

SISTEMA DE FORÇAS

As **forças** traduzem **interacções** entre corpos.

- Embora as **forças** não se vejam (não têm forma, cor...) aceitamos a sua **existência** quando presenciarmos os seus **efeitos**.
- As forças podem:
 - o **Deformar** um corpo.
 - o **Alterar** o seu movimento.
- As **forças** são grandezas **vectoriais**.

NOTA: Grandezas vectoriais – representam-se por vectores.

Grandezas escalares – representam-se por escalas (conjuntos de valores).

Força é toda a **acção** capaz de **modificar** o estado de **movimento** de um corpo ou de lhe causar **deformação**.

- Os elementos que caracterizam uma força, \vec{F} , são:
 - o **Direcção** – recta segundo a qual a força actua (ex: direcção **horizontal**); essa recta designa-se por **linha de acção da força**.
 - o **Sentido** – indica a orientação da força numa dada direcção; em cada direcção temos dois sentidos (ex: **da esquerda para a direita**).
 - o **Intensidade** – o valor da força acompanhado da respectiva unidade (ex: **35 N**).
 - o **Ponto de aplicação** – ponto onde a força actua.
- A unidade SI da **força** é o **newton, N**.
- Os aparelhos que medem a **intensidade** das forças são os **dinamómetros**.



Quando **várias forças** actuam sobre um corpo, dizemos que o corpo está sujeito a um **sistema de forças**.

- O **efeito** do **sistema de forças** no corpo é equivalente ao de uma só força, \vec{R} , a **força resultante**.

DETERMINAÇÃO DA FORÇA RESULTANTE

A **força resultante** é determinada pela **adição vectorial** das **forças** que actuam sobre o corpo.

FORÇAS COM A MESMA LINHA DE ACÇÃO E O MESMO SENTIDO

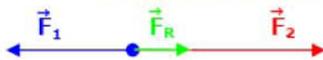


$$F_R = F_1 + F_2$$

- Os elementos que caracterizam uma força resultante, F_R , são:
 - o **Direcção** – A **mesma** direcção das forças componentes, F_1 e F_2 .
 - o **Sentido** – O **mesmo** das forças componentes.
 - o **Intensidade** – Igual à **soma** das intensidades das forças componentes.
 - o **Ponto de aplicação** – o **mesmo** das forças componentes.

Ex: Se $F_1 = 30$ N e $F_2 = 40$ N então $F_R = 30 + 40 = 70$ N

FORÇAS COM A MESMA LINHA DE ACÇÃO E SENTIDOS OPOSTOS

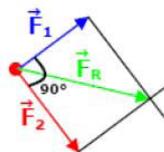


$$F_R = F_2 - F_1 \quad \text{sendo } F_2 > F_1$$

- Os elementos que caracterizam uma força resultante, F_R , são:
 - o **Direcção** – A **mesma** direcção das forças componentes, F_1 e F_2 .
 - o **Sentido** – O da componente com **maior intensidade**; neste caso é o de F_2 .
 - o **Intensidade** – Igual à **diferença** das intensidades das forças componentes.
 - o **Ponto de aplicação** – O **mesmo** das forças componentes.

Ex: Se $F_1 = 30$ N e $F_2 = 40$ N então $F_R = 40 - 30 = 10$ N

FORÇAS COM O MESMO PONTO DE APLICAÇÃO E DIRECÇÕES DIFERENTES



$$F_R^2 = F_2^2 + F_1^2$$

(Hipotenusa)² = (cateto 1)² + (cateto 2)²

- Os elementos que caracterizam uma força resultante, F_R , são:
 - o **Direcção e sentido** – Determinados **graficamente** pela regra do paralelogramo.
 - o **Intensidade** – Determinada pelo **Teorema de Pitágoras**, quando F_1 e F_1 fazem entre si um ângulo de 90° .
 - o **Ponto de aplicação** – o **mesmo** das forças componentes.

LEI DA INÉRCIA ou 1ª LEI DE NEWTON

Lei da inércia – Se a **resultante das forças** que actuam sobre um corpo for **nula**, o corpo ou está em **repouso** ou em **movimento rectilíneo uniforme** (velocidade constante).

A **inércia** é, em física, a “**resistência**” que todos os corpos apresentam à **alteração** do seu estado de **repouso** ou de **movimento**.

Exemplos de situações que se devem à inércia:

- Quando um **autocarro arranca bruscamente**, os **passageiros** são **atirados para trás**, por terem tendência a permanecer em repouso.
- Quando um **autocarro trava bruscamente**, os **passageiros** são **atirados para a frente**, por terem tendência a continuar o seu movimento.

A **massa** de um corpo é uma **medida da sua inércia**. Quanto **maior** for a **massa** de um corpo, **maior** será a sua **inércia**.

LEI FUNDAMENTAL DA DINÂMICA ou 2ª LEI DE NEWTON

Lei Fundamental da Dinâmica – Uma **força constante** aplicada a um corpo provoca neste uma **aceleração constante** com a **direcção e o sentido da força**.

Resultante das forças que actuam no corpo (N)

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

Massa do corpo (kg)

Aceleração do corpo (m/s^2)

- **Força** com a **direcção** e o **sentido** do **movimento**:



- **Força** com a mesma **direcção** e o **sentido oposto** ao **movimento**:



NOTA: Quando um corpo se move com **movimento retilíneo uniforme** a sua **velocidade é constante**, então:

$$v_f = v_i$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{\Delta t} = 0$$

$$F = m \times a = m \times 0 = 0$$

v_f – velocidade final

v_i – velocidade inicial

Assim, quando a **velocidade é constante**, a **aceleração** (que mede a variação da velocidade num intervalo de tempo) é **zero** e a **resultante** das forças aplicadas ao corpo também é **zero**. Esta conclusão está de acordo com a **Lei da Inércia**.

Repara!

- Quanto **maior** é a **intensidade** da **força** aplicada a um corpo, **maior** é a sua **aceleração**.

Para corpos de **igual massa**: $F > F_1 \Rightarrow a > a_1$



- Quanto **maior** é a **massa** de um corpo, para uma **mesma força** aplicada, **menor** é a **aceleração**.

Para a mesma força aplicada: $m > m_1 \Rightarrow a < a_1$



ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

A **força gravítica** é a força responsável pelo **peso (P)** dos corpos. Assim, num corpo de **massa m** está aplicada uma força que é o seu **peso**. O **peso** provoca uma **aceleração** (aceleração da gravidade (**g**)) no corpo.

- Relação entre a **força**, a **massa** e a **aceleração**: $F = m a$
- Relação entre o **peso**, a **massa** e a **aceleração da gravidade**: $P = m g$

A **aceleração da gravidade** é, em cada local, **independente** do valor da **massa** do corpo.

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$ à latitude de Portugal e ao nível do mar

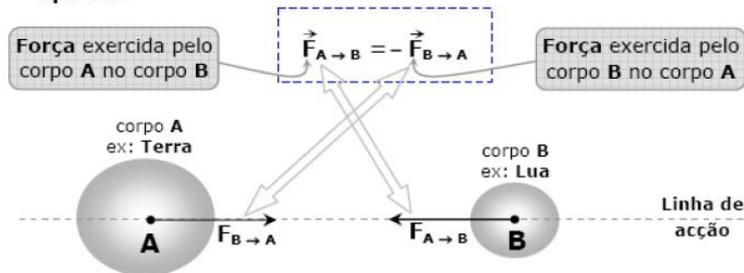
- Na **ausência de ar** e no **mesmo lugar** todos os corpos **cairiam** para a terra **ao mesmo tempo**, pois estariam sujeitos à **mesma aceleração gravítica** (Δv durante a queda).

$$g = \frac{P}{m} = \frac{2xP}{2xm} = \frac{4xP}{4xm} = \dots$$

- Se **g é constante** então: $m_1 > m_2 \Rightarrow P_1 > P_2$ (se o corpo A tem o dobro da massa do corpo B então também tem o dobro do peso)

LEI DA ACCÇÃO-REACÇÃO ou 3ª LEI DE NEWTON

Lei da accção-reacção – Quando um corpo **A** exerce uma **força** sobre um corpo **B**, este exerce em **A** uma **força** com a **mesma** linha de acção, a **mesma** intensidade e sentido **oposto**.



Estas duas forças ($F_{B \rightarrow A}$ e $F_{A \rightarrow B}$) constituem um **par acção-reacção** e têm:

- A **mesma** intensidade (vector com o mesmo comprimento);
- A **mesma** linha de acção (mesma direcção);
- Sentidos **opostos**;
- Estão aplicadas em **corpos diferentes**.

FORÇA DE ATRITO

O **atrito** é uma **força** que se **opõe ao movimento** de um corpo, devido à interacção deste com a superfície de suporte.

- As **forças de atrito** são forças de **contacto** que se **opõem** ao movimento.

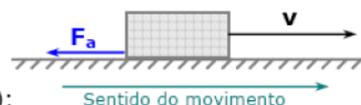
A força de atrito **depende**:

- das características das **superfícies em contacto**.
 - Materiais mais **rugosos** provocam **mais atrito**.
 - Quanto mais **polidas** forem as **superfícies**, **menor** será a força de **atrito** entre elas.
- Do **peso** do corpo.
 - Quanto **maior** for o **peso** do corpo, **maior** será a força de **atrito**.

NOTA: O atrito **não depende** da **área** da superfície de contacto.

A força de atrito (F_a) **tem**:

- **uma direcção:** a do movimento/ velocidade (v);
- **um sentido:** contrário ao do movimento/ velocidade (v);
- **uma intensidade:** que depende do **peso** do corpo e das características das **superfícies** em contacto;
- **um ponto de aplicação:** situado na superfície de contacto do corpo com o solo ou com qualquer outro corpo.



ATRITO ESTÁTICO e ATRITO CINÉTICO

Atrito estático – Força de atrito entre **dois corpos parados** (*estático* significa *parado*).

Atrito cinético – força de atrito que actua no **corpo** quando este **se move** (*cinético* significa *em movimento*)

– O **atrito cinético** divide-se em:

- **Atrito cinético de escorregamento** – força de atrito que actua num corpo que **desliza** (ex: quando se empurra um caixote e este desliza no solo).
- **Atrito cinético de rolamento** – força de atrito que actua num corpo que **rola** (ex: quando colocamos o caixote sobre rodas).

NOTA: O **atrito estático** é **maior** que o **atrito cinético** e o atrito cinético de **escorregamento** é **maior** que o atrito cinético de **rolamento**.

Atrito estático > **Atrito cinético de escorregamento** > **Atrito cinético de rolamento**
maior maior

– **Vantagens** do atrito:

- para caminharmos sem escorregar tem de haver atrito entre o chão e os sapatos;
- Sem atrito qualquer carro “não saía do mesmo sítio”.

– **Inconvenientes** do atrito:

- No interior do motor o atrito provoca o desgaste das peças. Para **diminuir** o atrito utilizam-se **lubrificantes**;
- O atrito do ar opõe-se ao movimento dos corpos (ex: carros, etc). Para diminuir o atrito utilizam-se formas aerodinâmicas (ex: formas em cunha para “cortar o ar”).

RESISTÊNCIA DO AR – uma força de atrito importante

Resistência do ar – Força que se **opõe ao movimento** dos corpos no ar e que **depende** da **forma** desses corpos e da sua **velocidade**.

NOTA: Se a **resistência do ar** fosse **desprezável**, todos os corpos, largados no mesmo sítio, levariam **o mesmo tempo** a chegar ao solo.

A **resistência do ar** é muito importante pois **permite**, por exemplo, o **voo dos aviões** (a resistência do ar dá origem à força que sustenta os aviões) ou a **descida em pára-quedas** (o pára-quedas aumenta a resistência do ar, por possuir uma superfície enorme, fazendo com que o pára-quedista desça com menor velocidade).