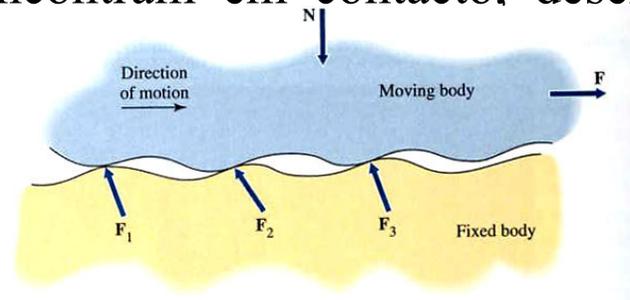


// Introdução

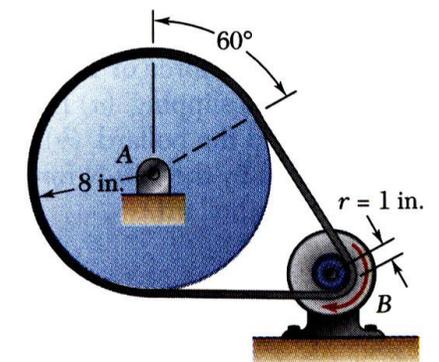
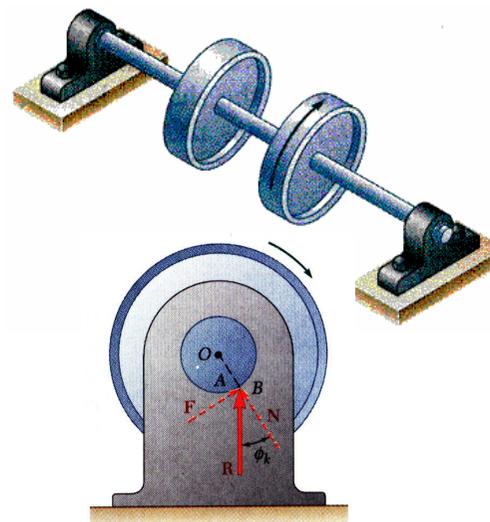
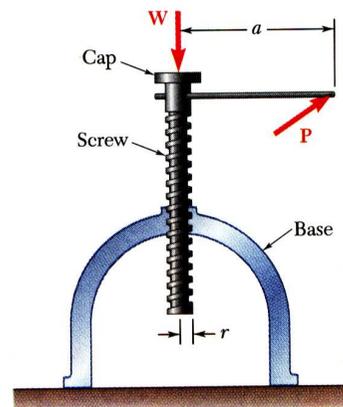
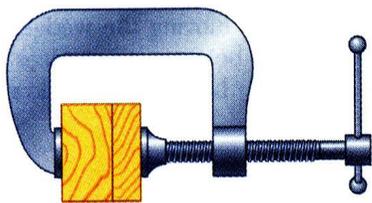
- Até ao momento supôs-se que o contacto entre superfícies era feito sem atrito ou que as superfícies eram rugosas.
- Quando duas superfícies se encontram em contacto, desenvolvem-se forças tangenciais, designadas por *forças de atrito*



Tipos de atrito:

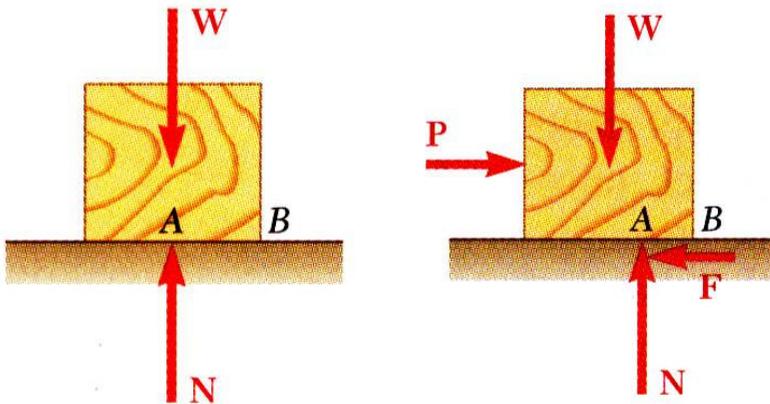
Atrito fluido - entre partículas de corpos fluidos. Exemplos: escoamentos de fluidos, zonas lubrificadas entre dois corpos sólidos.

Atrito seco ou de **Coulomb** - entre componentes do estado sólido sem lubrificação. Exemplos: parafusos, correias, cunhas, etc.



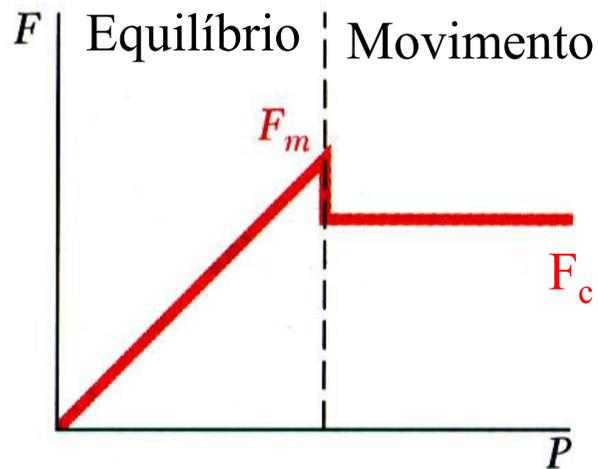
// Leis do atrito

- Considerando o exemplo, se se aumentar a força P , a força de atrito F também aumenta, continuando a opor-se a P , até que a sua intensidade atinge o valor máximo F_m .



$$F_m = \mu_e N \quad \Rightarrow \quad \text{Força de atrito estático}$$

Coeficiente de atrito estático



- Continuando a aumentar a carga P , o bloco inicia o movimento e F diminui para um valor inferior F_c .

$$F_c = \mu_c N \quad \Rightarrow \quad \text{Força de atrito cinético}$$

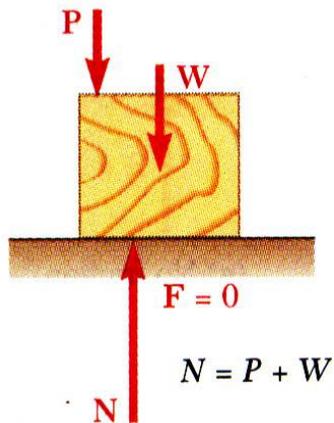
Coeficiente de atrito cinético

// Coeficientes de atrito

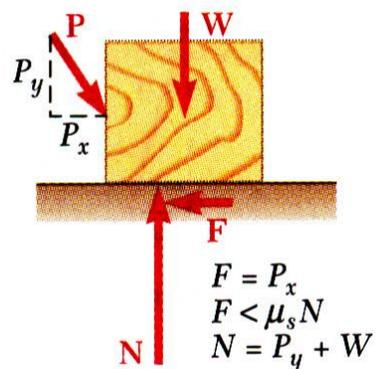
- Os coeficientes de atrito estático dependem do estado e da natureza das superfícies em contacto.

Corpos em contacto	Valores para μ_e		
Metal sobre metal	0.15	a	0.6
Metal sobre pedra	0.3	a	0.7
Borracha sobre betão	0.6	a	0.9
Terra sobre terra	0.2	a	1

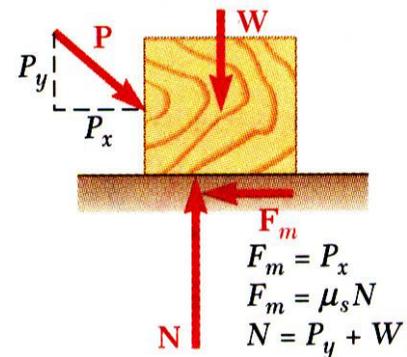
- Podem-se distinguir quatro situações distintas quando um corpo rígido se encontra em contacto com uma superfície:



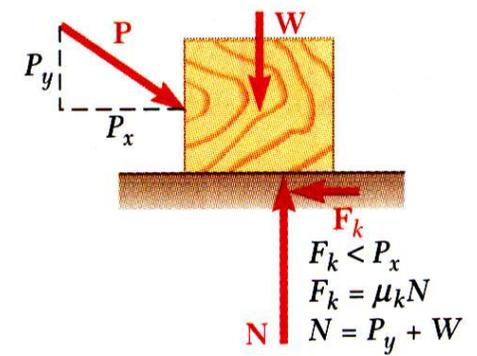
- Não há atrito,
($P_x = 0$)



- Não há movimento,
($P_x < F_m$)



- Movimento impedido,
($P_x = F_m$)



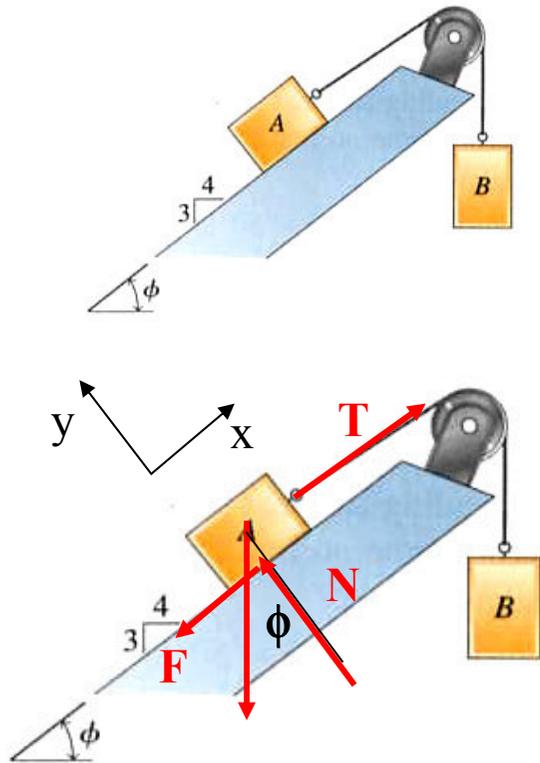
- Há movimento,
($P_x > F_m$)

// Exemplo

Dois blocos estão ligados por um fio que passa por uma roldana sem atrito. O bloco A pesa 500N e o B 200N. O coeficiente de atrito estático entre o bloco C e o plano inclinado é de 0.3.

a) Determine se os dois blocos estão em equilíbrio.

b) Determine se o bloco A se desloca na rampa quando o fio é cortado.



a) As condições de equilíbrio são,

$$\begin{aligned}\sum F'_x = 0 &= T - \frac{3}{5}(500 \text{ N}) - F \\ &= 200 \text{ N} - \frac{3}{5}(500 \text{ N}) - F \\ F &= -100 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F'_y = 0 &= N - \frac{4}{5}(500 \text{ N}) \\ N &= 400 \text{ N}\end{aligned}$$

A força de atrito máxima é dada por,

$$\begin{aligned}F_{\max} &= \mu_s N \\ &= 0.3(400 \text{ N}) = 120 \text{ N}\end{aligned}$$

Como F_{\max} é maior do que F , o sistema está em equilíbrio.

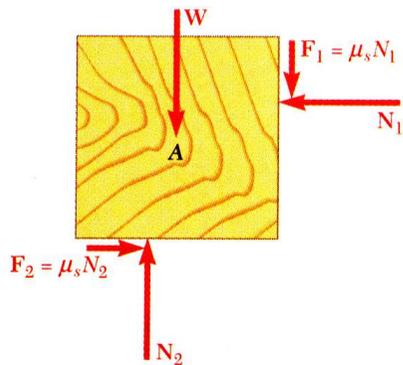
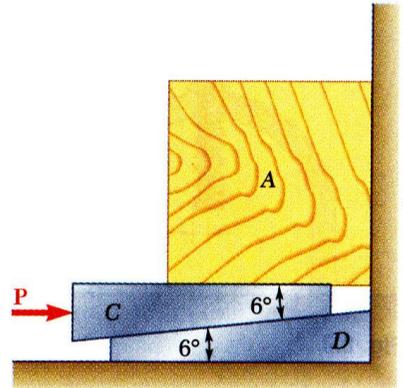
b) Quando o fio é cortado $T=0$.

$$\begin{aligned}\sum F'_x = 0 &= T - \frac{3}{5}(500 \text{ N}) - F \\ &= 0 \text{ N} - \frac{3}{5}(500 \text{ N}) - F \\ F &= -300 \text{ N}\end{aligned}$$

Como $F > 120 \text{ N}$, o bloco descerá a rampa.

// Cunhas

- As cunhas são utilizadas para facilitar a elevação de cargas elevadas, exercendo em geral, forças inferiores ao peso da carga.
- Manter corpos em equilíbrio, quando apoiados em superfícies inclinadas.



- Equilíbrio do bloco

$$\sum F_x = 0 :$$

$$-N_1 + \mu_s N_2 = 0$$

$$\sum F_y = 0 :$$

$$-W - \mu_s N_1 + N_2 = 0$$

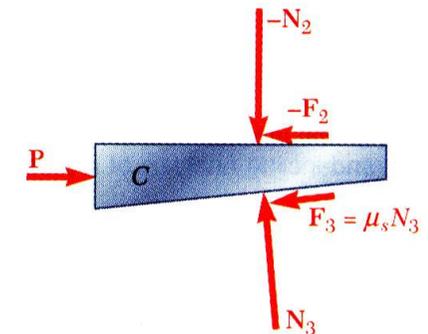
- Equilíbrio da cunha

$$\sum F_x = 0 :$$

$$-\mu_s N_2 - N_3 (\mu_s \cos 6^\circ - \sin 6^\circ) + P = 0$$

$$\sum F_y = 0 :$$

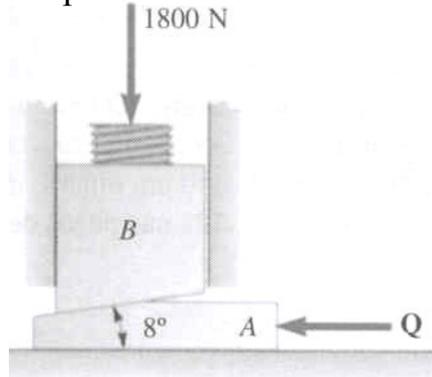
$$-N_2 + N_3 (\cos 6^\circ - \mu_s \sin 6^\circ) = 0$$



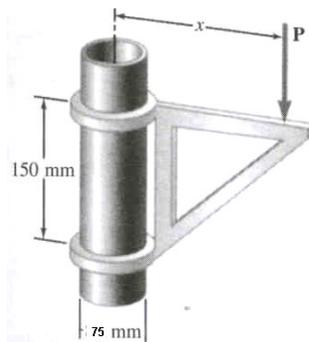
// Exercícios

5.1- A posição do bloco B de uma máquina é ajustada movendo-se a cunha A. O coeficiente de atrito estático entre todas as superfícies em contacto é de 0.35, determine a força Q necessária para

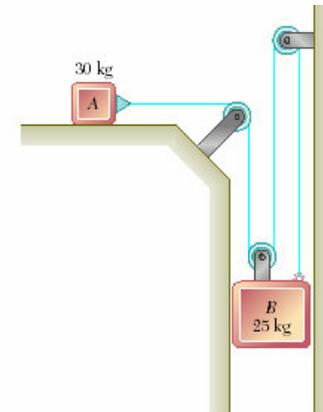
- e elevar o bloco.
- baixar o bloco



5.2- O suporte móvel apresentado pode ser colocado a qualquer altura do tubo de 75 mm de diâmetro. Se o coeficiente de atrito estático entre o tubo e o suporte for de 0.25, determine a distância mínima X para a qual a carga P pode ser suportada. Despreze o peso próprio do suporte.



5.3- Os dois blocos da figura estão inicialmente em repouso. Desprezando a massa das roldanas e o atrito nos seus eixos, e admitindo que os coeficientes de atrito entre o bloco A e a superfície horizontal são $\mu_e = 0.25$ $\mu_c = 0.20$. Verifique se existe movimento do sistema.



5.4- O bloco A de 12 Kg e o bloco B de 6Kg estão ligados por um cabo que passa pela roldana C. Sabendo que o coeficiente de atrito estático entre todas as superfícies em contacto é de 0.12, determine o valor da força P que garante o equilíbrio do sistema.

