

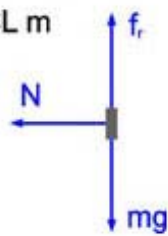
EJEMPLO



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



DCL m



2ª LEY DE NEWTON

$$x) -N = -ma_c$$

$$y) f_r - mg = 0$$

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

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

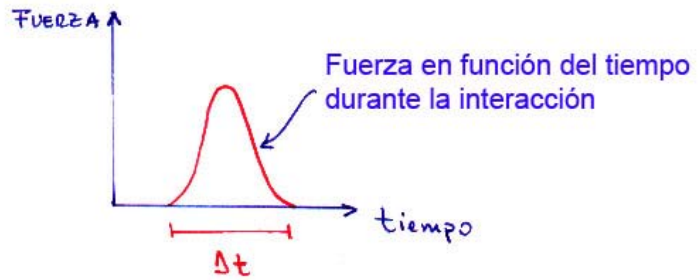
ENTONCES

$$f_r = \mu_s N = mg$$

$$\mu_s \frac{mv^2}{R} = mg \Rightarrow$$

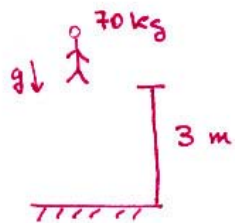
$$v_{\text{Mínimo}} = \sqrt{\frac{gR}{\mu_s}}$$

IMPULSO



$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \Rightarrow \underbrace{\vec{F} \Delta t}_{\text{IMPULSO}} = \Delta \vec{p}$$

EJEMPLO



¿ FUERZA PROMEDIO SOBRE LOS PIES ?

¿ QUÉ PASA SI FLECTA LAS
PIERNAS ?

Velocidad al llegar al suelo

$$v = \sqrt{2gh} = 7.7 \text{ m/s}$$

$$\text{IMPULSO} = \bar{F} \Delta t = \Delta p = -mv = -540 \text{ N}\cdot\text{s}$$

$$\bar{v} = \frac{(7.7 \text{ m/s} + 0 \text{ m/s})}{2} = 3.8 \text{ m/s}$$

LA COLISIÓN DURA $\Delta t = \frac{d}{\bar{v}} \approx \frac{1 \text{ cm}}{3.8 \text{ m/s}} = 2.6 \times 10^{-3} \text{ s}$

$$\Rightarrow \bar{F} = \frac{-540 \text{ N}\cdot\text{s}}{2.6 \times 10^{-3} \text{ s}} = 2.1 \times 10^5 \text{ N}$$

DCL



$$\bar{F} = F_{\text{suelo}} - \underbrace{mg}_{690 \text{ N}}$$

$$\Rightarrow F_{\text{suelo}} \approx 2.1 \times 10^5 \text{ N}$$

ESTA FUERZA PUEDE
ROMPERLE LAS PIERNAS!

SI LA PERSONA FLETA LAS PIERNAS 50 cm SE
TIENE QUE EL TIEMPO QUE DURA LA COLISIÓN ES

$$\Delta t = \frac{50 \text{ cm}}{3.8 \text{ m/s}} = 0.13 \text{ s}$$

$$\Rightarrow \quad \overline{F} = \frac{540 \text{ N}\cdot\text{s}}{0.13 \text{ s}} = 4.2 \times 10^3 \text{ N}$$

LA FUERZA QUE EJERCE EL SUELO SERÁ

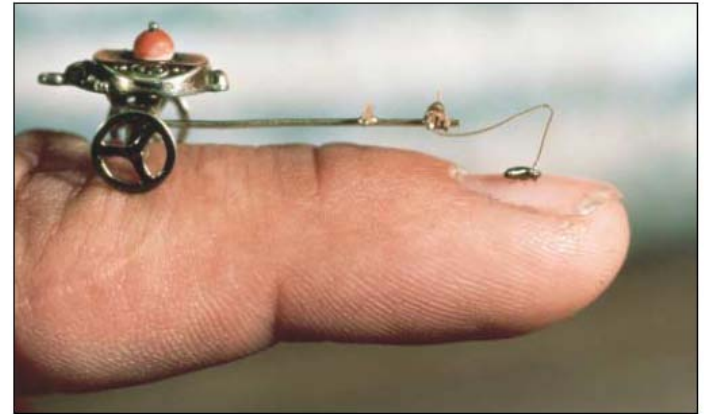
$$F_{\text{SUELO}} = \overline{F} + mg = 4.9 \times 10^3 \text{ N}$$

Dinámica

En 1997, María Fernanda Cardoso, una artista colombiana, creó un circo de pulgas entrenadas. Cardoso amarró un alambre delgado a Brutus, “la pulga más fuerte sobre la Tierra”, y la entrenó para que tirara un carrito. Luego, ella usó sonido y dióxido de carbono para conseguir que Brutus saltara. Videos muestran que cuando Brutus saltaba, el carrito se movía una distancia de 1 centímetro aprox. Está es una distancia asombrosa porque la masa del carrito era 160.000 veces mayor que la de la pulga.



¿Cómo es posible que una pulga tire un carro que tiene más de 160.000 veces su masa?



El secreto de la pulga es que ella puede lanzarse a si misma a una gran velocidad. Supongamos que Brutus, cuya masa es de aprox. 2×10^{-3} g, empieza un salto de 30 cm que la lleva hacia arriba y adelante al mismo tiempo. Usando las ecuaciones de cinemática, podemos estimar su velocidad inicial.

$$h = v_0 \sin \theta t - \frac{1}{2} g t^2$$

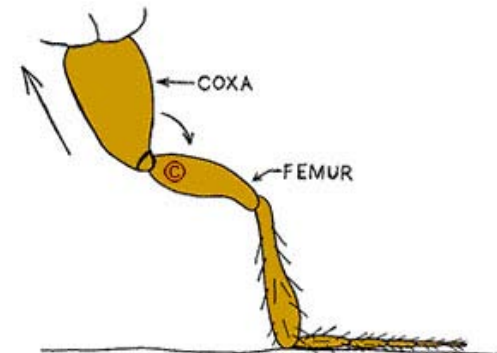
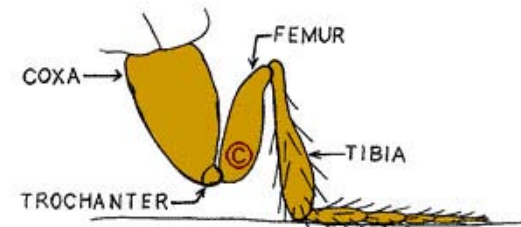
$$v_y = 0 = v_0 \sin \theta - g t \Rightarrow t = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$$

entonces

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} \Rightarrow v_0^2 \approx 2hg = 2 \times 0.3 \text{ m} \times 10 \text{ m/s}^2 = 6 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

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

Por lo tanto, el tiempo de vuelo es $t \approx \frac{v_0}{g} \approx 0,25 \text{ s}$



Impulso durante el salto = $\Delta p = m\Delta v = 2 \times 10^{-6} \text{ kg} \times 2,5 \text{ m/s} = 5 \times 10^{-6} \text{ Ns}$

Duración del salto $\approx \frac{d}{v_0} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ m}}{2,5 \text{ m/s}} \approx 10^{-3} \text{ s}$

Fuerza promedio ejercida durante el salto $\approx \frac{\Delta p}{\Delta t} \approx \frac{5 \times 10^{-6} \text{ Ns}}{10^{-3} \text{ s}} = 5 \times 10^{-3} \text{ N}$

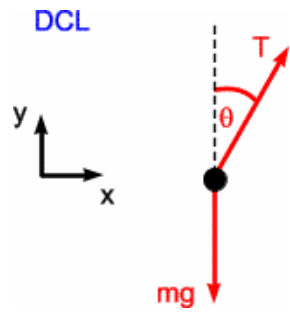
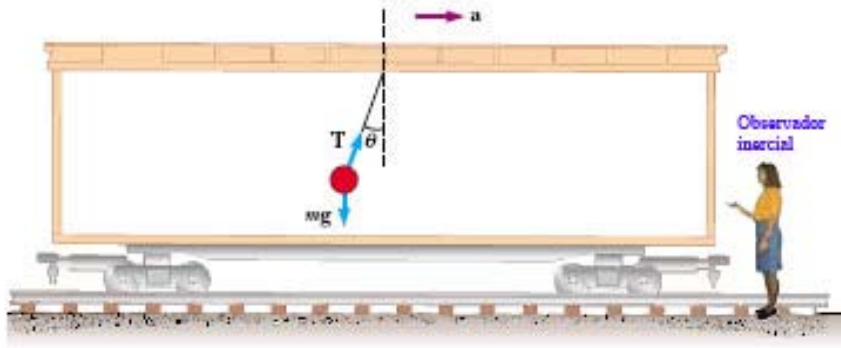
La aceleración impartida al carro de 32 g es

$$F_{prom} = M_{carro} a \Rightarrow a = \frac{F_{prom}}{M_{carro}} = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ N}}{32 \times 10^{-3} \text{ kg}} \approx \frac{1}{6} \text{ m/s}^2 \approx 0,2 \text{ m/s}^2$$

En el tiempo que dura el vuelo de la pulga, el carro se desplaza una distancia

$$\Delta x = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \times 0,2 \text{ m/s}^2 \times (0,25 \text{ s})^2 \approx 0,006 \text{ m} \approx 0,6 \text{ cm}$$

Movimiento en sistemas de referencia acelerados: Fuerzas ficticias

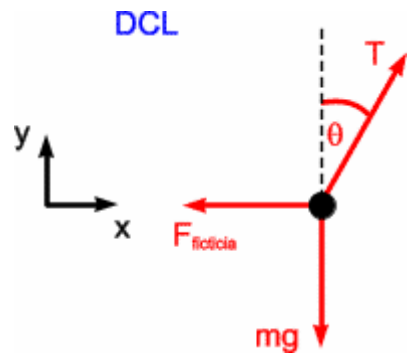
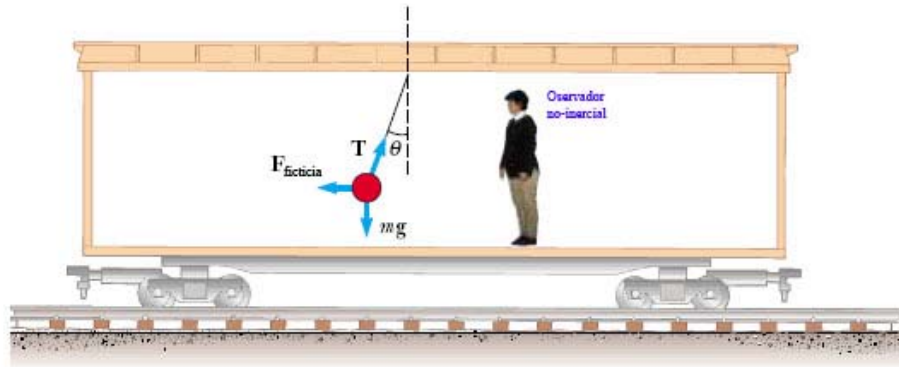


Segunda ley de Newton

$$\hat{x}) \quad T \sin \theta = ma$$

$$\hat{y}) \quad T \cos \theta - mg = 0$$

¿Qué pasa si ahora el observador va arriba del tren que acelera?

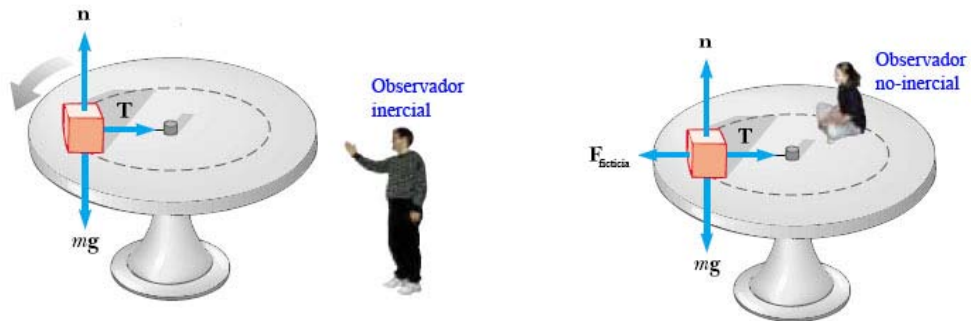


Para el observador en el tren, no existe una fuerza neta sobre m . Por lo tanto, para mantener la validez de la Segunda Ley de Newton, el observador tiene que introducir una fuerza ficticia para equilibrar la componente en la dirección x de la tensión

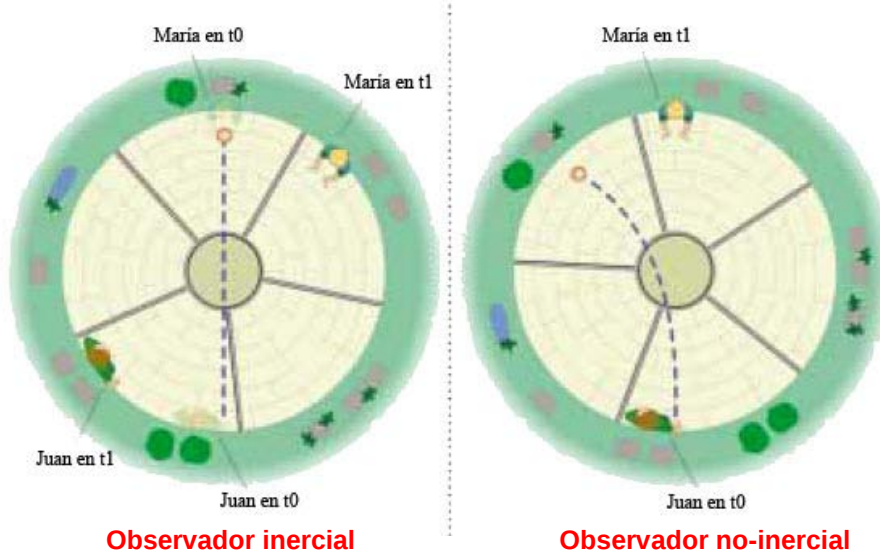
$$\hat{x}) \quad T \sin \theta - F_{ficticia} = 0$$

$$\hat{y}) \quad T \cos \theta - mg = 0$$

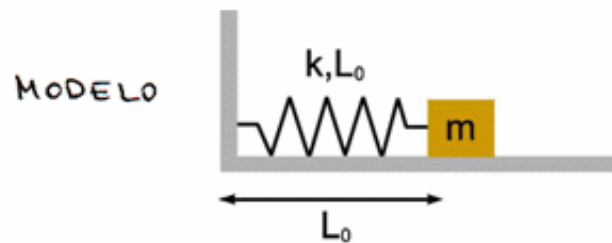
Observador en movimiento circular



Fuerza de Coriolis



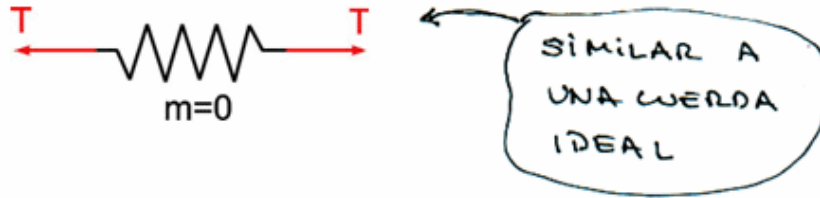
RESORTES



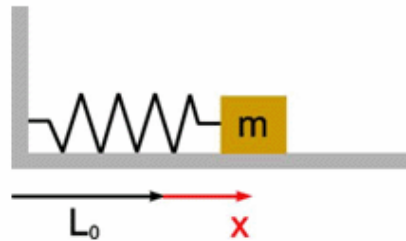
DEBE ESTAR CONECTADO A UNA MASA
PARA QUE LA 2ª LEY DE NEWTON NO
SEA TRIVIAL

SI COMPRIMOS UN RESORTE AL SOLTARLO
SE ESTIRA Y, AL REVÉS, SI LO ESTIRAMOS
AL SOLTARLO SE CONTRAE PARA VOLVER
A SU LARGO NATURAL L_0

RESORTE IDEAL $\Rightarrow$ MASA NULA

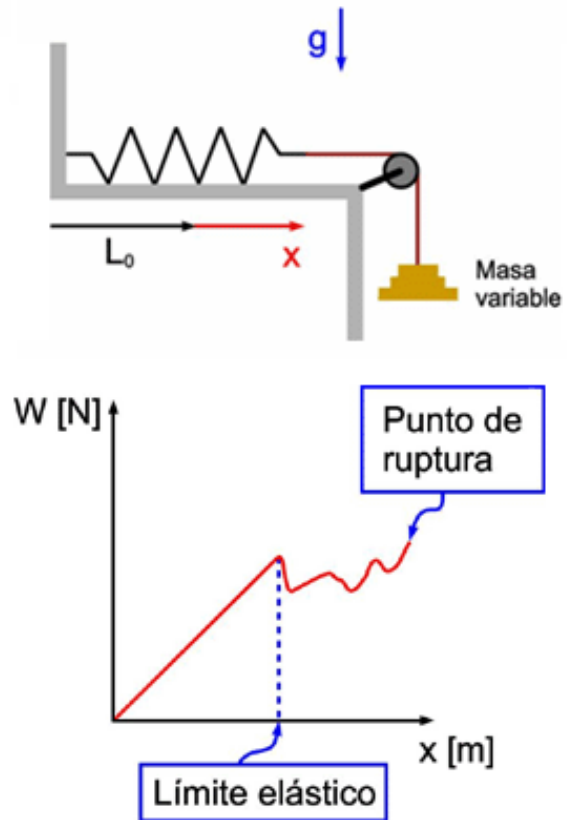


SISTEMA DE REFERENCIA



CONVIENE UBICAR EL ORIGEN DE COORDENADAS EN EL PUNTO DE EQUILIBRIO DEL RESORTE

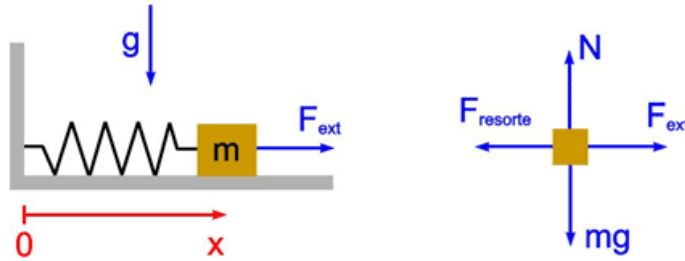
¿ FUEERZA EJERCIDA POR UN RESORTE ?



LEY DE HOOKE (1635-1703)

EL ACORTAMIENTO O ALARGAMIENTO DE UN RESORTE ES PROPORCIONAL A LA FUERZA EXTERNA APLICADA

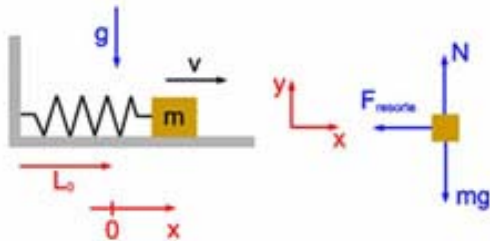
$$\vec{F}_{\text{ext}} = k\Delta$$



k = CONSTANTE ELÁSTICA DEL RESORTE
PENDIENTE DE LA RECTA

$\Delta \equiv (x - L_0)$ ES EL ACORTAMIENTO ($\Delta < 0$)
O ALARGAMIENTO ($\Delta > 0$) DEL RESORTE CON
RESPECTO A SU LARGO NATURAL

Ecuación de Movimiento



$$F_{\text{resorte}} = -kx$$

$$2^{\text{a}} \text{ LEY DE NEWTON} \Rightarrow -kx = ma_x$$

$\Rightarrow$

$$a_x = -\frac{k}{m}x$$

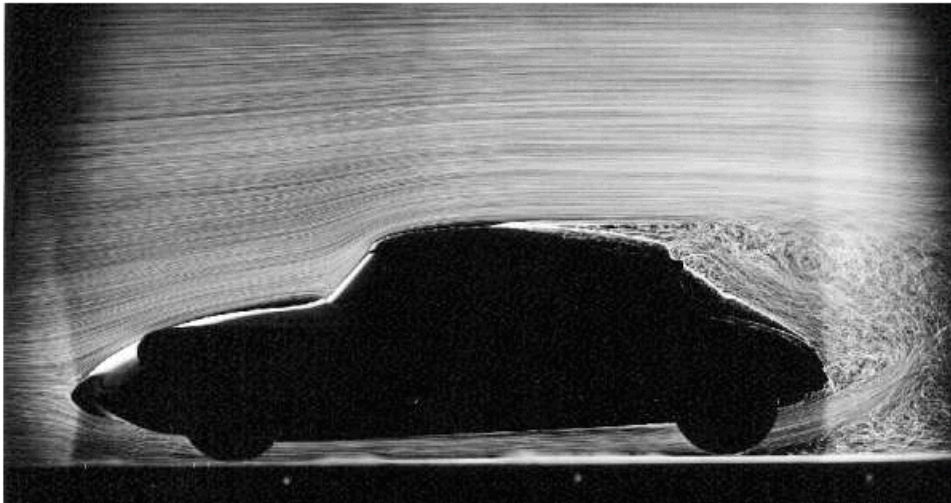
ECUACIÓN DE MOV.
PARA LA MASA m

LA ACCELERACIÓN ES PROPORCIONAL AL DESPLAZAMIENTO DE LA MASA m

LA ACCELERACIÓN APUNTA SIEMPRE EN SENTIDO OPUESTO AL DESPLAZAMIENTO

FUERZA DE ARRASTRE

FRENA UN OBJETO QUE SE MUEVE EN UN
FLUIDO $\rightarrow$ DEPENDE DE LA GEOMETRÍA.



EJEMPLO : MOVIMIENTO DE UNA ESFERA EN UN FLUIDO

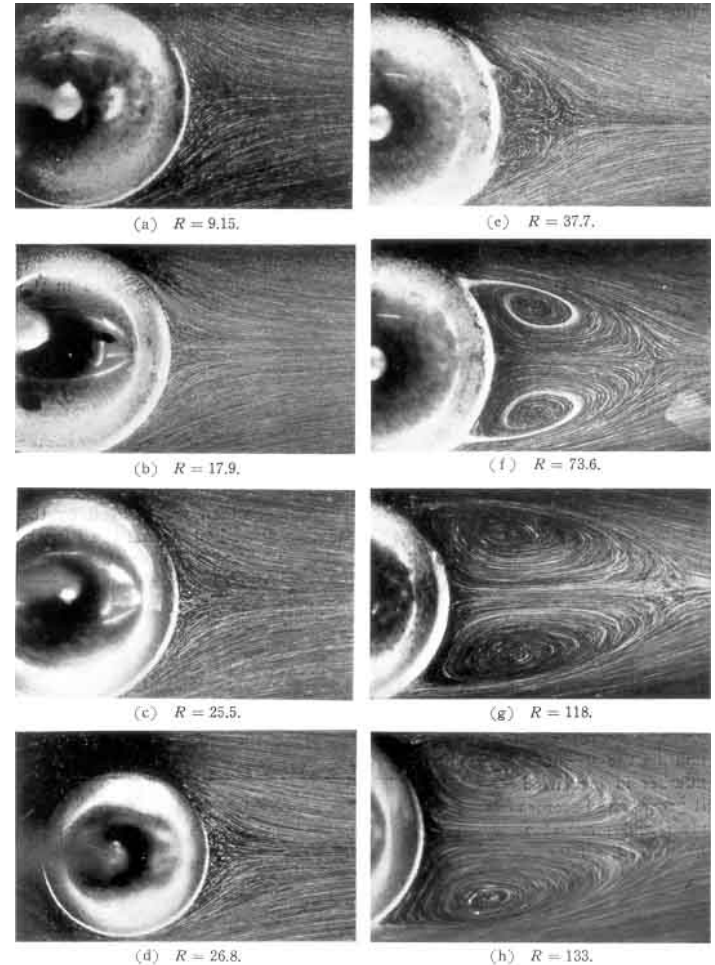
- ES UN PROBLEMA COMPLICADO
- SE OBSERVAN DISTINTOS COMPORTAMIENTOS QUE DEPENDEN DE UNA SERIE DE CANTIDADES FÍSICAS
 - DENSIDAD DEL FLUIDO ρ
 - VELOCIDAD DE LA ESFERA U
 - RADIO DE LA ESFERA R
 - VISCOSIDAD η

SIN EMBARGO, ESTOS REGIMENES SE PUEDEN CARACTERIZAR POR UN NÚMERO

NÚMERO DE REYNOLDS

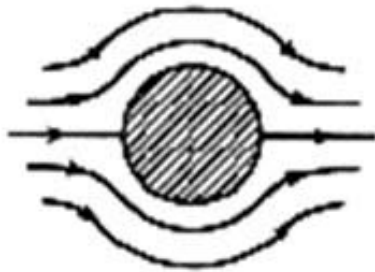
$$Re = \frac{\rho U L}{\eta} = \frac{U L}{\nu}$$

VELOCIDAD TÍPICA $\rightarrow U$
LONGITUD TÍPICA $\rightarrow L$
VISCOSIDAD CINEMÁTICA $\rightarrow \nu$



EJEMPLO: ESFERA EXISTEN DOS REGIMENES

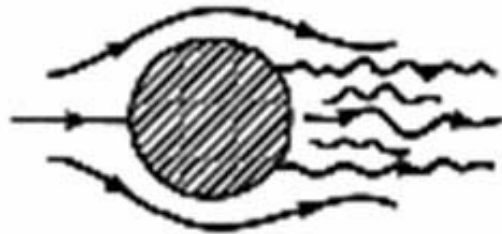
I. FLOW LAMINAR ($Re \ll 1$)



$$\bar{F}_{\text{arrastre}} = 6\pi\eta R v_0$$

(LEY DE STOKES)

II. FLOW TURBULENTO ($Re \gg 1$)



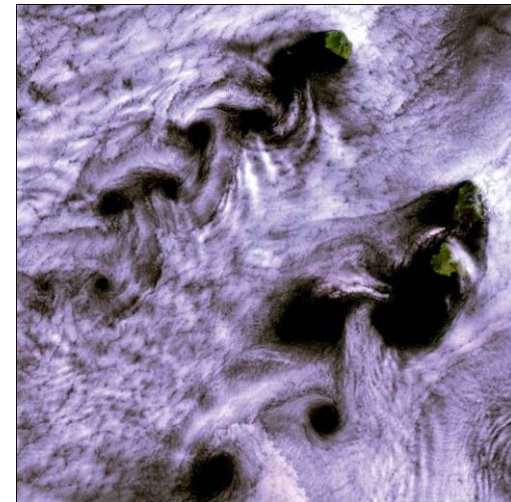
$$\bar{F}_{\text{arrastre}} = \frac{1}{2} \rho C_D A v^2$$

(FORMULA DE NEWTON)

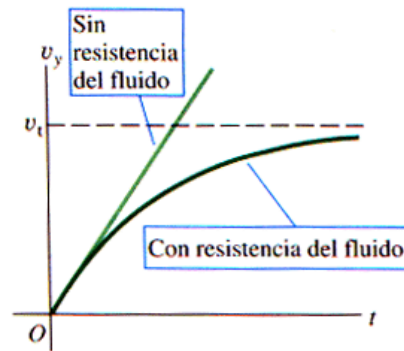
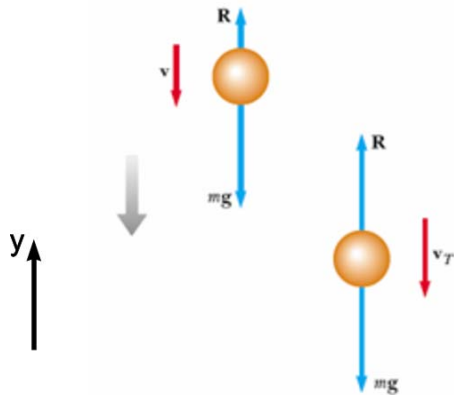
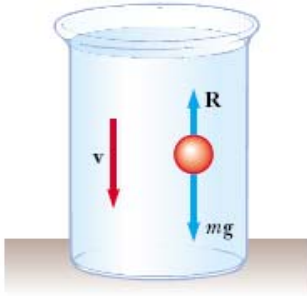
C_D = COEFICIENTE DE ARRASTRE

A $\equiv$ ÁREA FRONTAL

Vórtices de von Karman



Movimiento en presencia de fuerzas de arrastre



Segunda ley de Newton

$$R - mg = 0$$

donde R es la fuerza de arrastre. En el caso de altas velocidades

$$R = \frac{1}{2} \rho C A v^2$$

entonces la velocidad terminal está dada por

$$v_T = \sqrt{\frac{2Mg}{C\rho A}}$$



Velocidad terminal de varios objetos cayendo en el aire

Objeto	Masa (kg)	Area (m ²)	v_T (m/s)
Paracaidista	75	0.70	60
Pelota de beisbol ($r = 3,7$ cm)	0.145	4.2×10^{-3}	43
Pelota de golf ($r = 2,1$ cm)	0.046	1.4×10^{-3}	44
Gota de lluvia ($r = 0,2$ cm)	3.4×10^{-5}	1.3×10^{-5}	9.0

