

B-0 Forças e Vetores

Após a caracterização dos movimentos, poderemos questionar quais as causas que provocam a alteração do estado de repouso ou de movimento de um corpo.

Quando queremos explicar por que razão um corpo tem um certo tipo de movimento e não outro qualquer, bem como saber o que fazer para alterar o seu movimento, é necessário recorrer à análise das forças que nele atuam.

Ao longo desta unidade analisam-se estas causas e as leis que regem o movimento dos corpos.

1 Noção de Força

Na vida real são muitas as situações em que se aplicam forças.

Uma **força** resulta de uma interação entre dois corpos.

Esta interação pode ser de **contacto** ou à **distância**.

Apesar de não vermos as **forças**, todos nós aceitamos a sua existência quando observamos os **seus efeitos**.



Figura 18 - Quando o jogador dá um pontapé na bola há uma interação entre o pé e a bola. Esta interação é de contato.

Quais os efeitos que uma força pode provocar?

Durante uma colisão rodoviária, a velocidade do veículo é muito importante nas consequências dos estragos provocados. No embate, a força provoca alterações na velocidade do veículo e causa-lhe deformação.

Se queremos atirar uma bola ao ar temos que lhe aplicar uma força. Do mesmo modo, se alguém a quer deter tem que lhe aplicar uma força.

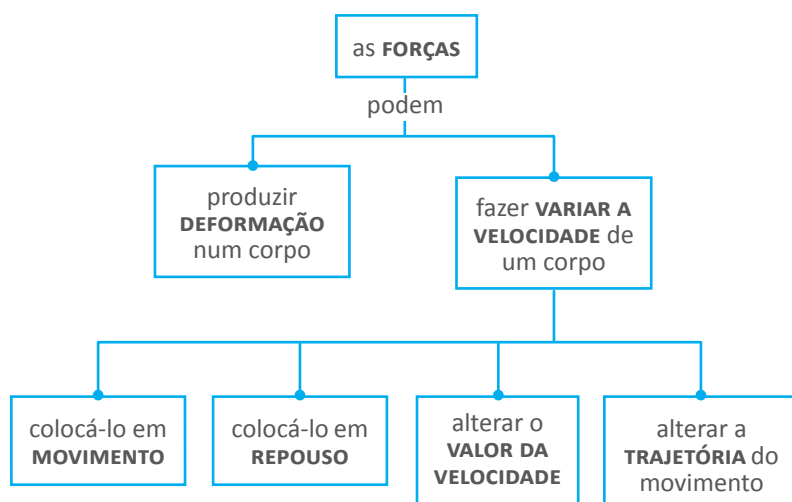
Também são as forças que explicam o movimento da Lua à volta da Terra ou o movimento de um veleiro na água.

De um modo geral, uma força pode fazer variar a velocidade de um corpo ou pode produzir-lhe deformação.



Figura 19 - As forças podem modificar o estado de repouso de um corpo.

Efeitos das forças



A saber:

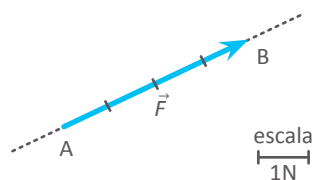
Uma força pode fazer variar a velocidade de um corpo ou pode produzir-lhe deformação.

2 Representação de Forças

A **força**, tal como a velocidade e a aceleração, é uma grandeza física vetorial. Para caracterizar uma força é necessário indicar o **ponto de aplicação**, a **direção**, o **sentido** e a **intensidade**.

Representa-se, por isso, por um vetor.

- ponto de aplicação: A
- direção: reta AB
- sentido: de A para B
- intensidade: $F = 4 \text{ N}$



A saber:

Força é uma grandeza vetorial.

No Sistema Internacional, a força mede-se em newton, cujo símbolo é N.



Figura 20 - Dinamómetro.



Figura 21 - Dinamómetro.

3 Caracterização da Força Resultante

No nosso dia a dia, dificilmente qualquer corpo está sujeito apenas a uma força. Quando várias forças atuam sobre um corpo, cada uma delas exerce um efeito. O resultado desses efeitos é igual ao de uma única força: a **força resultante**.

Esta **força resultante**, \vec{F}_R , é o conjunto das forças que atuam no mesmo corpo e corresponde à **soma de todas as forças** que atuam sobre o corpo.

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$$

Como determinar a resultante de várias forças? Como se somam as forças?

As forças representam-se por vetores e **para determinar a resultante de um sistema de forças** recorre-se às **regras do cálculo vetorial**, da soma e subtração de vetores.

3.1 Resultante de forças com a mesma direção e o mesmo sentido

Na situação da figura 22 atuam sobre o corpo **duas forças**, \vec{F}_1 e \vec{F}_2 com a **mesma direção** e o **mesmo sentido**.

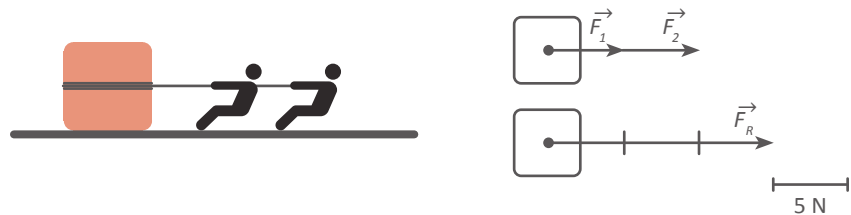


Figura 22 - Resultante de forças com a mesma direção e o mesmo sentido.

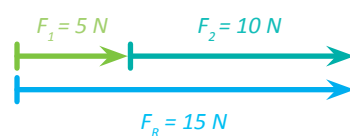
Neste caso, a resultante \vec{F}_R é uma força que tem:

- **Direção:** a mesma das forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 ;
- **Sentido:** o mesmo das forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 ;
- **Intensidade:** igual à soma das intensidades das forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 : $\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

A saber:

Quando duas forças com a mesma direção e o mesmo sentido atuam num corpo, a força resultante, tem direção e sentido iguais aos das duas forças e intensidade igual à soma das intensidades das duas forças.

Soma das Forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2



\vec{F}_R

Direção - horizontal
Sentido - da esquerda para a direita
Intensidade - $F_R = F_1 + F_2$
 $F_R = 5 + 10$
 $F_R = 15 \text{ N}$

A força \vec{F}_R de intensidade 15 N é equivalente ao conjunto das forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 de intensidades 5 N e 10 N respetivamente.

3.2 Resultante de forças com a mesma direção mas sentidos opostos

Na situação da figura 23 atuam sobre o corpo duas forças, F_3 e F_4 com a mesma direção, mas sentidos opostos.

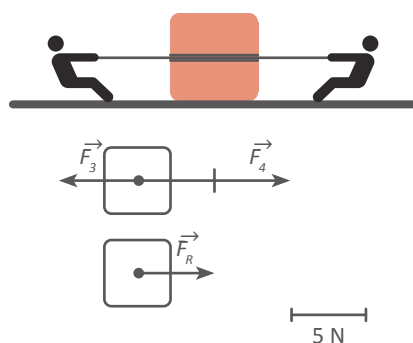


Figura 23 - Resultante de forças com a mesma direção mas sentidos opostos.

Neste caso, a resultante \vec{F}_R é uma força que tem:

- **Direção:** a mesma das forças \vec{F}_3 e \vec{F}_4 ;
- **Sentido:** o da força de maior intensidade;
- **Intensidade:** igual à diferença entre as intensidades: $F_R = F_4 - F_3$ ou $F_R = F_3 - F_4$.

Soma das Forças \vec{F}_3 e \vec{F}_4



\vec{F}_R

Direção: horizontal

Sentido: da esquerda para a direita

Intensidade: $F_R = F_4 - F_3$

$$F_R = 10 - 5$$

$$F_R = 5 \text{ N}$$

A força \vec{F}_R de intensidade 5 N é equivalente ao conjunto das forças \vec{F}_3 e \vec{F}_4 de intensidades 5 N e 10 N respetivamente.

A saber:

Quando duas forças com a mesma direção e sentidos opostos atuam num corpo, a força resultante, tem direção igual à das duas forças, sentido igual ao da força com maior intensidade e intensidade igual à diferença das intensidades das duas forças.

3.3 Resultante de forças com direções perpendiculares

Na situação da figura 24 atuam sobre o corpo duas forças, \vec{F}_5 e \vec{F}_6 , que fazem entre si um ângulo de 90° , isto é, têm direções perpendiculares entre si.

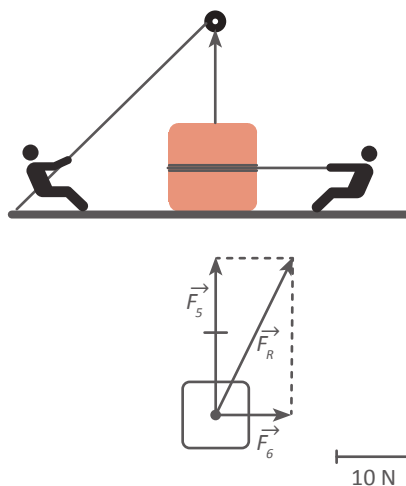


Figura 24 - Resultante de forças com direções perpendiculares.

Neste caso, a resultante \vec{F}_R é uma força que tem:

- **Direção:** da diagonal do paralelogramo cujos lados são as forças \vec{F}_5 e \vec{F}_6 ;
- **Sentido:** de acordo com as forças originais;
- **Intensidade:** calculada através do Teorema de Pitágoras: $F_R = \sqrt{F_5^2 + F_6^2}$

Soma das Forças \vec{F}_5 e \vec{F}_6

Cálculo de \vec{F}_R

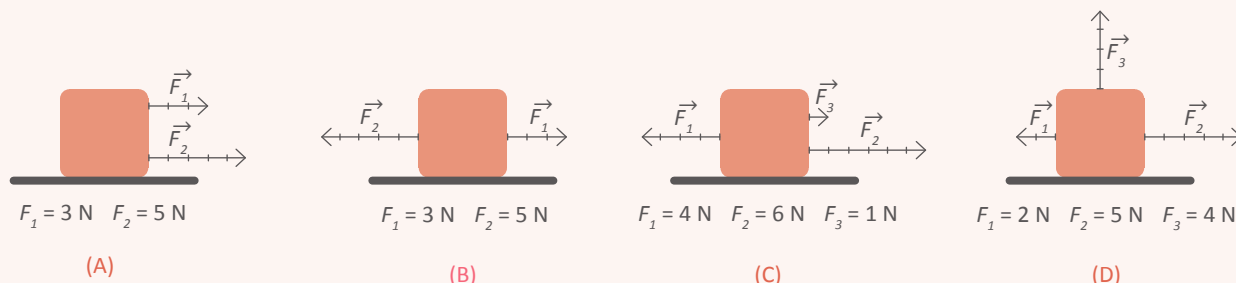
$$F_R^2 = F_5^2 + F_6^2$$
$$F_R^2 = 20^2 + 10^2$$
$$F_R = \sqrt{500}$$
$$F_R = 22 \text{ N}$$

A saber:

Quando duas forças com direções perpendiculares entre si atuam num corpo, a força resultante, tem direção e sentido determinados geometricamente e intensidade calculada pelo Teorema de Pitágoras.

Questão resolvida

Observe a figura e caracterize a força resultante nos quatro casos representados.



Resolução:

A. As duas forças têm a mesma direção e o mesmo sentido, pelo que a resultante das forças, $\vec{F}_{R,A}$ tem a mesma direção e o mesmo sentido das componentes e intensidade igual a:

$$F_{R,A} = F_1 + F_2$$
$$F_{R,A} = 3 + 5 = 8\text{ N}$$

B. As duas forças têm a mesma direção e sentidos opostos, pelo que a resultante das forças, $\vec{F}_{R,B}$ tem a mesma direção das componentes e sentido de \vec{F}_2 (da direita para a esquerda) e intensidade igual a:

$$F_{R,B} = F_2 - F_1$$
$$F_{R,B} = 5 - 3 = 2\text{ N}$$

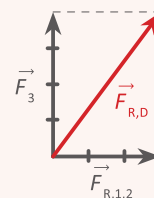
C. As três forças têm a mesma direção: duas delas, a força 2 e a força 3 têm o mesmo sentido e a força 1 tem sentido oposto, pelo que a resultante das forças, $\vec{F}_{R,C}$ tem a mesma direção das forças, sentido de \vec{F}_2 e \vec{F}_3 e intensidade igual a:

$$F_{R,C} = F_2 + F_3 - F_1$$
$$F_{R,C} = 6 + 1 - 4 = 3\text{ N}$$

D. Das três forças, duas, a força 1 e a força 2, têm a mesma direção e sentidos opostos e a força 3 é perpendicular às outras duas.

A resultante das forças 1 e 2, tem a mesma direção das componentes e o sentido da força 2. A sua intensidade é: $F_{R,1,2} = F_2 - F_1 = 5 - 2 = 3\text{ N}$.

A direção e o sentido da força resultante $\vec{F}_{R,D}$ obtém-se pela regra do paralelogramo:



E a sua intensidade obtém-se pelo Teorema de Pitágoras: $(F_{R,D})^2 = 4^2 + 3^2$

$$F_{R,D} = 5\text{ N}$$

Atividade Prática de Sala de Aula

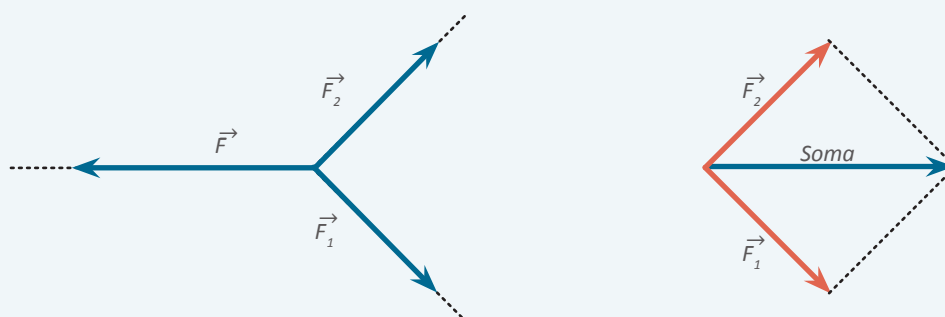
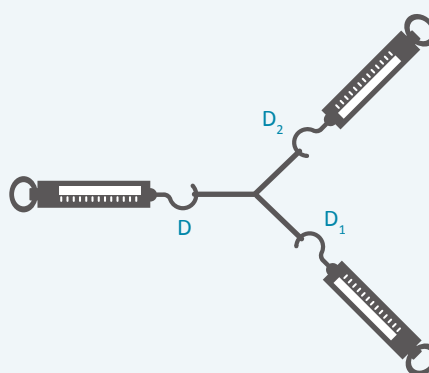
APSA B-0.1: A resultante das forças

Questão-problema: Como determinar experimentalmente a resultante de duas forças com direções diferentes?

Objetivo: Medição de intensidades de forças com dinamômetros. Pretende-se que os estudantes determinem a resultante de duas forças com direções diferentes, através da montagem de três dinamômetros acoplados na direção das forças.

Procedimento:

1. Efetue a montagem esquematizada na figura, em cima de uma placa de madeira forrada a papel branco e adaptando os três dinamômetros com a ajuda de um cordel.
2. Exerça uma força em cada um dos dinamômetros D_1 e D_2 e D .
3. Faça uma tabela onde registre a intensidade das forças em cada dinamômetro.
4. Represente vetorialmente as forças exercidas nos três dinamômetros, respeitando as direções e usando uma escala adequada.
5. Efetue a soma vetorial e compare com o valor obtido no dinamômetro D .



Atividade Prático-Laboratorial

APL B-0.1: Construção de um dinamômetro rudimentar

Questão-problema: Como construir um aparelho rudimentar para medir intensidades de forças?

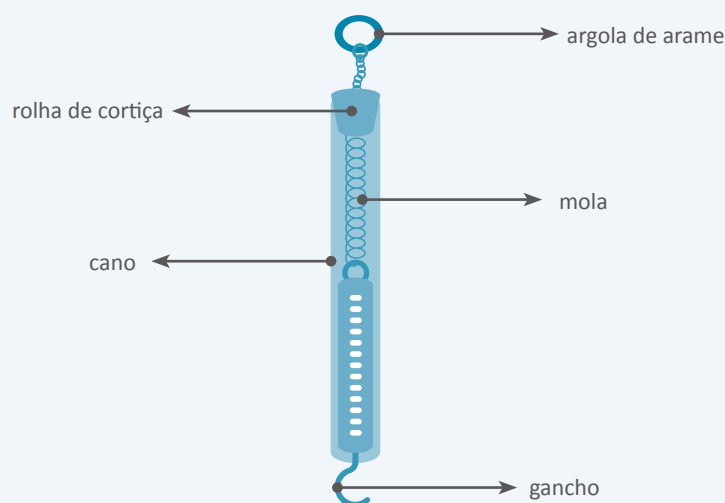
Objetivo: Construção e calibração de um dinamômetro que permita pesar pequenos objetos.

Questões pré-laboratoriais:

1. Qual o efeito de aplicar uma força numa mola elástica?
2. Existirá alguma relação entre a deformação da mola e a força que lhe é aplicada?

Material:

- Rolha de cortiça
- Cano
- Arame
- Mola
- Papel quadriculado
- Gancho ou Parafuso



Procedimento:

1. Prenda a mola na rolha.
2. Introduza o conjunto no cano.
3. Numa das extremidades coloque um gancho e na outra uma argola feita com arame.
4. calibre o dinamômetro:
 - pendure o dinamômetro na parede e ao lado coloque o papel quadriculado. Marque zero (0 N) no papel junto à extremidade inferior da mola.
 - suspenda na mola pequenos corpos de peso já determinado anteriormente, por exemplo moedas ou pacotinhos de açúcar. Vá colocando cada vez mais um objeto e construindo a escala no papel.
5. Cole a escala na frente do dinamômetro.

Questões pós-laboratoriais:

1. Qual a menor divisão da escala?
2. Indique o nome de outro instrumento que use o princípio de funcionamento do dinamômetro.

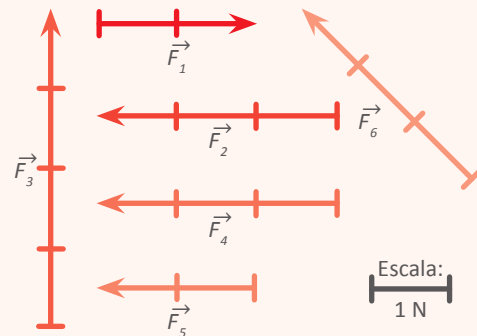
Resumo

- Uma força traduz uma interação que se estabelece entre dois corpos.
- A força é uma grandeza vetorial e a sua intensidade, no Sistema Internacional (SI), mede-se em newton (N).
- Num corpo pode atuar mais do que uma força e o seu efeito equivale ao que é produzido por uma única força, denominada força resultante.
- A direção, o sentido e a intensidade da força resultante dependem das componentes do sistema de forças.

Questões para resolver

1. Observe a figura, onde estão representadas algumas forças. Indique:

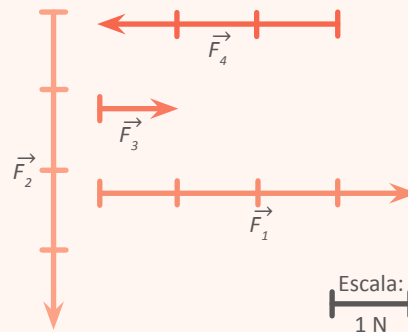
- 1.1. Todas as forças com a mesma intensidade.
- 1.2. Duas forças com a mesma direção.
- 1.3. Uma força cujo módulo seja o dobro do módulo de \vec{F}_5 .
- 1.4. Duas forças que tenham a mesma direção e sentidos opostos.



2. Um corpo de massa 10 kg, em repouso numa superfície plana e horizontal, é atuado por uma força constante de intensidade 60 N, paralela ao plano horizontal. Durante o movimento surge uma força de atrito de intensidade 10 N.

- 2.1. Caracterize a força resultante à qual o corpo está sujeito.
- 2.2. Determine o valor da aceleração com que o corpo se desloca.
- 2.3. Calcule o valor da velocidade do corpo ao fim de 5,0 segundos de movimento?

3. Considere os vetores força representados na figura.



Selecione, entre as hipóteses seguintes, qual a intensidade da resultante dos seguintes pares de forças, quando atuam simultaneamente num corpo:

3.1. \vec{F}_1 e \vec{F}_3

- A) 2 N B) 3 N C) 5 N D) 16 N

3.2. \vec{F}_4 e \vec{F}_2

- A) 5 N B) 25 N C) 7 N D) 49 N

3.3. \vec{F}_3 e \vec{F}_4

- A) 5 N B) 2 N C) 4 N D) 25 N