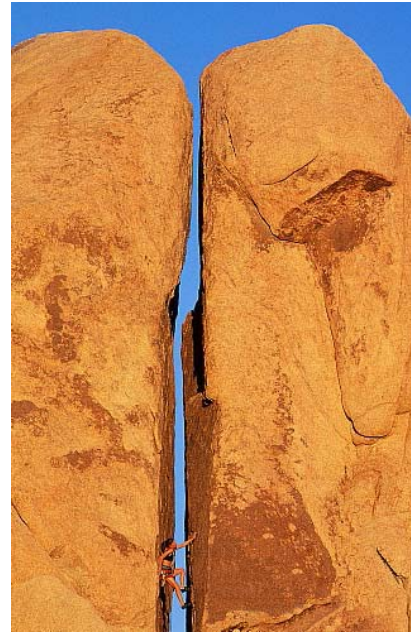


## Estática

Escalar una pared de roca podría ser el último examen para un alumno de FI10A. Sacarse menos de un 4,0 significaría la muerte y aún pasar apenas podría significar un daño severo. Por ejemplo, al escalar una chimenea de roca se usa la técnica de presionar la espalda y los pies contra las paredes para subir o bajar. Sin embargo, el escalador necesita descansar de vez en cuando porque de lo contrario podría caer debido al cansancio. Un escalador experto en física puede relajar sus músculos para poder descansar apoyado contra la pared, mientras que un escalador novicio caerá inevitablemente.



¿Cómo hay que relajar la presión sobre las paredes para poder descansar sin caer?



334

$M = 55 \text{ kg}$   
 $d = 0.2 \text{ m}$   
 $w = 1.0 \text{ m}$   
 $h = ?$   
 $\mu_1 = \mu_{\text{zapatos}} = 1.1$   
 $\mu_2 = \mu_{\text{espalda}} = 0.7$

$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \begin{cases} \hat{x}) & N_1 - N_2 = 0 \Rightarrow N_1 = N_2 \\ \hat{y}) & f_{r1} + f_{r2} - Mg = 0 \end{cases}$

ROLE ESTÁTICO  $\Rightarrow f_r \leq \mu N$

335

ENTONCES  $f_{r1} + f_{r2} = Mg \leq \mu_1 N_1 + \mu_2 N_2$

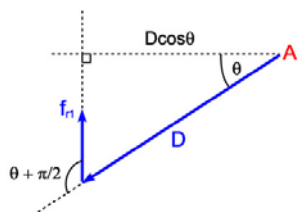
$$Mg \leq (\mu_1 + \mu_2) N_1$$

$$N_1 \geq \frac{Mg}{\mu_1 + \mu_2}$$

CASO CRÍTICO :  $N_1 = \frac{Mg}{\mu_1 + \mu_2} = 299 \text{ N}$

$N_1$  FUERZA MINIMA QUE DEBE EJERCER LA ESCALODORA PARA NO CAER

$\sum \vec{\tau}$  c/r PUNTO A :

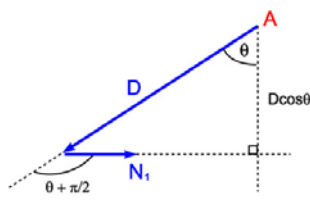


$$\tau_{f_n} = f_n D \sin\left(\frac{\pi}{2} + \theta\right)$$

$$\tau_{f_n} = f_n D \cos \theta$$

$$\tau_{f_n} = f_n W \quad \otimes$$

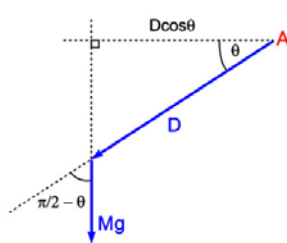
336



$$\tau_N = N_1 D \sin\left(\frac{\pi}{2} + \theta\right)$$

$$\tau_N = N_1 D \cos \theta$$

$$\tau_N = N_1 h \quad \odot$$



$$\tau_{Mg} = Mg D \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$$

$$\tau_{Mg} = Mg D \cos \theta$$

$$\tau_{Mg} = Mg d \quad \odot$$

$$\sum \vec{\tau} = 0 \Rightarrow N_1 h + Mg d - f_n W = 0$$

PARA EL CASO CRÍTICO :

$$N_1 h + Mg d - \mu_1 N_1 W = 0$$

$$h = \mu_1 W - \frac{Mg d}{N_1} = 0.74 \text{ m}$$

337

## Rotaciones complejas

En 1897, un trapecista europeo realizó el primer triple salto mortal durante el vuelo desde el trapecio hasta las manos de su compañero. Por los siguientes 85 años, muchos trapecistas intentaron completar un cuádruple salto mortal pero no fue hasta 1982 que esto fue conseguido. Miguel Vázquez de los Ringling Brothers and Barnum & Bailey Circus giró su cuerpo en el aire cuatro veces antes de que su hermano Juan lo atrapara. Obviamente los dos se hicieron famosos por esta acrobacia.



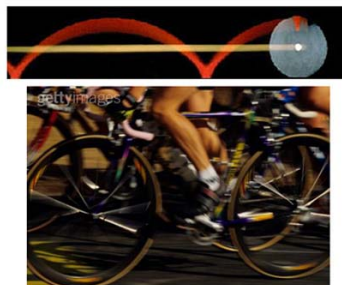
¿Por qué es tan difícil realizar un cuádruple salto mortal?  
¿Qué hace finalmente posible realizar esta acrobacia?



338

### ROTACIONES COMPLEJAS

1. ROTACIONES ALREDEDOR DE UN EJE QUE SE MUEVE PERO QUE NO CAMBIA DE DIRECCIÓN.



ESTE TIPO DE MOVIMIENTO ES UNA COMBINACIÓN DE UNA ROTACIÓN Y UN MOVIMIENTO DE TRASLACIÓN.

339

## 2. ROTACIONES ALREDEDOR DE UN EJE QUE CAMBIA DE DIRECCIÓN

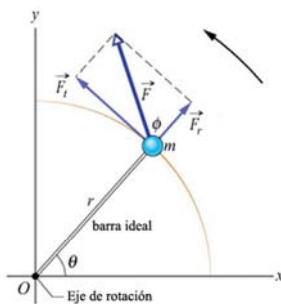


## 3. OBJETOS EN ROTACIÓN EN TORNO A UN EJE FIJO PERO QUE CAMBIAN SU MOMENTO DE INERCIA.



340

## SEGUNDA LEY DE NEWTON PARA ROTACIONES



LA COMPONENTE RADIAL DE LA FUERZA  $\vec{F}$  NO AFECTA LA ROTACIÓN DE LA PARTÍCULA  
POR OTRO LADO

$$F_t = m a_t$$

ENTONCES

$$\tau_z = F_t r = m r a_t$$

PERO  $a_t = \alpha r$  ( $\alpha$  = ACCELERACIÓN ANGULAR)

$$\therefore \tau_z = m r^2 \alpha \equiv I \alpha$$

DEBIDO  $I$  ES EL MOMENTO DE INERCIA DE LA PARTÍCULA RESPECTO AL EJE DE ROTACIÓN O

341

UN CUERPO RÍGIDO ROTANDO EN TORNO A UN EJE FIJO  
PUEDE SER DESCOMUESTO EN INFINITAS PARTÍCULAS DE  
MASA  $m_i$  GIRANDO EN TRAYECTORIAS CIRCULARES DE  
RADIO  $r_i$ . ENTONCES

$$\tau_i = m_i r_i^2 \alpha$$

$$\Rightarrow \tau_{\text{total}} = \sum \tau_i = \sum m_i r_i^2 \alpha$$

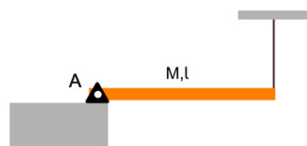
$$\tau_{\text{total}} = I \alpha$$

DONDE  $I$  ES EL MOMENTO DE INERCIA DEL CUERPO  
RESPECTO AL EJE FIJO DE ROTACIÓN.

$\tau_{\text{total}}$  Y  $\alpha$  APUNTAN EN LA DIRECCIÓN DEL EJE  
DE ROTACIÓN

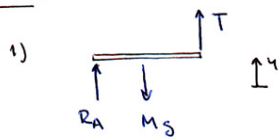
342

### EJEMPLO



- 1) Reacción en A y Tensión de la cuerda  
antes de cortar la cuerda
- 2) Reacción en A y aceleración angular  
justo en el momento de cortar la cuerda

SOL:



estática:

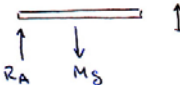
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow T + R_A - M g = 0$$

$$\sum \tau_A = 0 \Rightarrow l T - \frac{l}{2} M g = 0$$

$$\Rightarrow T = \frac{M g}{2} \quad \therefore R_A = \frac{M g}{2}$$

343

2)




3<sup>a</sup> ley de Newton

$$R_A - Mg = -M a_{cm} \quad (1)$$

$$\sum \tau_A = Mg \frac{l}{2} = I \alpha$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{Mg \frac{l}{2}}{\frac{1}{3} M l^2} = \frac{3g}{2l}$$

Por geometría



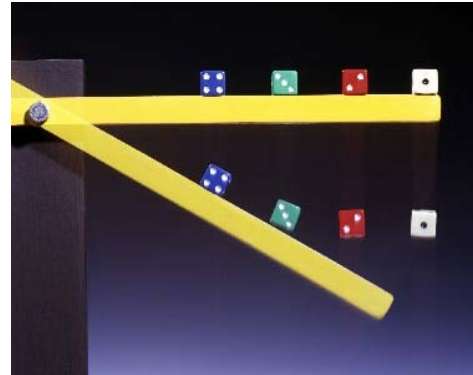
$$\Rightarrow a_{cm} = \frac{l}{2} \alpha$$

Circunferencia de radio  $l/2$

Entonces  $R_A = Mg - M \frac{l}{2} \frac{3g}{2l} = \frac{1}{4} Mg$

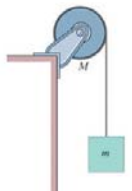
El extremo de la barra tiene aceleración

$$a = \alpha l = \frac{3}{2} g > g$$

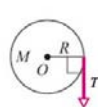


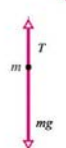
344

EJEMPLO 1



$$a = ?$$

$$T = ?$$


$$\sum \tau = TR = I \alpha \quad (1)$$


$$\sum F = mg - T = ma \quad (2)$$

Si la cuerda no desliza  $\Rightarrow v_t = R\omega$

↑  
velocidad tangencial  
en el punto de contacto

entonces  $a_t = \frac{dv_t}{dt} = R \alpha$

345

luego, de (1) se tiene

$$TR = I\alpha = I \frac{a}{R}$$

$$\Rightarrow a = \frac{TR^2}{I}$$

reemplazando en (2)

$$mg - T = \frac{mR^2}{I} T$$

$$T = \frac{mg}{1 + \frac{mR^2}{I}} = \frac{mg}{1 + 2m/M}$$

Por lo tanto  $a = \frac{2m}{M} \frac{g}{1 + 2m/M}$