

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

1 Introdução à Física: Grandezas Físicas	1
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:	5
1.6 Exercícios:	5
1.7 Problemas:	6
2 Cinemática	7
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:	14
2.7 Exercícios	14
2.8 Problemas	16
3 Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)	17
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
3.4 Construção Gráfica do MRU	19
3.4.1 Gráficos de Posição por Tempo ($s \times t$)	19
3.4.2 Gráfico Velocidade x Tempo ($v \times t$)	19

3.5	Passo a Passo: Construindo o Gráfico no Caderno	20
3.6	Questões:	22
3.7	Exercícios:	23
3.8	Problemas:	24
4	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)	26
4.1	Aceleração Escalar	26
4.2	Função Horária da Velocidade	26
4.3	Classificação do Movimento	27
4.4	Função Horária da Posição	27
4.5	Equação de Torricelli	29
4.5.1	Dedução Matemática	29
4.5.2	Exemplo de Aplicação	30
4.6	Velocidade Média no MRUV	31
4.6.1	Definição Matemática	31
4.6.2	Exemplo de Aplicação	31
4.7	Questões:	32
4.8	Exercícios:	32
4.9	Problemas:	34
A	Sistema Internacional de Unidades	37
B	Prefixos	38
C	Alfabeto Grego	39
D	Fatores de Conversão	40
E	Constantes Físicas Fundamentais	41
E.1	Constantes Universais	41
E.2	Propriedades Térmicas da Matéria	41

Lista de Figuras

2.1	Movimento relativo no ônibus	8
2.2	Movimento relativo no ônibus	9
2.3	Sentidos de movimento em relação à trajetória.	9
2.4	Velocímetro	10
2.5	Veículo em trajeto curvilíneo	12
3.1	Gráfico de posição versus tempo para um MRU.	18
3.2	Gráfico que descreve o movimento de um objeto móvel.	23
4.1	A figura representa o efeito da aceleração perante a velocidade num movimento acelerado.	26
4.2	Representação esquemática de uma colisão de uma bala na madeira.	30
4.3	Interpretação geométrica da velocidade média.	31
4.4	Velocidade escalar de um móvel em função do tempo.	33

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 energia¹.

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 ²
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 (m^2) ou volume (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 (3×10^8 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:

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:

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^3 para kg/m^3 .
- (d) 1 dia para segundos.
- (e) 10 m^2 para cm^2 .

1.7 Problemas:

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

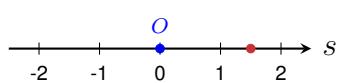
Antes de estudarmos o movimento, precisamos entender alguns conceitos básicos, como referencial, ponto material, corpo extenso e trajetória.

2.1.1 Referencial e Sistemas de Coordenadas

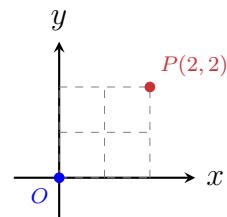
O **referencial** é o corpo ou lugar a partir do qual observamos os fenômenos. Para quantificar essa observação, utilizamos um **sistema de coordenadas**.

Sistema de Coordenadas e a Origem

O sistema de coordenadas Gráfico 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)

Gráfico 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.

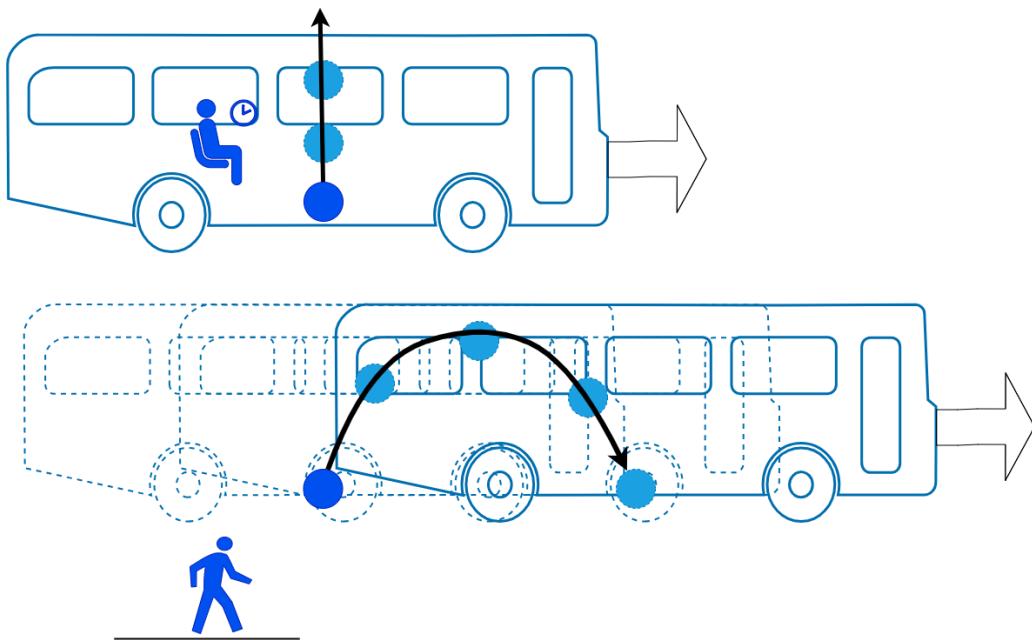


Figura 2.1: Ilustração do movimento relativo de uma esfera: Na figura superior, nota-se um passageiro observando o movimento vertical de uma esfera. Na figura inferior, nota-se um observador externo visualizando uma trajetória parabólica da mesma esfera.

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 Sol².

O estado de movimento ou repouso depende do referencial adotado, como ilustrado na fig. 2.1.

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 extenso³. A fig. 2.2 ilustra essa distinção.

2.1.3 Trajetória

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

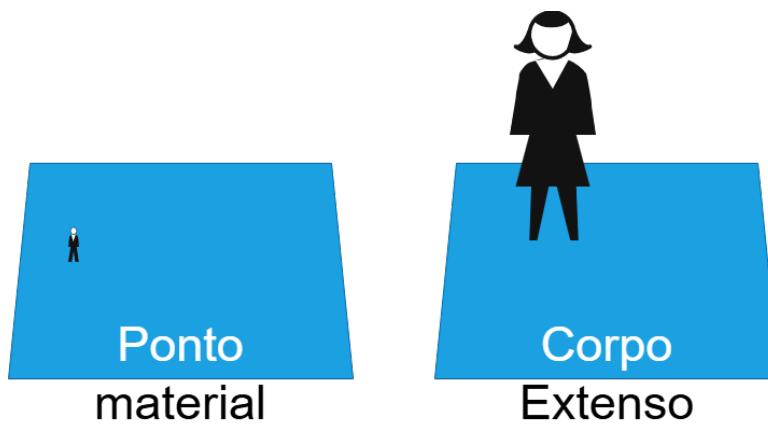


Figura 2.2: A figura demonstra a diferença entre um ponto material e um corpo extenso. À esquerda, uma pessoa sob uma superfície muito extensa. A direita, uma pessoa em uma superfície pequena, onde suas dimensões são relevantes.

2.2 Tipos de Movimento

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

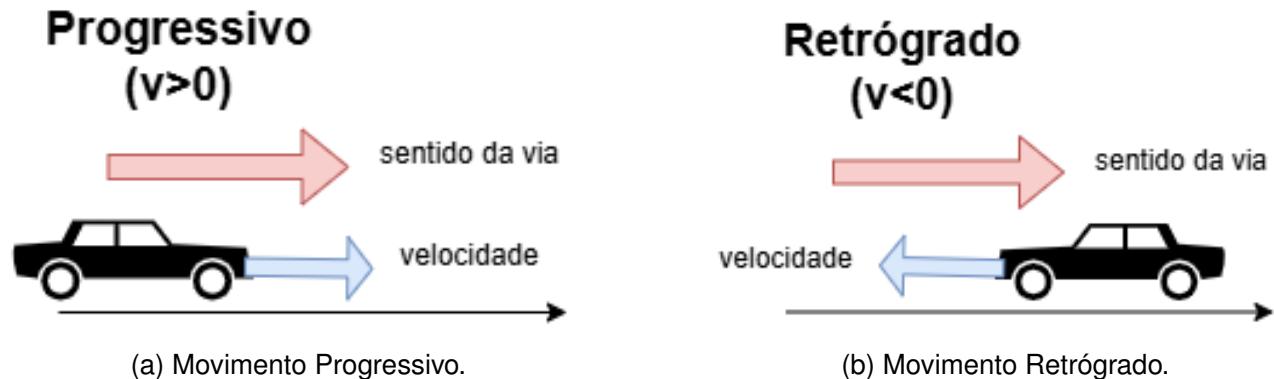


Figura 2.3: Sentidos de movimento em relação à trajetória.

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 (m/s). Com isso, podemos entender que um móvel com velocidade de 1m/s percorre 1m 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 2.4. Podemos entender como um limite da velocidade média quando o intervalo de tempo tende a zero.



Figura 2.4: 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 ΔS_{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 (ΔS) com o intervalo de tempo gasto (Δt), 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 2.5, 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.

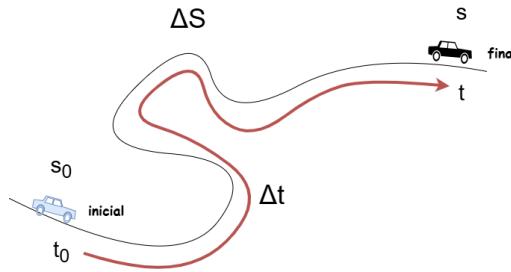


Figura 2.5: Na figura é retratado algumas manobras que um veículo pode realizar. Observe que, o veículo sai da posição S_0 no tempo t_0 e percorre um trajeto curvilíneo até chegar na posição S no tempo t .

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 (Δt_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:

1. 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.
2. Imagine um passageiro dentro de um trem que se desloca com velocidade constante em uma linha férrea retilínea. O passageiro solta uma moeda.
 - a) 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.
 - a) Qual foi o deslocamento (ΔS) do atleta ao final da volta?
 - b) 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

1. Um automóvel percorre uma distância de 450km em 5h. Calcule a velocidade escalar média do veículo nesse trajeto em km/h.
2. 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).
3. Uma aeronave comercial voa com velocidade média de 800km/h. Quanto tempo ela levará para completar um percurso de 2400km entre dois aeroportos?

4. 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 ($S_0 = 0$)?
5. 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?
6. Converta as seguintes velocidades de km/h para m/s ou vice-versa:
 - a) 72km/h
 - b) 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 (Δt_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:
 - a) Quando os dois movem-se no mesmo sentido.
 - b) 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).

- a) Qual o módulo da velocidade relativa de aproximação entre os ciclistas?
- b) Após quanto tempo ocorrerá o encontro?
- c) 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**²:

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

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 (Δt), o deslocamento (Δs) também deve ser igual.

3.3.1 Identificação Experimental

Considere um móvel da fig. 3.1, cujas posições foram registradas conforme a tabela tabela 3.1.

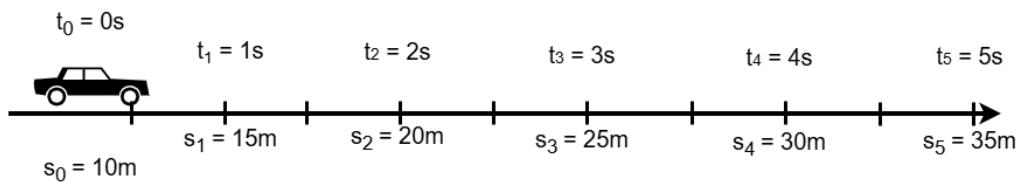


Figura 3.1: Gráfico de posição versus tempo para um MRU.

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.
- Pode-se extrapolar os dados para qualquer instante t usando a função horária $s = 10 + 5t$, de modo que, podemos prever a posição do móvel em instantes futuros ou passados, confirmando a natureza uniforme do movimento.

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:

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

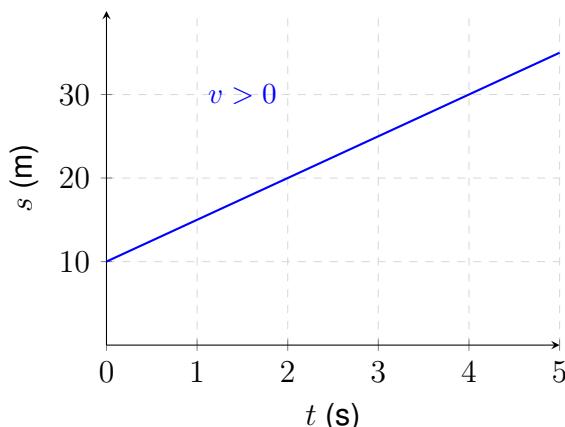
Logo, a função horária que descreve esses dados é: $s = 10 + 5t$.

3.4 Construção Gráfica do MRU

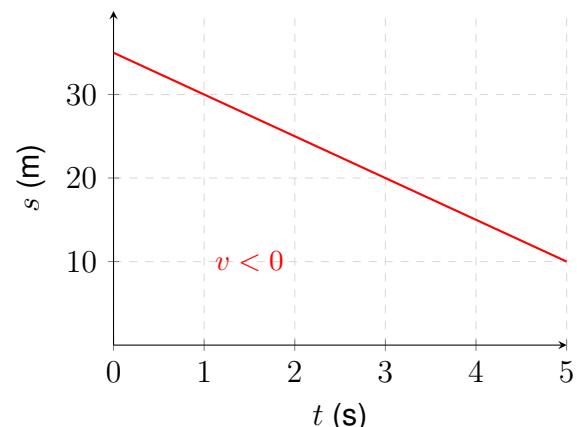
A análise gráfica permite identificar visualmente o comportamento da velocidade e da posição. No MRU, como a função horária $s = s_0 + v \cdot t$ é uma equação do primeiro grau, sua representação no plano $s \times t$ será sempre uma reta inclinada.

3.4.1 Gráficos de Posição por Tempo ($s \times t$)

Para uma melhor compreensão, dividimos os gráficos de acordo com o sentido do movimento em relação à trajetória:



(a) Movimento Progressivo ($v > 0$): A posição aumenta com o tempo.



(b) Movimento Retrógrado ($v < 0$): A posição diminui com o tempo.

Gráfico 3.1: Comparação entre os gráficos de posição por tempo para diferentes sentidos de velocidade no MRU.

Na Gráfico 3.1(a), a reta possui inclinação positiva, indicando que a posição do móvel aumenta com o tempo, caracterizando um movimento progressivo. Já na Gráfico 3.1(b), a reta tem inclinação negativa, mostrando que a posição diminui com o tempo, caracterizando um movimento retrógrado.

3.4.2 Gráfico Velocidade x Tempo ($v \times t$)

No MRU, a velocidade é constante e diferente de zero. Graficamente, isso resulta em uma **reta horizontal**.

Propriedade da Área: A área entre a reta da velocidade e o eixo do tempo é numericamente igual ao deslocamento (Δs) do móvel no intervalo de tempo selecionado.

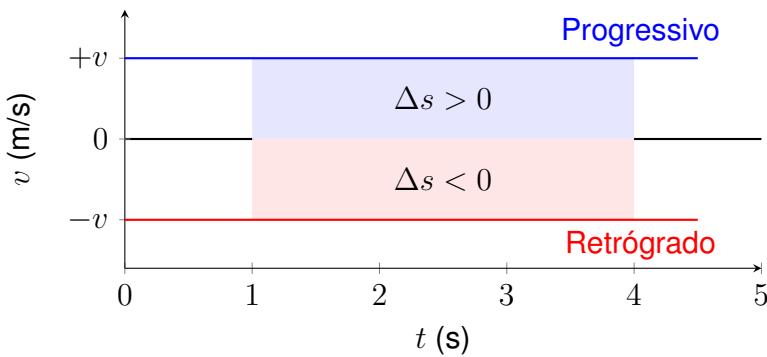


Gráfico 3.2: Gráfico de velocidade no MRU. A área sombreada representa o deslocamento $\Delta s = v \cdot \Delta t$.

3.5 Passo a Passo: Construindo o Gráfico no Caderno

Para transformar a equação horária $s = 10 + 5t$ em um gráfico profissional usando régua e papel, siga estas etapas:

1º Passo: Construção da Tabela de Dados

Não tente desenhar o gráfico direto. Primeiro, calcule pelo menos 3 pontos para garantir que sua reta não fique "torta".

Instante t (s)	0	1	2	3	4	5
Cálculo	$10 + 5(0)$	$10 + 5(1)$	$10 + 5(2)$	$10 + 5(3)$	$10 + 5(4)$	$10 + 5(5)$
Posição s (m)	10	15	20	25	30	35

Com isso chegamos a 3.1 apresentada anteriormente, que é a base para a construção gráfica.

2º Passo: Definição da Escala (Uso da Régua)

Este é o segredo para o gráfico caber na folha. Vamos converter os valores físicos em centímetros reais:

- **No eixo horizontal (Tempo):** Adote **1 cm = 1 s**. Se seu gráfico vai até 10 s, desenhe uma linha de 10 cm.
- **No eixo vertical (Posição):** Adote **1 cm = 10 m**. Como precisamos chegar a 60 m, desenhe uma linha de 6 cm.
- **Observação:** Em situações diversas, é recomendado pegar o maior valor e subtrair do menor para encontrar o intervalo de variação, e então escolher pontos estratégicos dentro desse intervalo para garantir uma boa representação gráfica. Recomenda-se usar valores redondos para facilitar na hora de marcar os pontos. Por regra geral, é interessante

escolher uma escala que permita que o gráfico ocupe a maior parte da folha, mas sem ultrapassá-la. Se os valores forem muito grandes ou muito pequenos, ajuste a escala para garantir que o gráfico seja legível e bem distribuído na página.

3º Passo: Plotagem e Destaques Geométricos

Agora, transporte os dados para o papel seguindo estas orientações:

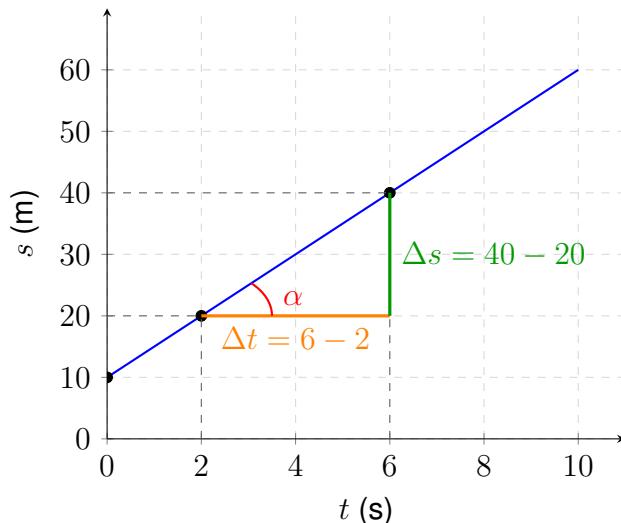


Gráfico 3.3: Decomposição do movimento: a velocidade é a razão entre o deslocamento (Δs) e o intervalo de tempo (Δt).

1. **Marque o s_0 :** É o ponto onde a reta toca o eixo vertical (em $t = 0$).
2. **Trace as projeções:** Use linhas tracejadas para ligar o tempo à posição correspondente (ex: 6 s em 40 m).
3. **Desenhe a reta:** Una os pontos. No MRU, a linha **deve** ser perfeitamente reta.
4. **Observe que:** Os intervalos de tempo iguais (ex: 0-2 s, 2-4 s) correspondem a deslocamentos iguais (ex: 10 m). Isso é a essência do MRU.
5. **Inclinação:** A inclinação da reta é diretamente proporcional à velocidade. Quanto mais inclinada, maior a velocidade. No exemplo, a inclinação é constante, confirmando o caráter uniforme do movimento. Com isso:

$$v = \tan(\alpha) = \frac{\Delta s}{\Delta t} \implies v = \frac{40 - 20}{6 - 2} = 5 \text{ m/s} \quad (\text{Eq 3.4})$$

3.6 Questões:

Responda às questões abaixo com base nos conceitos de Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e na análise de seus gráficos.

1. No gráfico de posição por tempo ($s \times t$) do MRU, a inclinação da reta em relação ao eixo horizontal fornece uma informação física fundamental. Essa inclinação é numericamente igual a:
 - (a) A aceleração constante do móvel.
 - (b) A posição inicial (s_0) de onde o móvel partiu.
 - (c) A velocidade escalar média do movimento.
 - (d) O deslocamento total efetuado pelo corpo.
2. Analise a função horária $s = 50 - 2t$ (unidades no SI). Sobre o movimento descrito por essa equação, é correto afirmar que:
 - (a) O movimento é progressivo, pois a posição inicial é positiva.
 - (b) O móvel encontra-se em repouso no instante $t = 25$ s.
 - (c) O movimento é retrógrado, indicando que o móvel caminha contra a orientação da trajetória.
 - (d) A velocidade do móvel aumenta em 2 m/s a cada segundo que passa.
3. Durante a construção de um gráfico $s \times t$, um aluno percebe que a reta cruza o eixo horizontal exatamente no valor $t = 4$ s. O significado físico desse ponto de intersecção é:
 - (a) O instante em que o móvel inverte o sentido do seu movimento.
 - (b) O instante em que o móvel passa pela origem das posições ($s = 0$).
 - (c) O momento em que o cronômetro foi acionado pelo observador.
 - (d) O ponto de maior velocidade atingida pelo móvel na trajetória.
4. Por que é indispensável manter uma escala constante (ex: cada 1 cm na régua valendo sempre 10 m no papel) ao desenhar os eixos de um gráfico de MRU?
 - (a) Apenas por uma questão de estética e organização visual da apostila.
 - (b) Para garantir que a reta do gráfico sempre comece na origem (0,0).
 - (c) Para evitar que a representação visual da velocidade sofra distorções, mantendo a linearidade da reta.
 - (d) Para que o ângulo de inclinação seja obrigatoriamente de 45° .
5. Se dobrarmos o valor da velocidade de um móvel em MRU, como essa alteração será observada visualmente no gráfico de posição por tempo?

- (a) A reta se tornará uma parábola voltada para cima.
- (b) A reta ficará mais "em pé"(maior inclinação em relação ao eixo horizontal).
- (c) A reta se deslocará verticalmente, alterando o valor de s_0 .
- (d) A reta se tornará perfeitamente horizontal, paralela ao eixo do tempo.

3.7 Exercícios:

1. Um móvel realiza um movimento retilíneo cuja tabela de posições em função do tempo é dada abaixo:

t (s)	0	2	4	6	8
s (m)	20	30	40	50	60

Determine a velocidade escalar do móvel e escreva sua função horária das posições.

2. Um ponto material movimenta-se sobre uma trajetória retilínea obedecendo à função horária $s = -15 + 3t$ (SI). Determine:
- a) A posição inicial e a velocidade.
 - b) A posição do móvel no instante $t = 10$ s.
 - c) O instante em que o móvel passa pela origem das posições ($s = 0$).
3. Um carro mantém uma velocidade constante de 72 km/h em uma rodovia retilínea. Calcule a distância percorrida pelo veículo após 15 minutos de viagem.
4. Um objeto move-se de acordo com o gráfico $s \times t$ abaixo. Determine a velocidade do objeto e classifique o movimento como progressivo ou retrógrado. fig. 3.2

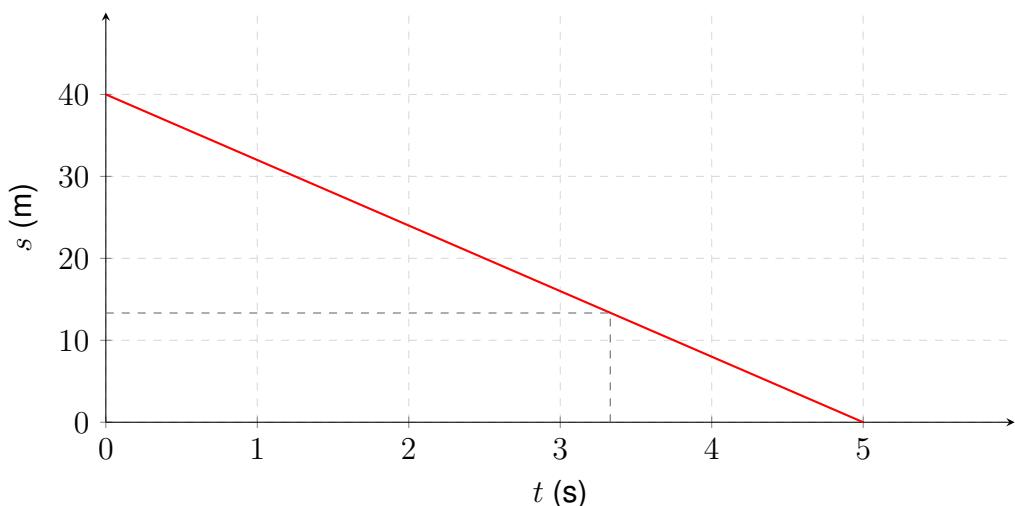
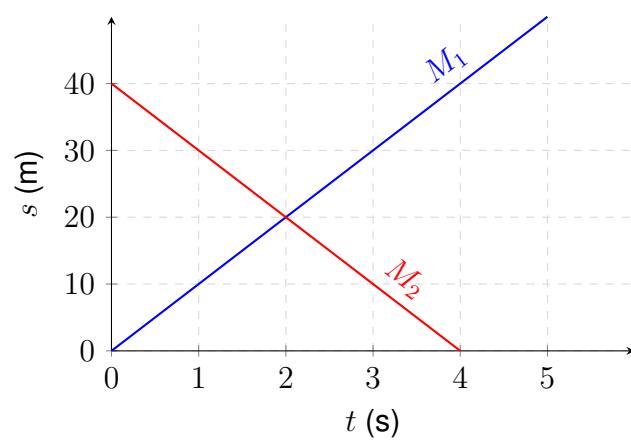


Figura 3.2: Gráfico que descreve o movimento de um objeto móvel.

5. A função horária de um projétil é $s = 100 + 20t$ (SI). Qual será a posição deste projétil, em quilômetros, após 2 minutos de movimento?
6. Dois móveis, A e B, possuem as seguintes funções horárias: $s_A = 10 + 2t$ e $s_B = 40 - 3t$ (SI). Determine o instante e a posição em que esses dois móveis se encontram.
7. Um ciclista percorre 4 km com velocidade constante de 12 km/h e, em seguida, mais 6 km com velocidade constante de 18 km/h. Determine o tempo total do percurso.
8. Desenhe o gráfico de velocidade por tempo ($v \times t$) para um móvel que se desloca segundo a função $s = 50 - 5t$ (SI), para o intervalo de 0 a 10 s.
9. Um trem de 100 m de comprimento atravessa uma ponte de 50 m com velocidade constante de 15 m/s. Quanto tempo o trem leva para atravessar completamente a ponte?
10. Um aluno deseja construir um gráfico para a função $s = 5 + 25t$. Se ele utilizar uma régua e adotar a escala de 1 cm para cada 5 m no eixo vertical, a que altura (em cm) estará o ponto correspondente ao instante $t = 3$ s?

3.8 Problemas:

1. Duas cidades, A e B, estão separadas por uma distância de 300 km. No mesmo instante, um carro parte da cidade A em direção a B com velocidade constante de 80 km/h, enquanto um caminhão parte de B em direção a A com velocidade constante de 70 km/h.
 - a) Determine as funções horárias das posições para ambos os veículos, adotando a cidade A como a origem ($s = 0$).
 - b) Calcule após quanto tempo os veículos se encontrarão na rodovia.
 - c) Qual a posição do ponto de encontro em relação à cidade A?
2. Um trem de carga de 200 m de comprimento viaja com velocidade constante de 36 km/h. Ele deve atravessar completamente um túnel de 100 m de extensão.
 - a) Converta a velocidade do trem para metros por segundo (m/s).
 - b) Qual é a distância total que o trem deve percorrer para que o último vagão saia completamente do túnel?
 - c) Quanto tempo, em segundos, dura a travessia completa?
3. Dois móveis, M_1 e M_2 , caminham sobre a mesma trajetória retilínea. O gráfico abaixo representa as suas posições em função do tempo: item 3



A partir da análise do gráfico, determine:

- As funções horárias de M_1 e M_2 .
- O instante exato em que os móveis se cruzam.
- A classificação (progressivo ou retrógrado) de cada movimento.

4 – Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

4.1 Aceleração Escalar

No estudo da cinemática, quando a velocidade de um corpo deixa de ser constante, introduzimos o conceito de **aceleração**. No Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), a característica fundamental é que a aceleração escalar é constante e diferente de zero.

A aceleração escalar (a) define-se como a taxa de variação da velocidade em relação ao tempo, conforme Eq. 4.0.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} \quad (\text{Eq 4.1})$$

De acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de aceleração é o metro por segundo ao quadrado m/s^2 . Por exemplo, uma aceleração de $3m/s^2$ indica que a velocidade do móvel varia $3m/s$ a cada segundo².

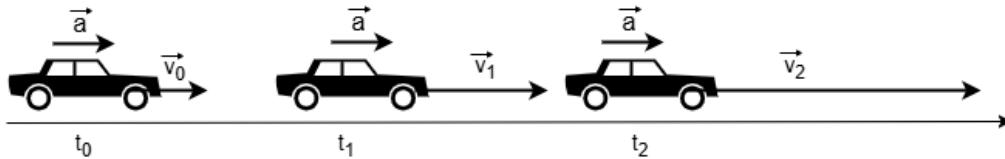


Figura 4.1: A figura representa o efeito da aceleração perante a velocidade num movimento acelerado.

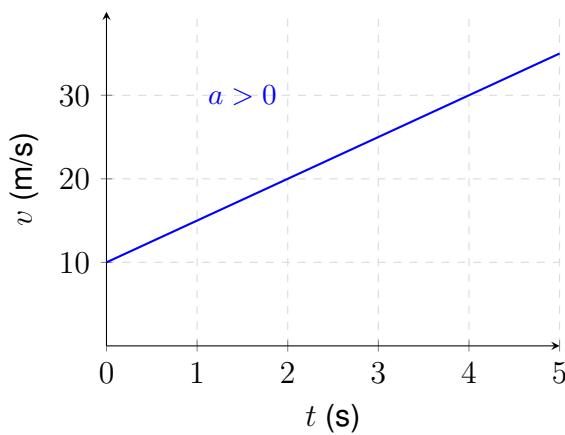
Observe na fig. 4.1, a velocidade sofre um acréscimo a cada instante de tempo. Isso fica claro com a seta da velocidade, note que v_0 é menor que v_1 , que por sua vez é menor que v_2 , e assim sucessivamente. Esse aumento constante da velocidade indica que o móvel está acelerando. Observe também que a seta da aceleração mantém o mesmo tamanho ao longo do tempo, indicando que a aceleração é constante.

4.2 Função Horária da Velocidade

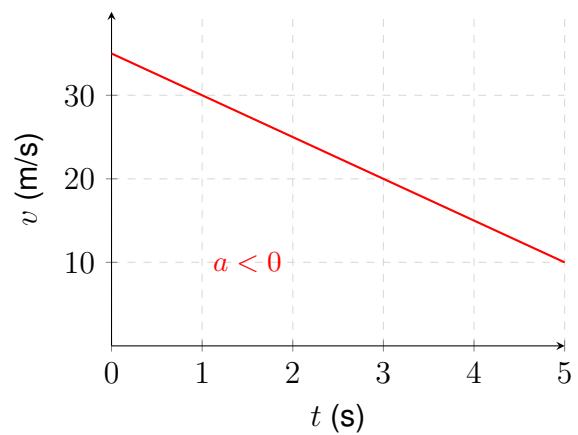
A partir da definição de aceleração escalar, considerando o instante inicial $t_0 = 0$, derivamos a função horária da velocidade, que permite calcular a velocidade do móvel em qualquer instante t , conforme podemos ver na Eq. 4.1

$$v = v_0 + a \cdot t \quad (\text{Eq 4.2})$$

Esta é uma função do primeiro grau em relação ao tempo (t). O gráfico $v \times t$ resultante é uma reta inclinada, onde a tangente do ângulo de inclinação representa a aceleração. Observe que os cálculos são semelhantes ao que foi feito para o MRU.



(a) Movimento acelerado ($a > 0$): A velocidade aumenta com o tempo.



(b) Movimento Retardado ($a < 0$): A velocidade diminui com o tempo.

Gráfico 4.1: Comparação gráfica de velocidade para os tipos de movimento no MRUV.

4.3 Classificação do Movimento

No MRUV, o movimento pode ser classificado de acordo com a variação do módulo da velocidade ao longo do tempo. Essa classificação depende dos sinais relativos da velocidade (v) e da aceleração (a):

- **Movimento Acelerado:** O módulo da velocidade aumenta com o tempo. Isso ocorre quando a velocidade e a aceleração possuem o **mesmo sinal** ($v \cdot a > 0$), tal como podemos ver em Gráfico 4.1(a).
- **Movimento Retardado:** O módulo da velocidade diminui com o tempo. Isso ocorre quando a velocidade e a aceleração possuem **sinais opostos** ($v \cdot a < 0$), tal como podemos ver em Gráfico 4.1(b).

4.4 Função Horária da Posição

Enquanto no MRU a posição varia de forma linear, no MRUV, devido à presença de uma aceleração constante, a posição varia de forma quadrática em relação ao tempo. Isso significa que o gráfico da posição pelo tempo ($s \times t$) deixa de ser uma reta e passa a ser representado por uma parábola.

A função horária da posição é dada pela Eq. 4.2:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2}a \cdot t^2 \quad (\text{Eq 4.3})$$

Nesta equação, os termos representam:

- s : posição final no instante t (m);
- s_0 : posição inicial do móvel (m);

- v_0 : velocidade escalar inicial (m/s);
- a : aceleração escalar constante (m/s^2);
- t : tempo decorrido (s).

Exemplo: A dedução desta função pode ser feita através da área sob o gráfico $v \times t$. No MRUV, a área entre o Gráfico 4.2 e o eixo do tempo corresponde ao deslocamento Δs .

Considerando o gráfico de uma reta inclinada (trapézio), a área é:

$$\text{Área} = \frac{(B + b) \cdot h}{2} \implies \Delta s = \frac{(v + v_0) \cdot t}{2}$$

Substituindo $v = v_0 + at$:

$$s - s_0 = \frac{(v_0 + at + v_0) \cdot t}{2}$$

$$s - s_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \implies s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

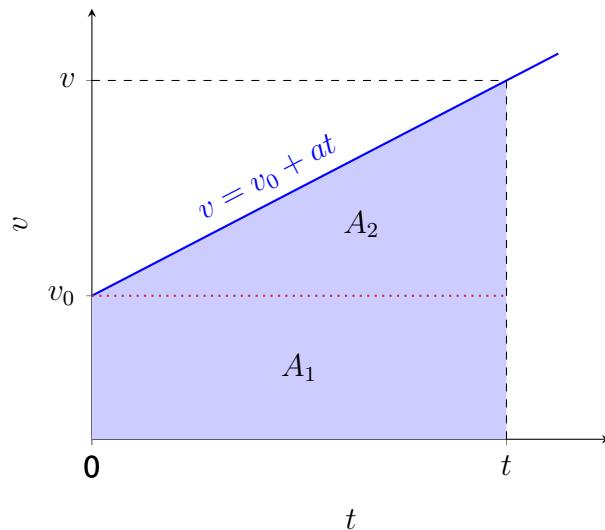


Gráfico 4.2: No grafico $v \times t$ é representado o movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV). A área sob a curva representa o deslocamento Δs .

A interpretação física da Eq. 4.3 nos mostra que o deslocamento total é a soma do efeito da velocidade inicial (termo linear $v_0 t$) com o efeito da aceleração (termo quadrático $\frac{1}{2} a t^2$). Se a aceleração for positiva, a concavidade da parábola será voltada para cima tal como visto em Gráfico 4.3(a); se for negativa, será voltada para baixo conforme visto no Gráfico 4.3(b).

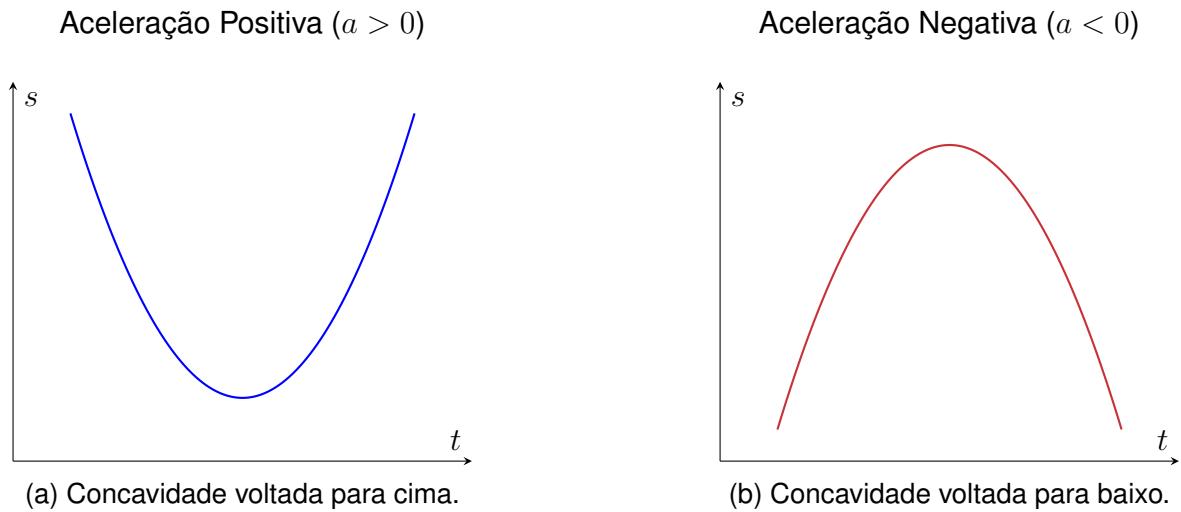


Gráfico 4.3: Análise comparativa da concavidade da parábola em função do sinal da aceleração escalar.

4.5 Equação de Torricelli

A Equação de Torricelli (Eq. 4.3) caracteriza-se por ser uma relação cinemática que independe da variável tempo (t). Ela é particularmente útil quando desejamos determinar a velocidade final, a velocidade inicial, a aceleração ou o deslocamento de um corpo em MRUV, conhecendo-se as demais grandezas.

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s \quad (\text{Eq 4.4})$$

Observe que as grandezas envolvidas são as mesmas estudadas anteriormente, mas a ausência do tempo torna esta equação especialmente útil para resolver problemas onde o tempo não é fornecido ou não é relevante para a análise.

4.5.1 Dedução Matemática

Para deduzir a equação, combinamos a Função Horária da Velocidade com a Função Horária da Posição através da eliminação do parâmetro t .

1. Isolamos o tempo (t) na Função Horária da Velocidade:

$$v = v_0 + at \implies t = \frac{v - v_0}{a} \quad (\text{Eq 4.5})$$

2. Substituímos a expressão de t na Função Horária da Posição ($\Delta s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$):

$$\Delta s = v_0 \left(\frac{v - v_0}{a} \right) + \frac{1}{2}a \left(\frac{v - v_0}{a} \right)^2 \quad (\text{Eq 4.6})$$

3. Desenvolvemos o produto notável e distribuímos os termos:

$$\Delta s = \frac{v_0 v - v_0^2}{a} + \frac{a(v^2 - 2vv_0 + v_0^2)}{2a^2} \quad (\text{Eq 4.7})$$

4. Simplificamos o termo a e reduzimos ao mesmo denominador ($2a$):

$$\Delta s = \frac{2v_0 v - 2v_0^2 + v^2 - 2vv_0 + v_0^2}{2a} \quad (\text{Eq 4.8})$$

5. Multiplicando ambos os membros por $2a$ e cancelando os termos opostos:

$$2a\Delta s = v^2 - v_0^2 \quad (\text{Eq 4.9})$$

6. Reorganizando os termos, obtemos a **Equação de Torricelli**:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s \quad (\text{Eq 4.10})$$

4.5.2 Exemplo de Aplicação

Exemplo: Um projétil move-se com velocidade de 120 m/s quando atinge um bloco de madeira, penetrando $0,12 \text{ m}$ em linha reta até parar. Determine a aceleração imposta pelo bloco ao projétil.

Resolução:

Dados do problema:

- $v_0 = 120 \text{ m/s}$
- $v = 0 \text{ m/s}$ (repouso final)
- $\Delta s = 0,12 \text{ m}$

Utilizando a Equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$$

$$0^2 = 120^2 + 2 \cdot a \cdot 0,12$$

$$0 = 14400 + 0,24a$$

$$-14400 = 0,24a$$

$$a = -\frac{14400}{0,24}$$

$$a = -60.000 \text{ m/s}^2$$

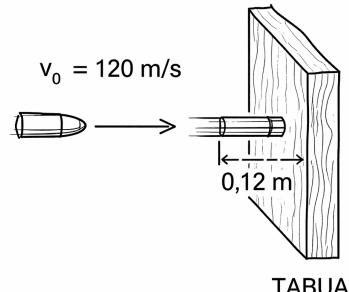


Figura 4.2: Representação esquemática de uma colisão de uma bala na madeira.

Resposta: A aceleração sofrida pelo projétil foi de -60.000 m/s^2 .

4.6 Velocidade Média no MRUV

No Movimento Retilíneo Uniformemente Variado, a velocidade escalar varia linearmente com o tempo. Devido a essa proporcionalidade, a velocidade média (\bar{v}) em qualquer intervalo de tempo coincide com a média aritmética das velocidades nos instantes inicial e final desse intervalo.

4.6.1 Definição Matemática

A relação fundamental para a velocidade média no MRUV é:

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (\text{Eq 4.11})$$

Esta propriedade permite tratar o movimento variado como se fosse um movimento uniforme com velocidade constante \bar{v} para calcular o deslocamento:

$$\Delta s = \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) \cdot \Delta t \quad (\text{Eq 4.12})$$

4.6.2 Exemplo de Aplicação

Exemplo: Um móvel em MRUV parte com velocidade de 4 m/s e, após 2 s , sua velocidade é de 12 m/s . Calcule a distância percorrida.

Resolução:

Dados fornecidos:

- $v_1 = 4 \text{ m/s}$
- $v_2 = 12 \text{ m/s}$
- $\Delta t = 2 \text{ s}$

Cálculo do deslocamento pela velocidade média aritmética:

$$\begin{aligned}\Delta s &= \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) \cdot \Delta t \\ \Delta s &= \left(\frac{4 + 12}{2} \right) \cdot 2\end{aligned}$$

$$\Delta s = 8 \cdot 2$$

$$\Delta s = 16 \text{ m}$$

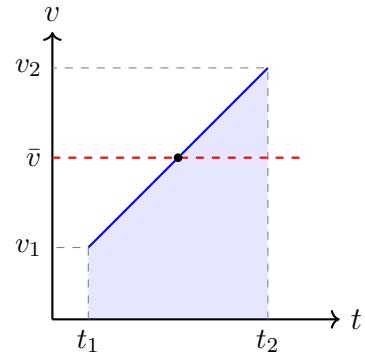


Gráfico 4.3: Interpretação geométrica da velocidade média.

Resposta: A distância percorrida pelo móvel foi de 16 m .

4.7 Questões:

1. No Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), o que acontece com o valor da aceleração escalar ao longo do tempo? Ela pode ser nula? Justifique sua resposta com base na definição do movimento.
2. Explique a diferença física entre um movimento classificado como **acelerado** e um movimento classificado como **retardado**. É possível um corpo ter velocidade negativa e ainda assim realizar um movimento acelerado?
3. Ao analisarmos a função horária da posição $s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$, observamos que ela é uma função do segundo grau. O que a concavidade da parábola no gráfico $s \times t$ nos informa sobre a aceleração do móvel?
4. A Equação de Torricelli é frequentemente chamada de "equação independente do tempo". Em quais situações práticas a utilização dessa equação é mais vantajosa do que o uso conjunto das funções horárias da posição e da velocidade?
5. Um objeto é lançado para cima e, ao atingir a altura máxima, sua velocidade instantânea é zero. Nesse exato instante, a aceleração do objeto também é nula? Explique o seu raciocínio.

4.8 Exercícios:

1. Um móvel realiza um movimento cuja função horária da posição é dada por $s = 10 + 2t + 5t^2$ (SI). Determine a posição inicial, a velocidade inicial e a aceleração escalar do móvel.
2. Considere a equação de Torricelli expressa por $v^2 = 100 + 64\Delta s$. Determine, por comparação direta com a equação teórica:
 - (a) A velocidade inicial do móvel.
 - (b) A aceleração escalar do movimento.
3. Analise as funções abaixo e indique quais representam movimentos acelerados ou retardados no instante $t = 1$ s:
 - (a) $s = 5 + 2t + t^2$
 - (b) $v = 10 - 5t$
 - (c) $v = -4 - 2t$
4. (Análise de Tabela) A tabela abaixo mostra a velocidade de um ciclista em função do tempo.

t (s)	0	1	2	3	4	5
v (m/s)	2	5	8	11	14	17

Determine a aceleração do ciclista e escreva a função horária da velocidade para este movimento.

5. (Análise de Tabela de Posição) Um móvel em MRUV apresenta as seguintes posições:

t (s)	0	1	2	3
s (m)	5	8	15	26

Determine a aceleração escalar do móvel sabendo que a velocidade inicial no instante $t = 0$ era de 1 m/s.

6. (Interpretação Gráfica) A partir do gráfico de velocidade abaixo, calcule a distância total percorrida pelo móvel entre os instantes $t = 0$ e $t = 5$ s através da interpretação geométrica da área.

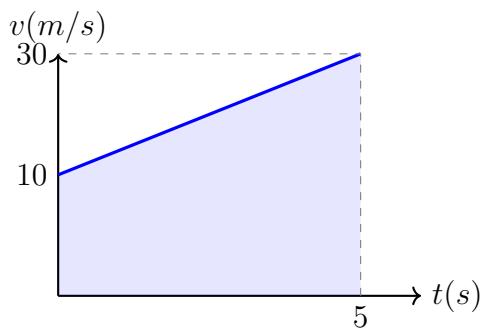


Gráfico 4.4:
Velocidade
escalar de um
móvel em função
do tempo.

7. (Criação Gráfica) Um veículo parte do repouso com aceleração constante de 3 m/s^2 durante 4 s. Em seguida, mantém a velocidade constante por 2 s. Esboce o gráfico $v \times t$ para esse intervalo total de 6 s.
8. (Criação de Gráfico) Esboce o gráfico da posição pelo tempo ($s \times t$) para um móvel que parte da origem ($s_0 = 0$) com $v_0 = 0$ e aceleração $a = 2 \text{ m/s}^2$, para o intervalo de 0 a 3 s.
9. (Velocidade Média) Um veículo em MRUV aumenta sua velocidade de 15 m/s para 25 m/s em um percurso de 200 m. Qual foi o tempo gasto para realizar esse deslocamento? (Dica: use a média aritmética das velocidades).
10. Um objeto parte do repouso e descreve um MRUV com aceleração constante de 2 m/s^2 . Determine a sua velocidade e a sua posição após 10 segundos, considerando a posição inicial $s_0 = 0$.

11. Um móvel parte da posição $s_0 = 20$ m com velocidade inicial $v_0 = -10$ m/s e aceleração constante $a = 4$ m/s². Determine o instante em que ele passa pela origem das posições ($s = 0$).
12. Um avião, ao pousar, toca a pista com uma velocidade de 70 m/s. Sabendo que ele para após percorrer 700 m em MRUV, determine o valor da aceleração escalar média imposta pelos freios.
13. Um carro está a uma velocidade de 108 km/h quando o piloto pisa no freio, aplicando uma desaceleração constante de 5 m/s². Qual a distância percorrida pelo carro até parar? (Lembre-se de converter a unidade de velocidade).
14. Um projétil atravessa uma tábua de 10 cm de espessura. Ele entra na tábua com 400 m/s e sai com 300 m/s. Qual o módulo da aceleração média sofrida pelo projétil durante a travessia?
15. Um trem de 100 m de comprimento atravessa um túnel de 200 m. Ele entra no túnel com velocidade de 10 m/s e sua frente sai dele com velocidade de 20 m/s. Calcule a aceleração do trem e o tempo gasto para que ele saia **completamente** do túnel.

4.9 Problemas:

1. Um motorista de aplicativo parado em um semáforo (repouso) parte com uma aceleração constante de 2 m/s² no exato instante em que um caminhão o ultrapassa com uma velocidade constante de 14 m/s.
 - (a) Após quanto tempo o motorista alcançará o caminhão?
 - (b) Qual será a velocidade do carro no instante do encontro?
2. Um condutor atento dirige seu veículo a 72 km/h em uma via retilínea. De repente, ele vê um obstáculo e pisa no freio. Sabendo que o tempo de reação do motorista (tempo entre ver o perigo e acionar o freio) é de 0,6 s e que os freios aplicam uma desaceleração de 5 m/s², determine a distância total percorrida desde o instante em que ele vê o obstáculo até a parada total.
3. Dois ciclistas, *A* e *B*, partem simultaneamente de um mesmo ponto. O ciclista *A* parte com velocidade inicial de 2 m/s e aceleração de 1 m/s². O ciclista *B* parte com velocidade inicial de 8 m/s, mas com uma aceleração de apenas 0,2 m/s². Determine a distância percorrida por ambos até que o ciclista *A* consiga ultrapassar o ciclista *B*.
4. Um trem de metrô parte de uma estação *X*, acelera uniformemente a 1,2 m/s² durante 10 s, mantém a velocidade constante por 30 s e, em seguida, freia uniformemente com aceleração de -2 m/s² até parar na estação *Y*.

- (a) Qual a velocidade máxima atingida pelo trem?
- (b) Qual a distância total entre as estações X e Y ?
5. Uma carreta de 25 m de comprimento move-se com velocidade constante de 54 km/h. Um automóvel, que está logo atrás da carreta, inicia uma ultrapassagem acelerando a 2 m/s^2 . Sabendo que o automóvel tem 5 m de comprimento e que a ultrapassagem termina quando a traseira do carro passa a frente da carreta, calcule:
- (a) O tempo total de ultrapassagem.
- (b) A distância percorrida pelo automóvel durante esse processo.

REFERÊNCIAS

- [1] H. M. Nussenzveig. *Curso de Física Básica: volumes 1 e 2.* 4^a ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.
- [2] D. Halliday, R. Resnick e J. Walker. *Fundamentos de Física: volumes 1, 2, 3 e 4.* 9^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- [3] Raymond A. Serway e John W. Jewett. *Princípios de Física. Mecânica Clássica.* 5^a 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^a 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^a 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	Ω
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	μ	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	α	Aceleração angular, decaimento radioativo
Beta	B	β	Radiação beta, velocidade relativa (v/c)
Gama	Γ	γ	Radiação gama, fator de Lorentz
Delta	Δ	δ	Variação (Δ), função delta de Dirac
Epsilon	E	ϵ	Permissividade elétrica, erro infinitesimal
Zeta	Z	ζ	Função zeta, amortecimento
Eta	H	η	Rendimento de máquinas térmicas, viscosidade
Theta	Θ	θ	Ângulos, temperatura
Iota	I	ι	Raramente usada em física básica
Kappa	K	κ	Constante dielétrica, compressibilidade
Lambda	Λ	λ	Comprimento de onda, constante linear de carga
Mu	M	μ	Coeficiente de atrito, permeabilidade magnética
Nu	N	ν	Frequência de onda (alternativa ao f)
Xi	Ξ	ξ	Deslocamento de partículas, autovalores
Ômicron	O	o	Raramente usada (idêntica ao 'o' latino)
Pi	Π	π	Constante circular, produtório
Rô	P	ρ	Densidade volumétrica, resistividade
Sigma	Σ	σ	Somatório, densidade superficial de carga
Tau	T	τ	Torque, constante de tempo, tensão de cisalhamento
Upsilon	Υ	υ	Partículas elementares (méson Upsilon)
Fi	Φ	ϕ	Fluxo magnético, fase inicial, potencial elétrico
Qui	X	χ	Susceptibilidade magnética/elétrica
Psi	Ψ	ψ	Função de onda (Mecânica Quântica)
Ômega	Ω	ω	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
Comprimento	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 (\AA)	$1 \cdot 10^{-10}$ m
Massa	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
Volume	1 litro (L)	$1 \cdot 10^{-3}$ m ³
	1 galão (gal)	3,785 L
	1 onça líquida (fl oz)	29,57 mL
Velocidade	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
Força	1 libra-força (lbf)	4,448 N
	1 quilograma-força (kgf)	9,8066 N
	1 dina (dyn)	$1 \cdot 10^{-5}$ N
Pressão	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
Energia	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 clássica⁹.

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	μ_B	$9,2740 \cdot 10^{-24}$	J/T
Magneton de Nuclear	μ_N	$5,0507 \cdot 10^{-27}$	J/T
Constante de Rydberg	R_∞	$1,0973 \cdot 10^7$	m^{-1}
Constante de estrutura fina	α	$7,2973 \cdot 10^{-3}$	(adimensional)
Massa do nêutron	m_n	$1,6749 \cdot 10^{-27}$	kg
Massa do mûon	m_μ	$1,8835 \cdot 10^{-28}$	kg
Comprimento de onda Compton	λ_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 (α)².

Tabela E.2: Propriedades Térmicas

Substância	<i>c</i> (cal/g · °C)	<i>T_f</i> (°C)	<i>L_f</i> (cal/g)	<i>T_v</i> (°C)	<i>L_v</i> (cal/g)	α (10 ⁻⁶ /°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