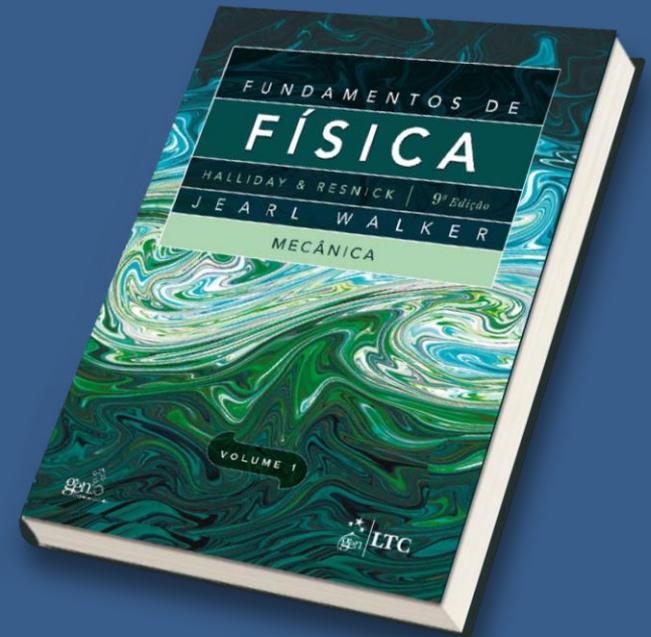


*Halliday*  
Fundamentos de Física  
Volume 1



**LTC**  
EDITORA



[www.grupogen.com.br](http://www.grupogen.com.br)

<http://gen-io.grupogen.com.br>



Saúde



ROCA



Jurídico



Exatas

LTC  
EDITORA

Humanas



O GEN | Grupo Editorial Nacional reúne as editoras Guanabara Koogan, Santos, Roca, AC Farmacêutica, LTC, Forense, Método, E.P.U. e Forense Universitária



O GEN-IO | GEN – Informação Online é o repositório de material suplementar dos livros dessas editoras

[www.grupogen.com.br](http://www.grupogen.com.br)

<http://gen-io.grupogen.com.br>

# Capítulo 1

## Medição

## 1.2 Medindo Grandezas

Medimos cada grandeza física em unidades, por comparação com um padrão.

**A unidade é um nome particular que atribuímos às medidas de uma grandeza.**

**Os padrões devem ser acessíveis e invariáveis.**

Por exemplo:

- 1 metro (1 m) é uma unidade de comprimento. Qualquer comprimento pode ser expresso em termos de 1 m. Um comprimento variável, como o do nariz de uma pessoa, não é uma boa unidade.

## ***O Sistema Internacional de Unidades***

O SI, ou Sistema Internacional de Unidades, também é chamado de sistema métrico.

As **grandezas fundamentais** do SI são o comprimento, o tempo, a massa, a temperatura, a quantidade de matéria, a corrente elétrica e a intensidade luminosa.

Todas as demais unidades são definidas em termos dessas grandezas fundamentais. A velocidade, por exemplo, é uma grandeza derivada das fundamentais, uma vez que é a razão entre a distância percorrida e o intervalo de tempo necessário para percorrer a referida distância.

<b>Grandeza</b>	<b>Unidade SI</b>	<b>Símbolo</b>
Comprimento	metro	m
Tempo	segundo	s
Massa	quilograma	kg
Temperatura	kelvin	K
Quantidade de matéria	mole ou mol	mol
Corrente elétrica	ampère	A
Intensidade luminosa	candela	cd

## Prefixos das Unidades do SI

Fator	Prefixo <sup>a</sup>	Símbolo	Fator	Prefixo <sup>a</sup>	Símbolo
$10^{24}$	iota-	I	$10^{-1}$	deci-	d
$10^{21}$	zeta-	Z	<b><math>10^{-2}</math></b>	<b>centi-</b>	<b>c</b>
$10^{18}$	exa-	E	<b><math>10^{-3}</math></b>	<b>mili-</b>	<b>m</b>
$10^{15}$	peta-	P	<b><math>10^{-6}</math></b>	<b>micro-</b>	<b><math>\mu</math></b>
$10^{12}$	tera-	T	<b><math>10^{-9}</math></b>	<b>nano-</b>	<b>n</b>
<b><math>10^9</math></b>	<b>giga-</b>	<b>G</b>	<b><math>10^{-12}</math></b>	<b>pico-</b>	<b>p</b>
<b><math>10^6</math></b>	<b>mega-</b>	<b>M</b>	$10^{-15}$	femto-	f
<b><math>10^3</math></b>	<b>quilo-</b>	<b>Q</b>	$10^{-18}$	ato-	a
$10^2$	hecto-	h	$10^{-21}$	zepto-	z
$10^1$	deca-	da	$10^{-24}$	iocto-	i

<sup>a</sup>Os prefixos mais usados aparecem em negrito.

A notação científica emprega potências de 10. Como por exemplo:

$$3.560.000.000 \text{ m} = 3,56 \times 10^9 \text{ m}.$$

Às vezes, nomes especiais são usados para expressar grandezas muito grandes ou muito pequenas. Como por exemplo:

Por exemplo:  $2,35 \times 10^{-9} = 2,35$  nanossegundos (ns)

## *Mudança de Unidades*

Podemos mudar as unidades de uma grandeza física usando um método conhecido como conversão em cadeia.

Por exemplo: como um minuto tem 60 segundos,

$$\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 1 = \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}$$

$$2 \text{ min} = (2 \text{ min}) \times (1) = (2 \text{ min}) \times \left( \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) = 120 \text{ s}$$

Uma razão como  $(60 \text{ s})/(1 \text{ min})$ , que aparece nas equações acima, é chamada de “Fator de Conversão”.

# Comprimento

As várias definições do metro (a unidade de comprimento):

Em 1792, o metro foi definido como **um milionésimo da distância entre o polo norte e o equador.**

Mais tarde, o metro foi definido como **a distância entre duas linhas gravadas perto das extremidades de uma barra de platina-irídio**, a barra do metro-padrão, mantida no Bureau Internacional de Pesos e Medidas, perto de Paris.

Em 1960, o metro foi definido como **1.650.763,73 comprimentos de onda de uma certa luz vermelho-alaranjada emitida pelo criptônio 86** em um tubo de descarga gasosa.

Em 1983, o metro foi definido como **a distância percorrida pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de 1/299.792.458 segundo.** De acordo com essa definição, a velocidade da luz é **EXATAMENTE 299.792.458 m/s.**

# Comprimento

## Alguns exemplos de comprimentos

**Tabela 1-3**

### Alguns Comprimentos Aproximados

Descrição	Comprimento em Metros
Distância das galáxias mais antigas	$2 \times 10^{26}$
Distância da galáxia de Andrômeda	$2 \times 10^{22}$
Distância da estrela mais próxima, Proxima Centauri	$4 \times 10^{16}$
Distância de Plutão	$6 \times 10^{12}$
Raio da Terra	$6 \times 10^6$
Altura do Monte Everest	$9 \times 10^3$
Espessura desta página	$1 \times 10^{-4}$
Comprimento de um vírus típico	$1 \times 10^{-8}$
Raio do átomo de hidrogênio	$5 \times 10^{-11}$
Raio do próton	$1 \times 10^{-15}$

## Comprimento: Estimativa de Ordem de Grandeza

**PROBLEMA:** O maior novelo do mundo tem cerca de 2 m de raio. Qual é a ordem de grandeza do comprimento  $L$  do fio que forma o novelo?

**IDEIA:** Vamos supor que o novelo é uma esfera com 2 m de raio. Para levar em conta os espaços vazios entre as diferentes voltas do fio, vamos supor que a seção reta do fio é um quadrado com 4 mm de lado.

**CÁLCULOS:** O volume total no novelo é aproximadamente o volume da esfera. Assim,

$$V = (4 \times 10^{-3})^2 \times L = \frac{4}{3}\pi R^3 \approx 4R^3$$

$$\Rightarrow L = \frac{4(2 \text{ m})^3}{(4 \times 10^{-3} \text{ m})^2} = 2 \times 10^6 \text{ m} = 3 \text{ km}$$

# Tempo

## Alguns Intervalos de Tempo Aproximados

Descrição	Intervalo de Tempo em Segundos
Tempo de vida do próton (teórico)	$3 \times 10^{40}$
Idade do universo	$5 \times 10^{17}$
Idade da pirâmide de Quéops	$1 \times 10^{11}$
Expectativa de vida de um ser humano	$2 \times 10^9$
Duração de um dia	$9 \times 10^4$
Intervalo entre duas batidas de um coração humano	$8 \times 10^{-1}$
Tempo de vida do múon	$2 \times 10^{-6}$
Pulso luminoso mais curto obtido em laboratório	$1 \times 10^{-16}$
Tempo de vida da partícula mais instável	$1 \times 10^{-23}$
Tempo de Planck <sup>a</sup>	$1 \times 10^{-43}$

<sup>a</sup>Tempo decorrido após o big bang a partir do qual as leis de física que conhecemos passaram a ser válidas.

Em 1967, o segundo padrão foi definido como o tempo necessário para **9.192.631.770 oscilações da luz emitida por um átomo de césio 133**.

Os relógios atômicos fornecem leituras de tempo muito precisas.

Um relógio atômico do National Institute of Standards and Technology (NIST) em Boulder, Colorado, EUA, é o padrão da Hora Coordenada Universal (UTC) nos Estados Unidos. O Observatório Nacional fornece a hora legal brasileira no site <http://pcdsh01.on.br>.

# Massa

Um **cilindro de platina-irídio**, mantido no Bureau Internacional de Pesos e Medidas, **possui a massa padrão de 1 kg**.

Outra unidade de massa é usada para medidas de massa atômica. Um átomo de carbono 12 possui uma massa de 12 unidades de massa atômica, cuja definição é a seguinte:

$$1 \text{ u} = 1,66053886 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

## Algumas Massas Aproximadas

Descrição	Massa em Quilogramas
Universo conhecido	$1 \times 10^{53}$
Nossa galáxia	$2 \times 10^{41}$
Sol	$2 \times 10^{30}$
Lua	$7 \times 10^{22}$
Asteroide Eros	$5 \times 10^{15}$
Montanha pequena	$1 \times 10^{12}$
Transatlântico	$7 \times 10^7$
Elefante	$5 \times 10^3$
Uva	$3 \times 10^{-3}$
Grão de poeira	$7 \times 10^{-10}$
Molécula de penicilina	$5 \times 10^{-17}$
Átomo de urânio	$4 \times 10^{-25}$
Próton	$2 \times 10^{-27}$
Elétron	$9 \times 10^{-31}$

## Massa Específica

A massa específica é expressa em  $\text{kg/m}^3$  e representada pela letra grega  $\rho$  ( $\rho$ ).

### Exemplo: Massa específica e liquefação

Um objeto pesado pode afundar no solo durante um terremoto se o tremor faz com que o solo passe por um processo de *liquefação*, no qual as partículas do solo deslizam umas em relação às outras quase sem atrito. Nesse caso, o solo se torna praticamente uma areia movediça. A possibilidade de liquefação de um solo arenoso pode ser prevista em termos do *índice de vazios* de uma amostra do solo, representado pelo símbolo  $e$  e definido da seguinte forma:

$$e = \frac{V_v}{V_g} \quad (1-9)$$

onde  $V_g$  é o volume total das partículas de areia na amostra e  $V_v$  é o volume total do espaço entre as partículas (isto é, dos *vazios*). Se  $e$  excede o valor crítico de 0,80, pode ocorrer liquefação durante um terremoto. Qual é a massa específica da areia,  $\rho_a$ , correspondente ao valor crítico? A massa específica do dióxido de silício (principal componente da areia) é  $\rho_{\text{SiO}_2} = 2,600 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

### IDEIA-CHAVE

A massa específica da areia  $\rho_a$  em uma amostra é a massa por unidade de volume, ou seja, a razão entre a massa total  $m_a$  das partículas de areia e o volume total  $V_t$  da amostra:

$$\rho_a = \frac{m_a}{V_t} \quad (1-10)$$

**Cálculos** O volume total  $V_t$  de uma amostra é dado por

$$V_t = V_g + V_v.$$

Substituindo  $V_v$  pelo seu valor, dado pela Eq. 1-9, e explicitando  $V_g$ , obtemos:

$$V_g = \frac{V_t}{1 + e} \quad (1-11)$$

De acordo com a Eq. 1-8, a massa total  $m_a$  das partículas de areia é o produto da massa específica do dióxido de silício pelo volume total das partículas de areia:

$$m_a = \rho_{\text{SiO}_2} V_g \quad (1-12)$$

Substituindo esta expressão na Eq. 1-10 e substituindo  $V_g$  pelo seu valor, dado pela Eq. 1-11, obtemos:

$$\rho_a = \frac{\rho_{\text{SiO}_2}}{V_t} \frac{V_t}{1 + e} = \frac{\rho_{\text{SiO}_2}}{1 + e} \quad (1-13)$$

Fazendo  $\rho_{\text{SiO}_2} = 2,600 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  e  $e = 0,80$  nesta equação, descobrimos que a liquefação acontece quando a massa específica da areia é menor que

$$\rho_a = \frac{2,600 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}{1,80} = 1,4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3.$$

(Resposta)

Um edifício pode afundar vários metros por causa da liquefação.