2
Unidades de Medida e o Sistema Internacional

Fundamentos da Metrologia Científica e Industrial

www.labmetro.ufsc.br/livroFMCI

Medir

- Medir é o procedimento experimental através do qual o valor momentâneo de uma grandeza física (mensurando) é determinado como um múltiplo e/ou uma fração de uma unidade, estabelecida por um padrão, e reconhecida internacionalmente.

2.1

Um pouco de história das unidades de medida...

www.labmetro.ufsc.br/livroFMCI

Um pouco de história...

- O desenvolvimento da linguagem ...
- A necessidade de contar ...
- Só os números não bastam ...
- Unidades baseadas na anatomia ...

O cúbito do Faraó

O pé médio da idade média

Um pouco de história...

- O desenvolvimento da linguagem ...
- A necessidade de contar ...
- Só os números não bastam ...
- Unidades baseadas na anatomia ...
- O papel do Faraó e do Rei ...
- A busca por referências estáveis ...
- Finalmente, em 1960, a unificação ...

2.2

Por que um único sistema de unidades?

Importância do SI

- Clareza de entendimentos internacionais (técnica, científica) ...
- Transações comerciais ...
- Garantia de coerência ao longo dos anos ...
- Coerência entre unidades simplificam equações da física ...

2.3.1

As sete unidades de base

As sete unidades de base

Grandeza	unidade	símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente elétrica	ampere	A
Temperatura	kelvin	K
Intensidade luminosa	candela	cd
Quantidade de matéria	mol	mol

O metro

- 1793: décima milionésima parte do quadrante do meridiano terrestre
- 1889: padrão de traços em barra de platina iridiada depositada no BIPM
- 1960: comprimento de onda da raia alaranjada do criptônio
- 1983: definição atual

O metro (m)

- É o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante um intervalo de tempo de 1/299 792 458 de segundo
- Observações:
  - assume valor exato para a velocidade da luz no vácuo
  - depende da definição do segundo
  - incerteza atual de reprodução: 10^{-12} m

Comparações ...

- Se o mundo fosse ampliado de forma que 10^{-12} m se tornasse 1 mm:
  - um glóbulo vermelho teria cerca de 7 km de diâmetro.
  - o diâmetro de um fio de cabelo seria da ordem de 50 km.
  - A espessura de uma folha de papel seria algo entre 100 e 140 km.
  - Um fio de barba cresceria 2 m/s.

O segundo (s)

- 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.
- Observações:
  - Incerteza atual de reprodução: 10^{-15} s

Comparações ...

- Se a velocidade com que o tempo passa pudesse ser desacelerada de tal forma que 10^{-15} s se tornasse 1 s:
  - um avião a jato levaria pouco mais de 120 anos para percorrer 1 mm.
  - o tempo em que uma lâmpada de flash ficaria acesa seria da ordem de 30 anos.
  - uma turbina de dentista levaria cerca de 60 anos para completar apenas uma rotação.
  - um ser humano levaria cerca de 600 séculos para piscar o olho.

O quilograma (kg)

- é igual à massa do protótipo internacional do quilograma.
  - incerteza atual de reprodução: 2.10^{-9} g
  - busca-se uma melhor definição ...

Comparações ...

- Se as massas das coisas que nos cercam pudesem ser intensificadas de forma que 2.10^{-9} g se tornasse 1 g:
  - uma molécula d'água teria 6.10^{-16} g
  - um vírus 5.10^{-10} g
  - uma célula humana 2 mg
  - um mosquito 3 kg
  - uma moeda de R$ 0,01 teria 4 t
  - a quantidade de álcool em um drinque seria de 12 t

O ampere (A)

- é a intensidade de uma corrente elétrica constante que, mantida em dois condutores paralelos, retilíneos, de comprimento infinito, de seção circular desprezível, e situados à distância de 1 metro entre si, no vácuo, produz entre estes condutores uma força igual a $2 \cdot 10^{-7}$ newton por metro de comprimento.
  - incerteza atual de reprodução: 9.10^{-8} A

O kelvin (K)

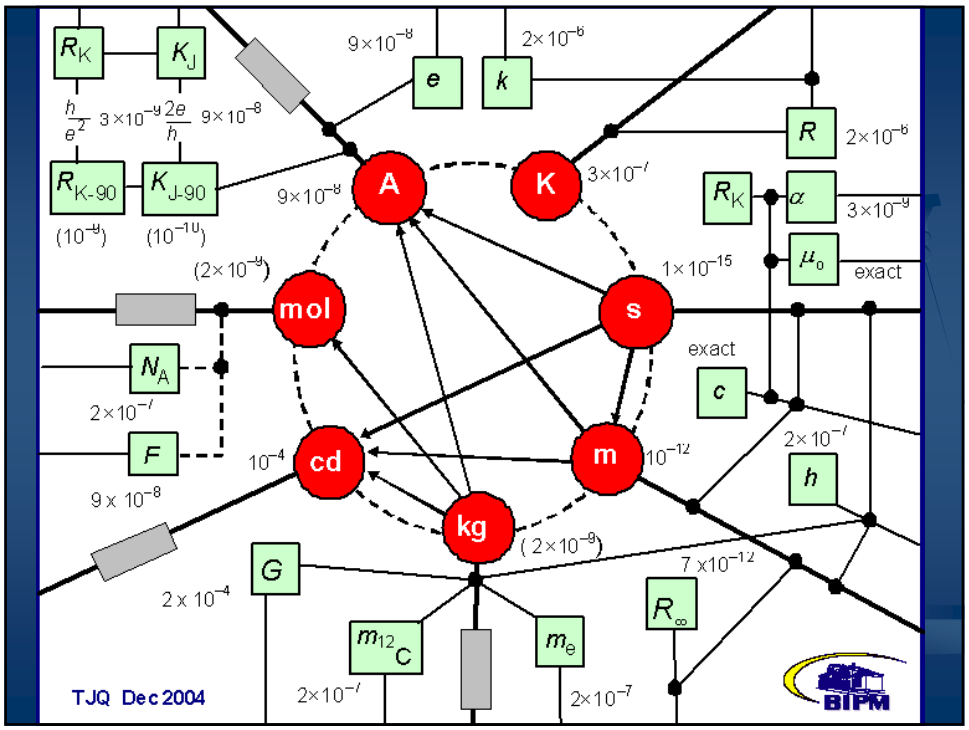
- O kelvin, unidade de temperatura termodinâmica, é a fração 1/273,16 da temperatura termodinâmica do ponto tríplice da água.

A candela (cd)

- é a intensidade luminosa, numa dada direção, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de freqüência $540 \cdot 10^{12}$ hertz e cuja intensidade energética nesta direção é de 1/683 watt por esterradiano.
  - incerteza atual de reprodução: 10^{-4} cd

O mol (mol)

- é a quantidade de matéria de um sistema contendo tantas entidades elementares quantos átomos existem em 0,012 quilograma de carbono 12.
  - incerteza atual de reprodução: $2 \cdot 10^{-9}$ mol



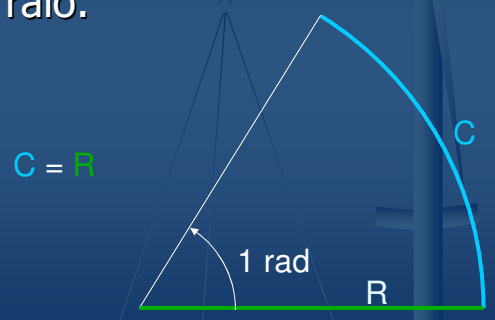
2.3.2

As unidades suplementares

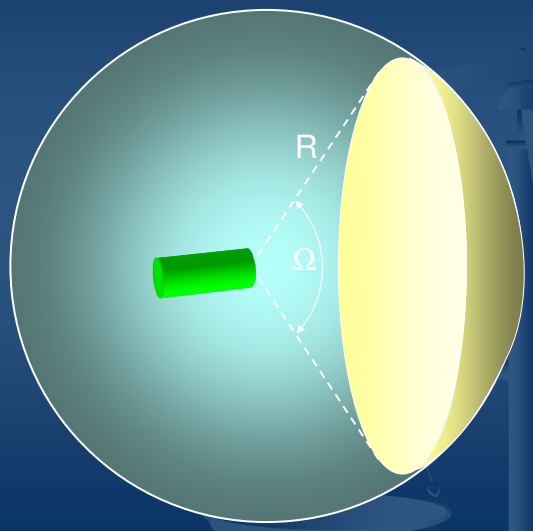
www.labmetro.ufsc.br/livroFMCI

O radiano (rad)

- É o ângulo central que subtende um arco de círculo de comprimento igual ao do respectivo raio.



Ângulo Sólido



$\Omega = A/R^2$

O esterradiano (sr)

- É o ângulo sólido que tendo vértice no centro de uma esfera, subtende na superfície uma área igual ao quadrado do raio da esfera.
  - São exemplos de ângulo sólido: o vértice de um cone e o facho de luz de uma lanterna acesa.)

2.3.3

As unidades derivadas

Unidades derivadas

Grandeza derivada	Unidade derivada	Símbolo
área	metro quadrado	m^2
volume	metro cúbico	m^3
velocidade	metro por segundo	m/s
aceleração	metro por segundo ao quadrado	m/s^2
velocidade angular	radiano por segundo	rad/s
aceleração angular	radiano por segundo ao quadrado	rad/s^2
massa específica	quilogramas por metro cúbico	kg/m^3
intensidade de campo magnético	ampère por metro	A/m
densidade de corrente	ampère por metro cúbico	A/m^3
concentração de substância	mol por metro cúbico	mol/m^3
luminância	candela por metro quadrado	cd/m^2

Grandeza derivada	Unidade derivada	Símbolo	Em unidades do SI	Em termos das unidades base
freqüência	hertz	Hz		s^{-1}
força	newton	N		$m . kg . s^{-2}$
pressão, tensão	pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1} . kg . s^{-2}$
energia, trabalho, quantidade de calor	joule	J	N . m	$m^2 . kg . s^{-2}$
potência e fluxo radiante	watt	W	J/s	$m^2 . kg . s^{-3}$
carga elétrica, quantidade de eletricidade	coulomb	C		s . A
diferença de potencial elétrico, tensão elétrica, força eletromotiva	volt	V	W/A C/V	$m^2 . kg . s^{-3} . A^{-1}$
capacitância elétrica	farad	F	V/A	$m^{-2} . kg^{-1} . s^4 . A^2$
resistência elétrica	ohm	Ω	A/V	$m^2 . kg . s^{-3} . A^{-2}$
condutância elétrica	siemens	S		$m^{-2} . kg^{-1} . s^3 . A^2$
fluxo magnético	weber	Wb	V . S	$m^2 . kg . s^{-2} . A^{-1}$
indução magnética, densidade de fluxo magnético	tesla	T	Wb/m^2	$kg . s^{-2} . A^{-1}$
indutância	henry	H	Wb/A	$m^2 . kg . s^{-2} . A^{-2}$
fluxo luminoso	lumen	lm	cd/sr	cd
iluminamento ou aclaramento	lux	lx	lm/m^2	$cd . m^{-2}$
atividade (de radionuclídeo)	becquerel	Bq	J/kg	s^{-1}
dose absorvida, energia específica	gray	Gy	J/kg	$m^2 . s^{-2}$
dose equivalente	siervet	Sv		$m^2 . s^{-2}$

2.3.3

Múltiplos e submúltiplos

www.labmetro.ufsc.br/livroFMCI

Múltiplos e submúltiplos

Fator	Nome do prefixo	Símbolo	Fator	Nome do prefixo	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}	quilo	k	10^{-18}	atto	a
10^{2}	hecto	h	10^{-21}	zepto	z
10^{1}	deca	da	10^{-24}	yocto	y

2.3.4

Unidades em uso e unidades aceitas em áreas específicas

www.labmetro.ufsc.br/livroFMCI

Unidades em uso com o SI

Grandeza	Unidade	Símbolo	Valor nas unidades do SI
tempo	minuto	min	1 min = 60 s
	hora	h	1 h = 60 min = 3600 s
	dia	d	1 d = 24 h
ângulo	grau	°	$1° = (\pi/180)$
	minuto	'	$1' = (1/60)° = (\pi/10\ 800)$ rad
	segundo	"	$1'' = (1/60)' = (\pi/648\ 000)$ rad
volume	litro	l, L	$1\ L = 1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$
massa	tonelada	t	$1\ t = 10^3$ kg
pressão	bar	bar	$1\ bar = 10^5$ Pa
temperatura	grau Celsius	°C	°C = K - 273,16

Unidades temporariamente em uso

Grandeza	Unidade	Símbolo	Valor nas unidades do SI
comprimento	milha náutica		1 milha náutica = 1852 m
velocidade	nó		1 nó = 1 milha náutica por hora = (1852/3600) m/s
massa	carat		1 carat = 2 . 10^{-4} kg = 200 mg
densidade linear	tex	tex	1 tex = 10^{-6} kg/m = 1 mg/m
tensão de sistema óptico	dioptre		1 dioptre = 1 m^{-1}
pressão no corpo humano	milímetros de mercúrio	mmHg	1 mm Hg = 133 322 Pa
área	are	a	1 a = 100 m^2
área	hectare	há	1 ha = 10^4 m^2
comprimento	ângstrom	Å	1 Å = 0,1 nm = 10^{-10} m
seção transversal	barn	b	1 b = 10^{-28} m^2

2.4

A grafia correta

www.labmetro.ufsc.br/livroFMCI

Grafia dos nomes das unidades

- Quando escritos por extenso, os nomes de unidades começam por letra minúscula, mesmo quando têm o nome de um cientista (por exemplo, ampere, kelvin, newton,etc.), exceto o grau Celsius.
- A respectiva unidade pode ser escrita por extenso ou representada pelo seu símbolo, não sendo admitidas combinações de partes escritas por extenso com partes expressas por símbolo.

O plural

- Quando pronunciado e escrito por extenso, o nome da unidade vai para o plural (5 newtons; 150 metros; 1,2 metros quadrados; 10 segundos).
- Os símbolos das unidades nunca vão para o plural (5N; 150 m; 1,2 m^2; 10 s).

Os símbolos das unidades

- Os símbolos são invariáveis, não sendo admitido colocar, após o símbolo, seja ponto de abreviatura, seja "s" de plural, sejam sinais, letras ou índices.
- Multiplicação: pode ser formada pela justaposição dos símbolos se não causar anbigüidade (VA, kWh) ou colocando um ponto ou "x" entre os símbolos (m.N ou m x N)
- Divisão: são aceitas qualquer das três maneiras exemplificadas a seguir:

$W/(sr.m^2)$ $W.sr^{-1}.m^{-2}$ $\frac{W}{sr.m^2}$

Grafia dos números e símbolos

- Em português o separador decimal deve ser a vírgula.
- Os algarismos que compõem as partes inteira ou decimal podem opcionalmente ser separados em grupos de três por espaços, mas nunca por pontos.
- O espaço entre o número e o símbolo é opcional. Deve ser omitido quando há possibilidade de fraude.

Alguns enganos

- Errado
  - Km, Kg
  - µ
  - a grama
  - 2 hs
  - 15 seg
  - 80 KM/H
  - 250°K
  - um Newton
- Correto
  - km, kg
  - µm
  - o grama
  - 2 h
  - 15 s
  - 80 km/h
  - 250 K
  - um newton

Outros enganos

CASA DO
ENGENHO
PRODUTOS
CASEIRO a 20 M
Barracão 101
Tem Pamonha.
á 1.200 mt.

CASCANÉIA
A 1 Km

Fundamentos da Metrologia Científica e Industrial - Capítulo 2 - (slide 45/48)

Fundamentos da Metrologia Científica e Industrial - Capítulo 2 - (slide 46/48)

Traslado a Madrid
Shuttle to Madrid
24 hrs.
RESERVATIONS
Teléfono GRATUITO 900 713 583 Toll FREE number
Tel + 34 91 747 75 70 / Fax + 34 748 11 14
www.aerocity.com

MANTENHA DISTÂNCIA
DA PAREDE
80 CENTS.

ATENÇÃO
BR-101
TRECHO SUL
SUJEITO A FILAS
SEXTAS: 17 às 22 hs
DOMINGOS: 14 às 22 hs
Início da duplicação da BR-101/ Sul
DNIT