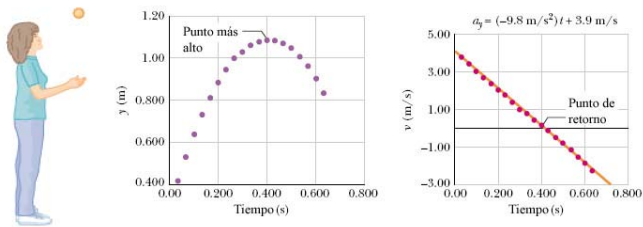
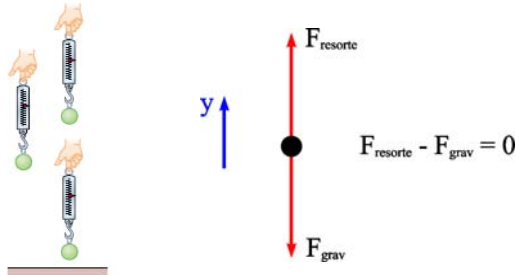


Fuerza gravitacional y Peso



Una pelota de masa m es lanzada cerca de la superficie de la Tierra, ¿cuál es su aceleración?



142

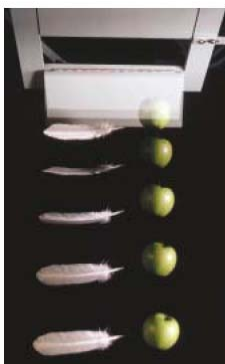


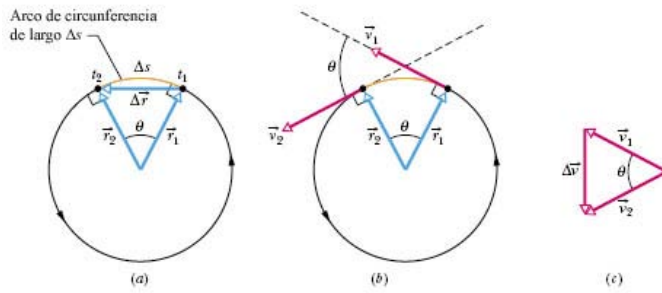
Diagrama de un cuerpo en caída libre. Un eje de coordenadas y apunta hacia arriba. Las fuerzas mostradas son F_{grav} (hacia abajo) y $F_{\text{grav}} = mg$.

$$\text{Peso} = W = |F_{\text{grav}}| = mg$$

En el vacío una pluma y una manzana en caída libre experimentan la misma aceleración.

143

Segunda Ley de Newton y Movimiento Circular Uniforme



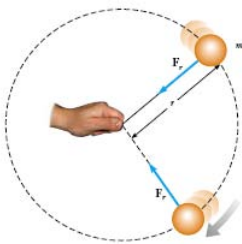
Los triángulos en (a) y (c) son similares y se cumple

$$\sin \theta = \frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta v}{v}$$

La aceleración de la partícula está dada por

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v}{r} \frac{\Delta r}{\Delta t} \approx \frac{v}{r} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$$

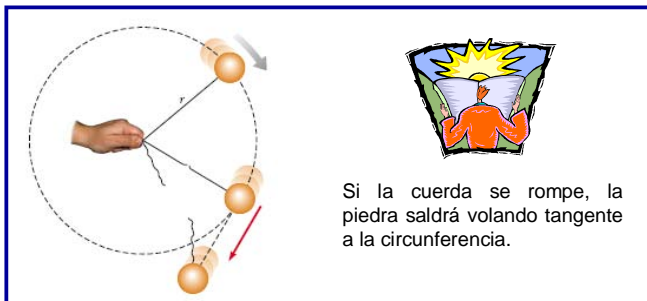
144



Aplicando la Segunda Ley de Newton

$$F_r = ma_c = m \frac{v^2}{r}$$

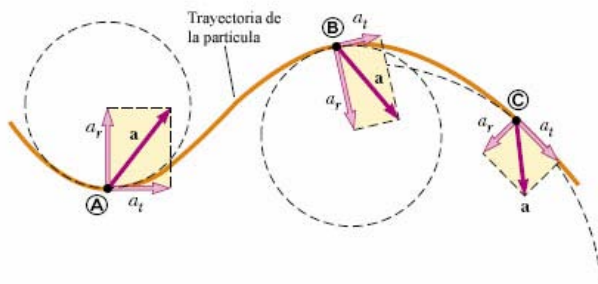
F_r es la fuerza causante de la aceleración



Si la cuerda se rompe, la piedra saldrá volando tangente a la circunferencia.

145

Movimiento Circular NO-Uniforme



La aceleración de la partícula está dada por

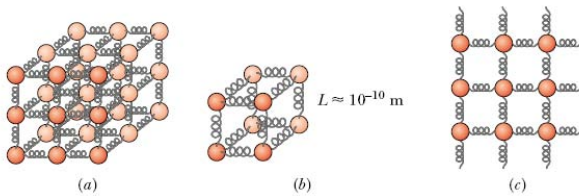
$$\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_t$$

donde \vec{a}_t es la componente tangente a la trayectoria de la aceleración y \vec{a}_r es la componente en la dirección del radio de curvatura de la trayectoria.

146

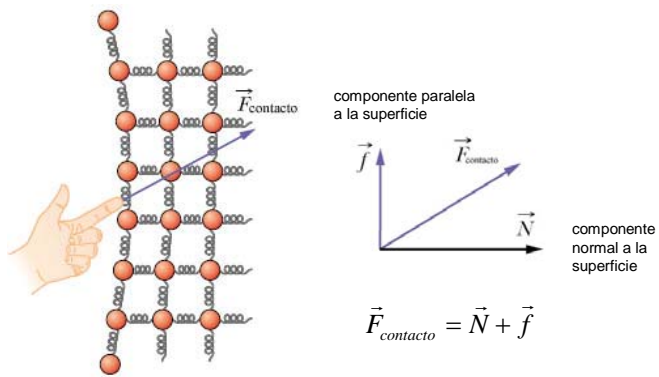
Fuerzas de contacto

Modelo simple para los sólidos = esferas (átomos) unidas por resortes que representan los enlaces atómicos

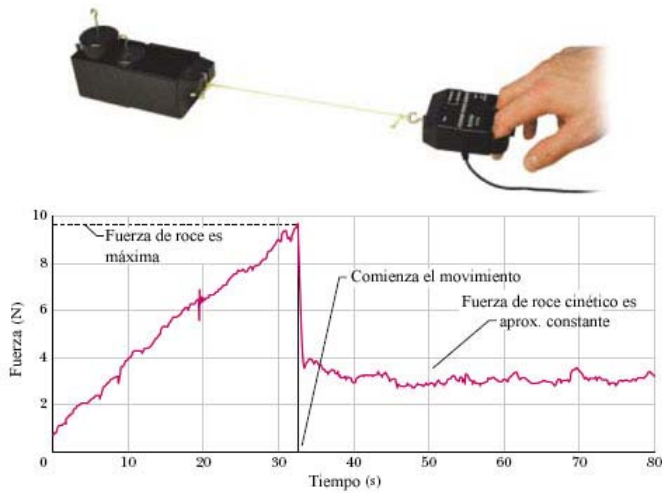


Por la Tercera Ley de Newton, al aplicar una fuerza sobre un sólido éste ejerce una fuerza de la misma magnitud en dirección opuesta.

147



Fuerza de roce



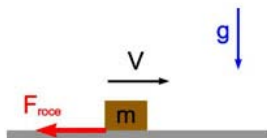
FUERZAS DE ROCE

EVIDENCIA EXPERIMENTAL

- (1) LA FUERZA DE ROCE ES INDEPENDIENTE DEL TAMAÑO DE LAS SUPERFICIES EN CONTACTO.
- (2) LA FUERZA DE ROCE ES PROPORCIONAL A LA FUERZA NORMAL (PERPENDICULAR) A LAS SUPERFICIES EN CONTACTO.
- (3) LA FUERZA REQUERIDA PARA MOVER UN OBJETO EN REPOSO ES GENERALMENTE MAYOR QUE LA FUERZA NECESARIA PARA MANTENERLO EN MOVIMIENTO CON VELOCIDAD CONSTANTE.

150

ROCE CINEMÁTICO O DINÁMICO



$$F_{roce} = \mu_k N$$

LEY EMPÍRICA QUE
RELACIONA EL MÓDULO
DE LA FUERZA DE ROCE
CON EL VALOR DE LA
NORMAL

μ_k = COEFICIENTE DE ROCE CINEMÁTICO

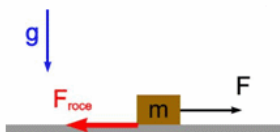
151

μ_k DEPENDE DEL TIPO DE SUPERFICIES
EN CONTACTO PERO NO DEPENDE
DEL ÁREA DE CONTACTO

\vec{F}_{roce} ES PARALELA A LA SUPERFICIE
DE CONTACTO Y APUNTA EN LA
DIRECCIÓN OPUESTA AL MOVIMIENTO
RELATIVO DE LOS CUERPOS

μ_k ES INDEPENDIENTE DE LA VELOCIDAD
RELATIVA DE LAS SUPERFICIES

ROCE ESTÁTICO



SE APLICA UNA FUERZA F
PARALELA A LA SUPERFICIE
DE CONTACTO TAL QUE
EL BLOQUE PERMANECE
INMÓVIL

$$F_{roce} \leq \mu_s N$$

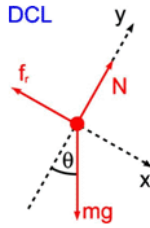
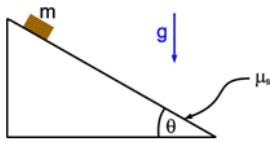
μ_s = COEFICIENTE DE ROCE ESTÁTICO

$$F_{roce \text{ estático máxima}} = \mu_s N$$

\Rightarrow EL BLOQUE COMIENZA A MOVERSE

¿CÓMO MEDIR μ_s Y μ_k ?

CASO ESTÁTICO μ_s



Eje x : $mg \sin \theta - f_r = 0$

Eje y : $N - mg \cos \theta = 0$

$\Rightarrow f_r = mg \sin \theta$

$N = mg \cos \theta \Rightarrow mg = \frac{N}{\cos \theta}$

POR LO TANTO $f_r = N \tan \theta$

154

EXISTE UN VALOR CRÍTICO DEL ÁNGULO θ PARA EL CUAL EL BLOQUE COMIENZA A DESLIZAR, PARA DICHO VALOR SE TIENE

$f_r = \mu_s N = \tan \theta_c N$

$\mu_s = \tan \theta_c$

CASO DINÁMICO μ_k

EXISTE UN ÁNGULO θ_D TAL QUE EL BLOQUE SE MUEVE CON VELOCIDAD CONSTANTE

$\Rightarrow f_r = \mu_k N = \tan \theta_D N$

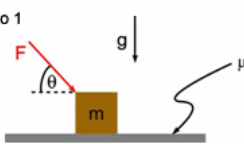
$\mu_k = \tan \theta_D$

EN GENERAL, $\theta_D < \theta_c \Rightarrow \mu_s > \mu_k$

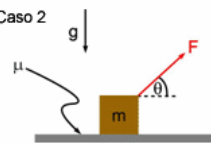
155

EJEMPLO

Caso 1



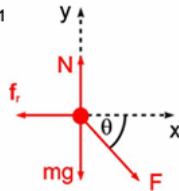
Caso 2



¿QUÉ ES MEJOR: EMPUJAR O TIRAR EL BLOQUE?

SOL:

Caso 1



Eje y:

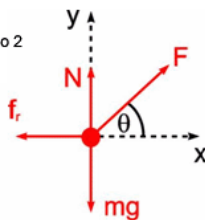
$$N - mg - F \sin \theta = 0$$

$$N = mg + F \sin \theta$$

$$\Rightarrow f_r = \mu N = \mu (mg + F \sin \theta)$$

156

Caso 2



Eje y:

$$N - mg + F \sin \theta = 0$$

$$N = mg - F \sin \theta$$

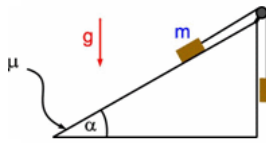
$$\Rightarrow f_r = \mu N = \mu (mg - F \sin \theta)$$

LA FUERZA DE ROCE EN EL CASO 2 ES MENOR QUE EN EL CASO 1

∴ ES MEJOR TIRAR EL BLOQUE

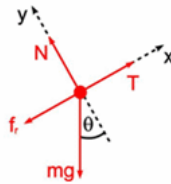
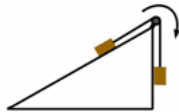
157

PROBLEMA



- i) $a = ?$
ii) VALOR MÍNIMO Y MÁXIMO DE M PARA QUE EL SISTEMA ESTE QUIETO

SOL
CASO 1



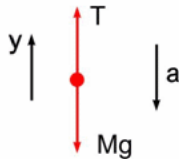
Eje x : $T - f_r - mg \sin \theta = ma$
Eje y : $N - mg \cos \theta = 0 \Rightarrow N = mg \cos \theta$

158

ENTONCES

$$T - \mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma$$

POR OTRO LADO



$$T - Mg = -Ma \Rightarrow T = M(g - a)$$

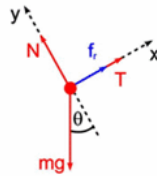
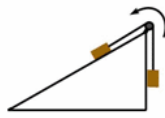
ENTONCES

$$M(g - a) - \mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma$$

$$a = \frac{Mg - mg(\mu \cos \theta + \sin \theta)}{m + M}$$

159

CASO 2



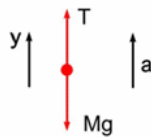
$$\text{Eje } x: T + f_r - mg \sen \theta = -ma$$

$$\text{Eje } y: N - mg \cos \theta = 0$$

ENTONCES

$$T + \mu mg \cos \theta - mg \sen \theta = -ma$$

PARA LA MASA M



$$T - Mg = Ma$$

$$\Rightarrow T = M(g+a)$$

160

ENTONCES

$$M(g+a) + \mu mg \cos \theta - mg \sen \theta = -ma$$

$$a = \frac{mg(\sen \theta - \mu \cos \theta) - Mg}{m+M}$$

ii) VALOR MÍNIMO DE m: EN ESTE CASO $\mu = \mu_s$
Y LA MASA m ESTÁ A PUNTO DE MOVERSE
HACIA ARRIBA $\Rightarrow a = 0$ EN EL CASO 1

ENTONCES

$$a = 0 = M\cancel{g} - m\cancel{g}(\mu_s \cos \theta + \sen \theta)$$

$$m = \frac{M}{\mu_s \cos \theta + \sen \theta} \quad \text{VALOR MÍNIMO}$$

161

VALOR MÁXIMO DE M :

LA MASA M ESTÁ A PUNTO DE MOVERSE
 HACIA ABAJO $\Rightarrow a = 0$ EN EL CASO 2

$$0 = m g (\sin \theta - \mu_s \cos \theta) - M g$$

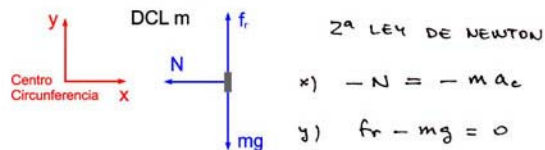
$$M = \frac{m}{\sin \theta - \mu_s \cos \theta} \quad \text{VALOR MÁXIMO}$$

162

EJEMPLO



¿Cuál es la mínima velocidad de rotación que puede tener el tambor para que la persona no caiga?



DONDE $a_c = \frac{v^2}{R} = \frac{(R\omega)^2}{R} = R\omega^2$

163

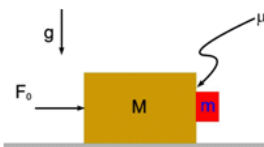
VALOR CRÍTICO ESTÁ DADO POR $f_r = \mu_s N$
 ENTONCES

$$f_r = \mu_s N = mg$$

$$\mu_s \frac{mv^2}{R} = mg \Rightarrow \boxed{v_{\text{Mínimo}} = \sqrt{\frac{gR}{\mu_s}}}$$

164

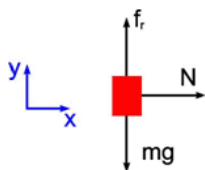
PROBLEMA



CALCULA F_0 MÍNIMO PARA
 QUE m NO RESBALE

SOL.

DCL m



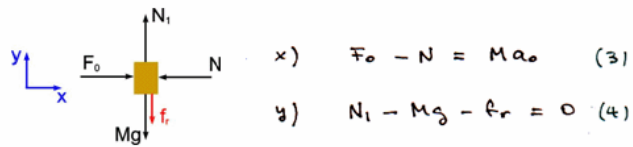
x) $N = ma_0$ (1)

y) $f_r - mg = 0$ (2)

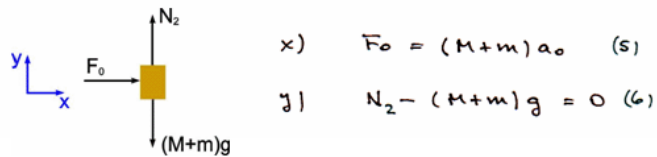
↑
 EL BLOQUE
 NO ESTÁ
 RESBALANDO

165

DCL M



COMO M NO RESBALA PODEMOS HACER UN DCL DEL CUERPO (M+m) PORQUE AMBOS BLOQUES TIENEN LA MISMA ACELERACIÓN



166

ROCE ESTÁTICO $\Rightarrow f_r \leq \mu_s N$

CASO CRÍTICO: $f_r = \mu_s N$

ENTONCES, DE (5) $a_0 = \frac{F_0}{M+m}$

REEMPLAZANDO EN (3)

$$F_0 - N = \frac{M}{m+M} F_0$$

$$N = \frac{m}{m+M} F_0$$

DE (2) SE TIENE

$$f_r = mg = \mu_s N$$

ENTONCES

$$mg = \frac{m}{m+M} \mu_s F_0$$

$$\boxed{F_0 = \frac{(m+M)g}{\mu_s}} \quad \text{VALOR MÍNIMO}$$

167