CAPÍTULO 1

Grandezas, Unidades e Dimensões

1.1. Medidas

Uma **grandeza física** é uma propriedade de um corpo, ou particularidade de um fenómeno, **susceptível de ser medida**, i.e. à qual se pode atribuir um valor numérico.

A **medição de uma grandeza** pode ser efectuada por **comparação directa** com um padrão ou com um aparelho de medida (**medição directa**), ou ser calculada, através de uma expressão conhecida, à custa das medições de outras grandezas (**medição indirecta**). Contudo mesmo este último caso engloba medidas directas, pelo que é importante ter alguns conhecimentos básicos sobre este tipo de medições.

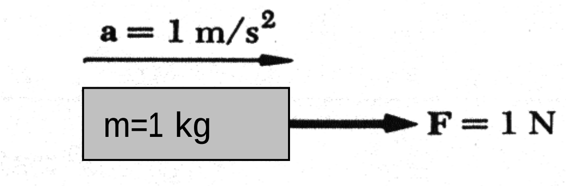
A **medição** de uma grandeza é então a *comparação dessa grandeza com outra da mesma espécie*, um padrão, a que chamamos **unidade** por convenção.

1.2. Grandezas Fundamentais e Sistemas de Unidades

Grandezas fundamentais e grandezas derivadas
Unidades fundamentais e unidades derivadas

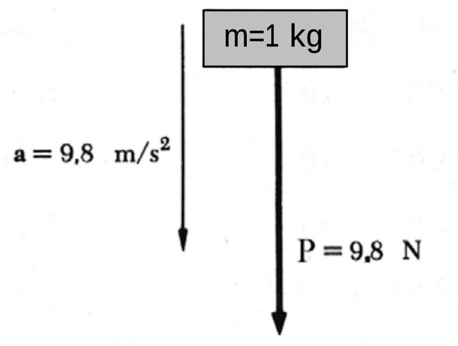
Aos quatro conceitos introduzidos anteriormente estão associadas as **unidades fundamentais** de *comprimento* (m), *tempo* (s) e *massa* (kg), que podem ser definidas arbitrariamente, e a **unidade derivada** de *força* (N).

Chamada newton (N), é definida como *a força que imprime uma aceleração de* $1 m/s^2$ *à massa de* 1 kg.



A partir da equação $F = ma$ escrevemos:

$1\ N = (1\ kg)\ (1\ m/s^2) = 1\ kg.m/s^2$



Como qualquer outra força, o peso de um corpo (ou força gravitacional exercida sobre o corpo) é expresso em newton (N).
Da equação

$$P = mg$$

com $g = 9.8\ m/s^2$ segue-se que o peso de um corpo de massa 1 kg é
$P = (1\ kg)\ (9.8\ m/s^2) = 9.8\ N$

Sistema Internacional de Unidades (SI de unidades)

11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, Paris, 1960

O objectivo de um Sistema de Unidades é escolher um número mínimo de grandezas (**grandezas fundamentais**) à custa das quais se podem exprimir todas as outras grandezas (**grandezas derivadas**) e definir as suas unidades.
As unidades do Sistema Internacional de Unidades (SI de unidades) formam um **sistema absoluto de unidades**, o que significa que as <u>três unidades básicas</u> escolhidas são <u>independentes do local</u> onde as medições são efectuadas. O metro, o quilograma e o segundo podem ser utilizados em qualquer parte da Terra; podem mesmo ser utilizados noutro planeta. Terão sempre o mesmo significado.

Os <u>múltiplos</u> e <u>submúltiplos</u> das unidades do SI podem ser obtidos através do uso de prefixos (Tabela 1.1), evitando-se assim escrever números muito grandes ou muito pequenos (*e.g.* 424,2 km em vez de 424 200 m). Pode obter-se o mesmo resultado usando a <u>notação científica</u>: $424{,}2\ km = 424{,}2 \times 10^3\ m$.

Os múltiplos da unidade de tempo são o *minuto* (min), a *hora* (h), etc... Como 1 min = 60 s e 1 h = 60 min = 3 600 s, esses múltiplos não são tão facilmente convertidos.

Tabela 1.1 Prefixos SI

Factor de multiplicação	Prefixo	Símbolo
1 000 000 000 000 = 10^{12}	tera	T
1 000 000 000 = 10^{9}	giga	G
1 000 000 = 10^{6}	mega	M
1 000 = 10^{3}	quilo	k
100 = 10^{2}	hecto	h
10 = 10^{1}	deca	da
0,1 = 10^{-1}	deci	d
0,01 = 10^{-2}	centi	c
0,001 = 10^{-3}	mili	m
0,000 001 = 10^{-6}	micro	µ
0,000 000 001 = 10^{-9}	nano	n
0,000 000 000 001 = 10^{-12}	pico	p
0,000 000 000 000 001 = 10^{-15}	femto	f
0,000 000 000 000 000 001 = 10^{-18}	atto	a

Unidades de Área e de Volume (unidades derivadas)

A unidade de área é o metro quadrado (m^2), que representa a área de um quadrado de 1 m de lado; a unidade de volume é o metro cúbico (m^3), igual ao volume de um cubo de 1 m de lado. A fim de evitar valores numéricos excessivamente pequenos ou elevados, no cálculo de áreas e de volumes utilizam-se sistemas de unidades secundárias, obtidas, respectivamente, quadrando ou elevando ao cubo o milímetro e também os dois submúltiplos intermediários do metro – a saber, o decímetro (dm) e o centímetro (cm).

e.g.

Área: $1\ mm^2 = (1\ mm)^2 = (10^{-3}\ m)^2 = 10^{-6}\ m^2$

Volume $1\ dm^3 = (1\ dm)^3 = (10^{-1}\ m)^3 = 10^{-3}\ m^3$

Note-se a seguinte regra: quando uma **unidade derivada** é obtida dividindo uma unidade base por outra, um prefixo pode ser utilizado no numerador da unidade derivada, porém nunca no seu denominador. Por exemplo, a constante $\boldsymbol{k}$ de uma mola que se distende 20 mm sob a carga de 100 N será expressa como:

$$\boldsymbol{k} = 100 \text{ N/ } 20 \text{ mm} = 100 \text{ N/ } 0.020 \text{ m} = 5\,000 \text{ N/m}$$

ou

$$\boldsymbol{k} = 5 \text{ kN/m}$$

mas nunca como

$$\boldsymbol{k} = 5 \text{ N/mm}$$

1.3. Dimensões e Princípio da Homogeneidade Dimensional

Aos três conceitos fundamentais de *comprimento*, *tempo* e *massa*, está associada a noção de **dimensão**; dimensão de comprimento L, dimensão de tempo T e dimensão de massa M, respectivamente, pois as grandezas fundamentais podem exprimir-se nas respectivas unidades.

As grandezas físicas derivadas obtém-se combinando grandezas com dimensões distintas. Ex: velocidade

$$\mathbf{v = dx/dt} \quad ; \quad [v] = L \ / \ T \quad ; \quad (m.s^{-1})$$

Surge assim uma nova grandeza derivada com uma nova dimensão e uma unidade de medida derivada a partir das unidades de medida fundamentais.

Esta possibilidade de combinar grandezas com dimensões distintas permite que o número de grandezas dimensionais (ao contrário do número de grandezas adimensionais) seja muito elevado. Assim todas as **grandezas dimensionais** podem ser escritas como **combinações lineares** das três **grandezas independentes** ou fundamentais – e analogamente as respectivas unidades.

À expressão de uma **grandeza física** em termos das unidades fundamentais chama-se **equação dimensional**.

Princípio da Homogeneidade Dimensional

Vimos que é sempre possível multiplicar e dividir grandezas dimensionais; mas já o mesmo não se passa quando queremos somar ou subtrair. Só podemos *somar ou subtrair grandezas com as mesmas dimensões e unidades de medida*; é o **Princípio da Homogeneidade Dimensional**.

Análise Dimensional

O Princípio da Homogeneidade Dimensional aliado à existência de grandezas fundamentais permite-nos desenvolver uma forma poderosa de testar a correcção de qualquer equação física do ponto de vista dimensional. Este princípio exige que ambos os membros da equação tenham as mesmas dimensões; no caso de haver somas ou diferenças, todos os termos de cada membro terão de ter também as mesmas dimensões.

e.g. $x = x_0 + vt$

$$[x] = [x_0] + [v]\,[t] = L^1 + L^1T^{-1}T^1 = L$$

A fórmula está correcta do ponto de vista dimensional, portanto temos a garantia que está correcta do ponto de vista físico !

Algumas quantidades são independentes das unidades, i.e., são **grandezas adimensionais**.

e.g., medida de um ângulo θ em radianos,
sendo ℓ o comprimento do arco de raio R

$$\theta = \ell / R \quad \text{(rad)}$$

1.4. Precisão e conversão de unidades

Precisão Numérica

A precisão de um resultado de um problema depende de dois factores:

- a precisão dos dados fornecidos;
- a precisão dos cálculos realizados.

A precisão de um resultado não pode ser superior à do menos preciso destes dois factores.

Algarismos Significativos

Os algarismos significativos reflectem a precisão com que se obteve um valor. Quando se efectua uma medição, atribui-se a cada leitura feita um intervalo de segurança que, em geral, corresponde a *metade da menor divisão da escala do instrumento de medida*.

e.g. medição com régua graduada em mm

$L = 2.10 \pm 0.05$ cm $= 0.0210 \pm 0.0005$ m

(3 algarismos significativos)

Os algarismos que, numa medida, são certos, juntamente com o algarismo lido por estimativa, constituem os **algarismos significativos** de uma leitura. Um resultado deve ser sempre indicado com o número de algarismos significativos correcto, mesmo que o último, lido por estimativa, seja zero.

Regras de arredondamentos

Ao efectuar cálculos ou conversões é fundamental ter em conta que **o número de algarismos significativos** de um resultado **não pode ser alterado** por nem por manipulações matemáticas nem por mudanças de unidades.