

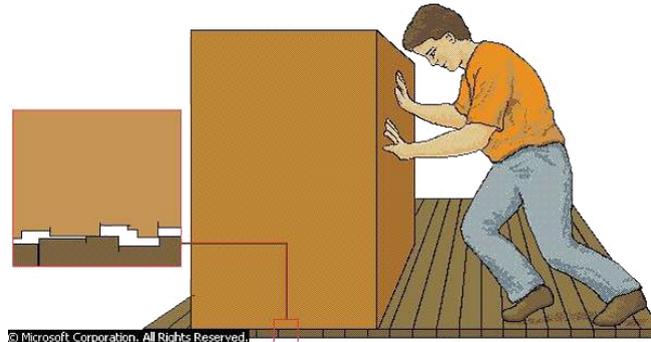
# FZEB0171 – Física Geral e Experimental I

## Aula 10

Eliria M. J. Agnolon Pallone  
eliria@usp.br

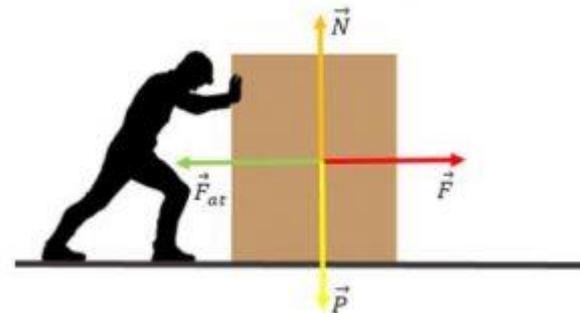
# Dinâmica de partículas – forças especiais

## Forças de Atrito ( $F_{at}$ )



Sempre que quaisquer dois corpos estão em contato, existe uma resistência ao movimento relativo entre os dois corpos. A perda observada de velocidade (de quantidade de momento) – indica que uma força se opõe ao movimento - força essa chamada de **atrito** de escorregamento.

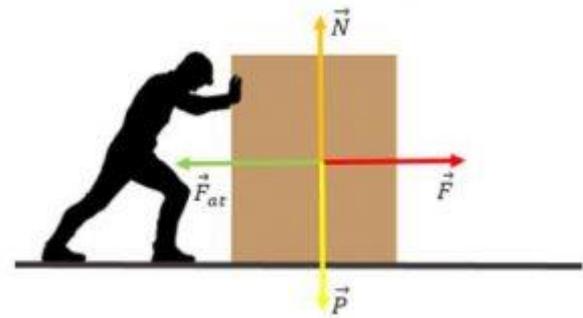
Ela é devida à interação das moléculas superficiais dos dois corpos em contacto (denominada de *coesão* ou *adesão*, dependendo dos corpos serem constituídos ou não pelo mesmo material). O atrito é um fenómeno bastante complexo e depende de muitos fatores, tais como; a condição e natureza das superfícies, a velocidade relativa, etc.



A força de atrito  $F_{at}$  é, para a maioria dos casos, proporcional à força normal ( $N$ ) de contato entre os corpos. A constante de proporcionalidade é o chamado de coeficiente de atrito ( $\mu$ ), um número adimensional, (que se pode exprimir também em percentagem). O seu valor máximo é

$$F_a = \mu N$$

A força de atrito de deslizamento opõe-se sempre ao movimento do corpo, tendo assim uma direção igual mas sentido oposto à velocidade do corpo.



Verificamos ainda experimentalmente a existência de dois tipos diferentes de coeficientes de atrito;

- **estático** ( $\mu_e$ ), quando multiplicado pela força normal, dá a força mínima necessária para iniciar o movimento relativo entre os dois corpos, inicialmente em contato e em repouso relativo.

- **cinético** ( $\mu_c$ ), quando multiplicado pela força normal, dá a força necessária para manter os dois corpos em movimento relativo uniforme.

### Valores médios de coeficientes de atrito para diversos materiais

| Materiais                            | $\mu_e$ | $\mu_c$ |
|--------------------------------------|---------|---------|
| Aço duro / Aço duro                  | 0,78    | 0,42    |
| Aço doce / Aço doce                  | 0,74    | 0,57    |
| Chumbo / Aço doce                    | 0,95    | 0,95    |
| Cobre / Aço doce                     | 0,53    | 0,36    |
| Níquel / Níquel                      | 1,10    | 0,53    |
| Teflon / Teflon                      | 0,04    | 0,04    |
| Teflon / Aço                         | 0,04    | 0,04    |
| Borracha / Betão molhado             | 0,30    | 0,25    |
| Borracha / Betão seco                | 1,0     | 0,8     |
| Madeira / Madeira                    | 0,5     | 0,4     |
| Gelo / Gelo                          | 0,1     | 0,03    |
| Prancha de <i>ski</i> / Neve molhada | 0,14    | 0,1     |
| Juntas humanas                       | 0,01    | 0,003   |

Um corpo de massa igual a 0,8 kg é colocado sobre um plano inclinado de  $30^\circ$  com a horizontal. Que forças devem ser aplicadas no corpo para que ele se movimente:

**a)** para cima,

**b)** para baixo.

Suponhamos em ambos os casos o corpo a mover-se uniformemente e com aceleração de  $0,10 \text{ m/s}^2$ . O coeficiente de atrito cinético é de 0,30.

Dois blocos de massas  $m_1=1,65\text{kg}$  e  $m_2=3,30\text{kg}$  , deslizam para baixo sobre um plano inclinado, conectadas por um bastão de massa desprezível com  $m_1$  seguindo  $m_2$  . O ângulo de inclinação é  $\theta=30^\circ$ . O coeficiente de atrito entre  $m_1$  e o plano é  $\mu_1 = 0,226$  e entre  $m_2$  e o plano é  $\mu_2 = 0,113$  . Calcule:

- (a) A aceleração conjunta das duas massas.
- (b) A tensão no bastão

