

**Escola de Educação Basica Cel CID Gonzaga**

**Prof. Maycol**

---

---

**Introdução à Física: 1º Ano do EM.**

---

---

PORTO UNIÃO - SC

2026

Prof. Maycol

## **Introdução à Física: 1º Ano do EM.**

Iniciação ao estudo da Física. **Escola de Educação  
Básica Cel CID Gonzaga.**

PORTE UNIÃO - SC  
2026

# Sumário

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 Introdução à Física: Grandezas Físicas</b>                         | <b>1</b>  |
| 1.1 Fenômenos Observáveis . . . . .                                     | 1         |
| 1.2 O Sistema Internacional de Unidades (SI) . . . . .                  | 1         |
| 1.2.1 Conversão de Unidades e Regra de Três . . . . .                   | 2         |
| 1.2.2 Método do Fator de Conversão (Cancelamento de Unidades) . . . . . | 2         |
| 1.3 Notação Científica . . . . .  | 2         |
| 1.4 Ordem de Grandeza . . . . .   | 3         |
| 1.5 Questões Conceituais . . . . .                                      | 4         |
| 1.6 Exercícios de Fixação . . . . .                                     | 5         |
| 1.7 Problemas Aplicados . . . . .                                       | 6         |
| <b>2 Cinemática</b>   | <b>7</b>  |
| 2.1 Conceitos Fundamentais . . . . .                                    | 7         |
| 2.1.1 Referencial e Sistemas de Coordenadas . . . . .                   | 7         |
| 2.1.2 Ponto Material e Corpo Extenso . . . . .                          | 8         |
| 2.1.3 Trajetória . . . . .  | 8         |
| 2.2 Tipos de Movimento . . . . .  | 9         |
| 2.3 Velocidade . . . . .  | 9         |
| 2.3.1 Velocidade Instantânea . . . . .                                  | 10        |
| 2.4 Velocidade Relativa . . . . .                                       | 10        |
| 2.4.1 Movimento na mesma direção e sentido . . . . .                    | 10        |
| 2.4.2 Movimento na mesma direção e sentidos opostos . . . . .           | 10        |
| 2.4.3 Tempo de Encontro e Ultrapassagem . . . . .                       | 11        |
| 2.4.4 Velocidade Escalar Média . . . . .                                | 11        |
| 2.5 Exemplos de Fixação . . . . .                                       | 12        |
| 2.6 Questões: . . . . .   | 13        |
| 2.7 Exercícios . . . . .  | 14        |
| 2.8 Problemas . . . . .   | 16        |
| <b>3 Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)</b>                             | <b>17</b> |
| 3.1 Definição e Características . . . . .                               | 17        |
| 3.2 Função Horária da Posição . . . . .                                 | 17        |
| 3.3 Análise de Dados e Tabelas . . . . .                                | 18        |
| 3.3.1 Identificação Experimental . . . . .                              | 18        |
| 3.3.2 Construção da Função Horária a partir de Dados . . . . .          | 18        |
| <b>A Sistema Internacional de Unidades</b>                              | <b>20</b> |
| <b>B Prefixos</b>   | <b>21</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>C Alfabeto Grego</b>                        | <b>22</b> |
| <b>D Fatores de Conversão</b>                  | <b>23</b> |
| <b>E Constantes Físicas Fundamentais</b>       | <b>24</b> |
| E.1 Constantes Universais . . . . .            | 24        |
| E.2 Propriedades Térmicas da Matéria . . . . . | 24        |

# **Lista de Figuras**

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 2.1 | Representação visual dos sistemas de coordenadas e suas respectivas origens ( $O$ ). . . . . | 7  |
| 2.2 | Movimento relativo no ônibus . . . . .   | 8  |
| 2.3 | Movimento relativo no ônibus . . . . .   | 9  |
| 2.4 | Classificação do sentido do movimento em relação à orientação da trajetória. . . . .         | 9  |
| 2.5 | Velocímetro . . . . .  | 10 |
| 2.6 | Veículo em trajeto curvilíneo . . . . .  | 12 |

# 1 – Introdução à Física: Grandezas Físicas

A Física é a ciência que estuda os fenômenos fundamentais da natureza, buscando leis gerais que descrevam o comportamento da matéria e da energia<sup>1</sup>.

Compreender o funcionamento do universo requer a medição precisa de diversas propriedades físicas, conhecidas como **grandezas físicas**. Por exemplo, a *massa*, o *tempo* e o *comprimento* são grandezas fundamentais que descrevem aspectos essenciais dos objetos e eventos ao nosso redor.

## 1.1 Fenômenos Observáveis

Os fenômenos da natureza podem ser classificados em dois tipos principais:

- **Fenômeno Físico:** Ocorre sem alterar a estrutura íntima da matéria. Exemplo: A queda de um corpo ou a mudança de estado físico da água.
- **Fenômeno Químico:** Altera a composição da matéria. Exemplo: A combustão de uma madeira.

## 1.2 O Sistema Internacional de Unidades (SI)

Para que a comunicação científica seja universal, utiliza-se o SI (Sistema Internacional de Unidades de Medida). Esse sistema foi criado com o intuito de padronizar e calibrar instrumentos no mundo todo. Essas grandezas são importantíssimas; vale a pena decorar, guardar e destacar, pois as revisitaremos no decorrer do ano. Na tabela 1.1, podemos observar as unidades que estudaremos:

Tabela 1.1: Grandezas Fundamentais no SI

| Grandeza    | Unidade (SI)                  | Símbolo          |
|-------------|-------------------------------|------------------|
| Comprimento | metro                         | m                |
| Massa       | quilograma                    | kg               |
| Tempo       | segundo                       | s                |
| Velocidade  | metro por segundo             | m/s              |
| Aceleração  | metro por segundo ao quadrado | m/s <sup>2</sup> |
| Força       | newton                        | N                |
| Energia     | joule                         | J                |

**Nota:** Para uma lista completa e detalhada, consulte o Apêndice A.

### 1.2.1 Conversão de Unidades e Regra de Três

Nem sempre os dados de um problema estarão no SI. Para converter unidades de forma segura, a \*\*regra de três simples\*\* é a ferramenta mais confiável, pois utiliza uma relação de equivalência conhecida (fator de conversão) para encontrar o valor desejado.

\*\*Exemplo: Converter 250 cm para metros.\*\* Sabemos que 1 m equivale a 100 cm. Montamos a proporção alinhando as unidades iguais:

$$\begin{aligned} 1 \text{ m} &= 100 \text{ cm} \\ x \text{ m} &= 250 \text{ cm} \\ 100 \cdot x &= 1 \cdot 250 \implies x = \frac{250}{100} = 2,50 \text{ m} \end{aligned}$$

Para conversões comuns, consulte a tabela de fatores no Apêndice D.

### 1.2.2 Método do Fator de Conversão (Cancelamento de Unidades)

Para conversões múltiplas ou unidades compostas, o método mais eficiente é multiplicar o valor original por uma fração de equivalência (fator de conversão). O objetivo é posicionar a unidade que queremos "cortar" no lado oposto da fração.

\*\*Exemplo: Converter a velocidade de 72 km/h para m/s.\*\*

Precisamos de dois fatores: um para distância (1km = 1000m) e um para tempo (1h = 3600s).

$$v = 72 \text{ km/h} \cdot \underbrace{\left( \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right)}_{\text{Fator 1}} \cdot \underbrace{\left( \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right)}_{\text{Fator 2}}$$

Calculando os valores:

$$v = \frac{72 \cdot 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{72000}{3600} \text{ m/s} = 20,0 \text{ m/s}$$

Este método reduz drasticamente a chance de erro ao lidar com unidades de área ( $\text{m}^2$ ) ou volume ( $\text{m}^3$ ), pois basta elevar o fator de conversão à potência desejada. Observe:

$$1 \text{ m}^2 = \left( \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^2 = \frac{100^2 \text{ cm}^2}{1^2 \text{ m}^2} = 10.000 \text{ cm}^2$$

## 1.3 Notação Científica

Na física, lidamos com dimensões que variam do átomo às galáxias. Utilizamos a notação científica na forma geral Eq 1.1 para expressar esses valores de maneira compacta e clara.

$$N \times 10^n, \quad \text{sendo } 1 \leq N < 10 \quad (\text{Eq 1.1})$$

**Aplicações:** Expressar a velocidade da luz ( $3 \times 10^8$  m/s) ou a massa de um elétron de forma simplificada.

Na prática, o objetivo é reduzir o número de zeros, facilitando cálculos e comparações. Tudo que precisa ser feito é deslocar a vírgula para a direita ou esquerda, dependendo se o número é maior ou menor que 10. Como podemos ver:

- Para números menores que 10, deslocamos a vírgula para a direita, o que resulta em um expoente negativo. Cada casa deslocada corresponde a uma unidade a mais no expoente negativo.

1. Deslocar a vírgula em 1 casa:  $0,52 = 5,2 \times 10^{-1}$
2. Deslocar a vírgula em 2 casas:  $0,0502 = 5,02 \times 10^{-2}$
3. Deslocar a vírgula em 3 casas:  $0,008 = 8 \times 10^{-3}$

**Observe que o número antes do "x10" sempre fica entre 1 e 10.**

- Para números maiores que 10, deslocamos a vírgula para a esquerda, o que resulta em um expoente positivo. Cada casa deslocada corresponde a uma unidade a mais no expoente positivo.

1. Deslocar a vírgula em 1 casa:  $52 = 5,2 \times 10^1$
2. Deslocar a vírgula em 2 casas:  $502 = 5,02 \times 10^2$
3. Deslocar a vírgula em 3 casas:  $4500000 = 4,5 \times 10^6$

**Observe que o zero entre dois números, deve ser expresso após a vírgula e entra na contagem.**

## 1.4 Ordem de Grandeza

A ordem de grandeza é uma forma de classificar a magnitude de um número, expressando-a numa potência de 10. Ela é útil para comparar quantidades e entender a escala dos fenômenos físicos. A ordem de grandeza é determinada pelo expoente na notação científica mais o fator de proximidade logarítmico.

- Se o número  $N$  na notação científica  $N \times 10^n$  for menor que  $\sqrt{10}$ , a ordem de grandeza é o expoente  $n$  como podemos ver em Eq 1.2.

$$N < \sqrt{10} \implies [\text{OG}] = n \quad (\text{Eq 1.2})$$

Lembrando que  $n$  é o expoente da base 10.

**Exemplo 1:**  $3,2 \times 10^4$ , como  $3,1 < \sqrt{10}$  (3,1 menor que ..), a ordem de grandeza é 4.

Resposta:  $[\text{OG}] = 4$ . ( $\text{OG} = \text{Ordem de Grandeza}$ )

**Exemplo 2:**  $1,7 \times 10^{-3}$ , como  $1,7 < \sqrt{10}$  ( $1,7$  menor que ..), a ordem de grandeza é -3.

Resposta: [OG]=-3.

- Se o número  $N$  for maior ou igual a  $\sqrt{10}$ , a ordem de grandeza é o expoente  $n + 1$  como podemos ver Eq 1.3.

$$N > \sqrt{10} \implies [\text{OG}] = n + 1 \quad (\text{Eq 1.3})$$

**Exemplo 1:**  $6,5 \times 10^8$ , como  $6,5 \geq \sqrt{10}$  ( $6,5$  maior que ..), a ordem de grandeza é  $8+1 = 9$ .

Resposta: [OG]=9.

**Exemplo 2:**  $8,9 \times 10^{-4}$ , como  $8,9 \geq \sqrt{10}$  ( $8,9$  maior que ..), a ordem de grandeza é  $-4 + 1 = -3$ .

Resposta: [OG]=-3.

**Observação:** A raiz quadrada de 10 ( $\sqrt{10}$ ) é aproximadamente 3,16. Portanto, ao determinar a ordem de grandeza, compare o valor de  $N$  com 3,16 para decidir se deve usar o expoente ou somar 1. Segundo detalhe, cuidado com números negativos, pois ao somar 1 em um número negativo, o valor se aproxima de zero.

## 1.5 Questões Conceituais

1. Explique por que a criação do Sistema Internacional de Unidades (SI) foi um marco importante para o desenvolvimento tecnológico e comercial entre as nações.
2. Diferencie fenômeno físico de fenômeno químico, citando um exemplo do cotidiano para cada um que não tenha sido mencionado no texto.
3. No estudo da ordem de grandeza, por que utilizamos o valor de  $\sqrt{10} \approx 3,16$  como critério de corte?
4. O que define se um número está ou não escrito corretamente em notação científica? Cite o intervalo permitido.

## 1.6 Exercícios de Fixação

### Notação Científica e Ordem de Grandeza

5. Escreva os valores abaixo em notação científica:
  - (a) 0,0000000025 m (raio atômico)
  - (b) 149.600.000.000 m (distância Terra-Sol)
  - (c) 0,000001 s (tempo de um processo eletrônico)
  - (d) 5.970.000.000.000.000.000.000 kg (massa da Terra)
  - (e) 0,00000000016 C (carga elementar)
6. Determine a Ordem de Grandeza (OG) para cada item do exercício anterior.
  
- Conversão de Unidades (SI)**
7. Converta as seguintes medidas para a unidade padrão do SI utilizando Regra de Três:
  - (a) 1500 cm para metros.
  - (b) 2,5 km para metros.
  - (c) 300 min para segundos.
  - (d) 0,8 kg para gramas (conversão auxiliar).
  - (e) 2 h para segundos.
8. Utilize o Método do Fator de Conversão (cancelamento) para converter:
  - (a) 108 km/h para m/s.
  - (b) 5 m/s para km/h.
  - (c) 2 g/cm<sup>3</sup> para kg/m<sup>3</sup>.
  - (d) 1 dia para segundos.
  - (e) 10 m<sup>2</sup> para cm<sup>2</sup>.

## 1.7 Problemas Aplicados

9. **(Dados Reais)** A luz viaja no vácuo a uma velocidade constante de aproximadamente 300 000 km/s.
  - (a) Converta esta velocidade para metros por segundo (m/s) usando notação científica.
  - (b) Qual a Ordem de Grandeza desta velocidade no SI?
10. **(Estimativa)** Um estudante consome, em média, 2 litros de água por dia. Quantos mililitros (ml) ele terá consumido ao final de um ano (365 dias)? Expresse em notação científica.
11. **(Desafio de Fermi)** Estime quantas vezes o coração de um adolescente bate em um único dia, considerando uma frequência média de 75 batimentos/min. Apresente o resultado e sua Ordem de Grandeza.
12. **(Dados Reais)** A espessura de uma folha de papel comum é de aproximadamente 0,1 mm.
  - (a) Expresse essa espessura em metros (m) usando notação científica.
  - (b) Se empilharmos 1 milhão ( $10^6$ ) dessas folhas, qual será a altura da pilha em quilômetros (km)?

## 2 – Cinemática

A Física como ciência é muito vasta e requer subdivisões de estudo, uma das grandes áreas que estuda o movimento em condições específicas é a cinemática.

A cinemática estuda o movimento dos corpos sem se preocupar com as causas que o produzem, ou seja, a cinemática descreve como os corpos se movem, enquanto a dinâmica estuda por que os corpos se movem.

### 2.1 Conceitos Fundamentais

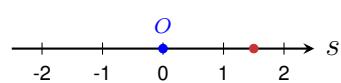
Antes de estudarmos o movimento, precisamos entender alguns conceitos básicos, como referencial, ponto material, corpo extenso e trajetória.

#### 2.1.1 Referencial e Sistemas de Coordenadas

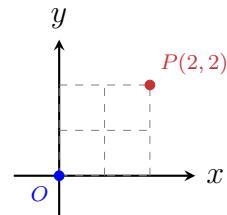
O **referencial** é o corpo ou lugar a partir do qual observamos os fenômenos. Para quantificar essa observação, utilizamos um **sistema de coordenadas**.

##### Sistema de Coordenadas e a Origem

O sistema de coordenadas Fig. 2.1 permite localizar o móvel no espaço. Todo sistema possui uma **origem** (Ponto Zero), que é o ponto de referência para a contagem das posições ( $s$ ).



(a) Sistema Unidimensional (Reta)



(b) Sistema Bidimensional (Plano)

Figura 2.1: Representação visual dos sistemas de coordenadas e suas respectivas origens (O).

- **Movimento:** Variação da posição ao longo do tempo em relação ao referencial.
- **Reposo:** Posição sem alteração ao longo do tempo de acordo com o referencial adotado.

Qualquer corpo móvel ou fixo pode ser escolhido como referencial, desde que sua posição seja conhecida. O sistema de coordenadas é definido após estabelecer a métrica que frequentemente assume valores dentro do SI.

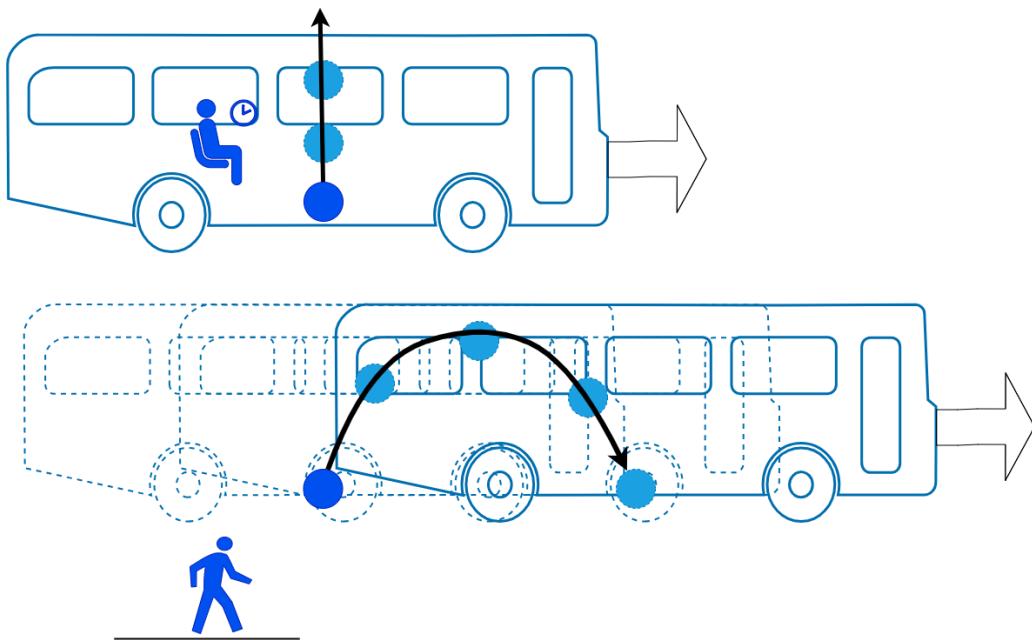


Figura 2.2: Ilustração do movimento relativo de uma esfera: Na figura superior, nota-se um passageiro observando o movimento vertical de uma esfera. Na figura inferior, nota-se um observador externo visualizando uma trajetória parabólica da mesma esfera.

### Exemplo Prático

Considere uma rodovia: o quilômetro zero é a **origem**. Se um carro está parado no KM 20, ele está em repouso em relação à rodovia, mas em movimento em relação ao Sol<sup>2</sup>.

O estado de movimento ou repouso depende do referencial adotado, como ilustrado na Fig. 2.2.

### 2.1.2 Ponto Material e Corpo Extenso

A classificação de um móvel depende da escala do fenômeno observado.

- **Ponto Material:** Suas dimensões são desprezíveis em relação ao fenômeno. Ex: Um planeta orbitando o Sol.
- **Corpo Extenso:** Suas dimensões são relevantes e influenciam no estudo. Ex: Um planeta sendo estudado quanto à sua rotação e inclinação do eixo.

### Critério de Diferenciação

Para diferenciar, comparamos o tamanho do objeto com o espaço que ele ocupa. Se o tamanho do objeto for muito menor que o espaço, ele pode ser tratado como ponto material; caso contrário, é um corpo extenso<sup>3</sup>. A Fig. 2.3 ilustra essa distinção.

### 2.1.3 Trajetória

É o lugar geométrico das posições sucessivas do móvel. Sua forma depende do referencial.

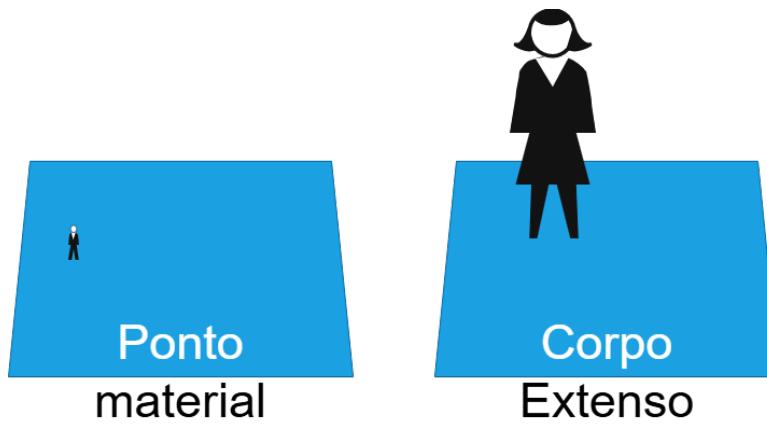


Figura 2.3: A figura demonstra a diferença entre um ponto material e um corpo extenso. À esquerda, uma pessoa sob uma superfície muito extensa. A direita, uma pessoa em uma superfície pequena, onde suas dimensões são relevantes.

## 2.2 Tipos de Movimento

- **Progressivo:**  $v > 0$  (segue a orientação da via).
- **Retrógrado:**  $v < 0$  (contra a orientação da via).



Figura 2.4: Classificação do sentido do movimento em relação à orientação da trajetória.

## 2.3 Velocidade

Mensura a taxa de variação da posição em relação ao tempo. Pode ser classificada em:

- **Velocidade Instantânea:** Grandeza vetorial que indica a velocidade em um instante específico.
- **Velocidade Relativa:** Velocidade de um móvel em relação a outro.
- **Velocidade Escalar Média:** Grandeza escalar que indica a rapidez média de um móvel.

No SI a velocidade é medida em metros por segundo ( $\text{m/s}$ ). Com isso, podemos entender que um móvel com velocidade de  $1\text{m/s}$  percorre  $1\text{m}$  a cada segundo. Fator de conversão vide apêndice D.

### 2.3.1 Velocidade Instantânea

A velocidade instantânea é a taxa de variação da posição num intervalo de tempo próximo a zero. É mensurado com o velocímetro do veículo 2.5. Podemos entender como um limite da velocidade média quando o intervalo de tempo tende a zero.



Figura 2.5: No velocímetro, a velocidade instantânea é indicada pela posição da agulha em um dado instante, refletindo a rapidez do veículo naquele momento específico.

## 2.4 Velocidade Relativa

A velocidade relativa é a rapidez com que um corpo se aproxima ou se afasta de outro. Quando analisamos o movimento de dois corpos simultaneamente, muitas vezes é mais simples adotar um dos móveis como referencial "parado" e observar como o outro se move em relação a ele.

### 2.4.1 Movimento na mesma direção e sentido

Quando dois móveis  $A$  e  $B$  se deslocam no mesmo sentido, a velocidade relativa ( $v_{rel}$ ) entre eles é dada pela diferença dos módulos das suas velocidades conforme Eq 2.1.

$$v_{rel} = |v_A - v_B| \quad (\text{Eq 2.1})$$

Nesse caso, a velocidade relativa indica o quanto rápido um veículo está ganhando distância ou se aproximando para uma ultrapassagem.

### 2.4.2 Movimento na mesma direção e sentidos opostos

Quando dois móveis caminham um de encontro ao outro (aproximação) ou se afastam em sentidos opostos, a velocidade relativa é dada pela soma dos módulos das suas velocidades.

$$v_{rel} = |v_A| + |v_B| \quad (\text{Eq 2.2})$$

### 2.4.3 Tempo de Encontro e Ultrapassagem

O conceito de velocidade relativa simplifica drasticamente problemas de encontro. Se dois móveis estão separados por uma distância inicial  $\Delta S_{rel}$ , o tempo necessário para o encontro ( $t_e$ ) ou para a ultrapassagem completa é:

$$t_e = \frac{\Delta S_{rel}}{v_{rel}} \quad (\text{Eq 2.3})$$

#### Exemplo de Fixação: Ultrapassagem

Dois carros,  $A$  e  $B$ , movem-se no mesmo sentido em uma estrada com velocidades de 100km/h e 80km/h, respectivamente. Qual a velocidade de  $A$  em relação a  $B$ ?

*Resolução:*

Como estão no mesmo sentido, subtraímos as velocidades:

$$v_{rel} = 100 - 80 = 20 \text{ km/h}$$

Isso significa que, para o motorista do carro  $B$ , o carro  $A$  parece estar se aproximando a apenas 20km/h.

### 2.4.4 Velocidade Escalar Média

A velocidade escalar média descreve a velocidade em que se deve ter, de maneira fixa, para percorrer uma dada distância naquele tempo. Diferente da velocidade instantânea, essa velocidade descreve todo um trajeto. A velocidade média pode ser determinada pela razão entre a distância percorrida ( $\Delta S$ ) com o intervalo de tempo gasto ( $\Delta t$ ), como podemos ver na equação Eq 2.4.

$$v_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (\text{Eq 2.4})$$

Com:

$\Delta S = S - S_0 \longleftrightarrow$  Variação da posição (Deslocamento)

$\Delta t = t - t_0 \longleftrightarrow$  Variação do tempo (Intervalo)

$v_m \longleftrightarrow$  Velocidade Escalar Média

Na figura 2.6, um veículo percorre um trajeto curvilíneo, saindo da posição  $S_0$  no tempo  $t_0$  e chegando na posição  $S$  no tempo  $t$ . A velocidade média do veículo é calculada pela razão entre a distância total percorrida e o tempo total gasto. Podemos determinar a velocidade desse veículo aplicando somente a Eq 2.4.

Podemos compreender a velocidade média como sendo a média ponderada das velocidades instantâneas ao longo do trajeto.

A ponderação é determinada pelo tempo gasto em cada trecho do percurso. Se um veículo percorre um trajeto com velocidades variáveis, a velocidade média é calculada considerando o tempo gasto em cada trecho e as respectivas velocidades instantâneas.

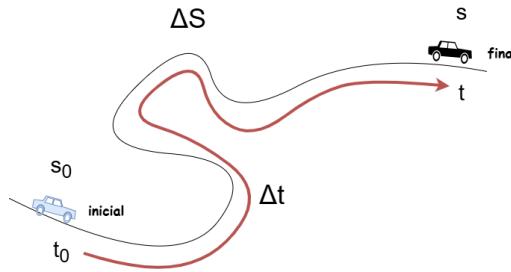


Figura 2.6: Na figura é retratado algumas manobras que um veículo pode realizar. Observe que, o veículo sai da posição  $S_0$  no tempo  $t_0$  e percorre um trajeto curvilíneo até chegar na posição  $S$  no tempo  $t$ .

Note que, se ter velocidades diferentes em cada trecho, haverá tempos diferentes para percorrer aquela distância, com isso, podemos determinar cada distância percorrida em cada trecho e o tempo gasto, para então calcular a razão com o tempo total e por fim determinar a velocidade média do trajeto. Observe a Eq 2.5.

$$v_m = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \cdot \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} \implies v_m = \frac{v_1 \Delta t_1 + v_2 \Delta t_2 + v_3 \Delta t_3 + \dots}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \dots} \quad (\text{Eq 2.5})$$

Um caso semelhante é quando um veículo percorre um trajeto variando sua velocidade, muitas vezes em razão das curvas, semáforos ou outros fatores. Vamos ver alguns exemplos.

## 2.5 Exemplos de Fixação

### Exemplo 1: Cálculo Direto

Um veículo percorre a distância de 240km entre duas cidades em um intervalo de tempo de 3h. Determine a velocidade média do percurso.

*Resolução:*

Utilizamos a definição básica de velocidade média:

$$v_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \implies v_m = \frac{240}{3} = 80 \text{ km/h} \quad (\text{Eq 2.6})$$

### Exemplo 2: Posições e Instantes

Um móvel encontra-se no marco quilométrico  $S_0 = 20\text{km}$  às 14:00h. Após algum tempo, ele atinge a posição  $S = 170\text{km}$  às 16:30h. Qual a sua velocidade média?

*Resolução:*

Precisamos determinar o deslocamento e o intervalo de tempo:

- $\Delta S = S - S_0 = 170 - 20 = 150\text{km}$
- $\Delta t = 16 : 30 - 14 : 00 = 2,5\text{h}$

Aplicando a fórmula da velocidade média:

$$v_m = \frac{150}{2,5} = 60 \text{ km/h} \quad (\text{Eq 2.7})$$

**Exemplo 3: Determinando a Distância**

Um avião mantém uma velocidade média de 900km/h durante um voo de 4h 15min. Qual a distância total percorrida pela aeronave?

*Resolução:*

Convertendo o tempo para unidade decimal ( $15\text{min} = 0,25\text{h}$ ), temos  $\Delta t = 4,25\text{h}$ . Isolando a variação de posição:

$$\Delta S = v_m \cdot \Delta t \implies \Delta S = 900 \cdot 4,25 = 3825\text{km} \quad (\text{Eq 2.8})$$

**Exemplo 4: Previsão de Tempo**

Um ciclista com velocidade constante de 5m/s passa pela posição  $S_0 = 100\text{m}$  no instante  $t = 0$ .

Em quanto tempo ele atingirá a posição  $S = 400\text{m}$ ?

*Resolução:*

O deslocamento necessário é  $\Delta S = S - S_0 = 400 - 100 = 300\text{m}$ . Isolando o tempo:

$$\Delta t = \frac{\Delta S}{v_m} \implies \Delta t = \frac{300}{5} = 60\text{s} \text{ (ou 1 minuto)} \quad (\text{Eq 2.9})$$

**Exemplo 5: Velocidade Média via Tabela**

Um teste de desempenho monitorou um protótipo em três trechos distintos. Determine a velocidade média total do teste com base nos dados abaixo.

| Trecho | Velocidade ( $v_i$ ) | Tempo ( $\Delta t_i$ ) |
|--------|----------------------|------------------------|
| 1      | 20m/s                | 10s                    |
| 2      | 30m/s                | 20s                    |
| 3      | 15m/s                | 10s                    |

*Resolução:*

A velocidade média é a razão entre a distância total ( $\sum \Delta S_i$ ) e o tempo total:

$$v_m = \frac{v_1 \Delta t_1 + v_2 \Delta t_2 + v_3 \Delta t_3}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3} = \frac{(20 \cdot 10) + (30 \cdot 20) + (15 \cdot 10)}{10 + 20 + 10} \quad (\text{Eq 2.10})$$

$$v_m = \frac{200 + 600 + 150}{40} = \frac{950}{40} = 23,75\text{m/s}$$

## 2.6 Questões:

- No estudo da cinemática, dizemos que o repouso e o movimento são conceitos relativos. Explique o que isso significa e qual a importância do **referencial** nessa definição.
- Imagine um passageiro dentro de um trem que se desloca com velocidade constante em uma linha férrea retilínea. O passageiro solta uma moeda.
  - Qual a trajetória da moeda para o passageiro?

- b) Qual a trajetória da moeda para um observador parado na plataforma da estação?
3. Diferencie **ponto material** de **corpo extenso**. É possível que um mesmo objeto (como um transatlântico) seja considerado ponto material em uma situação e corpo extenso em outra? Justifique.
4. Um motorista observa o velocímetro de seu carro e nota que a agulha marca exatamente 100km/h. Esse valor refere-se à velocidade escalar média ou à velocidade escalar instantânea? Justifique sua resposta.
5. O que caracteriza um movimento como **retrógrado**? Nesse caso, o valor da velocidade escalar média será positivo ou negativo?
6. Um atleta completa uma volta em uma pista circular de 400m.
- Qual foi o deslocamento ( $\Delta S$ ) do atleta ao final da volta?
  - A distância percorrida por ele é igual ao seu deslocamento? Explique.
7. No Sistema Internacional de Unidades (SI), qual é a unidade padrão para a velocidade? Por que no cotidiano é mais comum utilizarmos o km/h em vez da unidade do SI?
8. Considere uma rodovia onde a orientação da trajetória cresce de Sul para Norte. Um carro que viaja de uma cidade ao Norte para uma cidade ao Sul está realizando um movimento progressivo ou retrógrado? Por quê?

## 2.7 Exercícios

- Um automóvel percorre uma distância de 450km em 5h. Calcule a velocidade escalar média do veículo nesse trajeto em km/h.
- Um móvel parte da posição  $S_0 = 15m$  e, após 10s, encontra-se na posição  $S = 85m$ . Determine a sua velocidade média no Sistema Internacional (SI).
- Uma aeronave comercial voa com velocidade média de 800km/h. Quanto tempo ela levará para completar um percurso de 2400km entre dois aeroportos?
- Um corredor mantém uma velocidade constante de 4m/s. Qual a posição  $S$  do atleta após 1min de corrida, sabendo que ele partiu da origem das posições ( $S_0 = 0$ )?
- Um trem de 200m de comprimento atravessa um túnel de 300m com velocidade constante de 20m/s. Quanto tempo o trem leva para atravessar completamente o túnel?
- Converta as seguintes velocidades de km/h para m/s ou vice-versa:
  - 72km/h
  - 10m/s

- c) 108km/h  
d) 30m/s

7. Um motorista viaja de uma cidade A até uma cidade B. Ele percorre os primeiros 120km com velocidade de 60km/h e os 120km seguintes com velocidade de 40km/h. Qual a velocidade média para o trajeto total de 240km?
8. Um protótipo de testes realiza um circuito dividido em três etapas, conforme a tabela abaixo:

| Etapa | Velocidade ( $v_i$ ) | Tempo ( $\Delta t_i$ ) |
|-------|----------------------|------------------------|
| A     | 10m/s                | 20s                    |
| B     | 25m/s                | 10s                    |
| C     | 15m/s                | 10s                    |

Com base nos dados, determine a velocidade média total do protótipo ao longo de todo o circuito.

9. Dois automóveis,  $A$  e  $B$ , movem-se em uma estrada retilínea com velocidades constantes  $v_A = 80\text{km/h}$  e  $v_B = 60\text{km/h}$ . Determine a velocidade relativa de  $A$  em relação a  $B$  nas seguintes situações:
- Quando os dois movem-se no mesmo sentido.
  - Quando os dois movem-se em sentidos opostos.
10. Dois trens de carga deslocam-se em trilhos paralelos no mesmo sentido. O trem  $A$  tem comprimento de 150m e velocidade de 15m/s, enquanto o trem  $B$  tem 100m e velocidade de 10m/s. Quanto tempo o trem  $A$  leva para ultrapassar completamente o trem  $B$ ?
11. Dois ciclistas partem simultaneamente de dois pontos de uma ciclovia, distantes 500m um do outro. O ciclista  $A$  parte da posição  $S_{0A} = 0m$  com velocidade constante de 8m/s, e o ciclista  $B$  parte de  $S_{0B} = 500m$  com velocidade constante de 12m/s, em sentidos opostos (indo um de encontro ao outro).
- Qual o módulo da velocidade relativa de aproximação entre os ciclistas?
  - Após quanto tempo ocorrerá o encontro?
  - Em que posição  $S$  da ciclovia eles se encontrarão?
12. Um barco tenta atravessar um rio perpendicularmente à margem com uma velocidade própria de 4m/s. Sabendo que a velocidade da correnteza do rio é de 3m/s, determine o módulo da velocidade resultante do barco em relação à margem (referencial fixo na terra).

## 2.8 Problemas

1. **(Encontro de Móveis)** Dois ciclistas,  $A$  e  $B$ , partem simultaneamente das posições  $S_{0A} = 0m$  e  $S_{0B} = 2000m$  de uma ciclovia retilínea. O ciclista  $A$  move-se com velocidade constante  $v_A = 15m/s$  e o ciclista  $B$  com  $v_B = 10m/s$ , ambos em sentidos opostos (um de encontro ao outro).
  - a) Determine o módulo da velocidade relativa de aproximação entre os ciclistas.
  - b) Calcule o instante  $t$  em que eles se encontram.
  - c) Determine a posição  $S$  do encontro em relação à origem das posições.
2. **(Ultrapassagem de Corpo Extenso)** Um trem de carga possui comprimento total de 250m e viaja com velocidade constante de 54km/h. Ele deve atravessar completamente uma ponte ferroviária de 150m de extensão.
  - a) Converta a velocidade do trem para o Sistema Internacional (m/s).
  - b) Qual a distância total que o trem deve percorrer para atravessar completamente a ponte?
  - c) Quanto tempo, em segundos, o trem leva para concluir a travessia?
3. **(Velocidade Média em Trechos)** Um motorista deseja realizar uma viagem de 300km com uma velocidade média total de 100km/h. Nos primeiros 150km, devido ao tráfego intenso, ele conseguiu manter uma velocidade média de apenas 75km/h.
  - a) Qual foi o tempo gasto para percorrer a primeira metade da viagem?
  - b) Qual deve ser a velocidade média na segunda metade do percurso para que o motorista consiga atingir seu objetivo inicial de 100km/h para a viagem toda?

## 3 – Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

O Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) é o caso mais simples de movimento, servindo como base para a compreensão de dinâmicas mais complexas. Sua principal característica é a manutenção de uma velocidade constante ao longo de uma trajetória reta.

### 3.1 Definição e Características

No MRU, o móvel percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais. Isso implica que:

- A trajetória é uma linha reta.
- A velocidade escalar instantânea é constante e igual à velocidade escalar média ( $v = v_m$ ).
- A aceleração é nula ( $a = 0$ ), pois não há variação no módulo da velocidade.

### 3.2 Função Horária da Posição

A função horária permite determinar a posição ( $s$ ) de um móvel em qualquer instante ( $t$ ), desde que conheçamos sua posição inicial ( $s_0$ ) e sua velocidade ( $v$ ). Partindo da definição de velocidade média:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \implies v = \frac{s - s_0}{t - t_0} \quad (\text{Eq 3.1})$$

Considerando o instante inicial como  $t_0 = 0$ , temos:

$$v = \frac{s - s_0}{t} \implies v \cdot t = s - s_0 \quad (\text{Eq 3.2})$$

Isolando a posição final ( $s$ ), obtemos a **Função Horária do MRU**<sup>2</sup>:

$$s = s_0 + v \cdot t \quad (\text{Eq 3.3})$$

Onde:

- $s$ : Posição final no instante  $t$  (m).
- $s_0$ : Posição inicial no instante  $t = 0$  (m).
- $v$ : Velocidade escalar constante (m/s).
- $t$ : Tempo decorrido (s).

**Exemplo:** Um móvel parte da posição 20m com uma velocidade constante de 5m/s.

Sua função horária será  $s = 20 + 5t$ . No instante  $t = 10s$ , sua posição será:

$$s = 20 + 5(10) = 20 + 50 = 70m$$

### 3.3 Análise de Dados e Tabelas

A identificação de um Movimento Retilíneo Uniforme na prática ocorre através da coleta de posições em intervalos de tempo conhecidos. A principal característica matemática para identificar o MRU em uma tabela é observar que, para intervalos de tempo iguais ( $\Delta t$ ), o deslocamento ( $\Delta s$ ) também deve ser igual.

#### 3.3.1 Identificação Experimental

Considere um móvel cujas posições foram registradas conforme a tabela abaixo:

| Tempo $t$ (s)   | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|
| Posição $s$ (m) | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |

Tabela 3.1: Registro de posições de um móvel em MRU.

Ao analisarmos os dados da Tabela 3.1, notamos que:

- No instante  $t = 0$ , a posição inicial é  $s_0 = 10m$ .
- A cada 1s que passa, a posição aumenta exatamente 5m.
- A razão  $\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{5}{1} = 5m/s$  é constante.

#### 3.3.2 Construção da Função Horária a partir de Dados

Para montar a função horária  $s = s_0 + v \cdot t$  a partir de uma tabela, seguimos dois passos simples:

1. Identificamos  $s_0$  observando o valor de  $s$  quando  $t = 0$ .
2. Calculamos a velocidade  $v$  escolhendo quaisquer dois pontos da tabela e aplicando  $v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$ .

No caso da tabela anterior:

$$s_0 = 10m \quad \text{e} \quad v = \frac{20 - 15}{2 - 1} = 5m/s$$

Logo, a função horária que descreve esses dados é:  $s = 10 + 5t$ .

## REFERÊNCIAS

- [1] H. M. Nussenzveig. *Curso de Física Básica: volumes 1 e 2.* 4<sup>a</sup> ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.
- [2] D. Halliday, R. Resnick e J. Walker. *Fundamentos de Física: volumes 1, 2, 3 e 4.* 9<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- [3] Raymond A. Serway e John W. Jewett. *Princípios de Física. Mecânica Clássica.* 5<sup>a</sup> ed. Vol. 1. São Paulo: Cengage Learning, 2014. ISBN: 978-8522116362.
- [4] BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Ciências da Natureza e suas Tecnologias.* Acesso em: 03 fev. 2026. 2018. URL: <http://download.basenacionalcomum.mec.gov.br>.
- [5] R. A. Bonjorno. *Física Completa: volume único.* São Paulo: FTD, 2001.
- [6] A. M. R. de Luz. *Física: Volume único (Coleção de olho no mundo do trabalho).* São Paulo: Scipione, 2003.
- [7] A. Gonçalves Filho e C. Toscano. *Física: Volume único.* 1<sup>a</sup> ed. São Paulo: Scipione, 2008.
- [8] J. L. Sampaio. *Física: Ensino Médio Atual. Volume único.* São Paulo: Atual, 2003.
- [9] BIPM. *The International System of Units (SI).* 9<sup>a</sup> ed. Bureau International des Poids et Mesures. Sèvres, France, 2019. URL: <https://www.bipm.org> (acesso em 20/05/2024).

# Apêndice A – Sistema Internacional de Unidades

Tabela A.1: Grandezas e Unidades no SI para o Ensino Médio

| Grandezza                    | Unidade (SI)                  | Símbolo  |
|------------------------------|-------------------------------|----------|
| Comprimento                  | metro                         | m        |
| Massa                        | quilograma                    | kg       |
| Tempo                        | segundo                       | s        |
| Corrente Elétrica            | ampere                        | A        |
| Temperatura Termodinâmica    | kelvin                        | K        |
| Quantidade de Substância     | mol                           | mol      |
| Intensidade Luminosa         | candela                       | cd       |
| Área                         | metro quadrado                | $m^2$    |
| Volume                       | metro cúbico                  | $m^3$    |
| Frequência                   | hertz                         | Hz       |
| Velocidade                   | metro por segundo             | m/s      |
| Aceleração                   | metro por segundo ao quadrado | $m/s^2$  |
| Força                        | newton                        | N        |
| Pressão / Tensão             | pascal                        | Pa       |
| Energia / Trabalho / Calor   | joule                         | J        |
| Potência                     | watt                          | W        |
| Carga Elétrica               | coulomb                       | C        |
| Diferença de Potencial (ddp) | volt                          | V        |
| Resistência Elétrica         | ohm                           | $\Omega$ |
| Capacitância                 | farad                         | F        |
| Fluxo Magnético              | weber                         | Wb       |
| Indução Magnética (Campo B)  | tesla                         | T        |

**Nota:** Unidades como o grau Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) são aceitas pelo SI, mas a unidade base para temperatura é o Kelvin.

## Apêndice B – Prefixos

Os prefixos do SI permitem escrever quantidades muito grandes ou muito pequenas de forma simplificada, utilizando potências de base  $10^2$ .

Tabela B.1: Prefixos do SI, potências e representação decimal.

| Prefixo   | Símbolo | Potência   | Representação Decimal (Zeros)        |
|-----------|---------|------------|--------------------------------------|
| Quetta    | Q       | $10^{30}$  | 1 seguido de 30 zeros                |
| Ronna     | R       | $10^{27}$  | 1 seguido de 27 zeros                |
| Yotta     | Y       | $10^{24}$  | 1.000.000.000.000.000.000.000.000    |
| Zetta     | Z       | $10^{21}$  | 1.000.000.000.000.000.000.000.000    |
| Exa       | E       | $10^{18}$  | 1.000.000.000.000.000.000.000.000    |
| Peta      | P       | $10^{15}$  | 1.000.000.000.000.000.000.000.000    |
| Tera      | T       | $10^{12}$  | 1.000.000.000.000 (12 zeros)         |
| Giga      | G       | $10^9$     | 1.000.000.000 (9 zeros)              |
| Mega      | M       | $10^6$     | 1.000.000 (6 zeros)                  |
| Quilo     | k       | $10^3$     | 1.000 (3 zeros)                      |
| Hecto     | h       | $10^2$     | 100 (2 zeros)                        |
| Deca      | da      | $10^1$     | 10 (1 zero)                          |
| (unidade) | —       | $10^0$     | 1 (nenhum)                           |
| Deci      | d       | $10^{-1}$  | 0,1 (1ª casa decimal)                |
| Centi     | c       | $10^{-2}$  | 0,01 (2ª casa decimal)               |
| Mili      | m       | $10^{-3}$  | 0,001 (3ª casa decimal)              |
| Micro     | $\mu$   | $10^{-6}$  | 0,000.001 (6ª casa decimal)          |
| Nano      | n       | $10^{-9}$  | 0,000.000.001 (9ª casa decimal)      |
| Pico      | p       | $10^{-12}$ | 0,000.000.000.001 (12ª casa decimal) |
| Femto     | f       | $10^{-15}$ | 15ª casa decimal                     |
| Atto      | a       | $10^{-18}$ | 18ª casa decimal                     |
| Zepto     | z       | $10^{-21}$ | 21ª casa decimal                     |
| Yocto     | y       | $10^{-24}$ | 24ª casa decimal                     |
| Ronto     | r       | $10^{-27}$ | 27ª casa decimal                     |
| Quecto    | q       | $10^{-30}$ | 30ª casa decimal                     |

## Apêndice C – Alfabeto Grego

A tabela abaixo apresenta as letras gregas mais utilizadas no estudo da Física e suas aplicações comuns.

Tabela C.1: Alfabeto Grego Completo e Aplicações na Física.

| Nome    | Maiúscula  | Minúscula  | Aplicação Comum                                    |
|---------|------------|------------|--|
| Alfa    | $A$        | $\alpha$   | Aceleração angular, decaimento radioativo          |
| Beta    | $B$        | $\beta$    | Radiação beta, velocidade relativa ( $v/c$ )       |
| Gama    | $\Gamma$   | $\gamma$   | Radiação gama, fator de Lorentz                    |
| Delta   | $\Delta$   | $\delta$   | Variação ( $\Delta$ ), função delta de Dirac       |
| Epsilon | $E$        | $\epsilon$ | Permissividade elétrica, erro infinitesimal        |
| Zeta    | $Z$        | $\zeta$    | Função zeta, amortecimento                         |
| Eta     | $H$        | $\eta$     | Rendimento de máquinas térmicas, viscosidade       |
| Theta   | $\Theta$   | $\theta$   | Ângulos, temperatura                               |
| Iota    | $I$        | $\iota$    | Raramente usada em física básica                   |
| Kappa   | $K$        | $\kappa$   | Constante dielétrica, compressibilidade            |
| Lambda  | $\Lambda$  | $\lambda$  | Comprimento de onda, constante linear de carga     |
| Mu      | $M$        | $\mu$      | Coeficiente de atrito, permeabilidade magnética    |
| Nu      | $N$        | $\nu$      | Frequência de onda (alternativa ao $f$ )           |
| Xi      | $\Xi$      | $\xi$      | Deslocamento de partículas, autovalores            |
| Ômicron | $O$        | $o$        | Raramente usada (idêntica ao 'o' latino)           |
| Pi      | $\Pi$      | $\pi$      | Constante circular, produtório                     |
| Rô      | $P$        | $\rho$     | Densidade volumétrica, resistividade               |
| Sigma   | $\Sigma$   | $\sigma$   | Somatório, densidade superficial de carga          |
| Tau     | $T$        | $\tau$     | Torque, constante de tempo, tensão de cisalhamento |
| Upsilon | $\Upsilon$ | $\upsilon$ | Partículas elementares (méson Upsilon)             |
| Fi      | $\Phi$     | $\phi$     | Fluxo magnético, fase inicial, potencial elétrico  |
| Qui     | $X$        | $\chi$     | Susceptibilidade magnética/elétrica                |
| Psi     | $\Psi$     | $\psi$     | Função de onda (Mecânica Quântica)                 |
| Ômega   | $\Omega$   | $\omega$   | Resistência elétrica, velocidade angular           |

## Apêndice D – Fatores de Conversão

Tabela D.1: Fatores de Conversão para Unidades do SI

| Grandezza          | Unidade (Não-SI)             | Equivalente SI                   |
|--------------------|------------------------------|----------------------------------|
| <b>Comprimento</b> | 1 polegada (in)              | $2,54 \cdot 10^{-2}$ m (exato)   |
|                    | 1 pé (ft)                    | 0,3048 m (exato)                 |
|                    | 1 milha (mi)                 | 1,609 km                         |
|                    | 1 légua                      | 4,828 km                         |
|                    | 1 angstrom ( $\text{\AA}$ )  | $1 \cdot 10^{-10}$ m             |
| <b>Massa</b>       | 1 onça (oz)                  | 28,35 g                          |
|                    | 1 libra (lb)                 | 0,4536 kg                        |
|                    | 1 tonelada (t)               | $1 \cdot 10^3$ kg                |
|                    | 1 slug                       | 14,59 kg                         |
| <b>Volume</b>      | 1 litro (L)                  | $1 \cdot 10^{-3}$ m <sup>3</sup> |
|                    | 1 galão (gal)                | 3,785 L                          |
|                    | 1 onça líquida (fl oz)       | 29,57 mL                         |
| <b>Velocidade</b>  | 1 km/h                       | 0,2778 m/s (ou $\div 3,6$ )      |
|                    | 1 milha/h (mph)              | 0,4470 m/s                       |
|                    | 1 nó (knot)                  | 0,5144 m/s                       |
| <b>Força</b>       | 1 libra-força (lbf)          | 4,448 N                          |
|                    | 1 quilograma-força (kgf)     | 9,8066 N                         |
|                    | 1 dina (dyn)                 | $1 \cdot 10^{-5}$ N              |
| <b>Pressão</b>     | 1 atmosfera (atm)            | $1,013 \cdot 10^5$ Pa            |
|                    | 1 bar                        | $1 \cdot 10^5$ Pa                |
|                    | 1 torr (mmHg)                | 133,3 Pa                         |
|                    | 1 psi                        | $6,895 \cdot 10^3$ Pa            |
| <b>Energia</b>     | 1 caloria (cal)              | 4,186 J                          |
|                    | 1 elétron-volt (eV)          | $1,602 \cdot 10^{-19}$ J         |
|                    | 1 British Thermal Unit (BTU) | 1055 J                           |

**Nota:** Fatores expressos em notação científica seguem o padrão estabelecido pelo [9].

# Apêndice E – Constantes Físicas Fundamentais

## E.1 Constantes Universais

As constantes abaixo são fundamentais para o desenvolvimento das leis da Física moderna e clássica<sup>9</sup>.

Tabela E.1: Constantes de Físicas

| Constante                   | Símbolo     | Valor Aproximado        | Unidade (SI)   |
|-----------------------------|-------------|-------------------------|----------------|
| Raio de Bohr                | $a_0$       | $5,2917 \cdot 10^{-11}$ | m              |
| Magneton de Bohr            | $\mu_B$     | $9,2740 \cdot 10^{-24}$ | J/T            |
| Magneton de Nuclear         | $\mu_N$     | $5,0507 \cdot 10^{-27}$ | J/T            |
| Constante de Rydberg        | $R_\infty$  | $1,0973 \cdot 10^7$     | $m^{-1}$       |
| Constante de estrutura fina | $\alpha$    | $7,2973 \cdot 10^{-3}$  | (adimensional) |
| Massa do nêutron            | $m_n$       | $1,6749 \cdot 10^{-27}$ | kg             |
| Massa do mûon               | $m_\mu$     | $1,8835 \cdot 10^{-28}$ | kg             |
| Comprimento de onda Compton | $\lambda_C$ | $2,4263 \cdot 10^{-12}$ | m              |
| Constante de Faraday        | $F$         | $9,6485 \cdot 10^4$     | C/mol          |
| Constante de Wien           | $b$         | $2,8977 \cdot 10^{-3}$  | $m \cdot K$    |
| Massa Solar                 | $M_\odot$   | $1,9884 \cdot 10^{30}$  | kg             |
| Raio Solar                  | $R_\odot$   | $6,957 \cdot 10^8$      | m              |
| Unidade Astronômica         | $au$        | $1,4959 \cdot 10^{11}$  | m              |
| Parsec                      | $pc$        | $3,0856 \cdot 10^{16}$  | m              |

## E.2 Propriedades Térmicas da Matéria

A tabela E.2 apresenta os valores de calor específico ( $c$ ), as temperaturas de fusão ( $T_f$ ) e ebulação ( $T_v$ ), os calores latentes de fusão ( $L_f$ ) e vaporização ( $L_v$ ) e o coeficiente de dilatação linear ( $\alpha$ )<sup>2</sup>.

Tabela E.2: Propriedades Térmicas

| <b>Substância</b> | <i>c</i><br>(cal/g · °C) | <i>T<sub>f</sub></i><br>(°C) | <i>L<sub>f</sub></i><br>(cal/g) | <i>T<sub>v</sub></i><br>(°C) | <i>L<sub>v</sub></i><br>(cal/g) | $\alpha$<br>(10 <sup>-6</sup> /°C) |
|-------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Aço               | 0,107                    | 1535                         | 65,0                            | 2750                         | 1520                            | 11,0                               |
| Água/Gelo         | 1,00                     | 0,00                         | 80,0                            | 100                          | 540                             | —                                  |
| Álcool etílico    | 0,580                    | -114                         | 24,9                            | 78,0                         | 204                             | 750                                |
| Alumínio          | 0,215                    | 660                          | 94,0                            | 2450                         | 2720                            | 23,0                               |
| Chumbo            | 0,0305                   | 327                          | 5,85                            | 1750                         | 208                             | 29,0                               |
| Cobre             | 0,0920                   | 1083                         | 49,0                            | 2567                         | 1130                            | 17,0                               |
| Concreto          | 0,200                    | —                            | —                               | —                            | —                               | 12,0                               |
| Diamante          | 0,124                    | 3550                         | 400                             | 4827                         | 2200                            | 1,00                               |
| Estanho           | 0,0540                   | 232                          | 14,1                            | 2270                         | 596                             | 20,0                               |
| Ferro             | 0,107                    | 1535                         | 65,0                            | 2750                         | 1520                            | 12,0                               |
| Glicerina         | 0,580                    | 18,0                         | 47,7                            | 290                          | 198                             | 500                                |
| Latão             | 0,0920                   | 900                          | 40,0                            | 1050                         | 380                             | 19,0                               |
| Mercúrio          | 0,0330                   | -38,9                        | 2,80                            | 357                          | 65,0                            | 180                                |
| Ouro              | 0,0308                   | 1063                         | 15,4                            | 2660                         | 377                             | 14,0                               |
| Platina           | 0,0320                   | 1772                         | 27,0                            | 3827                         | 600                             | 9,00                               |
| Prata             | 0,0560                   | 961                          | 21,1                            | 2193                         | 558                             | 19,0                               |
| Tungstênio        | 0,0320                   | 3410                         | 44,0                            | 5555                         | 1150                            | 4,50                               |
| Vidro (comum)     | 0,200                    | 1100                         | —                               | —                            | —                               | 9,00                               |
| Vidro (Pyrex)     | 0,200                    | 1260                         | —                               | —                            | —                               | 3,20                               |
| Zinco             | 0,0930                   | 420                          | 24,0                            | 907                          | 422                             | 30,0                               |