

Unidades e análise dimensional

Ricardo Mendes Ribeiro



Universidade do Rio de Janeiro

Sumário

Unidades do SI

Análise dimensional

- A importância de escrever sempre e bem as unidades

- A importância de escrever sempre e bem as unidades
- Unidades base: 7
 - Unidade de comprimento: metro (m)
 - Unidade de massa: kilograma (kg)
 - Unidade de tempo: segundo (s)
 - Unidade de corrente eléctrica: ampere (A)
 - Unidade de temperatura termodinâmica: kelvin (K)
 - Unidade de quantidade de substância: mole (mol)
 - Unidade de intensidade luminosa: candela (cd)

Unidade de comprimento: metro (m)

O metro é o comprimento do percurso que a luz executa no vácuo no intervalo de tempo de $1/299\,792\,458$ do segundo.

Unidade de massa: kilograma (kg)

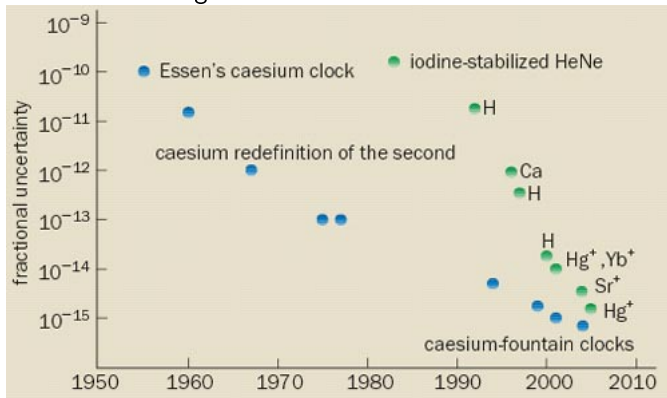
É igual à massa do protótipo internacional do kilograma.

Unidade de tempo: segundo (s)

O segundo é a duração de 9 192 631 770 períodos da radiação correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133.

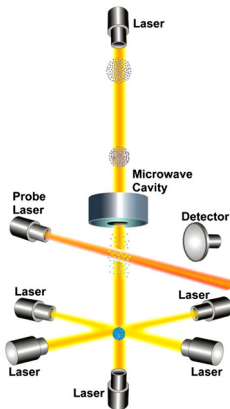
Relógio atômico

Precisão dos relógios atômicos



Azul: Relógios de microondas (Cs); Verde: Relógios ópticos.

Relógio atômico



Frequência de ressonância natural do átomo de césio (9 192 631 770 Hz):
é a frequência usada para definir o segundo.

Relógio atómico

- Os melhores relógios atómicos actuais podem medir a duração de um dia com uma precisão de 100 ps (10^{-10} s).

Relógio atómico

- Os melhores relógios atómicos actuais podem medir a duração de um dia com uma precisão de 100 ps (10^{-10} s).
- Todos os satélites do GPS têm a bordo relógios atómicos; uma maior precisão nesses relógios permitiria maior precisão no posicionamento.

Relógio atômico

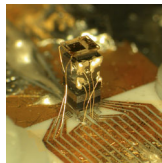
- Os melhores relógios atômicos actuais podem medir a duração de um dia com uma precisão de 100 ps (10^{-10} s).
- Todos os satélites do GPS têm a bordo relógios atômicos; uma maior precisão nesses relógios permitiria maior precisão no posicionamento.
- Os efeitos da relatividade geral também são importantes: dois relógios atômicos colocados com uma diferença de altura de 1 cm terão frequências de transição que estarão desfasadas entre si de 1 parte em 10^{18} .

Relógio atômico

- Os melhores relógios atômicos actuais podem medir a duração de um dia com uma precisão de 100 ps (10^{-10} s).
- Todos os satélites do GPS têm a bordo relógios atômicos; uma maior precisão nesses relógios permitiria maior precisão no posicionamento.
- Os efeitos da relatividade geral também são importantes: dois relógios atômicos colocados com uma diferença de altura de 1 cm terão frequências de transição que estarão desfasadas entre si de 1 parte em 10^{18} .
- Os relógios atômicos ópticos alcançarão muito brevemente essa precisão.

Relógio atômico

- Os melhores relógios atômicos actuais podem medir a duração de um dia com uma precisão de 100 ps (10^{-10} s).
- Todos os satélites do GPS têm a bordo relógios atômicos; uma maior precisão nesses relógios permitiria maior precisão no posicionamento.
- Os efeitos da relatividade geral também são importantes: dois relógios atômicos colocados com uma diferença de altura de 1 cm terão frequências de transição que estarão desfasadas entre si de 1 parte em 10^{18} .
- Os relógios atômicos ópticos alcançarão muito brevemente essa precisão.



- E já estamos na fase da miniaturização:

Chip-Scale Atomic Clock Unveiled by NIST

Unidade de corrente eléctrica: ampere (A)

O ampere é a corrente que, se mantida em dois condutores rectos e paralelos de comprimento infinito, the secção transversal negligível e colocados a um metro de distância um do outro no vácuo, produz uma força entre esses condutores igual a 2×10^{-7} newton por metro de comprimento.

Unidade de temperatura termodinâmica: kelvin (K)

O kelvin é a fracção $1/273.16$ da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água.

Unidade de quantidade de substância: mole (mol)

A mole é a quantidade de substância de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos átomos há em 0.012 kilogramas de carbono 12.

Quando se utiliza a mole, as entidades elementares têm de ser especificadas, e podem ser átomos, moléculas, iões, outras partículas ou grupos de partículas.

Unidade de intensidade luminosa: candela (cd)

A candela é a intensidade luminosa, numa dada direcção, de uma fonte que emite radiação monocromática com 540×10^{12} hertz de frequência e que tem uma intensidade radiante nessa direcção de $1/683$ watt por steradiano.

Unidades base

| Quantidade base | Nome | Símbolo |
|---------------------------|-----------|---------|
| Comprimento | metro | m |
| Massa | kilograma | kg |
| Tempo | segundo | s |
| Corrente eléctrica | ampere | A |
| Temperatura termodinâmica | kelvin | K |
| Quantidade de substância | mole | mol |
| Intensidade luminosa | candela | cd |

Unidades derivadas

Unidades derivadas são aquelas que se podem obter a partir das unidades base através dos símbolos matemáticos de divisão e multiplicação.

Unidades derivadas

Unidades derivadas são aquelas que se podem obter a partir das unidades base através dos símbolos matemáticos de divisão e multiplicação.

Algumas unidades derivadas têm nomes e símbolos próprios, que podem ser usados em combinações com outras unidades base e derivadas.

Unidades derivadas

| Quantidade derivada | Nome | Símbolo |
|--|-----------------------------|------------------------|
| Área | metro quadrado | m^2 |
| Volume | metro cúbico | m^3 |
| Velocidade | metro por segundo | m/s |
| Aceleração | metro por segundo quadrado | m/s^2 |
| Número de onda | metro recíproco | m^{-1} |
| Densidade, densidade de massa | kilograma por metro cúbico | kg/m^3 |
| Volume específico | metro cúbico por quilograma | m^3/kg |
| Densidade de corrente | ampere por metro quadrado | A/m^2 |
| Intensidade do campo magnético | ampere por metro | A/m |
| Concentração (de quantidade de substância) | mole por metro cúbico | mol/m^3 |
| Luminância | candela por metro quadrado | cd/m^2 |
| Índice de refração (número) | um | 1 |

| Derived quantity | Name | Symbol | Expressed in terms of other SI units | Expressed in terms of SI base units |
|--|----------------|--------------------|--|--|
| plane angle | radian | rad | | $\text{m} \cdot \text{m}^{-1} = 1$ |
| solid angle | steradian | sr | | $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2} = 1$ |
| frequency | hertz | Hz | | s^{-1} |
| force | newton | N | | $\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ |
| pressure, stress | pascal | Pa | N/m^2 | $\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ |
| energy, work, | | | | |
| quantity of heat | joule | J | $\text{N} \cdot \text{m}$ | $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ |
| power, radiant flux | watt | W | J/s | $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$ |
| electric charge, | | | | |
| quantity of electricity | coulomb | C | $\text{s} \cdot \text{A}$ | |
| electric potential difference, | | | | |
| electromotive force | volt | V | W/A | $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ |
| capacitance | farad | F | C/V | $\text{m}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^4 \cdot \text{A}^2$ |
| electric resistance | ohm | Ω | V/A | $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}$ |
| electric conductance | siemens | S | A/V | $\text{m}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^3 \cdot \text{A}^2$ |
| magnetic flux | weber | Wb | $\text{V} \cdot \text{s}$ | $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$ |
| magnetic flux density | tesla | T | Wb/m^2 | $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$ |
| inductance | henry | H | Wb/A | $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$ |
| Celsius temperature | degree Celsius | $^{\circ}\text{C}$ | | K |
| luminous flux | lumen | lm | $\text{cd} \cdot \text{sr}$ | $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{cd} = \text{cd}$ |
| illuminance | lux | lx | lm/m^2 | $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{cd} = \text{m}^{-2} \cdot \text{cd}$ |
| activity (referred to a radionuclide) | becquerel | Bq | | s^{-1} |
| absorbed dose, | | | | |
| specific energy (imparted), | | | | |
| kerma | gray | Gy | J/kg | $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ |
| dose equivalent, | | | | |
| ambient dose equivalent, | | | | |
| directional dose equivalent, | | | | |
| personal dose equivalent, | | | | |
| organ equivalent dose | sievert | Sv | J/kg | $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ |
| catalytic activity | katal | kat | | $\text{s}^{-1} \cdot \text{mol}$ |

Prefixos SI

| Factor | Nome | Símbolo | Factor | Nome | Símbolo |
|-----------|-------|---------|------------|-------|---------|
| 10^{24} | yotta | Y | 10^{-1} | deci | d |
| 10^{21} | zetta | Z | 10^{-2} | centi | c |
| 10^{18} | exa | E | 10^{-3} | mili | m |
| 10^{15} | peta | P | 10^{-6} | micro | μ |
| 10^{12} | tera | T | 10^{-9} | nano | n |
| 10^9 | giga | G | 10^{-12} | pico | p |
| 10^6 | mega | M | 10^{-15} | femto | f |
| 10^3 | kilo | k | 10^{-18} | atto | a |
| 10^2 | hecto | h | 10^{-21} | zepto | z |
| 10^1 | deka | da | 10^{-24} | yocto | y |

A escrita das unidades e dos símbolos

- Escrevem-se em caracteres romanos (não itálico, nem negrito)

A escrita das unidades e dos símbolos

- Escrevem-se em caracteres romanos (não itálico, nem negrito)
- Escrevem-se em letras minúsculas, mas quando deriva do nome de uma pessoa, a primeira letra é maiúscula

A escrita das unidades e dos símbolos

- Escrevem-se em caracteres romanos (não itálico, nem negrito)
- Escrevem-se em letras minúsculas, mas quando deriva do nome de uma pessoa, a primeira letra é maiúscula
- Quando se escreve por extenso é sempre em minúscula

A escrita das unidades e dos símbolos

- Escrevem-se em caracteres romanos (não itálico, nem negrito)
- Escrevem-se em letras minúsculas, mas quando deriva do nome de uma pessoa, a primeira letra é maiúscula
- Quando se escreve por extenso é sempre em minúscula
- Os símbolos não são alterados no plural

A escrita das unidades e dos símbolos

- Escrevem-se em caracteres romanos (não itálico, nem negrito)
- Escrevem-se em letras minúsculas, mas quando deriva do nome de uma pessoa, a primeira letra é maiúscula
- Quando se escreve por extenso é sempre em minúscula
- Os símbolos não são alterados no plural
- Os símbolos não terminam com ponto final, a não ser no fim de uma frase

A escrita das unidades e dos símbolos

- Escrevem-se em caracteres romanos (não itálico, nem negrito)
- Escrevem-se em letras minúsculas, mas quando deriva do nome de uma pessoa, a primeira letra é maiúscula
- Quando se escreve por extenso é sempre em minúscula
- Os símbolos não são alterados no plural
- Os símbolos não terminam com ponto final, a não ser no fim de uma frase

Álgebra dos símbolos SI

- Para multiplicar unidades: ponto a meia altura ou um espaço: $\text{N}\cdot\text{m}$ ou N m

Álgebra dos símbolos SI

- Para multiplicar unidades: ponto a meia altura ou um espaço: N·m ou N m
- Para dividir: m/s ou $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ou $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

Álgebra dos símbolos SI

- Para multiplicar unidades: ponto a meia altura ou um espaço: N·m ou N m
- Para dividir: m/s ou $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ou $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Deve-se evitar qualquer tipo de ambiguidade:

Álgebra dos símbolos SI

- Para multiplicar unidades: ponto a meia altura ou um espaço: N·m ou N m
- Para dividir: m/s ou $\frac{m}{s}$ ou $m \cdot s^{-1}$
- Deve-se evitar qualquer tipo de ambiguidade: m/s^2 ou $m \cdot s^{-2}$, mas não m/s/s

Álgebra dos símbolos SI

- Para multiplicar unidades: ponto a meia altura ou um espaço: $N \cdot m$ ou $N\ m$
- Para dividir: m/s ou $\frac{m}{s}$ ou $m \cdot s^{-1}$
- Deve-se evitar qualquer tipo de ambiguidade:
 m/s^2 ou $m \cdot s^{-2}$, mas não $m/s/s$
 $m \cdot kg/(s^3 \cdot A)$ ou $m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$, mas não $m \cdot kg/s^3 \cdot A$

Álgebra dos símbolos SI

- Para multiplicar unidades: ponto a meia altura ou um espaço: $N \cdot m$ ou $N\ m$
- Para dividir: m/s ou $\frac{m}{s}$ ou $m \cdot s^{-1}$
- Deve-se evitar qualquer tipo de ambiguidade:
 m/s^2 ou $m \cdot s^{-2}$, mas não $m/s/s$
 $m \cdot kg/(s^3 \cdot A)$ ou $m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$, mas não $m \cdot kg/s^3 \cdot A$

Uso dos prefixos

- Escrevem-se sempre em caracteres normais romanos, sem nenhum espaço entre eles e o símbolo

Uso dos prefixos

- Escrevem-se sempre em caracteres normais romanos, sem nenhum espaço entre eles e o símbolo
- Constitui um símbolo inseparável do símbolo a que está ligado:
 $1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3$

Uso dos prefixos

- Escrevem-se sempre em caracteres normais romanos, sem nenhum espaço entre eles e o símbolo
- Constitui um símbolo inseparável do símbolo a que está ligado:
 $1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3$
- Não se podem formar prefixos compostos

Importância das estimativas

Quando não sabemos com precisão um determinado valor, é útil ser capaz de *estimar* um valor razoável para ele.

Importância das estimativas

Quando não sabemos com precisão um determinado valor, é útil ser capaz de *estimar* um valor razoável para ele.

Actividade: Fazer estimativas;

número de bolas de ping-pong que cabem nesta sala

Análise dimensional

Em geral usamos apenas três grandezas, que representamos pelos símbolos:

comprimento – L

tempo – T

massa – M

Análise dimensional

Em geral usamos apenas três grandezas, que representamos pelos símbolos:

comprimento – L

tempo – T

massa – M

Se tivermos uma grandeza física qualquer G, podemos representar a sua dimensão pela expressão geral:

$$[G] = [L]^a [T]^b [M]^c$$

Análise dimensional

Em geral usamos apenas três grandezas, que representamos pelos símbolos:

comprimento – L

tempo – T

massa – M

Se tivermos uma grandeza física qualquer G, podemos representar a sua dimensão pela expressão geral:

$$[G] = [L]^a [T]^b [M]^c$$

Por exemplo, para uma força, que se mede em newton (ou $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) tem-se:

$$a = 1$$

$$b = -2$$

$$c = 1$$

Análise dimensional

Em geral usamos apenas três grandezas, que representamos pelos símbolos:

comprimento – L

tempo – T

massa – M

Se tivermos uma grandeza física qualquer G, podemos representar a sua dimensão pela expressão geral:

$$[G] = [L]^a [T]^b [M]^c$$

Por exemplo, para uma força, que se mede em newton (ou $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) tem-se:

$$a = 1$$

$$b = -2$$

$$c = 1$$

$$[G] = [L][T]^{-2}[M]$$