

# **Fundamentos de Mecânica**

## 2023

Prof. Daniel Cornejo

# Módulo I: Cinemática

## Tópicos que serão abordados

- Grandezas físicas e análise dimensional
- Movimento em uma dimensão
- Vetores
- Movimento em duas e três dimensões

# 1. Grandezas físicas e análise dimensional

**Grandezas físicas.** A física se baseia na medição de grandezas físicas. Algumas grandezas físicas, como comprimento, tempo e massa, foram escolhidas como grandezas fundamentais; cada uma foi definida por meio de um padrão e recebeu uma unidade de medida (como metro, segundo e quilograma).

Outras grandezas físicas são definidas em termos das grandezas fundamentais e de seus padrões e unidades.

**S.I.** O sistema de unidades adotado neste estudo é o Sistema Internacional de Unidades (SI).

**Mudança ou conversão de unidades.** A conversão de unidades pode ser feita usando o método de conversão em cadeia, no qual os dados originais são multiplicados sucessivamente por fatores de conversão unitários, e as unidades são manipuladas como quantidades algébricas até que apenas as unidades desejadas permaneçam.

## Grandezas fundamentais: comprimento, tempo e massa

Atualmente, as unidades das grandezas fundamentais são definidas com base em constantes fundamentais e conceitos quânticos.

- A constante de Planck  $h$  é exatamente  $6.62607015 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .
- A carga do elétron é exatamente  $1.602176634 \times 10^{-19} \text{ C}$ .
- A constante de Boltzmann é exatamente  $1.380649 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ .
- A constante de Avogadro é exatamente  $6.02214076 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .
- A frequência de transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133 é exatamente  $\Delta\nu_{\text{Cs}} = 9192631770 \text{ s}^{-1}$
- A velocidade da luz no vácuo é exatamente  $c = 299792458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Assim, os atuais padrões de tempo, Comprimento e Massa são:

**Tempo.** A unidade S.I. de tempo é o *segundo* (s). O segundo é a duração de 9 192 631 770 períodos da radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133.

**Comprimento.** A unidade S.I. de comprimento é o *metro* (m). O metro é atualmente definido como o comprimento do caminho percorrido pela luz no vácuo em um intervalo de tempo de  $1/299\,792\,458$  de segundo.

**Massa.** A unidade S.I. de massa é o *quilograma* (kg). A definição de quilograma é:  
 $1 \text{ kg} = 9192631770 h (299792458)^2 / [c^2 \Delta\nu_{\text{Cs}} (6.62607015 \times 10^{-34})]$

**Tabela 1-1** Unidades de Três Grandezas Básicas do SI

Grandeza	Nome da Unidade	Símbolo da Unidade
Comprimento	metro	m
Tempo	segundo	s
Massa	quilograma	kg

As unidades de todas as demais grandezas físicas são derivadas a partir dessas três unidades fundamentais.

Exemplos:

**Velocidade.** A unidade S.I. é m/s

**Aceleração.** A unidade S.I. é m/s<sup>2</sup>

**Força.** A unidade S.I. é o *Newton* (N).  $N = \text{kg m s}^{-2}$

**Energia.** A unidade S.I. é o *Joule* (J).  $J = \text{N m} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$

---

**Tabela 1-2** Prefixos das Unidades do SI

---

Fator	Prefixo <sup>a</sup>	Símbolo
$10^{24}$	iota-	Y
$10^{21}$	zeta-	Z
$10^{18}$	exa-	E
$10^{15}$	peta-	P
$10^{12}$	tetra-	T
<b><math>10^9</math></b>	<b>giga-</b>	<b>G</b>

<b><math>10^6</math></b>	<b>mega-</b>	<b>M</b>
<b><math>10^3</math></b>	<b>quilo-</b>	<b>k</b>
$10^2$	hecto-	h
$10^1$	deca-	da
$10^{-1}$	deci-	d
<b><math>10^{-2}</math></b>	<b>centi-</b>	<b>c</b>
<b><math>10^{-3}</math></b>	<b>mili-</b>	<b>m</b>
<b><math>10^{-6}</math></b>	<b>micro-</b>	<b><math>\mu</math></b>

<b>10<sup>-9</sup></b>	<b>nano-</b>	<b>n</b>
<b>10<sup>-12</sup></b>	<b>pico-</b>	<b>p</b>
10 <sup>-15</sup>	femto-	f
10 <sup>-18</sup>	ato-	a
10 <sup>-21</sup>	zepto-	z
10 <sup>-24</sup>	iocto-	y

---

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

**Tabela 1-3 Valor Aproximado de Alguns Comprimentos**

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	$4 \times 10^{16}$
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	$1 \times 10^{-15}$

**Tabela 1-4 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.

**Tabela 1-5 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	$9 \times 10^{-31}$

Unidades... pra que????

Observe a seguinte expressão:

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

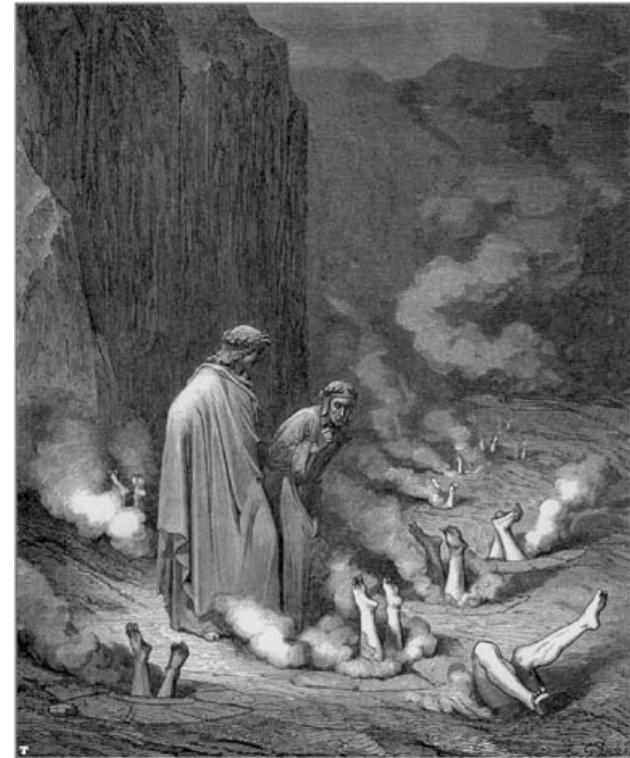
Compare com a seguinte expressão matemática:

$$1 = 60$$

O que isso nos diz????

E agora... essa expressão é correta?

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



## Precisão e Algarismos Significativos

Observe as seguintes expressões:

$$L = 3 \text{ m}$$

$$L = 3,00 \text{ m}$$

Será que elas dizem a mesma coisa??

E:

$$m = 200 \text{ kg}$$

$$m = 2 \times 10^2 \text{ kg}$$

$$m = 2,0 \times 10^2 \text{ kg}$$

$$m = 2,00 \times 10^2 \text{ kg ?}$$

Para discutir isso vamos falar sobre o processo de medição de uma grandeza física...

## Regras para expressar uma grandeza física com o número correto de algarismos significativos

Regra 1: respeite o número de algarismos significativos de uma determinada grandeza ao mudar de unidades.

Regra 2: ao multiplicar ou dividir duas ou mais grandezas físicas, o resultado deve ser expresso com o número de algarismos significativos do fator menos preciso.

Exemplos

$$2,3 \text{ m} \times 3,14159 = 7,2 \text{ m}$$

$$9,8 \text{ m/s}^2 \times 1,03 \text{ s} = 10 \text{ m/s} \text{ (aplicando estritamente a regra)}$$

$$9,8 \text{ m/s}^2 \times 1,03 \text{ s} = 10,1 \text{ m/s} \text{ (aplicando a regra e o bom senso...)}$$

Regra 3: ao somar ou subtrair duas ou mais grandezas físicas, o dígito menos significativo da soma (ou da diferença) deve ocupar a mesma posição relativa associada ao dígito menos significativo das grandezas que estão sendo somadas ou subtraídas. Neste caso, o número de algarismos significativos do resultado não é importante, mas o que é importante é a posição do último algarismo significativo.

Exemplo:

$$103,9 \text{ kg} + 2,10 \text{ kg} + 0,319 \text{ kg} = 106,319 \text{ kg} = 106,3 \text{ kg}$$

## Análise dimensional

Quando você resolve um exercício, normalmente você chega a um resultado que representa uma certa grandeza física. Seu resultado consistirá de um número e as unidades desse número.

Nesse momento, é saudável fazer duas coisas:

a) verifique se as unidades da grandeza obtida estão corretas. Isto é, por exemplo, se você calculou uma velocidade, as unidades do valor obtido devem estar em m/s ou unidades equivalentes. Se calculou um volume, deve obter um número em  $\text{cm}^3$ ,  $\text{m}^3$ , etc.

Isto chama-se **análise dimensional**.

b) verifique se o número obtido (com as unidades correspondentes) tem “significado físico”. Por exemplo, se você estava calculando a velocidade com que uma pessoa realiza uma corrida de 100 m durante uma olimpíada, e chegou ao seguinte resultado:

$$v = 366 \text{ km/h}$$

muito provavelmente algo deve estar errado...

Tal vez, depois de fazer a revisão, o valor seja  $v = 36,6 \text{ km/h}$ ...

Isto chama-se **bom senso**... e costuma diminuir o stress, a ansiedade e a queda de cabelo.