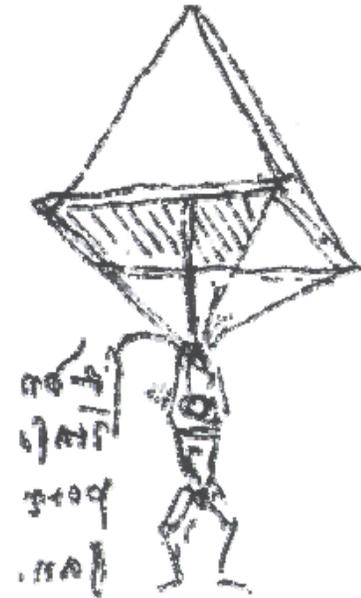


2ª Aula do cap 06



Salto realizado por **Adrian Nicholas**, 26/6/2000



Esboço de **Leonardo da Vinci** de 1483

- Força de arraste e velocidade terminal.

Referência:

- Halliday, David; Resnick, Robert & Walker, Jearl. Fundamentos de Física, Vol. Cap. 06 da 7ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

Força de arraste e velocidade terminal

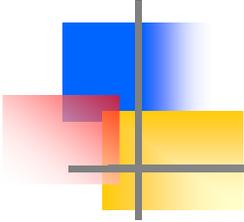
A força de arraste em um fluido é uma força dependente da velocidade (ao contrário da força de atrito vista até agora) e apresenta dois regimes:

a) Fluxo turbulento: velocidades altas



b) Fluxo viscoso: velocidades baixas

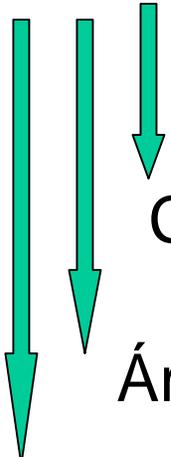




Fluxo turbulento

Força de arraste:

$$F_D = \frac{1}{2} \rho A C_D v^2 = d v^2$$



Coeficiente de arraste

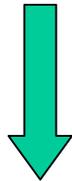
Área da seção **transversal** do corpo

Densidade do **meio**

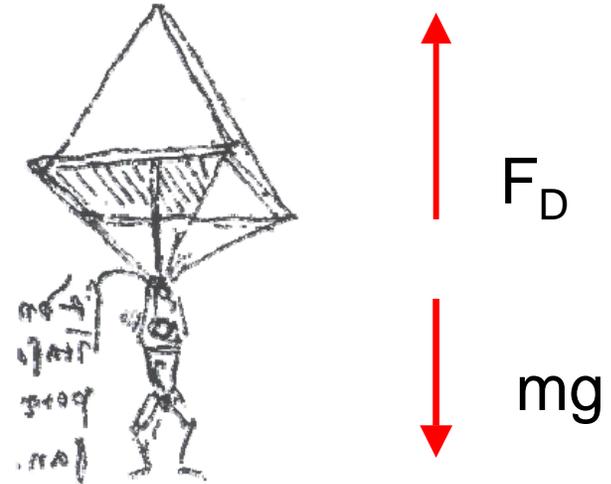
Velocidade terminal e queda de corpos.

$$F_D = \frac{1}{2} \rho A C_D v^2$$

$$\sum F = 0 \rightarrow F_D = mg$$



$$v_T = \sqrt{\frac{2mg}{\rho A C_D}}$$



Exemplo da gota de chuva
(Halliday, Resnick)

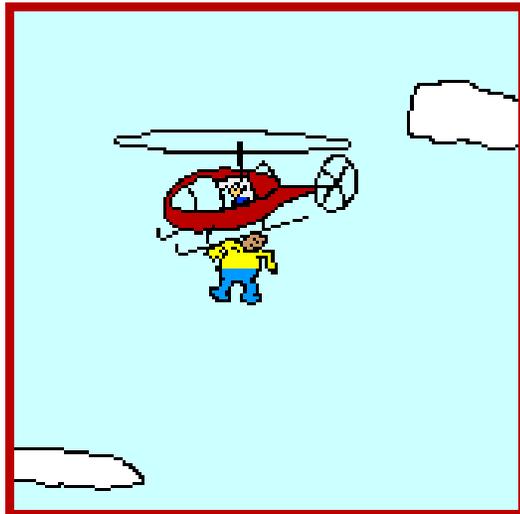
$$v_T \approx 27 \text{ km / h}$$

Sem a resistência do ar:

$$v_T \approx 550 \text{ km / h}$$

Velocidade terminal e queda de corpos

$$F_D = \frac{1}{2} \rho A C_D v^2$$



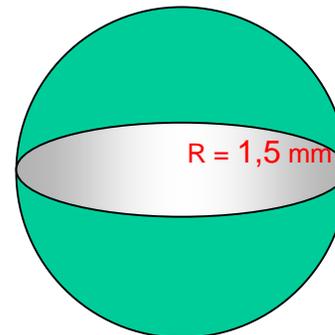
 $F_{\text{grav}} = 1000 \text{ N}$

$$a = \frac{F_{\text{net}}}{m}$$
$$a = \frac{1000 \text{ N}}{100 \text{ kg}}$$
$$a = 10.0 \text{ m/s}^2$$

(down)

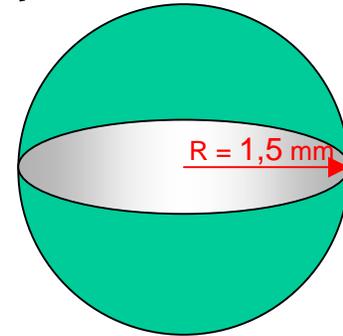
Velocidade terminal de uma gota de chuva

Ex.: 1) Uma gota de chuva com raio $r = 1,5 \text{ mm}$ cai de uma nuvem que está a uma altura de $h = 1200 \text{ m}$. O coeficiente de viscosidade para a gota é $0,6$. Suponha que a gota seja esférica durante a queda. Determine a velocidade terminal desta gota? (velocidade limite).
 $\rho \text{ água} = 1000 \text{ kg/m}^3$ e $\rho \text{ ar} = 1,2 \text{ kg/m}^3$. Qual seria a velocidade da gota ao chegar ao solo se não houvesse a força de arrasto.



Velocidade terminal de uma gota de chuva

$$v_T = \sqrt{\frac{2mg}{\rho A C_D}}$$



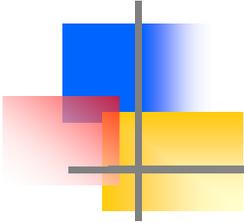
$$m = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_w \quad \text{and} \quad A = \pi R^2.$$



H = 1200 m

$$\begin{aligned} v_t &= \sqrt{\frac{2mg}{C \rho_a A}} = \sqrt{\frac{8 \pi R^3 \rho_w g}{3 C \rho_a \pi R^2}} = \sqrt{\frac{8 R \rho_w g}{3 C \rho_a}} \\ &= \sqrt{\frac{(8)(1.5 \times 10^{-3} \text{ m})(1000 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)}{(3)(0.60)(1.2 \text{ kg/m}^3)}} \\ &= 7.4 \text{ m/s } (= 17 \text{ mi/h}). \end{aligned}$$

$$v_T \approx 27 \text{ km/h}$$

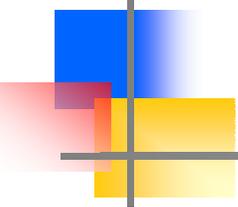


Velocidade terminal de uma gota de chuva

sem força de arraste...

$$\begin{aligned}v &= \sqrt{2gh} = \sqrt{(2)(9.8 \text{ m/s}^2)(1200 \text{ m})} \\ &= 150 \text{ m/s } (= 340 \text{ mi/h}).\end{aligned}$$

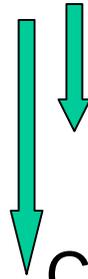
$$v_T \approx 550 \text{ km / h}$$



Fluxo viscoso: exemplo simples de aplicação de equações diferenciais

Força de arraste nesse caso:

$$F_D = 6\pi\eta r v = b v$$



Raio do objeto

Coeficiente de viscosidade

Velocidade terminal:

$$v = \frac{mg}{6\pi\eta r}$$

Questão: como a velocidade aumenta até alcançar a velocidade terminal?

Variação da velocidade em fluxo viscoso

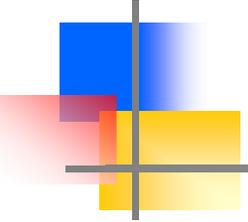
$$\sum F = mg - bv = ma \quad b = 6\pi\eta r$$


$$ma = m \frac{dv}{dt} = m\left(g - \frac{b}{m}v\right) = m(g - b'v)$$
$$\frac{dv}{dt} = g - b'v$$
$$b' = \frac{b}{m}$$

Solução: $v = \frac{g}{b'}(1 - e^{-\frac{b}{m}t})$



Velocidade terminal



Solução...

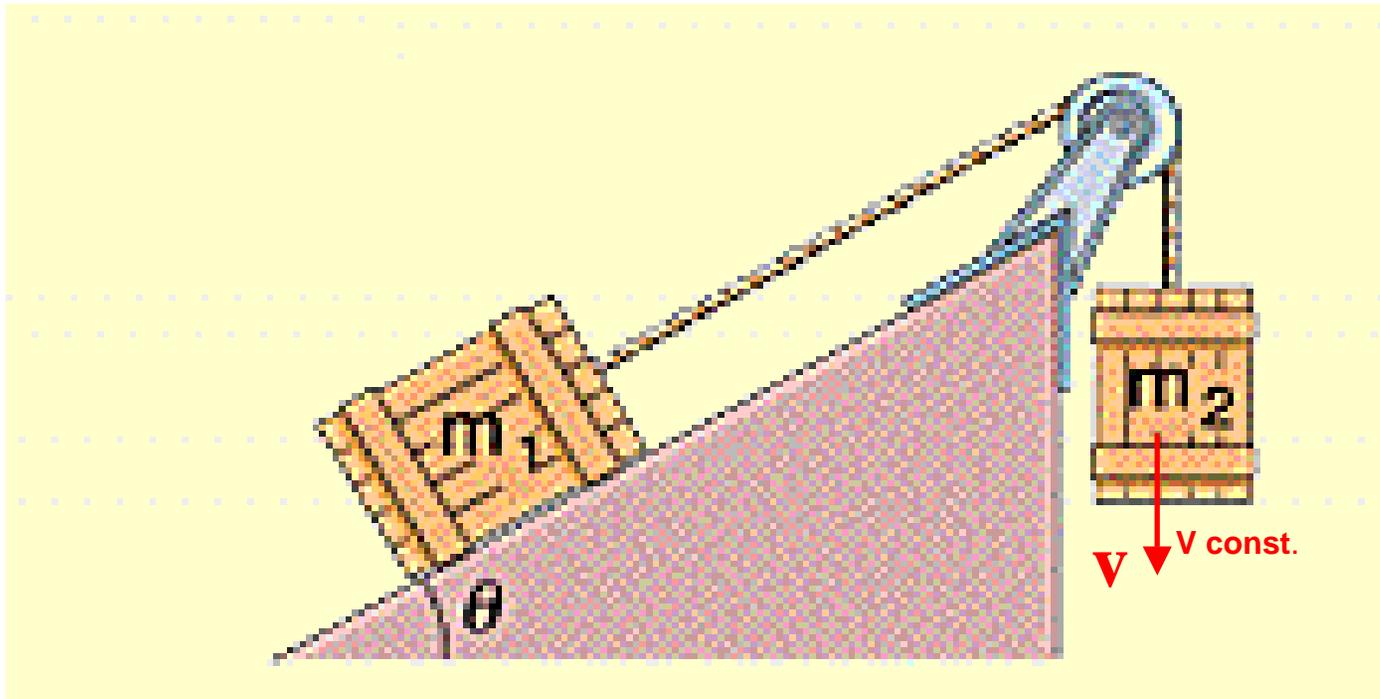
$$\frac{dv}{dt} = g - b'v$$

$$v = \frac{g}{b'} (1 - e^{-\frac{b}{m}t}) \quad \longrightarrow \quad \frac{dv}{dt} = \frac{gb}{b'm} e^{-\frac{b}{m}t} = ge^{-\frac{b}{m}t}$$

Que é igual a $g - b'v$!!!

Exemplo:

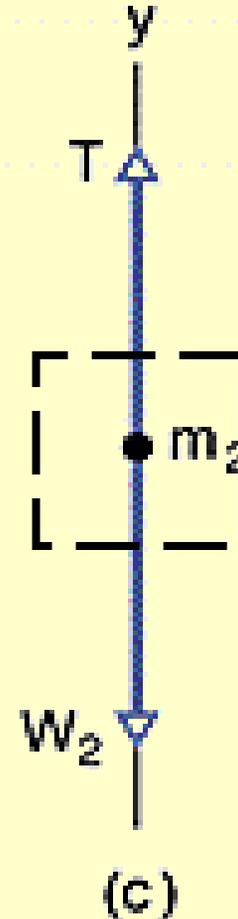
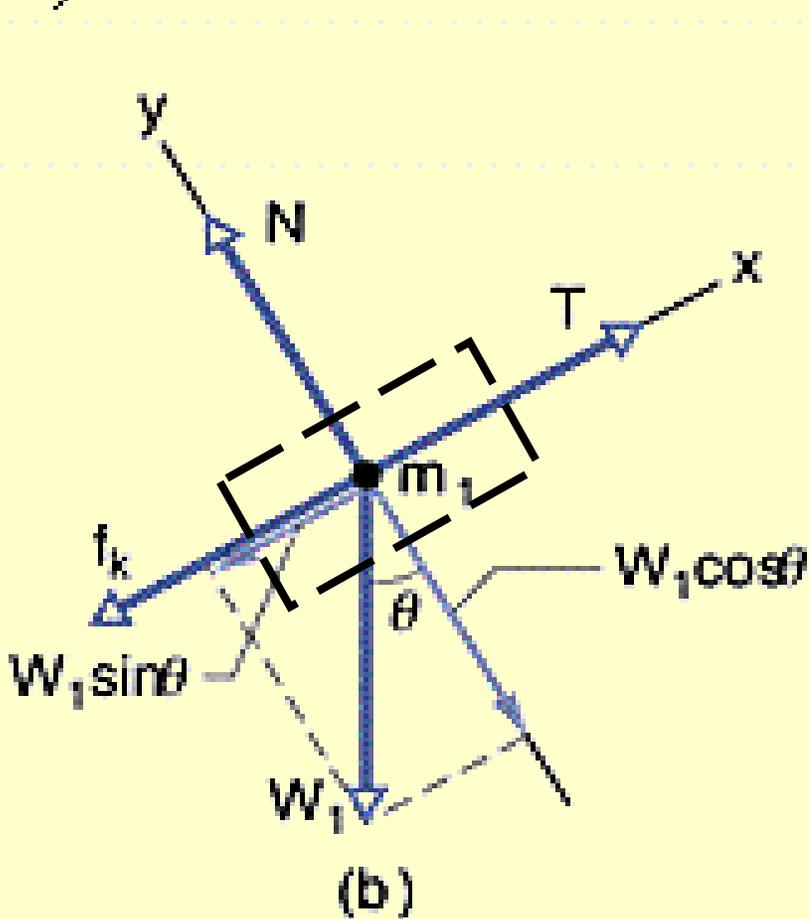
Os blocos estão em movimento com velocidade constante. $m_1=m_2=14$ Kg; $\theta = 30^\circ$ - Calcule: f_k e μ_k



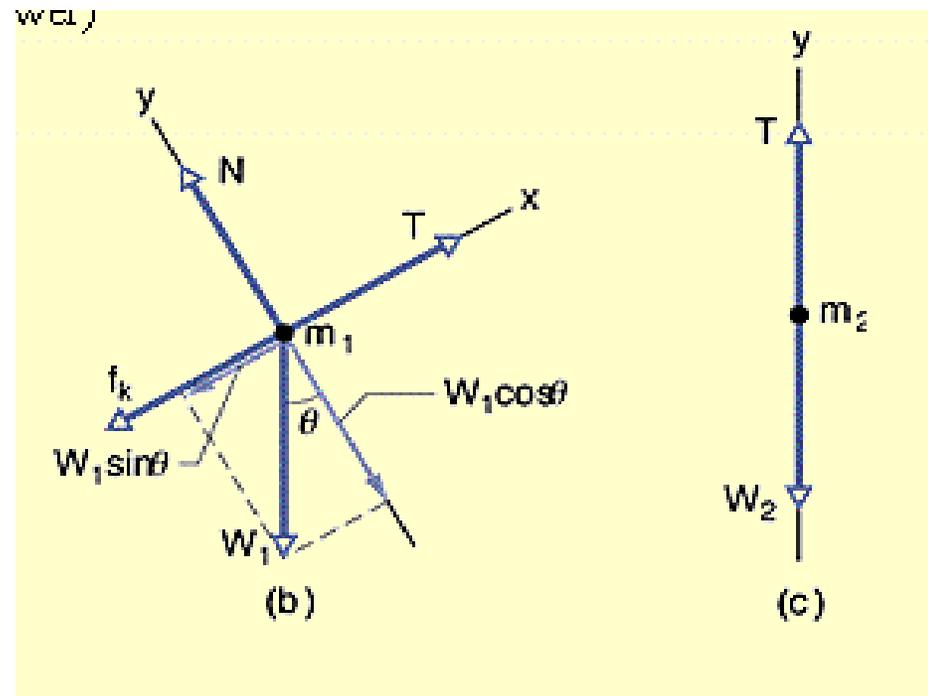
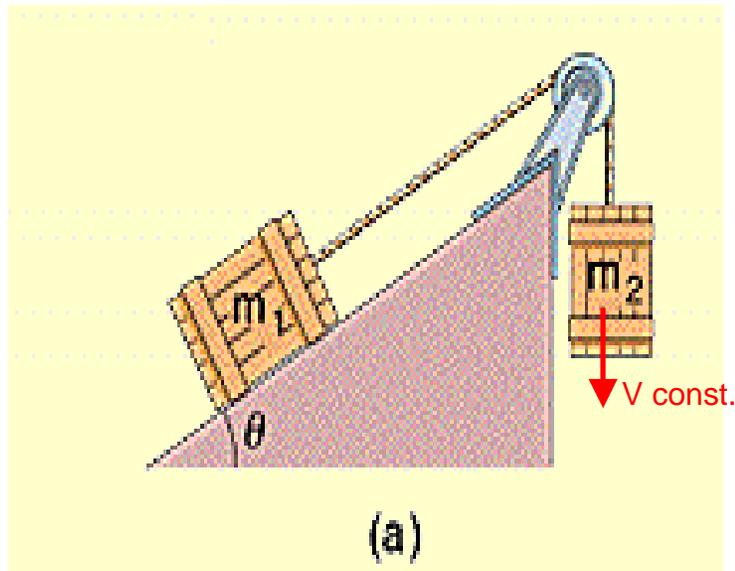
Exemplo: Diagrama de corpo livre

$m_1=m_2=14 \text{ Kg}$; $\theta = 30^\circ$ - Calcule: f_k e μ_k

W(1)



$m_1 = m_2 = 14 \text{ Kg}$; $\theta = 30^\circ$ - Calcule: f_k e μ_k



$$\sum F_x = T - f_k - m_1 g \sin \theta = m_1 a_x = 0,$$

$$\sum F_y = T - m_2 g = m_2 a_y = 0,$$

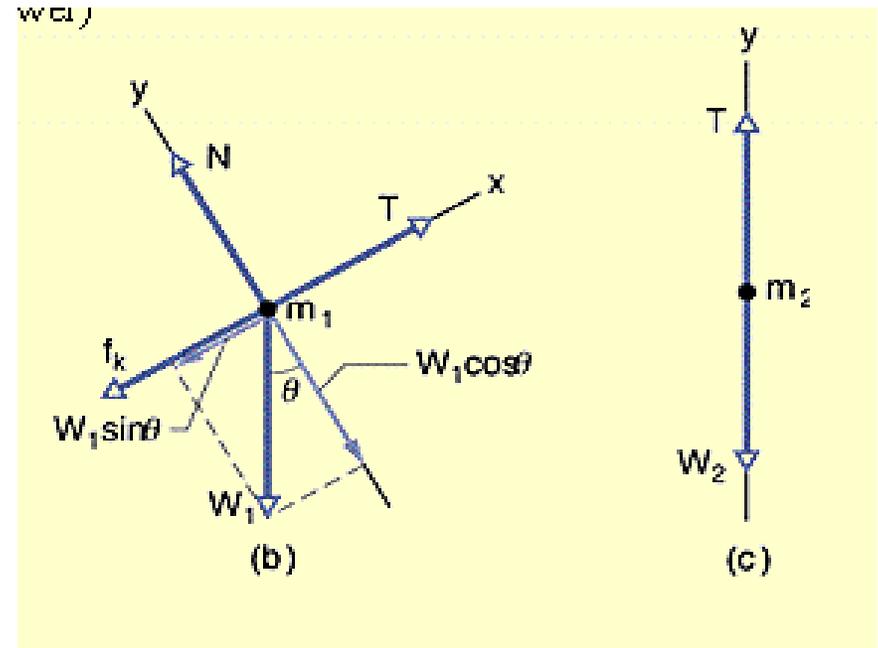
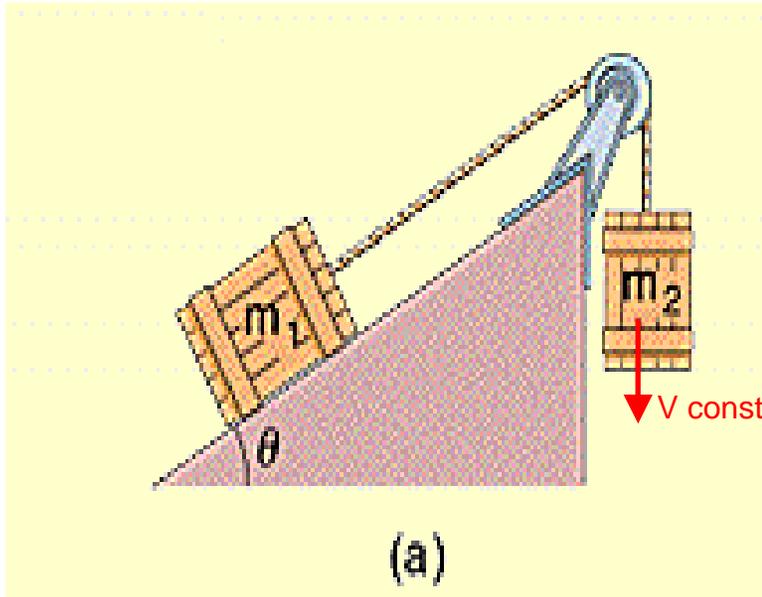
$$T = m_2 g.$$

$$f_k = m_2 g - m_1 g \sin \theta$$

$$= (14 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) - (14 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)(\sin 30^\circ)$$

$$= 68.6 \text{ N} \approx 69 \text{ N}.$$

$m_1 = m_2 = 14 \text{ Kg}$; $\theta = 30^\circ$ - Calcule: f_k e μ_k



$$\mu_k = \frac{f_k}{N} = \frac{f_k}{m_1 g \cos \theta}$$

$$= \frac{68.6 \text{ N}}{(14 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)(\cos 30^\circ)} = 0.58.$$