

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 10-01

Класс 10

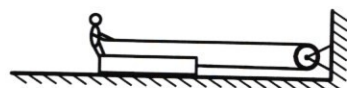
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

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.

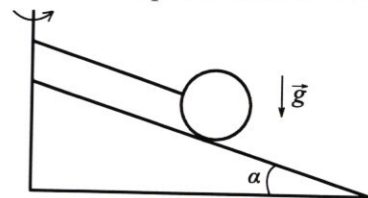
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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.

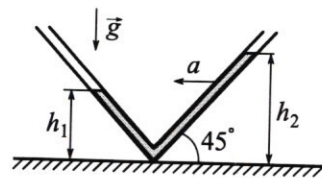
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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 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/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



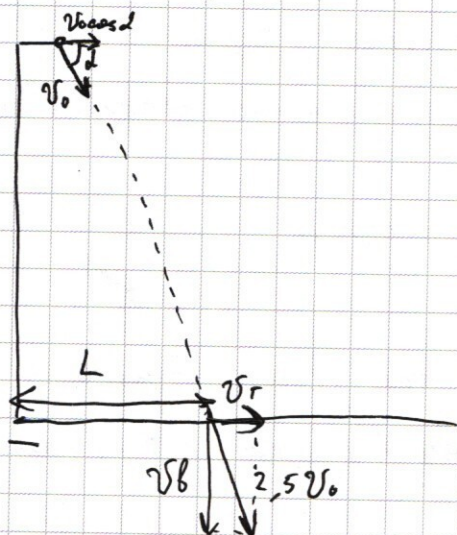
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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

№ 1

Заметим, что в условии сказано, что в полете камень все время приближается к горизонтальной пов. Заметим. $\Rightarrow$ угол $\alpha = 60^\circ$ нужно отложить вниз от горизонта



1) $2,5 v_0$ разложим на 2 состав. вертикальную и гор. Гор. состав. сохраняется у камня на протяжении полета и равна $v_0 \cos \alpha$

$$\Rightarrow (2,5 v_0)^2 = (v_0 \cos \alpha)^2 + v_b^2$$

$$\frac{25}{4} v_0^2 = \frac{1}{4} v_0^2 + v_b^2$$

$$v_b^2 = 6 v_0^2$$

Ответ: $|v_b| = \sqrt{6} v_0 = 8\sqrt{6} \text{ м/с} = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) Рассчитаем вертикальную сост. скорости камня за время τ она увеличилась от $v_0 \sin \alpha$ до $\sqrt{6} v_0$

$$\Rightarrow v_0 \sin \alpha + g \tau = \sqrt{6} v_0$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} v_0 + g \tau = \sqrt{6} v_0$$

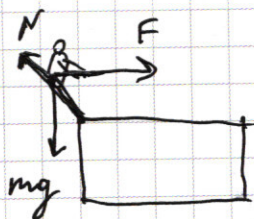
Ответ: $\tau = \frac{v_0}{g} (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) = \frac{20}{9,8} (2,56 - 0,5) = 2,1 \text{ с}$

3) $L = v_0 \cos \alpha \cdot \tau =$

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

Ответ: $L = \frac{8}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \text{ м}$

№2

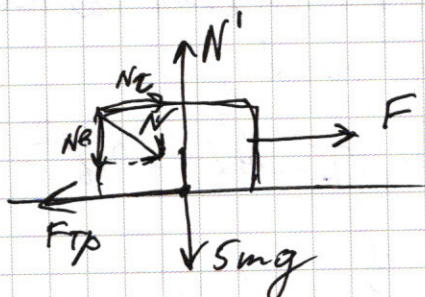


Заметим силы действующие на человека в системе отсчета ~~по~~ ящика.
Т.к. человек тянет веревку силой F , она его тянет с силой F напр. в противоположную сторону.

Также на него действует сила реакции опоры со стороны ящика.

Т.к. человек покоится отн. ящика, сумма сил $= 0$
 $\Rightarrow$ гор. составл. $N_x = F$, а вертикальная ~~равна~~ $N_y = mg$

Заметим силы действующие на ящик



Заметим, что $F_{давления} = 5mg + \text{вер } N_{верт.} = 5mg + mg = 6mg$

Заметим II з.н. для верт. составл. сил.

$$N' = 6mg$$

Заметим III з.н. для

горизонтальной составляющей скоростей для ~~нужен~~ ящика, движущегося с $v = \text{const}$, значит в этот момент $F_0 = \text{min.}$

$$F_0 + N_x = F_{тр}$$

$$2F_0 = N' \cdot \mu = 6mg \mu$$

$$F_0 = 3mg \mu$$

(2) Ответ: $F_0 = 3mg \mu$

сила, с которой тянет человек

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Если человек тянет с силой F , то найдем ускорение ящика.

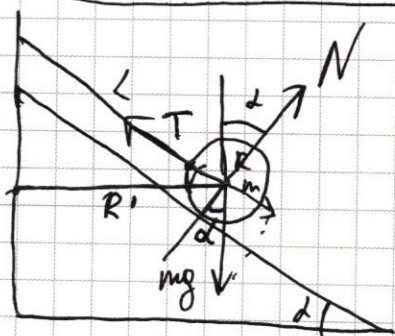
$$a = \frac{2F - 6mg}{5m}$$

Тогда, когда ящик пройдет весь путь S его скорость будет:

$$S = \frac{v_k^2 - v_n^2}{2a} = \frac{v_k^2}{2a}$$

$$v_k = \sqrt{2 \frac{2F - 6mg}{5m} \cdot S}$$

3) Ответ: $v_k = \sqrt{2 \frac{2F - 6mg}{5m} \cdot S}$



N3

Запишем силы, действующие на шар. т.к. шар покоится на наклонной, запишем равенство сил вдоль поверхности наклонной: $T = mg \sin \alpha$

1) Ответ: $T = mg \sin \alpha$

При вращении a_y шара $= \omega^2 \cdot R' \Rightarrow F_y = \omega^2 \cdot R' \cdot m$, должна быть равна

$T \cdot \sin \alpha = F_y$. Т.е. $R' = (R + L) \cdot \cos \alpha$ — расстояние от центра шара до оси вращения.

Тогда рассмотрим проекции сил на горизонтальную ось и вертикальную.

Вертикаль:

Вертикальная:

~~$mg \sin \alpha$~~ и ~~mg~~

~~$mg \sin \alpha$~~ $N \cos \alpha + T' \sin \alpha = mg$ — т.к. шар не отрывается от клина

Горизонтальная:

$T' \cos \alpha - N \sin \alpha = F_g$ — т.к. шар движется по окр.

$$N = \frac{mg - T' \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$T' \cos \alpha - mg \tan \alpha + T' \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} = F_g$$

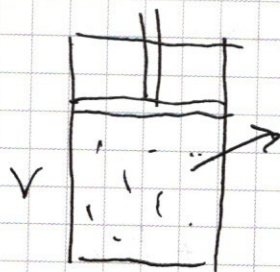
$$T' \frac{1}{\cos \alpha} = F_g + mg \tan \alpha$$

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 5



$$T = 95^\circ\text{C} = 368\text{K}$$

$$P_H = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$P_H V = \nu R T$$

• Изотермический процесс: $T = \text{const}$

• Пар насыщенный, и вся на протяжении процесса есть граница с водой $\Rightarrow P_H = \text{const}$, т.к. зависит только от T

$$P_H V = \nu R T$$

$$1) P_H V = \frac{P_H V}{M} R T \Rightarrow \rho_H = \frac{P_H M}{R T} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{8,31 \cdot 368 \cdot 1000} \approx 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

~~Ответ: $\rho_H = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{8,31 \cdot 368 \cdot 1000} = 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$~~

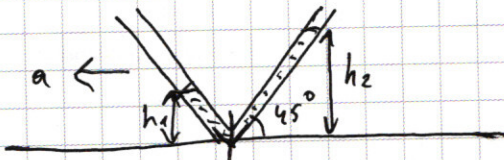
Ответ: $\frac{\rho_H}{\rho} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{8,31 \cdot 368 \cdot 1000} = \frac{P_H M}{R T \rho} = 0,0005$

$$2) P_H \frac{V}{\delta} = \nu' R T \quad \nu' = \frac{P_H V}{\delta R T}$$

$$\nu_0 = \nu - \nu' = \frac{P_H V}{R T} \left(1 - \frac{1}{\delta}\right)$$

$$\frac{\nu_0 \cdot M}{\rho} = V_0 \quad V_H = \frac{V}{\delta}$$

Ответ: $\frac{V_H}{V_0} = \frac{V}{\delta} \cdot \frac{\rho}{M} \cdot \frac{R T \delta}{P_H (\delta - 1)} = \frac{\rho R T}{M P_H (\delta - 1)} = \frac{1000 \cdot 8,31 \cdot 368}{18 \cdot 8,5 \cdot 10^4 \cdot 3,7} = 540$



Полностью ~~зависит~~ ^{зависит} от давления на "перегородку": ^{со стороны} ~~зависит~~ ^{зависит} от уровня относительно самой перегородки.
воды

Слева на перегородку ~~да~~ давление $\rho h_1 g + \frac{F_{u1}}{S_n}$
Потому что давление воды действует во все стороны.

Справа: $\rho h_2 g - \frac{F_{u2}}{S_n}$

И они равны:

$$\rho h_1 g + \frac{\rho h_1 g a}{S_n \cos \alpha} = \rho h_2 g - \frac{\rho h_2 g a}{S_n \cos \alpha}$$

$$S_n = \frac{S}{\cos \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\rho h_1 g + \rho h_1 g a = \rho h_2 g - \rho h_2 g a$$

$$a (h_1 + h_2) = g (h_2 - h_1)$$

1) $a = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} g$ Ответ: $a = \frac{1}{5} g$

2) В момент, когда ускорение пропадает на левую часть
действует сила $= \rho g (h_2 - h_1) S_n$

$$\Rightarrow a = g \frac{h_2 - h_1}{h_1} \text{ так как } h_2 + h_1 \text{ const } h_2 = h - h_1$$

максимум $v_{\max}$ будет при $h_2 = h_1$,
т.к. поток воды будет замедляться. $a_{\text{ср}} = g \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_1} = g \frac{4}{18} = \frac{20}{9} \text{ м/с}^2$

$$\Rightarrow v^2 = (h_{1k} - h_{1n}) \cdot \cos \alpha \cdot 2a \quad \text{Ответ: } v = \sqrt{2 \cdot 2 \cdot \frac{40}{9}} = \frac{4}{3} \sqrt{2 \cdot 5} \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$T = 95^{\circ}\text{C} \quad (273) = 368 \text{ K}$$

$$P_H = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\frac{85000 \cdot 18}{8,31 \cdot 368}$$

$$\frac{368}{20} = 18,4$$

$$\frac{180}{108} = 1,67$$

$$368$$

$T = \text{const}$

$V \downarrow$

$$P_H V = \nu R T$$

$$P_H (V - \Delta V) = \nu R (T - \Delta T)$$

$$P_H \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$\nu = \frac{m \nu}{m \nu} = \frac{g \nu}{m \nu}$$

$$P_H = \frac{P_H}{m \nu} R T$$

$$g \nu = \frac{P_H m \nu}{R T}$$

$$\frac{g \nu}{g \nu}$$

$$P_H \cdot \frac{V}{\gamma} = \nu' R T$$

$$\nu' = \frac{P_H V}{R T \gamma}$$

$$\frac{\nu \nu \cdot m \nu}{g \nu} = \nu \nu$$

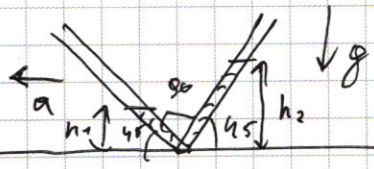
$$\nu - \nu' = \nu \nu$$

$$\frac{V}{\gamma \nu \nu} = \frac{g \nu R T}{P_H (\gamma - 1) m \nu}$$

$$\frac{V}{\gamma \nu \nu} = \frac{V}{\gamma} \cdot \frac{g \nu}{m \nu} \cdot \frac{1}{\frac{P_H V}{R T} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)}$$

$$4158 \overline{) 17318,31} \quad 4$$

$$\begin{array}{r} 175 \\ \times 175 \\ \hline 119 \\ + 17 \\ \hline 289 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 85000 \cdot 18 \\ \hline 8,31 \cdot 368 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 85000 \overline{) 368} \\ 736 \\ \hline 1140 \\ - 1104 \\ \hline 360 \end{array}$$

$$1,8 \quad 11 \quad 18$$

$$\rho g h_1 + h_1 \rho g a = \rho g h_2 - h_2 \rho g a$$

$$4,9$$

$$360$$

$$\begin{array}{r} 231 \\ \times 18 \\ \hline 786 \end{array}$$

$$2310 + 1848$$

$$\boxed{4158}$$

$$\boxed{45}$$

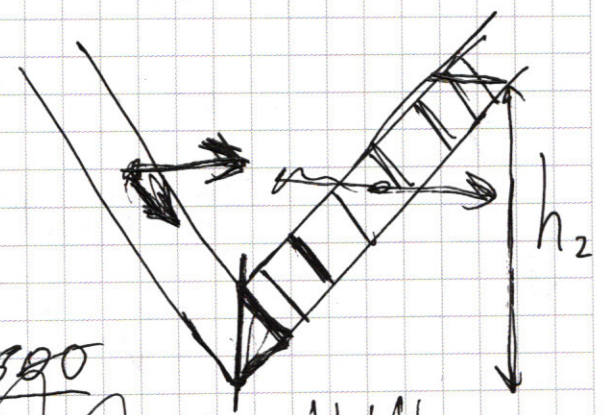
$$h_1 \rho (g + a) = h_2 \rho (g - a)$$

$$h_1 (g + a) = h_2 (g - a)$$

$$h_1 a$$

$$a (h_1 + h_2) = \sqrt{2} g (h_2 - h_1)$$

$$a = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} g = \frac{4}{5} \sqrt{2} g$$



$$\begin{array}{r} 245 \\ \times 245 \\ \hline 1225 \\ + 980 \\ \hline 60625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 175 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ + 17 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\rho g h_2 - \rho g$$

$$a = \frac{\rho g (h_2 - h_1) \cdot \rho}{h_1 \cdot \rho \cdot g} = g \frac{h_2 - h_1}{h_1}$$

$$\frac{6}{5} =$$

$$\frac{h_2 - h_1}{h_1} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{2000}{3,7}$$

$$\begin{array}{r} 2000 \overline{) 3,7} \\ 185 \\ \hline 150 \end{array}$$

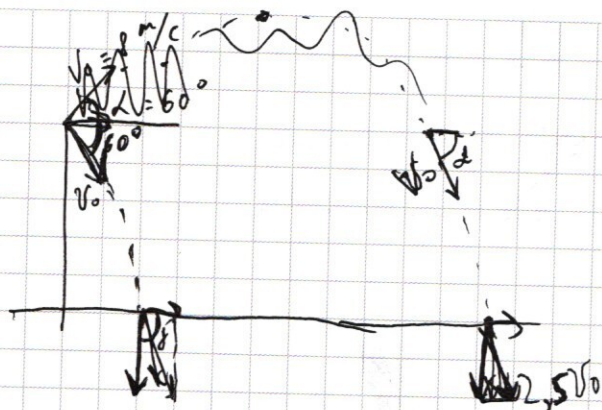
$$\begin{array}{r} 175 \\ \times 175 \\ \hline 875 \\ + 1225 \\ \hline 175 \\ + 30625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24548 \\ \times 2,4 \cdot 0,4 \\ \hline 24 \cdot 4 \end{array}$$

$$\frac{10000}{5} = 2000$$

$$\begin{array}{r} 500 \\ 600 \\ 550 \\ \hline 540 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\sin f = \frac{\sqrt{24}}{25}$$

$$\sin f = \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{(2,5)^2}} \quad \frac{1}{4} = \frac{1}{2,5^2}$$

$$2,5 v_0 \cdot \cos f = v_0 \cos \alpha$$

$$\cos f = \frac{\cos \alpha}{2,5}$$

$$2,5 v_0 \cdot \sin f = v_0$$

$$2,5 \cdot \frac{1}{2,5} = 1$$

$$\frac{1}{2} v_0$$

$$g t' = v_0 \sin \alpha$$

$$t' = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$v_0 \cos \alpha$$

$$(2,5 v_0)^2 = (v_0 \cos \alpha)^2 + (v_0)^2$$

$$2,5^2 v_0^2 = \frac{1}{4} v_0^2 + v_0^2$$

$$v_0^2 = 6 v_0^2$$

$$v_0 = \sqrt{6} v_0$$

$$v_0 \sin \alpha + g \tau = \sqrt{6} v_0$$

$$v_0 \frac{\sqrt{3}}{2} + g \tau = \sqrt{6} v_0$$

$$g \tau = (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) v_0$$

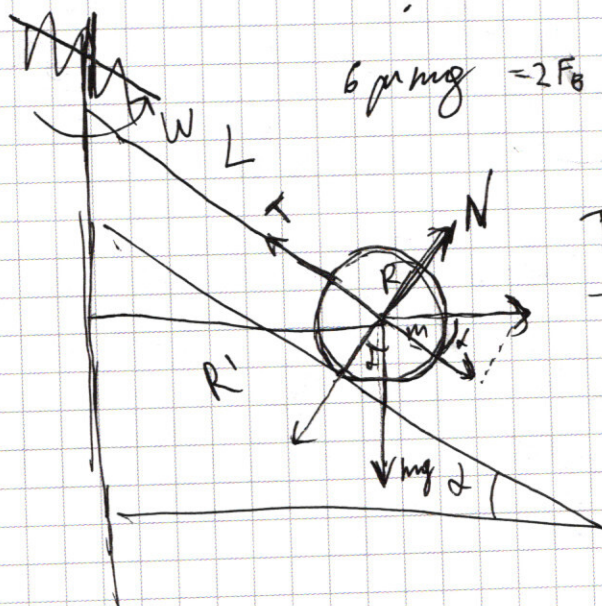
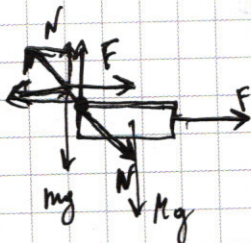
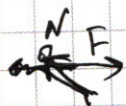
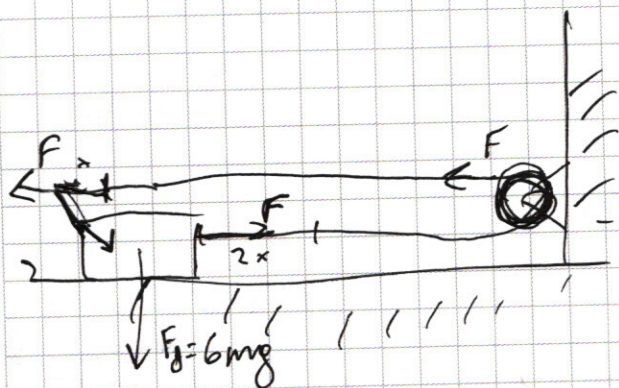
$$\tau = \frac{\sqrt{3} (2\sqrt{2} - 1)}{2g} v_0$$

$$\tau = \frac{v_0 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{g}$$

$$t_{\text{полет}} = \left(\sqrt{3} + \frac{\sqrt{3} (2\sqrt{2} - 1)}{2} \right) \frac{v_0}{g}$$

$$S = \cos \alpha \cdot v_0 \cos \alpha$$

$$S = \tau \cdot v_0 \cdot \cos \alpha$$

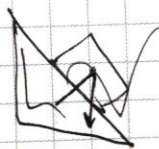


$$6mg = 2F_0$$

$$T = mg \sin \alpha$$

$$a_y = \frac{w^2 R'}{R}$$

$$F_y = w^2 m R'$$



$$R' = (L + R) \cdot \cos \alpha$$

$$F_y = w^2 m \cos \alpha (L + R)$$

$$F_y \cos \alpha + mg \sin \alpha = T'$$