

Олимпиада «Физтех» по физике,

Вариант 10-02

Класс 10

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

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
- 2) Найти время полета гайки.
- 3) С какой высоты была брошена гайка?

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

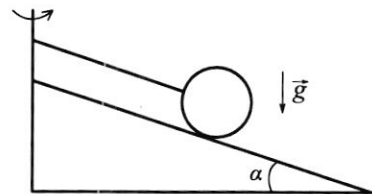
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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) За какое время 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.

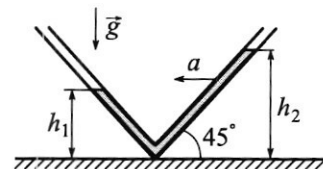
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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 с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

- 1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?
- 2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ 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 $\gamma = 5,6$ раза.
- Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

Dinam: $F = mg \cos \alpha$; $F' = mg \cos \alpha - m \omega^2 (L + R) \cos \alpha$;
m 4(1) *

$$\lambda = 45^\circ$$
$$a = 4 \frac{\mu}{\text{cm}^2}$$
$$h_1 = 10 \text{ cm}$$

$$h_2 = ?$$

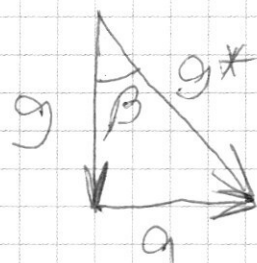
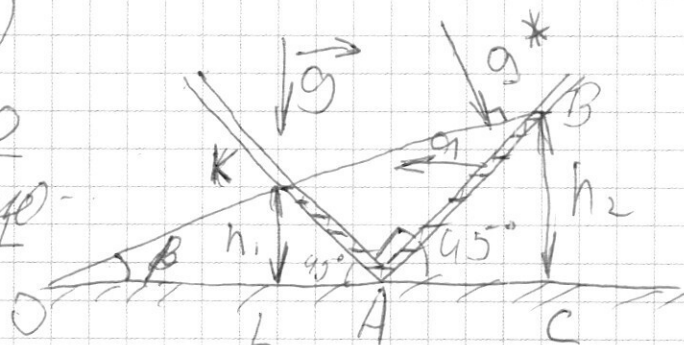
Виктор Не ИСО

Проект за базис

6410.

11/10/20

Введем g^* .



$$\text{tg } \beta = \frac{a}{g} = \frac{2}{5}$$

$\triangle ABC$:

$$AB = \sqrt{2} BC = \sqrt{2} h_2$$

 ~~$\triangle AKL$~~

$$A_L = \frac{kk}{\sqrt{2} k L} = \sqrt{2} h$$

$$\Delta AKL \div \text{равноб.} \Rightarrow AL = LK = h,$$

Answered $AC = h_2$

 $\triangle OKL:$

$$OL = KL; \tan \beta = \frac{KL}{2} 5 = \frac{5}{2} KL = \frac{5}{2} h_1$$

Answer: $OC = \frac{5}{2} BC = \frac{5}{2} h_2$

$$OC - LC = AL + AC = \frac{5}{2} (h_2 - h_1) = n_1 + h_2$$

$$\frac{5}{2}h_1 - \frac{5}{2}h_2 = h_1 + h_2$$

$$\frac{3}{2}h_1 = \frac{7}{2}h_2$$

$$3h_1 = 7h_2 \Rightarrow h_2 = \frac{3}{7}h_1$$

$$h_2 = \frac{3}{7} \cdot 10 \text{ см} = \frac{30}{7} \text{ см} = 4 \frac{2}{7} \text{ см}$$

$$\frac{5}{2}h_2 - \frac{5}{2}h_1 = h_1 + h_2$$

$$\frac{3}{2}h_2 = \frac{7}{2}h_1 \Rightarrow h_2 = \frac{7}{3}h_1; h_2 = \frac{7}{3} \cdot 10 \text{ см} =$$

$$= \frac{70}{3} \text{ см} = 23 \frac{1}{3} \text{ см}$$

$$\text{Ответ: } 23 \frac{1}{3} \text{ см}$$

$$h_2 = 23 \frac{1}{3} \text{ см}$$

№ 5 (H)

Дано:

$$t = 27^\circ \text{C}$$

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

См.

$$300 \text{ K}$$

Решение:

$$1) \varphi = \frac{p_n}{p_{н.п.}} = \frac{p_{н.п.}}{p_{н.п.}} = 1$$

2) М-К:

$$p_n V = \nu R T = \frac{m R T}{M} \Rightarrow p_n = \frac{m R T}{M V}$$

$$\frac{p_n}{p_b} = ?; \frac{m_n}{m_b} = ?; \frac{V_n}{V_b} = ?$$

$$3) \varphi = \frac{p_n}{p_{н.п.}} = \frac{m R T}{M V p_{н.п.}} = \frac{p_{н.п.} R T}{M p_{н.п.}} = 1$$

$$p_n R T = M p_{н.п.} \Rightarrow p_n = \frac{M p_{н.п.}}{R T}$$

$$\frac{p_n}{p_b} = \frac{M p_{н.п.}}{R T p_b}, \frac{p_n}{p_b} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ K} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \left(\frac{18,355}{831,3 \cdot 1000} \right) = \frac{18,355 \cdot 10^{-2}}{831,3 \cdot 10^3} = \frac{18,355 \cdot 10^{-5}}{831} =$$

$$= \frac{2130}{831} \cdot 10^{-5} = \frac{710}{277} \cdot 10^{-5} = \frac{71}{277} \cdot 10^{-4}$$

М-к для V_1 и V_2 .

$$pV_1 = \nu RT = \frac{m_1}{M} RT$$

$$pV_2 = \nu RT = \frac{m_2}{M} RT$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$\frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{m_1}{\rho_1}}{\frac{m_2}{\rho_2}} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{m_2}{m_1 - m_2} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1} =$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_2} \right)^{-1} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1} = \left(\frac{m_1}{m_2} - 1 \right)^{-1} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1} =$$

$$= \left(\left(\frac{m_1}{m_2} - 1 \right) \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^{-1} = \left(\left(\frac{V_1}{V_2} - 1 \right) \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^{-1}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = (5,6 - 1) \cdot \frac{71}{277} \cdot 10^{-4} = 4,6 \cdot \frac{71}{277} \cdot 10^{-4} =$$

$$= \frac{23 \cdot 71}{5 \cdot 277} \cdot 10^{-4} = \frac{1633}{1385} \cdot 10^{-4}$$

Ответ: $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{71}{277} \cdot 10^{-4}$; $\frac{V_1}{V_2} = \frac{1633}{1385} \cdot 10^{-4}$.

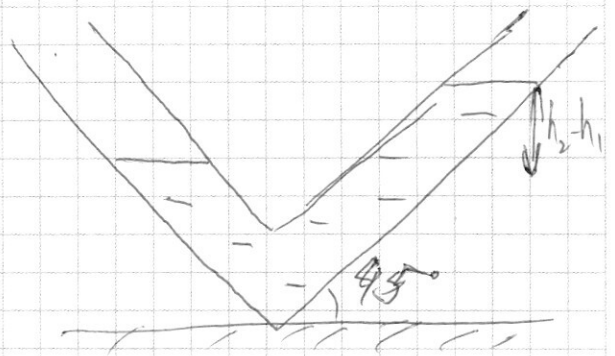
и 4/2)

Как только уек-е "иссекает", масло
будет двигаться с v с нулевой
скоростью

Как только уек "иссекает" масло будет
дви-ая (в со трубки) с нулевой скоростью,
и с уек-и g

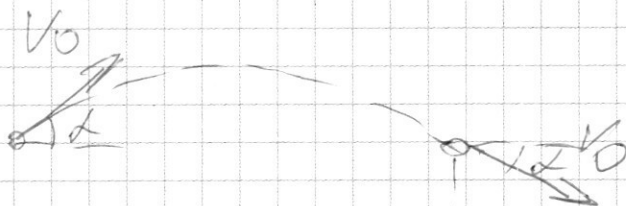
номер

$$v = a_{cp} \cdot \Delta t =$$
$$= \frac{0.9h}{2m} \Delta t = \frac{gh}{2v} \Delta t$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{t^2}{2} \quad \text{or} \quad t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$



$$H = v_{0x} t + v_{0y} t + g \frac{t^2}{2} = 25$$

$$H = \frac{v_{0y} + v_y}{2} t$$

$$6.355 \cdot \frac{355}{6} = 2130$$

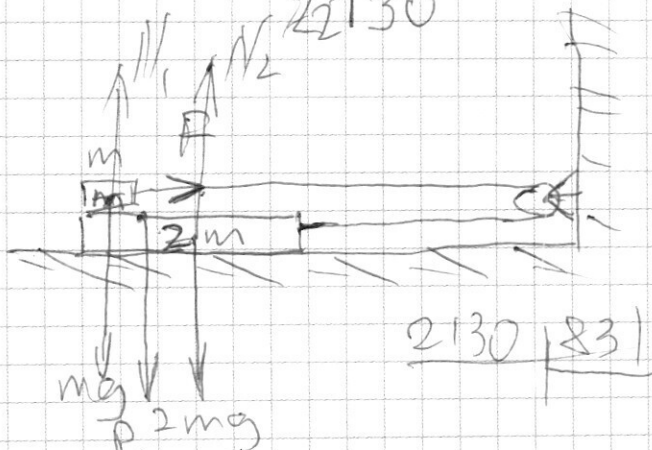
$S; m,$
 $M = 2m$

μ

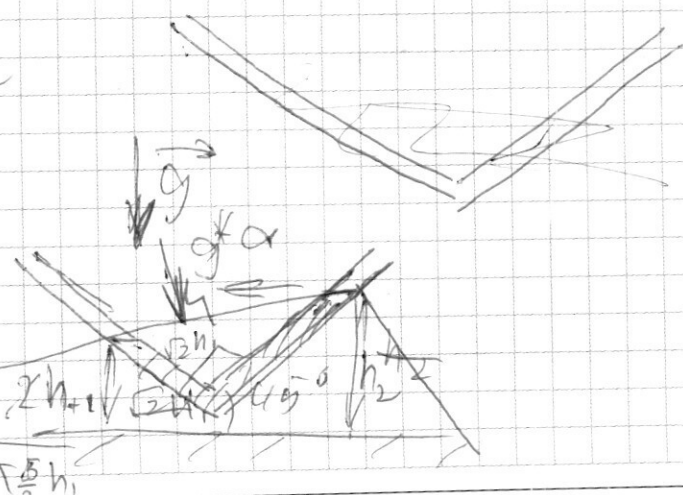
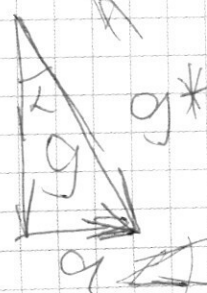
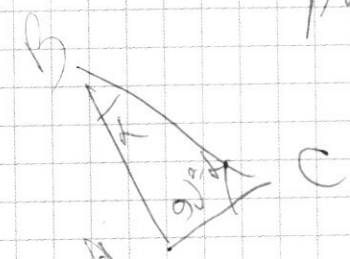
$H = ?; N = ?$



$$\frac{1}{\sigma_{\text{уп}}} = \frac{RT}{M_{\text{уп}}}$$



$$pV = \frac{1}{2} RT = \frac{m}{M} RT$$



$$\frac{V_2}{V_1} = 5,6$$

$$pV_2 = \frac{m_1}{M} RT$$

$$pV_1 = \frac{m_2}{M} RT$$

$$\Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{m_1}{m_2} = \gamma$$

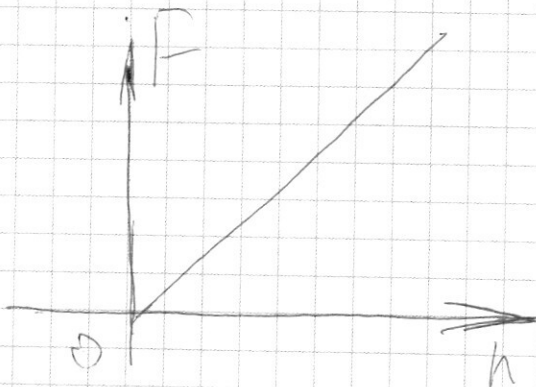
$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$\begin{array}{r} \times 23 \\ 71 \\ \hline 23 \\ 161 \\ \hline 1633 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 277 \\ 5 \\ \hline 3335 \end{array}$$

Рос

Рос + ggh



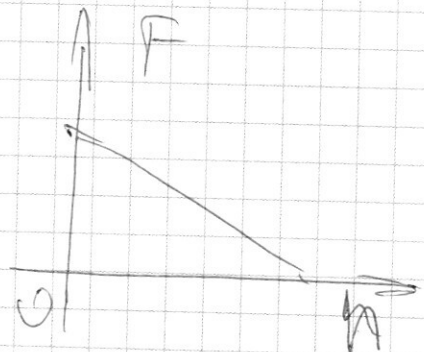
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = mg =$$

$$m_1 = \cancel{mg} = ggh$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$a_{\text{гр.}} = \frac{ggh}{2m} = \frac{gh}{2V}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$V_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $2V_0, g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $v_y = ?$
 $H = ?$

1) 3 СЭ:

$$\frac{mV_0^2}{2} + mgh = \frac{m(2V_0)^2}{2}$$

$$\frac{V_0^2}{2} + gH = 2V_0^2$$

$$\frac{3}{2}V_0^2 = gH \Rightarrow H = \frac{2g}{3V_0^2}; H = \frac{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{3(10 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2} = \frac{2}{30} = \frac{1}{15} \text{ м}$$

$$\frac{3}{2}V_0^2 = gH \Rightarrow H = \frac{3V_0^2}{2g}; H = \frac{3(10 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 15 \text{ м}$$

2) Скорость шарика, когда он перемещается с модулем V_0 (из 3 СЭ)

• для ① - ②: $V_0 \sin \alpha + g t_1 = v_y$
 $-V_0 \sin \alpha + g t_1 = V_0 \sin \alpha$ (где t_1 - время полета ① - ②)

$$t_1 = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t_1 = \frac{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,5}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1 \text{ с}$$

• для ②-③: v_{0y} $H = v_{0y} t_2 + \frac{a_y t_2^2}{2}$

$$H = v_{0y} t_2 + \frac{g t_2^2}{2}, \text{ (где } t_2 - \text{ время полёта (①-②))}$$

Подставим и решим квадратное уравнение

$$15 = 10 \cdot 0,5 \cdot t_2 + \frac{10 \cdot t_2^2}{2}$$

$$5 t_2^2 + 5 t_2 - 15 = 0$$

$$t_2^2 + t_2 - 3 = 0$$

$$t_2 = \frac{-1 \pm \sqrt{13}}{2}$$

$$t_2 \neq \frac{-1 - \sqrt{13}}{2}, \text{ т.к. } t \geq 0$$

$$t_2 = \frac{-1 + \sqrt{13}}{2}$$

$$T = t_1 + t_2 = \left(1 + \frac{\sqrt{13} - 1}{2}\right) \text{ с} = \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{13}}{2}\right) \text{ с} = \frac{1 + \sqrt{13}}{2} \text{ с}$$

Время всего полёта

3) Закон ПРВД, для ②-③

$$\text{②-③: } v_{0y} + g_y t_2 = v_y$$

$$v_{0y} \sin \alpha + g_y t_2 = 2 v_y$$

$$v_y = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,5 + 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \left(\frac{-1 + \sqrt{13}}{2}\right) =$$

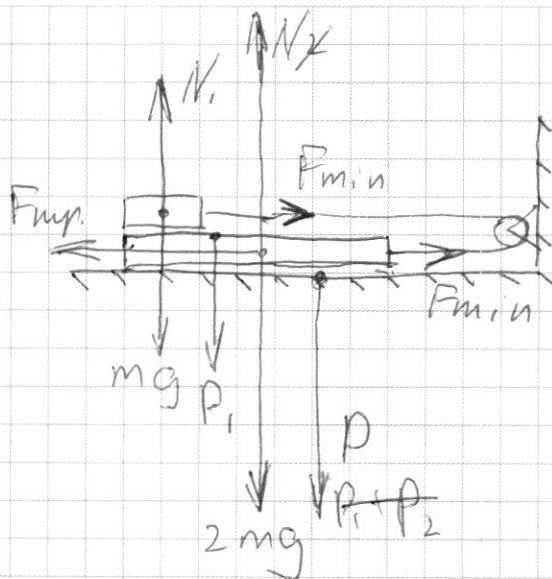
$$= (5 + 5(-1 + \sqrt{13})) \frac{\text{м}}{\text{с}} = \sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $v_y = \sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $T = \frac{1 + \sqrt{13}}{2} \text{ с}$; $H = 15 \text{ м}$
w2

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$S, m,$
 $M=2m,$
 μ, F
 $PH=? F_{min}?$
 $t=?$

Расставим
силы на
человека и на
ящик



1) Усл. равновес.
для чел.-ка:
 $mg = N_1$

$$P_1 = N_1 = mg$$

2) Усл. равновес. для ящика:
 $P_1 + 2mg = N_2$

$$P_1 + P_2 \quad | \quad P = N = P_1 + 2mg = 3mg$$

3) Усл. сдвига ящика:

$$F_{m,p} = F_{m,n}$$

$$| \mu N = F_{m,n} = 3\mu mg |$$

$$4) \quad \vec{S} = \frac{\vec{a} t^2}{2} + \vec{v}_0 t$$

$$S = \frac{ax t^2}{2} = \frac{F - F_{m,p}}{2m} \cdot \frac{t^2}{2} = \frac{F - 3\mu mg}{2m} \cdot \frac{t^2}{2} =$$

$$= \frac{F - 3\mu mg}{4m} t^2 = \frac{F t^2}{4m} - \frac{3\mu mg t^2}{4m} = t^2 \left(\frac{F}{4m} - \frac{3\mu g}{4} \right)$$

$$\Rightarrow t^2 \left(\frac{F}{4m} - \frac{3 \log}{4} \right) \Rightarrow t = \sqrt{\frac{S}{\frac{F}{4m} - \frac{3 \log}{4}}}$$

ответ: $P = 3mg$; $F_{min} = F_0 = 3 \log mg$; $t = \sqrt{\frac{S}{\frac{F}{4m} - \frac{3 \log}{4}}}$

№ 3

$m; R, d$
 $L; \omega$
 $F=1; F=2$

① Рассчитаем силы на шар
Усл. равновес. шара O_y :

$$F + mg \cos \alpha = N \quad N = mg \cos \alpha$$

$$F = N_1 = mg \cos \alpha$$

② По II з.п. для шара O_x :

$$m a_y = T' \cos \alpha - N' \cos(90^\circ - \alpha)$$

$$m \omega^2 (L+R) = T' \cos \alpha - N' \sin \alpha$$

По II з.п. для шара O_y

$$N' = mg \cos \alpha \quad m a_y \cos(90^\circ - \alpha) =$$

$$= mg \cos \alpha - N'$$

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

$$\left\{ \begin{array}{l} m \omega^2 (L+R) \cos \alpha \sin \alpha = mg \cos \alpha - N' \\ m \omega^2 (L+R) \cos \alpha = T' \cos \alpha - N' \sin \alpha \end{array} \right.$$

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

$$m \omega^2 (L+R) \cos \alpha = T' \cos \alpha - (mg \cos \alpha - m \omega^2 (L+R) \cos \alpha \sin \alpha)$$

$$m \omega^2 (L+R) \cos \alpha = T' \cos \alpha - mg \cos \alpha + m \omega^2 (L+R) \cos \alpha \sin \alpha$$

