - h_1)^2 g}{2(h_1 + h_2)}}$$

~~0,02~~

$$\frac{(0,04)^2 \cdot 10}{2(0,02)} = \frac{0,04^2}{0,04} \quad 0,04 \quad 0,2$$

$$\begin{aligned} PV &= nRT \\ MPV &= mRT \\ MP &= \frac{m}{V} RT \end{aligned}$$

$$P = \frac{MP}{RT} = \frac{18 \cdot 8,5 \cdot 10^3}{37 \cdot 8,5}$$

kg/m³

$$P = \frac{18}{37} \text{ kg/m}^3$$

$$3,7 \text{ V} \rightarrow H_2O$$

$$18^2 = 180 + 80 + 64 \quad 324$$

$$V_{H_2O} = \frac{3,7 \text{ V} \cdot P_{H_2O}}{P}$$

$$18 \cdot 5 = 90$$

$$\frac{V}{V_{H_2O}} = \frac{P}{3,7 P_{H_2O}} = \frac{1000}{1,8} \text{ kg/m}^3$$

$$18 \cdot 0,085 = 1,53$$

$$\frac{180}{45} = 4$$

$$\begin{aligned} 1 \cdot 18 \\ 1 / 18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,45 \cdot 1,8 \\ 2,7 \end{aligned}$$

$$\frac{180}{55} \quad 308$$

$$\frac{36}{11} = 3 + \frac{3}{11}$$