

Física

121

122

123

Capítulo 1	
Medidas e sistemas de unidades.....	12
Exercícios Propostos	16
Módulo 1	
Grandezas e unidades	16
Capítulo 2	
Cinemática escalar: conceitos básicos	19
Exercícios Propostos	26
Módulo 2	
Cinemática escalar: conceitos básicos	26
Módulo 3	
Velocidades escalares: média e instantânea	30
Capítulo 3	
Movimento retilíneo e uniforme	33
Exercícios Propostos	38
Módulo 4	
MRU: equação horária dos espaços	38
Módulo 5	
MRU: velocidade relativa e ultrapassagens.....	42
Capítulo 4	
Movimento uniformemente variado (PARTE I).....	45
Exercícios Propostos	48
Módulo 6	
MUV: aceleração escalar e equação da velocidade	48
Gabarito dos Exercícios Propostos	51

FIS



CHRISTOS GEORGIOU/123RF.COM

1 Medidas e sistemas de unidades

A Física – *physiké*, em grego, – é a ciência da natureza responsável por investigar as leis que regem o Universo, por meio do estudo da matéria e da energia que o formam, bem como das suas interações.

1. Grandezas e medidas

A Terra, um dos planetas do Sistema Solar, encontra-se a 150 milhões de quilômetros de distância do Sol. Esse valor numérico (150 milhões), acompanhado de uma unidade (quilômetros), representa o resultado da medida de uma grandeza física, o **comprimento**. Veja, a seguir, outro exemplo.

A luz emitida pelo Sol demora 500 segundos, o que equivale a oito minutos (8min) e vinte segundos (20s), para percor-

rer a distância entre o Sol e a Terra. Esse valor numérico (500), acompanhado de uma unidade (segundos), representa o resultado da medida de outra grandeza física, o **intervalo de tempo**.

De modo geral, denomina-se **grandeza** tudo o que for passível de medida, e a ação de medir associa a essa grandeza um número e uma unidade.

Em física encontramos um vasto número de grandezas. Muitas delas, como **comprimento, massa, tempo, velocidade, aceleração, potência, trabalho, energia e quantidade de movimento**, serão discutidas ao longo deste curso, que denominamos **mecânica**; outras, como **potencial elétrico, corrente elétrica e fluxo magnético**, serão vistas no estudo do **eletromagnetismo**.



A ciência que se faz desde os primórdios da evolução humana depende de quão boa é a medida de uma grandeza, a qual dá a indicação de que conhecemos algo sobre ela e do instrumento utilizado em sua medição. É claro que, com o passar do tempo, nossos métodos se tornaram melhores e, conseqüentemente, a precisão com que medimos também. Vejamos um exemplo.

Em 1675, o astrônomo dinamarquês Ole C. Romer [1644-1710] anunciou, na Academia Francesa de Ciências, com base em seu trabalho com as tabelas dos satélites de Júpiter, que a velocidade da luz seria um valor finito, mas muito grande, da ordem de 200 000 km/s. Hoje, com a precisão de que dispomos, a medida da velocidade da luz obtida é exatamente 299 792,458 km/s.

A partir de agora, estudaremos, gradativamente, as grandezas físicas, que serão definidas e exemplificadas, mas é importante lembrar que existem diferenças na maneira de expressá-las, e essas diferenças dependem basicamente dos atributos das próprias grandezas e do tipo de informação necessária para definir completamente suas características.

APRENDER SEMPRE

1

► 01.

No final de janeiro de 2016, o valor médio do litro (L) da gasolina no Brasil era de R\$ 3,76, enquanto, nos Estados Unidos, o valor médio do galão de gasolina era comercializado a U\$ 2,58. Sabendo-se que, nessa época, o dólar estava cotado a R\$ 4,36 e que 1 galão equivale a 3,785 L, podemos afirmar que

- a gasolina era mais cara nos Estados Unidos que no Brasil.
- o preço do litro de gasolina no Brasil era, aproximadamente, 27% mais caro que nos Estados Unidos.
- se no Brasil a gasolina fosse comercializada em galões, seu preço seria de R\$ 11,25.
- litro e galão são unidades específicas da grandeza “comprimento”.

Resolução

Vamos analisar cada uma das alternativas.

- a. Incorreta.** Nos Estados Unidos, o preço de 1 L de gasolina era de:

$$P = \frac{2,58 \cdot 4,36}{3,785} = \text{R\$ } 2,97$$

Nos Estados Unidos, o litro da gasolina seria 2,97 reais e, no Brasil, 3,76 reais.

- b. Correta.** Comparando os valores obtidos na alternativa anterior, temos:

$$\frac{3,76}{2,97} \cdot 100\% \approx 1,27, \text{ ou seja, o litro de gasolina no}$$

Brasil é, aproximadamente, 27% mais caro que nos Estados Unidos.

- c. Incorreta.** O preço do galão seria:

$$P = 3,785 \text{ L} \cdot \text{R\$ } 3,76/\text{L} \approx \text{R\$ } 14,23$$

- d. Incorreta.** Litro e galão são unidades da grandeza “volume”.

2. Notação científica e ordem de grandeza

A **notação científica** é fundamental quando se deseja expressar números [medidas] com grande quantidade de zeros. Para escrever números em notação científica, utilizamos as potências de 10.

Assim, qualquer número real n pode ser expresso pelo produto de um número a , compreendido entre 1 e 10, tal que $1 \leq a < 10$, por outro, que é uma potência de base 10 com expoente inteiro x [... -2; -1; 0; 1; 2; ...]:

$$n = a \cdot 10^x$$

Exemplos

- O número 5 300 000, escrito em notação científica, é $5,3 \cdot 10^6$.
- O número 0,000 452, escrito em notação científica, é $4,52 \cdot 10^{-4}$.

Em alguns casos, por exemplo, quando se pretende apenas fazer uma estimativa do valor de uma grandeza, uma noção aproximada do número que exprime o valor dessa grandeza já é suficiente.

Nesses casos, o valor da grandeza é representado somente pela potência de 10 da notação científica e recebe o nome de **ordem de grandeza (OG)**.

A ordem de grandeza é a potência de 10 de expoente inteiro que mais se aproxima da medida da grandeza analisada.

Assim, a ordem de grandeza da medida $2 \cdot 10^4$ kg é 10^4 kg, e a ordem de grandeza da medida $6 \cdot 10^{-3}$ m é 10^{-2} m.



Como a ordem de grandeza é uma aproximação, em geral, ela é feita da maneira mais simples possível, como explicado anteriormente. Existem, porém, alguns autores de questões de vestibulares que utilizam uma definição mais rigorosa, por isso é importante ficar atento a esta definição também.

Para determinar a ordem de grandeza, devemos avaliar a parte decimal e a parte exponencial. Como referência, usa-se o valor médio da potência entre 10^0 e 10^1 , que

$$\text{é } 10^{\frac{1}{2}} \text{ ou } \sqrt{10} \approx 3,16.$$

Se a parte decimal for maior ou igual a $\sqrt{10}$ adiciona-se 1 ao expoente. Se a parte decimal for menor que $\sqrt{10}$, conserva-se o expoente.

Exemplo

Qual a OG de $3,42 \cdot 10^{-6}$ m?

Como 3,42 é maior que $\sqrt{10}$, adiciona-se 1 ao expoente:

$$\text{OG} = 10^{-6+1}$$

$$\text{OG} = 10^{-5} \text{ m}$$

Para saber um pouco mais sobre as duas possibilidades, acesse:



<<http://www2.anhembi.br/html/ead01/fisica/lu01/lo4/index.htm>>.



APRENDER SEMPRE

2

► 01.

Suponha que a dimensão de uma bactéria, de formato cúbico, seja da ordem de $1 \mu\text{m}$ (1 micrometro). Faça uma estimativa da ordem de grandeza do número de bactérias que caberiam em um recipiente com capacidade de 1 litro. Considere $1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$ e $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$.

Resolução

Como a bactéria tem formato cúbico de aresta ($a = 10^{-6} \text{ m}$), seu volume é dado por:

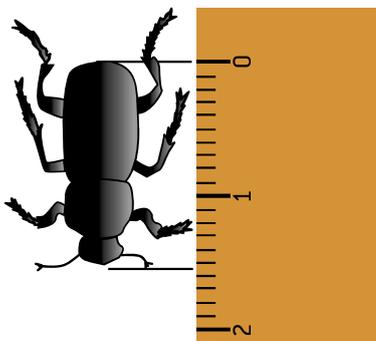
$$V_b = a^3 = (10^{-6})^3 \Rightarrow V_b = 10^{-18} \text{ m}^3$$

Como $1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$, então o número (N) de bactérias que caberiam em 1 litro é:

$$N = \frac{10^{-3}}{10^{-18}} \Rightarrow N = 10^{15} \text{ bactérias}$$

A ordem de grandeza do número de bactérias é 10^{15} .

3. Sistemas de unidades



A unidade de medida é o centímetro (cm). Em sua opinião, qual é o comprimento do besouro da figura? Qualquer valor entre 1,50 cm e 1,60 cm é aceitável; exemplo: 1,55 cm.

Observe na figura anterior que, ao efetuar a medida do comprimento do besouro, comparamos seu tamanho com uma escala graduada em décimos de centímetros. Assim, o resultado obtido (1,55 cm) – expresso por um **número** e uma **unidade** – representa a comparação entre grandezas de mesma espécie, nesse caso, o comprimento.

Em geral, as unidades são agrupadas em sistemas.

Atualmente, o sistema mais utilizado é o Sistema Internacional de Unidades, conhecido como (SI), padronizado em 1960 na 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), tendo como base o antigo sistema MKS (metro, quilograma, segundo).



A criação do Sistema Métrico Decimal, durante a Revolução Francesa, e o depósito que resultou, em 22 de junho de 1799, de dois padrões de platina, representando o metro e o quilograma, nos Arquivos da República, em Paris, podem ser considerados a primeira etapa que levou ao Sistema Internacional de Unidades.

Inmetro. *Sistema Internacional de Unidades* – SI. 8. ed. Rio de Janeiro, 2003, p. 15.

O SI é o sistema oficialmente adotado no Brasil e na maioria dos países. Veja sua composição a seguir.

- **Sete unidades de base: metro, quilograma, segundo, ampère, kelvin, mol e candela**, que correspondem às **sete grandezas de base – comprimento, massa, tempo, intensidade de corrente elétrica, temperatura termodinâmica, quantidade de matéria e intensidade luminosa**.

Grandeza	Unidades, no SI, de base	
	Nome	Símbolo
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
corrente elétrica	ampère	A
temperatura termodinâmica	kelvin	K
quantidade de matéria	mol	mol
intensidade luminosa	candela	cd

Tabela 1. Unidades, no SI, de base. Inmetro. *Sistema Internacional de Unidades*.

- **Unidades derivadas:** as unidades derivadas correspondem às **grandezas derivadas**, que são definidas pelas sete grandezas de base. Por exemplo, a **velocidade** é uma grandeza derivada, definida pelas grandezas de base **comprimento e tempo**.

Grandeza	Unidades derivadas			
	Nome	Símbolo	Expressão em outras unidades do SI	Expressão em unidades de base do SI
velocidade	metro por segundo	m/s	–	–
aceleração	metro por segundo ao quadrado	m/s ²	–	–
massa específica	quilograma por metro cúbico	kg/m ³	–	–
superfície	metro quadrado	m ²	–	–
volume	metro cúbico	m ³	–	–
força	newton	N	–	m · kg · s ⁻²
pressão	pascal	Pa	N/m ²	m ⁻¹ · kg · s ⁻²
energia/trabalho	joule	J	N · m	m ² · kg · s ⁻²
potência	watt	W	J/s	m ² · kg · s ⁻³
impulso	newton · segundo	N · s	N · s	m · kg · s ⁻¹

Tabela 2. Algumas unidades derivadas do SI expressas pelas unidades de base. Inmetro. *Sistema Internacional de Unidades*.



- **Múltiplos e submúltiplos decimais das unidades SI:** são prefixos que podem ser usados com qualquer uma das unidades.

Fator	Prefixo	Símbolo	Fator	Prefixo	Símbolo
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	deci	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	mili	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	micro	μ
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	pico	P
10^6	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^3	kilo	k	10^{-18}	atto	a
10^2	hecto	h	10^{-21}	zepto	z
10^1	deca	da	10^{-24}	yocto	y

Tabela 3. Prefixos que podem ser usados com qualquer uma das unidades do SI. Inmetro. *Sistema Internacional de Unidades*.



De acordo com as regras adotadas pelo Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM) para a formação do nome de múltiplos e submúltiplos das unidades de medida, o Inmetro sugere a mudança da grafia do prefixo **quilo-** para **kilo-** e, conseqüentemente, do nome da unidade de massa **quilograma** para **kilograma**. Assim, o nome **kilo** passa a ser utilizado na formação dos múltiplos das unidades. Como exemplo dessa nova grafia, a unidade **kilowatt**.

Outra mudança na grafia dos múltiplos e submúltiplos das unidades estabelece a simples junção dos prefixos ao nome das unidades, sem modificações da grafia e da pronúncia originais do prefixo e da unidade.

Por exemplo, os prefixos **kilo-** e **mili-** que, associados à unidade de comprimento metro, formam as unidades **kilometro** e **milímetro**, que devem ter como sílaba tônica **-me** (com pronúncia aberta “mé”), e não **kilômetro** e **milímetro** (com as sílabas tônicas em **-lô** e **-lí**, respectivamente).

É importante observar que as alterações dos nomes aqui mencionadas não eliminam a utilização das formas atualmente em uso, como **quilograma** e **centímetro**, cujas grafias e pronúncias permanecem aceitas até que as novas formas (**kilograma** e **centímetro**) sejam gradativamente assimiladas, com o decorrer do tempo.



Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si_versao_final.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2017. Adaptado.

4. Conversão de unidades

Comprimento

- $1 \text{ m} = 10^2 \text{ cm} = 10^3 \text{ mm} = 10^6 \mu\text{m} = 10^9 \text{ nm}$
- $1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$
- $1 \text{ mi (milha)} = 1\,609 \text{ m} (1,6 \cdot 10^3 \text{ m})$
- $1 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 10^{-8} \text{ cm} = 10^{-1} \text{ nm}$
- $1 \text{ ano-luz} = 9,461 \cdot 10^{15} \text{ m}$

Área

- $1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$
- $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$
- $1 \text{ km}^2 = 10^6 \text{ m}^2$

Volume

- $1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$
- $1 \text{ km}^3 = 10^9 \text{ m}^3$
- $1 \text{ L} = 10^3 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$
- $1 \text{ galão} = 3,79 \text{ L}$

Massa

- $1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$
- $1 \text{ ton} = 10^3 \text{ kg} = 10^6 \text{ g}$

Tempo

- $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
- $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ s}$
- $1 \text{ dia} = 24 \text{ h} = 1\,440 \text{ min} = 8,64 \cdot 10^4 \text{ s}$

APRENDER SEMPRE

3

► 01. UEFS-BA

O resultado da adição das grandezas físicas $a = 1,0 \cdot 10^8 \text{ mm}$ e $b = 1,0 \cdot 10^6 \text{ m}$, no SI, é igual a

- $1,0 \cdot 10^5$
- $1,1 \cdot 10^6$
- $1,1 \cdot 10^8$
- $1,0 \cdot 10^{11}$
- $1,1 \cdot 10^{14}$

Resolução

Devemos lembrar que, para efetuar a adição de duas grandezas físicas, elas devem estar na mesma unidade e com a mesma potência de 10. Como a questão pede a resposta no SI, devemos escrever a grandeza **a** em metros (m), que é a unidade de comprimento no SI, e na potência 10^6 . Assim, teremos:

$$a = 1,0 \cdot 10^8 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ m} = 0,1 \cdot 10^6 \text{ m}$$

Portanto:

$$a + b = 0,1 \cdot 10^6 \text{ m} + 1,0 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$a + b = 10^6 \cdot (0,1 + 1,0) \text{ m}$$

$$a + b = 1,1 \cdot 10^6 \text{ m}$$

Alternativa correta: B



Módulo 1

Grandezas e unidades



EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Leia com atenção		Capítulo 1 – Tópicos 1, 2, 3 e 4								
ROTEIRO DE ESTUDOS	Exercícios	Série branca	01	02	03	04	07	08	10	11
		Série amarela	01	04	06	07	08	11	12	14
		Série roxa	11	13	14	15	16	18	19	20
		Foco Enem	04	05	08	09	10	11	14	15

01. UFPR (adaptado)

Sobre grandezas físicas, unidades de medida e suas conversões, considere as seguintes igualdades.

01. $3\ 000\ \text{m}^3 = 30\ \text{litros}$
02. $0,206\ \text{m}^2 = 2\ 060\ \text{cm}^2$
04. $180\ \text{km/h} = 50\ \text{m/s}$
08. $2\ \text{dias} = 172\ 800\ \text{s}$
16. $2,5 \cdot 10^8\ \text{g} = 250\ \text{toneladas}$

Dê a soma dos números dos itens corretos.

02.

Medir é o ato de comparar duas grandezas físicas de mesma espécie. Sobre grandezas físicas e sistemas de unidades, analise as afirmações a seguir.

01. Grandeza física é todo elemento suscetível de medida, ou seja, que descreve qualitativa e quantitativamente as relações entre as propriedades observadas no estudo dos fenômenos físicos.
 02. A operação entre duas grandezas físicas de base resulta sempre numa terceira, sendo que esta é também de base.
 04. O SI (Sistema Internacional de Unidades) apresenta unidades de base e unidades derivadas; as unidades derivadas são obtidas por operações entre dois fenômenos físicos, cujas unidades são também derivadas.
 08. É possível comparar duas grandezas físicas de mesma espécie.
 16. A massa e o intervalo de tempo são grandezas físicas de base.
 32. As grandezas derivadas são definidas em função das grandezas de base.
- Dê a soma dos números dos itens corretos.

03.

O monitor de pressão arterial é um dispositivo médico destinado a efetuar medições no pulso de um paciente. Em razão da facilidade do seu manuseio, normalmente as pessoas têm esse aparelho em casa.



CHRISTINE GLADE/ISTOCKPHOTO

De acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de pressão é

- a. mmHg.
- b. newton (N).
- c. pascal (Pa).
- d. joule (J).

04.

C5-H17

Um grande ato público em favor da educação e de melhores salários foi organizado pelo sindicato dos professores em certa cidade e contou com a participação de professores, pais e alunos. Uma avenida de 1,25 km de extensão e 20 m de largura foi totalmente tomada pelo público. A polícia militar, que acompanhou a manifestação pacífica, avaliou que cada metro quadrado da avenida era ocupado, em média, por 3 pessoas. Podemos afirmar que o número de pessoas na avenida, segundo a avaliação da polícia militar, foi estimado

- a. entre 70 000 e 80 000.
- b. acima de 80 000.
- c. em 50 000.
- d. entre 45 000 e 50 000.
- e. em 7 500.

05. UEA-AM

Fundamentado no corpo humano, como muitos outros antigos padrões de medida linear, o côvado baseava-se no comprimento do braço, desde o cotovelo até a ponta do dedo. O côvado era subdividido em 28 dígito, sendo o dígito relacionado com a largura do dedo. Suponha que um bloco de 50,4 cm de comprimento fosse medido como sendo igual a 1 côvado e subdividido em 28 dígito. Em unidades do SI, cada 1 dígito equivale a

- a. 1,8
- b. $1,8 \cdot 10^2$
- c. $1,8 \cdot 10$
- d. $1,8 \cdot 10^{-1}$
- e. $1,8 \cdot 10^{-2}$

06.

Leia o texto.

José mora em uma fazenda e demora 2 horas para chegar à sua escola, que fica a 10 km de distância da fazenda. Como ele estuda no período da tarde, no verão, ele chega a perder 1,0 kg nessa caminhada, pois a temperatura é, em torno de, 39 °C.

Identifique as grandezas de base do SI citadas no texto.

07. Unit-SE

Analise as proposições que se referem às unidades de medidas das grandezas físicas e às suas transformações, marcando com V as verdadeiras e com F as falsas.

- [] A massa de um corpo com 90 g é igual a 0,0090 kg.
- [] O comprimento de uma haste com 10 cm é igual a 0,010 m.
- [] O volume de 10 mL de uma substância é igual a 100 mm³.
- [] O intervalo de tempo de um evento com duração de 0,045 h corresponde a dois minutos e quarenta e dois segundos.

08.

C5-H17

As distâncias entre as estrelas e os planetas são muito grandes. Como o quilômetro não é uma unidade adequada para medir essas distâncias, criou-se a unidade “ano-luz”. O ano-luz é a distância que a luz percorre em um ano e, em km, seu valor é $9,5 \cdot 10^{12}$ [9 500 000 000 000]. Sabe-se que, depois do Sol, a estrela mais próxima da Terra é a estrela α , da constelação de Centauro. Esta estrela encontra-se a 4,5 anos-luz da Terra. Em notação científica, podemos escrever essa distância como

- a. $4,3 \cdot 10^{12}$ m
- b. $4,3 \cdot 10^{13}$ km
- c. $9,5 \cdot 10^{12}$ km
- d. $9,5 \cdot 10^{13}$ km
- e. $2,1 \cdot 10^{12}$ km

09. Unicentro-PR

A matéria está organizada em estruturas de diferentes escalas. Um pequeno bloco de cristal apresenta dimensões da ordem de 10^{-2} m, enquanto o átomo de hidrogênio tem dimensões da ordem de 10^{-8} cm. Com base nessas informações, um pequeno bloco de cristal é maior do que o átomo de hidrogênio um número de vezes igual a

- a. 1 000 000 000
- b. 100 000 000
- c. 10 000 000
- d. 1 000 000
- e. 100 000

10. UEA-AM (adaptado)

O anel superior da Arena da Amazônia tem capacidade para 23 040 torcedores e conta com 18 saídas iguais. A FIFA exige que, em casos de emergência, os estádios sejam evacuados em, no máximo, 8 minutos. Para atender à exigência da FIFA, determine a ordem de grandeza do número de pessoas que deve passar a cada minuto por cada saída do anel superior da Arena, supondo que o estádio esteja com sua capacidade máxima ocupada.

11.

C5-H17

Mateus resolveu comprar uma impressora nova. O técnico em informática, após fornecer todas as informações necessárias dos vários modelos, sugeriu que ele utilizasse a resolução de 300 dpi em seus trabalhos. Sabendo-se que dpi significa *dots per inch* (pontos por polegada) e que 1 polegada = 2,5 cm, uma resolução de 300 dpi é equivalente a

- a. 300 pontos por metro.
- b. 300 pontos por cm.
- c. 120 pontos por cm.
- d. 120 pontos por polegada.
- e. 750 pontos por cm.

12. FEI-SP (adaptado)

Sabendo-se que 20 gotas de água ocupam, aproximadamente, 1 cm³, determine o número de gotas de água existente em uma piscina totalmente cheia com 20 m de comprimento, 12 m de largura e 2 m de profundidade.

13. UNESP (adaptado)

Desde 1960, o Sistema Internacional de Unidades (SI) adota uma única unidade para as grandezas quantidade de calor, trabalho e energia. Assinale a alternativa que indica a unidade adotada.

- a. joule (J)
- b. caloria (cal)
- c. watt (W)
- d. newton (N)
- e. pascal (Pa)

14. Enem

C5-H17

Seu olhar

Na eternidade
Eu quisera ter
Tantos anos-luz
Quanto fosse precisar
Pra cruzar o túnel
Do tempo do seu olhar

Gilberto Gil, 1984.

Gilberto Gil usa, na letra da música, a palavra composta anos-luz. O sentido prático, em geral, não é obrigatoriamente o mesmo que na ciência. Na física, um ano-luz é uma medida que relaciona a velocidade da luz e o tempo de um ano e que, portanto, refere-se a

- a. tempo.
- b. aceleração.
- c. distância.
- d. velocidade.
- e. iluminação.

15. UCS-RS

Segundo matéria publicada na *Folha on-line ciência*, foram registrados, pela primeira vez, os perigos da nanotecnologia para os seres humanos. Trabalhadoras chinesas teriam sofrido danos pulmonares permanentes por exposição por longo tempo, sem proteção adequada, a nanopartículas, em uma fábrica de tintas. Como se sabe, a nanotecnologia é largamente utilizada na indústria, com emprego, por exemplo, em artigos esportivos, eletrônicos, cosméticos, roupas, desinfetantes, utensílios domésticos, revestimento de superfícies, tintas e vernizes e também na medicina. Pelo seu minúsculo diâmetro, entre 1 e 100 nanômetros, as nanopartículas podem ultrapassar as barreiras naturais do corpo humano por meio de contato com a pele com problemas ou pela ingestão ou inalação. Sendo um bilionésimo de um metro, um nanômetro corresponde a

- a. $1 \cdot 10^{-6}$ metros.
- b. $1 \cdot 10^{-9}$ metros.
- c. $1 \cdot 10^{-12}$ metros.
- d. $1 \cdot 10^9$ metros.
- e. $1 \cdot 10^6$ metros.



2

Cinemática escalar: conceitos básicos

Acrobacias aéreas são populares ao redor do mundo. No Brasil, o Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA), conhecido como Esquadrilha da Fumaça, é um grupo de pilotos e mecânicos da Força Aérea Brasileira (FAB) que faz demonstrações de acrobacias aéreas pelo Brasil e pelo mundo.

A mecânica é o ramo da física que tem por objetivo o estudo dos movimentos dos corpos, das forças de interação entre eles e das leis da conservação da energia e da quantidade de movimento associadas a eles. Para efeitos didáticos, a mecânica é dividida em três partes: **cinemática**, **dinâmica** e **estática**.

- **Cinemática:** estuda os **movimentos** independentemente de suas causas. Por exemplo, pode-se descre-

ver a trajetória de um avião, sua velocidade, sua posição, sem se preocupar em explicar como os aviões se movimentam.

- **Dinâmica:** estuda as **causas dos movimentos** dos corpos, estabelecendo a **relação** entre **força** e **velocidade**. A dinâmica trata também da **energia** e da **quantidade de movimento** associadas ao movimento de um corpo (no caso, o avião).
 - **Estática:** estuda as **condições de equilíbrio** dos corpos, ou seja, analisam-se as condições para que um corpo se mantenha em equilíbrio estático ou dinâmico.
- Iniciaremos nosso estudo pela cinemática. Para isso, precisamos estabelecer alguns conceitos básicos, que serão



úteis no entendimento das grandezas envolvidas nos movimentos dos corpos.

1. Referencial

O primeiro ponto importante no estudo dos movimentos é saber quando um corpo está em movimento. É possível um corpo estar em movimento e em repouso ao mesmo tempo?

Sim, é possível. Para um piloto, que se movimenta com o avião, este está em **repouso**, pois eles (piloto e avião) estão sempre juntos, ou seja, a posição do avião é sempre a mesma em relação ao piloto. O mesmo podemos dizer do condutor de um carro que se movimenta em uma rodovia. Para o condutor, o carro está em repouso. Nessas situações, para o piloto, o **referencial** é o avião e, para o condutor, o **referencial** é o carro.

Para um observador no solo que assiste à exibição de perícia dos pilotos, o avião encontra-se em **movimento**, pois, segundo o ponto de vista desse observador, a posição do avião se altera com o passar do tempo. Nesse caso, o **referencial** é o solo.

Podemos, assim, conceituar **movimento** e **repouso**.

Um corpo está em **movimento** em relação a um dado referencial quando a sua **posição se altera** no decorrer do tempo, em relação a este referencial.

Um corpo está em **repouso** em relação a um referencial quando a sua **posição não se altera** no decorrer do tempo, em relação a este referencial.

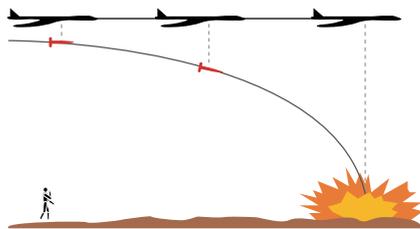
Com base nessa explicação, podemos concluir que só há sentido falar em movimento (ou em repouso) quando especificamos o **referencial** adotado.

2. Trajetória

Qual é a trajetória do avião segundo o piloto? E segundo um observador no solo? O avião está em repouso em relação ao piloto e não há sentido falar em trajetória de um corpo repouso, mas, para o observador no solo, alguns aviões movimentam-se em linha reta – trajetória retilínea –, e outros movimentam-se em curvas – trajetórias curvilíneas.

Podemos concluir, então, que a **trajetória** de um móvel é um **conceito relativo**, pois depende do referencial adotado.

Como exemplo, considere um avião que se movimenta horizontalmente em velocidade constante e que, em um determinado instante, abandona um objeto que cai com resistência desprezível e atinge o solo.



A trajetória do objeto abandonado pelo piloto do avião é relativa, isto é, depende do referencial adotado.

Observe que, para o piloto, a trajetória do objeto é **retilínea e vertical**, pois, na horizontal, piloto e objeto movimentam-se com a mesma velocidade, ou seja, a posição do objeto

não se altera horizontalmente, em relação ao piloto. Somente a posição vertical do objeto se altera; o objeto afasta-se do avião, conforme mostra a figura.

Agora, para a pessoa que está no solo, o objeto muda de posição, tanto horizontal (afastando-se dela) como verticalmente (aproximando-se do solo). A composição dos movimentos horizontal e vertical do objeto, em relação à pessoa, estabelece a **trajetória curvilínea (parabólica)** vista na figura.

APRENDER SEMPRE

4

01.

Um marinheiro que se encontra no alto do mastro de um barco em movimento deixa cair uma ferramenta. Sobre essa situação, assinale verdadeiro (V) ou falso (F) para as afirmativas a seguir.

- I. A ferramenta cai exatamente no pé do mastro e sua trajetória é retilínea.
- II. Em relação ao marinheiro, a ferramenta cai fora do barco e sua trajetória é parabólica.
- III. Em relação a outro marinheiro parado próximo ao mastro do barco, a ferramenta cai ao pé do mastro e sua trajetória é retilínea.

Resolução

- I. Falsa. Não foi especificado o referencial.
- II. Falsa. A ferramenta cai exatamente no pé do mastro, pois ela tem, na horizontal, a mesma velocidade do barco, e sua trajetória é retilínea.
- III. Verdadeira. Na horizontal, tanto o marinheiro, parado em relação ao barco, como a ferramenta têm a mesma velocidade, que é a velocidade do barco.

3. Espaço e deslocamento escalares

Um dos principais objetivos no estudo dos movimentos é estabelecer meios (equações matemáticas, tabelas, gráficos) para que seja possível a **localização** do móvel em determinado instante. Como exemplo, devemos lembrar que a localização de corpos em movimento é imprescindível para monitorar satélites, para compreender o funcionamento do GPS e de muitos outros instrumentos que se utilizam de variáveis espaciais e temporais.



Ilustração de um satélite artificial em órbita em torno da Terra.

Em geral, os movimentos que ocorrem em uma, duas ou três dimensões são descritos pelas grandezas vetoriais básicas: **espaço, deslocamento, velocidade e aceleração**.

Neste capítulo vamos tratar especificamente dos movimentos que ocorrem em uma única dimensão, chamados de **movimentos unidimensionais**. Nessas condições, as grandezas citadas podem ser tratadas como **grandezas escalares (número e unidade)**. Posteriormente, essas mesmas grandezas serão tratadas como **grandezas vetoriais (número + unidade, direção e sentido)**.

Vejamos, então, cada uma delas. Na cinemática escalar, a palavra **espaço**, que normalmente é representada pela letra **s**, é uma grandeza que permite a localização de um móvel em determinada trajetória. O espaço é uma medida algébrica da distância, efetuada ao longo da trajetória, do ponto onde o móvel se encontra ao ponto adotado como origem (referencial adotado).



Espaços em um movimento unidimensional.

Na figura, o espaço do ponto B é $s_B = -30$ km. Isso significa dizer que, se um móvel estiver no ponto B, ele estará a 30 km da origem O (0 km) no sentido contrário à orientação da trajetória. Do mesmo modo, se o móvel estiver no ponto A, ele estará a 80 km da origem no mesmo sentido da orientação da trajetória: $s_A = 80$ km.

É importante ressaltar que o espaço de um móvel **não** indica se ele está em repouso ou em movimento e também **não** tem relação com uma possível distância percorrida pelo móvel. Ele fornece somente a localização do móvel.

A seguinte fotografia mostra uma placa indicativa da localização de postos de abastecimento em determinada rodovia. Em cinemática, qual é o significado desses valores numéricos?



Placa indicativa da localização de postos de combustíveis. Ela indica a posição do posto em relação à origem da rodovia. Um erro comum, nessas placas, é indicar o múltiplo kilo com letra maiúscula; o correto seria km.

Observe que os valores indicados na placa se referem ao **espaço (s)** de cada um dos postos de abastecimento. Por exemplo, o posto de abastecimento de Massarandupió localiza-se no km 88 dessa rodovia, ou seja, ele está a 88 km do ponto considerado como origem da estrada (referencial). A indicação 88 km **não** significa que um condutor, ao passar por essa placa, tenha de percorrer 88 km para chegar ao posto de abastecimento. Se essa placa estiver no km 80, o condutor terá de percorrer apenas 8 km para chegar a esse posto.

E se alguém for de carro de Massarandupió a Conde? Nessas condições, o espaço varia. Dizemos que o móvel apresenta um **deslocamento escalar**, que representamos por Δs , e que é dado pela diferença entre a sua posição final (**s**) e a sua posição inicial (**s₀**):

$$\Delta s = s - s_0$$

Com base nos valores indicados na placa de abastecimento, o deslocamento escalar é dado por:

$$\Delta s = s_c - s_M \Rightarrow \Delta s = 153 - 88 \Rightarrow \Delta s = \mathbf{65 \text{ km}}$$

E se o carro se movimenta de Conde até Massarandupió, seu deslocamento escalar será dado por:

$$\Delta s = s_M - s_c \Rightarrow \Delta s = 88 - 153 \Rightarrow \Delta s = \mathbf{-65 \text{ km}}$$

Observe que, quando o deslocamento escalar é positivo ($\Delta s > 0$), o móvel desloca-se a favor da orientação da trajetória e, quando $\Delta s < 0$, o móvel se desloca no sentido contrário ao da orientação da trajetória.

O deslocamento escalar não é sinônimo de distância percorrida. Veja, a seguir, as diferenças entre essas duas grandezas.

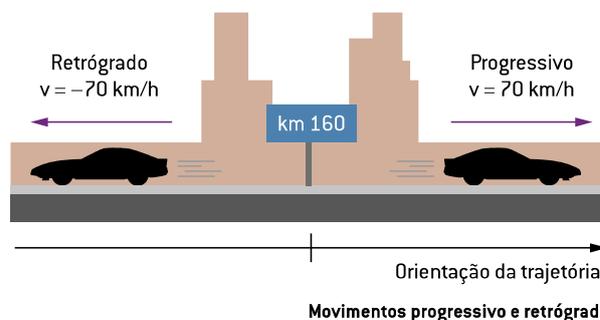
- O deslocamento escalar pode ser positivo, negativo ou nulo, já a distância percorrida é sempre um número positivo não nulo.
- Essas duas grandezas apresentam o mesmo módulo quando o móvel se desloca sempre no mesmo sentido.
- Se o móvel vai de A até B e retorna a A, na mesma trajetória, o deslocamento escalar é nulo, e a distância percorrida é a soma dos dois deslocamentos (ida e volta), em módulo.

4. Movimentos progressivo e retrógrado

Se um móvel se desloca no mesmo sentido da orientação da trajetória, o valor do espaço aumenta com o passar do tempo e, com isso, seu deslocamento escalar é positivo. Nesse caso, o movimento é classificado como **progressivo** e a velocidade é positiva ($v > 0$).

Por outro lado, se o móvel se desloca no sentido contrário ao da orientação da trajetória, o valor do espaço diminui com o passar do tempo e, com isso, seu deslocamento é negativo. Nesse caso, o movimento é classificado como **retrógrado** e a velocidade é negativa ($v < 0$).

A figura a seguir ilustra esses dois tipos de movimento.



Podemos representar os espaços ocupados por um móvel em função do tempo, que se movimenta em uma trajetória previamente orientada, por meio de uma tabela ou por um diagrama horário.



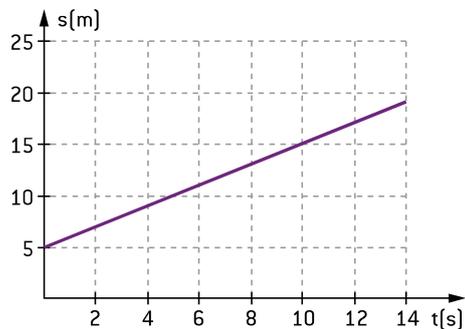
A tabela seguinte apresenta o espaço, em metros, de um móvel, no intervalo de tempo de 0 a 25 s.

t (s)	0	5	10	15	20	25
s (m)	20	27	32	32	29	22

Observe, na tabela, que:

- no intervalo de tempo de 0 s a 10 s, o espaço do móvel aumentou de 20 m para 32 m. Isso significa dizer que, nesse intervalo de tempo, o deslocamento escalar do móvel é 12 m ($32\text{ m} - 20\text{ m}$) e o movimento é **progressivo**;
- nos instantes $t = 10\text{ s}$ e $t = 15\text{ s}$, o espaço do móvel é o mesmo (32 m). Nesse intervalo de tempo, o deslocamento do móvel é 0 (zero). O mais provável é que o móvel tenha permanecido parado durante esse intervalo de tempo, mas não dispomos dessa informação; ele pode ter se deslocado e voltado à posição original;
- no intervalo de tempo de 15 s a 25 s, o espaço do móvel diminuiu de 32 m para 22 m. Isso significa dizer que, nesse intervalo de tempo, o deslocamento escalar do móvel é -10 m ($22\text{ m} - 32\text{ m}$) e o movimento é **retrógrado**.

Vejamos agora a representação dos espaços de um móvel por meio de um **diagrama horário**. Para isso, considere o gráfico seguinte, no qual, no eixo vertical, dispõem-se os valores do espaço (m) ocupado por um móvel e, no eixo horizontal, os correspondentes valores do tempo (s).



Nesse caso, o espaço aumenta com o tempo, para o intervalo de 0 s a 14 s. Isso caracteriza um movimento progressivo, ou seja, a velocidade é positiva.

APRENDER SEMPRE

5

01.

A rodovia Anhanguera (SP-330) tem sua origem na cidade de São Paulo (km 0) e seu final na cidade de Igarapava, na divisa com o estado de Minas Gerais. Ao longo dos 437 km, essa rodovia passa por cidades importantes do estado de São Paulo, tais como: Campinas (km 90), Pirassununga (km 210), Ribeirão Preto (km 310), Orlandia (km 366) e Igarapava (km 437).



- Qual o significado dos números entre parênteses que acompanham o nome de cada uma das seis cidades citadas no enunciado?
- Determine o deslocamento escalar de um carro que vai:
 - de Ribeirão Preto a Campinas;
 - de Pirassununga a Orlandia;
 - de São Paulo a Igarapava e, em seguida, retorna a Campinas.
- Determine a distância percorrida pelo carro em cada um dos trechos citados no item b.
- Classifique o movimento como progressivo ou retrógrado em cada um dos trechos.

Resolução

- O número que acompanha cada uma das cidades citadas é o **espaço (s)** de cada uma delas, ou seja, a distância que cada cidade se encontra da origem, que é a cidade de São Paulo (0 km).

- O deslocamento escalar é dado por: $\Delta s = s - s_0$. Assim, obtemos:

- de Ribeirão Preto a Campinas:
 $\Delta s = 90 - 310 \Rightarrow \Delta s = -220\text{ km};$
- de Pirassununga a Orlandia:
 $\Delta s = 366 - 210 \Rightarrow \Delta s = 156\text{ km};$
- de São Paulo a Igarapava e retorno a Campinas:
 $\Delta s = 90 - 0 \Rightarrow \Delta s = 90\text{ km}.$

No cálculo do item 3, não levamos em conta o fato de o carro ter se deslocado até Igarapava. Somente nos interessa o ponto de partida (São Paulo) e o ponto de parada (Campinas).

- Cálculo das distâncias percorridas:

- de Ribeirão Preto a Campinas: **220 km** ($310 - 90$);
- de Pirassununga a Orlandia: **156 km** ($366 - 210$);
- de São Paulo a Igarapava e retorno a Campinas: 437 km ($437 - 0$) de São Paulo a Igarapava e 347 km ($437 - 90$) de Igarapava a Campinas. Assim, a distância total percorrida nos trechos de ida e volta é:
 $d = 437\text{ km} + 347\text{ km} \Rightarrow d = 784\text{ km}$

-

- De Ribeirão Preto a Campinas: movimento **retrógrado** ($v < 0$), pois $\Delta s < 0$;
- De Pirassununga a Orlandia: movimento **progressivo** ($v > 0$), pois $\Delta s > 0$;
- De São Paulo a Igarapava e retorno a Campinas: movimento **progressivo** de São Paulo a Igarapava e **retrógrado** de Igarapava a Campinas.

5. Velocidade escalar média

A primeira ideia que fazemos da velocidade está associada à rapidez. Quanto maior a velocidade de um carro, mais rápido ele se movimenta e, portanto, maior a distância percorrida por ele em determinado intervalo de tempo.

A rapidez de um móvel, porém, não nos permite determinar a sua localização em um dado instante; para isso, precisamos da velocidade escalar, do deslocamento escalar e do intervalo de tempo correspondente. Em relação à velocidade escalar, iniciaremos com a velocidade escalar média. Veja o exemplo a seguir.

Vamos considerar que um caminhão faça uma viagem de São Paulo ao Rio de Janeiro. Ao longo do trajeto, o motorista do caminhão aumenta a velocidade, reduz a velocidade, percorre trechos com velocidade constante e permanece parado durante certo tempo para descanso e um lanche.



A via Dutra é uma importante rodovia que liga as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro.

Para determinar a **velocidade escalar média** (v_m) do caminhão nesse percurso, basta conhecer a distância entre as duas cidades e anotar os horários de partida e de chegada do caminhão. Neste caso, a distância entre as cidades é o **deslocamento escalar** (Δs), e a diferença entre os horários de chegada e de partida do caminhão é o **intervalo de tempo** (Δt) gasto no percurso total.

Assim, a velocidade escalar média é dada pelo quociente entre o deslocamento escalar e o intervalo de tempo correspondente:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), o deslocamento escalar é medido em metros (m), o intervalo de tempo, em segundos (s), e a velocidade média, como é obtida pelo quociente entre o deslocamento escalar e o intervalo de tempo, é medida em metros por segundo (m/s).

Uma unidade de velocidade muito utilizada na prática é o **km/h**. Se conhecemos o valor de uma velocidade em km/h, podemos converter esse valor para m/s. Vejamos o exemplo com uma velocidade de 108 km/h.

Devemos lembrar que, de acordo com as conversões de unidades mostradas anteriormente, consideramos:

$$1 \text{ km} = 1\,000 \text{ m} \text{ e } 1 \text{ h} = 3\,600 \text{ s}$$

Assim:

$$v = 108 \text{ km/h} = \frac{108 \cdot 1\,000 \text{ m}}{3\,600 \text{ s}} \Rightarrow v = \frac{108}{3,6} \text{ m/s} \Rightarrow v = 30 \text{ m/s}$$

Regra geral

- Para converter km/h em m/s, dividimos por 3,6.
- Para converter m/s em km/h, multiplicamos por 3,6.

Exemplos

- $720 \text{ km/h} = \frac{720}{3,6} = 200 \text{ m/s}$
- $15 \text{ m/s} = 15 \cdot 3,6 = 54 \text{ km/h}$

O deslocamento escalar (Δs) pode ser um número positivo, negativo ou nulo, e o intervalo de tempo é sempre um número positivo. Assim, a velocidade escalar média também pode ser positiva, negativa ou nula. Uma velocidade escalar média positiva indica que o deslocamento do móvel ocorreu no mesmo sentido da orientação da trajetória; quando negativa, indica que o deslocamento ocorreu no sentido contrário ao da orientação da trajetória e, quando nula, indica que o móvel retornou ao ponto de partida.

APRENDER SEMPRE

6

01.

Todos os dias, o sr. José sai de sua casa de carro, às 7 horas, para chegar às 8 horas no local de seu trabalho em outra cidade. Sua cidade localiza-se no km 50 da rodovia e seu trabalho, no km 110 da mesma rodovia. Em um determinado dia, em razão de um acidente na pista, ele chegou ao trabalho às 10 horas. Nesse dia, o sr. José saiu do trabalho às 21 horas e chegou em sua casa às 21h45min.

Determine a velocidade escalar média, no dia do acidente, para o trajeto de

- ida;
- volta;
- ida e volta.

Resolução

- Na ida, o deslocamento do carro é $\Delta s = 110 - 50 = 60 \text{ km}$, e o intervalo de tempo da viagem é $\Delta t = 10 - 7 = 3 \text{ h}$. Assim, a velocidade escalar média, nesse trajeto, é obtida por:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{60 \text{ km}}{3 \text{ h}} \Rightarrow v_m = 20 \text{ km/h}$$

- Na volta, o deslocamento escalar é $\Delta s = 50 - 110 = -60 \text{ km}$, e o intervalo de tempo é

$$\Delta t = 21\text{h}45 \text{ min} - 21 \text{ h} = 45 \text{ min} = \frac{3}{4} \text{ h. Neste}$$

caso, a velocidade escalar média é obtida por:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{60 \text{ km}}{\frac{3}{4} \text{ h}} \Rightarrow v_m = -80 \text{ km/h}$$

- No trajeto de ida e volta, pela mesma rodovia, o deslocamento escalar é $\Delta s = 50 - 50 = 0 \text{ km}$. Assim, a velocidade escalar média é **0 km/h**.



► 02.

Uma família foi passar um feriado prolongado na praia, distante 200 km de sua casa. Eles saíram às 6 horas da manhã e, em razão do intenso tráfego, percorreram a primeira metade do trajeto com velocidade média de 40 km/h. Na segunda metade do trajeto, conseguiram uma velocidade média de 80 km/h. Com base nessas informações, determine

- a que horas eles chegaram à praia;
- a velocidade média de todo o trajeto.

Resolução

a. O deslocamento escalar total é 200 km. Portanto, cada metade do trajeto corresponde a 100 km. Assim, o intervalo de tempo, na viagem, foi de:

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s_1}{v_{m1}} + \frac{\Delta s_2}{v_{m2}} \Rightarrow \Delta t = \frac{100}{40} + \frac{100}{80}$$

$$\Delta t = 2,5 + 1,25 \Rightarrow \Delta t_{\text{total}} = 3,75 \text{ h} = 3\text{h}45\text{min}$$

Como eles saíram às 6 horas e a viagem demorou 3h45min, chegaram à praia às **9h45min**.

b. A velocidade escalar média de todo o trajeto foi de:

$$v_m = \frac{\Delta s_{\text{total}}}{\Delta t_{\text{total}}} \Rightarrow v_m = \frac{200}{3,75} \Rightarrow v_m = 53,3 \text{ km/h}$$

Observe que a velocidade média total **não** é a média aritmética das duas velocidades dadas.

6. Velocidade escalar instantânea

Em um movimento, a velocidade escalar instantânea v é uma grandeza que indica o valor da velocidade em um determinado instante. No caso específico do movimento de um carro, a velocidade escalar instantânea é o valor que se obtém na leitura do velocímetro no painel de instrumentos.



Imagem de um velocímetro, que indica a velocidade em km/h e em mph (milhas por hora).

Quando se faz uma viagem, seja de carro ou de ônibus, a velocidade escalar instantânea apresenta valores diferentes ao longo do trajeto; ela aumenta, diminui, permanece constante em alguns trechos, podendo ser nula quando o móvel estiver parado.

Para o cálculo da velocidade instantânea, utilizamos o limite da velocidade média, quando o intervalo de tempo considerado tende a zero, ou seja, é a derivada $(v(t) = \frac{ds}{dt})$ da

função polinomial $s(t)$ no tempo.

Seja $s(t) = a \cdot t^n$

$v(t) = \frac{ds}{dt} = n \cdot a \cdot t^{n-1}$, que é a função horária da velocidade.

Nota

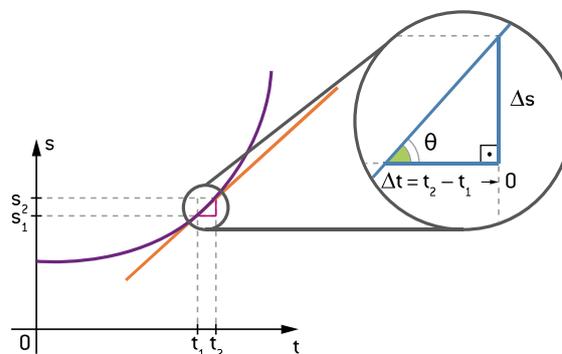
Se $s(t)$ for a adição de vários termos polinomiais, $v(t)$ será a adição da derivada de cada um desses termos.

Veja o exemplo: $s(t) = -1 \cdot t^3 + 2 \cdot t^2 - 4 \cdot t^1 + 5 \cdot t^0$ (note que os expoentes 1 e 0 de t nem precisavam aparecer, mas foram marcados para esclarecer os cálculos a seguir:

$$v(t) = \frac{ds}{dt} = 3 \cdot [-1] \cdot t^{3-1} + 2 \cdot 2 \cdot t^{2-1} + 1 \cdot [-4] \cdot t^{1-1} + 0 \cdot 5 \cdot t^{0-1}$$

$$v(t) = -3 \cdot t^2 + 4 \cdot t - 4$$

Observação – A velocidade instantânea de um móvel é, necessariamente, tangente à trajetória dele, em qualquer instante considerado.



$$v = \text{tg } \theta = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Para a velocidade escalar instantânea, utilizamos as mesmas unidades da velocidade escalar média, sendo as principais m/s e km/h.

► 01.

A posição de um móvel, em sua trajetória, varia conforme a função horária:

$$s = t^2 - 4 \cdot t + 4 \text{ [SI]}$$

Determine o instante em que o móvel inverte o sentido do seu movimento.

Resolução

Quando o móvel inverte o sentido do movimento, sua velocidade escalar se anula.

Para resolver o problema, vamos determinar, inicialmente, a função horária da velocidade v , fazendo $v = 0$, obtemos o valor correspondente do tempo.

$$s = t^2 - 4 \cdot t + 4$$

$$v = \frac{ds}{dt} = 2 \cdot t - 4$$

$$v = 2 \cdot t - 4 \text{ [SI]}$$

Fazendo $v = 0$, vem: $2 \cdot t - 4 = 0$

$$2 \cdot t = 4 \Rightarrow t = 2 \text{ s}$$



As leis de trânsito

As campanhas educativas que visam incentivar o respeito às leis de trânsito e, com isso, reduzir o número de acidentes, sejam eles fatais ou não, têm surtido efeito, mas ainda existe um número muito alto de acidentes e perdas de vidas, principalmente nos feriados prolongados.

Excesso de velocidade, imperícia na condução do veículo, ultrapassagens em lugares proibidos e pessoas alcoolizadas ao volante são imprudências caracterizadas, por lei, como crime e, infelizmente, ainda ocorrem com frequência nas ruas e estradas.



DELFIM MARTINS/PULSAR IMAGENS

Além das campanhas educativas, o Código Brasileiro de Trânsito estabelece multas e pontos negativos na carteira de habilitação, que são acumulados a cada infração cometida. Isso gera ônus ao infrator e possível perda da carteira, caso ele atinja a quantidade de pontos estabelecida em lei.

A tabela seguinte apresenta as penalidades aplicadas para o caso de excesso de velocidade.

Velocidade	Gravidade	Penalidade
Superior à máxima em até 20%	Média	4 pontos e multa de R\$ 130,16
Entre 20% e 50% superior à máxima	Grave	5 pontos e multa de R\$ 195,23
Superior à máxima em mais de 50%	Gravíssima	7 pontos e multa de R\$ 880,41

Os pontos são acumulados, e o limite é de 20 pontos ao ano. O condutor que ultrapassar esse limite tem a sua carteira de habilitação apreendida.

Disponível em: <<http://www.detran.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=2157>>. Acesso em: 20 mar. 2017. Adaptado.



Módulo 2

Cinemática escalar: conceitos básicos

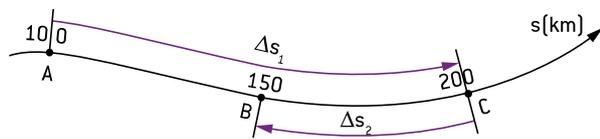

<https://ocw.uepb.edu.br/21fm10>

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Leia com atenção		Capítulo 2 – Tópicos 1, 2, 3 e 4								
ROTEIRO DE ESTUDOS	Exercícios	Série branca	21	22	23	24	27	28	30	31
		Série amarela	21	24	26	27	28	31	32	34
		Série roxa	31	33	34	35	36	38	39	40
		Foco Enem	24	25	28	29	30	31	34	35

21.

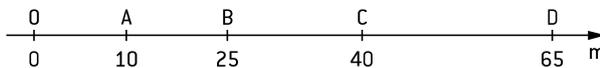
As cidades A, B e C estão situadas na mesma rodovia. Um automóvel sai da cidade A, vai até a cidade C e, em seguida, retorna à cidade B, conforme mostra a figura.



Uma pessoa afirma que o deslocamento escalar total do seu automóvel foi de 150 km, já outra afirma que foi de 50 km. Qual delas está correta? Justifique.

22.

A figura a seguir representa quatro posições (A, B, C e D) ocupadas por um móvel em um movimento retilíneo.



- Qual o espaço do móvel quando ele se encontra no ponto B? E quando se encontra no ponto D?
- Suponha que o móvel se desloque de A para C, determine o deslocamento escalar.

23. Unimontes-MG

Dois aviões do grupo de acrobacias são capazes de realizar manobras diversas e deixam para trás um rastro de fumaça. Nessas condições, para que os aviões descrevam duas semirretas paralelas verticais (perpendiculares ao solo, considerado plano) de tal sorte que o desenho fique do mesmo tamanho, os pilotos controlam os aviões para que tenham velocidades constantes e de mesmo módulo. Considerando o mesmo sentido para o movimento dos aviões durante essa acrobacia, pode-se afirmar corretamente que

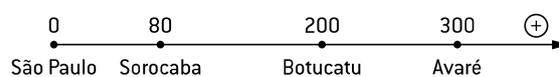
- os aviões não se movimentam em relação ao solo.
- os aviões estão parados, um em relação ao outro.
- um observador parado em relação ao solo está acelerado em relação aos aviões.
- um avião está acelerado em relação ao outro.

24.

C1-H2

A Rodovia Presidente Castelo Branco (SP-280) é a principal ligação entre a região metropolitana de São Paulo e o oeste paulista. Ela tem início no acesso às vias marginais Tietê e

Pinheiros, em São Paulo, e termina no entroncamento com a SP-225, em Santa Cruz do Rio Pardo. Na figura seguinte, representamos os valores aproximados dos marcos quilométricos de algumas cidades servidas por essa rodovia.

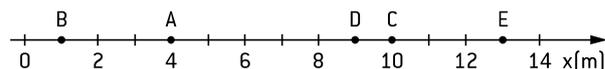


Se um carro movimentar-se de Botucatu a Avaré e, em seguida, retorna a Sorocaba, podemos afirmar que o movimento do carro

- é inicialmente retrógrado e, posteriormente, progressivo.
- é progressivo em todo o trajeto.
- é progressivo de Botucatu a Avaré e retrógrado de Avaré a Sorocaba.
- é progressivo somente no trecho de Avaré a Botucatu.
- é retrógrado de Botucatu a Avaré.

25.

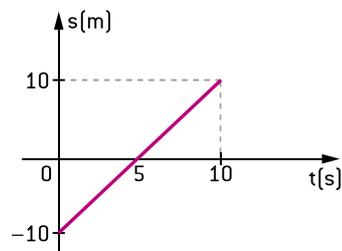
Num intervalo de tempo, uma partícula se desloca em linha reta, passando, sucessivamente, pelos pontos A, B, C, D e E, conforme mostra a figura.



Determine o deslocamento e a distância percorrida pela partícula no movimento de A até E.

26.

O gráfico seguinte representa como varia o espaço de um móvel em função do tempo.

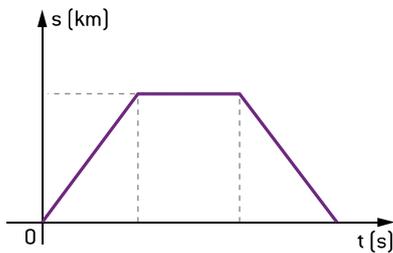


- Calcule o deslocamento do móvel entre os instantes 0 e 10 s.
- O movimento do móvel é progressivo ou retrógrado? Justifique.



27.

O espaço, s , em km, de um móvel varia com o tempo t , s, de acordo com o diagrama horário mostrado na figura seguinte.



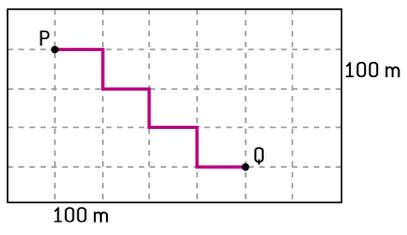
Analisando as três etapas mostradas no gráfico, podemos afirmar que o movimento correspondente a cada uma delas é, respectivamente,

- a. progressivo, retrógrado e progressivo.
- b. progressivo, progressivo e retrógrado.
- c. retrógrado, retrógrado e progressivo.
- d. progressivo, repouso e retrógrado.
- e. repouso, progressivo e repouso.

28.

C5-H17

Em um bairro onde todos os quarteirões são quadrados e as ruas paralelas distam 100 m uma da outra, uma pessoa faz o percurso de P a Q pela trajetória representada no esquema.

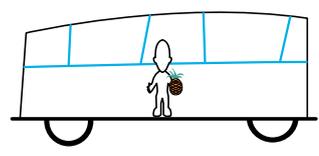


Em seguida, a pessoa retorna ao ponto P, caminhando 4 quarteirões para a esquerda e 3 quarteirões para cima. Em relação às distâncias percorridas de P a Q e de Q a P, podemos afirmar que

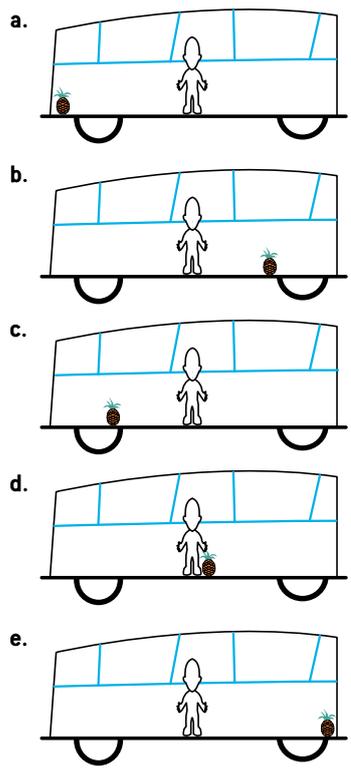
- a. são maiores no trecho PQ do que no trecho QP.
- b. são menores no trecho PQ do que no trecho QP.
- c. $PQ = 700$ m e $QP = 500$ m.
- d. $PQ = 400$ m e $QP = 700$ m.
- e. $PQ = QP = 700$ m.

29. UFT-TO

Uma pessoa está de pé dentro de um ônibus, que se move com velocidade constante. Em um dado instante, ela deixa cair de sua mão uma fruta que segurava. Suponha que outra pessoa parada na calçada possa visualizar a fruta caindo até vê-la atingir o piso do ônibus.

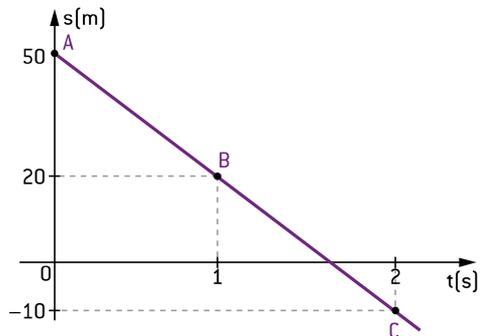


Das ilustrações a seguir, qual é a representação correta do ponto em que a fruta atinge o piso do ônibus?



30.

Um carro sai da posição $s = 50$ m (ponto A), dirige-se para a posição $s = 20$ m (ponto B) e, em seguida, dirige-se para a posição $s = -10$ m (ponto C). Todo esse deslocamento ocorreu em 2 segundos, conforme mostra o diagrama horário abaixo.



- a. Qual é o deslocamento do carro entre os instantes 0 e 2 s?
- b. Classifique o movimento do carro (progressivo ou retrógrado) entre os pontos A e C.

31.

C5-H17

Podemos dizer que o século XVI marcou o início da revolução científica na física. Em 1543, no livro *Das revoluções dos corpos celestes*, Nicolau Copérnico, um monge polonês, postulou o heliocentrismo (a Terra e os demais planetas do Sistema Solar girando em torno do Sol), em oposição à ideia aceita na época, que era a do geocentrismo (a Terra como centro do universo).

De acordo com o texto, podemos concluir que

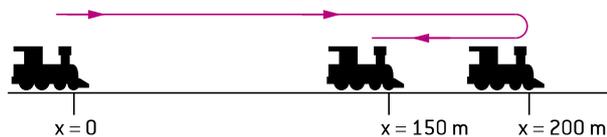
- a. no heliocentrismo, o referencial é a Terra.
- b. Copérnico, um monge polonês, postulou que é o Sol que gira em torno da Terra.



- de acordo com o heliocentrismo, o Sol é o centro do universo.
- de acordo com o geocentrismo, tanto o Sol como os outros planetas do sistema solar giram em torno da Terra.
- no geocentrismo, o referencial é o Sol.

32.

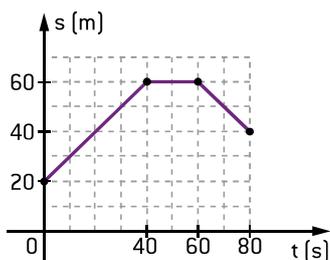
Um trem parte da posição $x = 0$, vai até o ponto $x = 200$ m e retorna ao ponto $x = 150$ m. Veja a figura.



Calcule o deslocamento escalar e a distância percorrida entre as posições $x = 0$ (inicial) e $x = 150$ m (final) e explique a diferença entre os resultados, se houver.

33.

Na figura a seguir, temos o diagrama horário do espaço de um ciclista, no intervalo de 0 s a 80 s, ao longo de uma corrida em linha reta.



Com base no gráfico, assinale a alternativa correta.

- O deslocamento escalar do ciclista, entre os instantes 60 s e 80 s, vale 20 m.
- Entre os instantes 40 s e 60 s o ciclista permaneceu parado a 60 m da origem.
- A maior distância do ciclista à origem dos espaços foi de 40 m.
- Entre os instantes 0 s e 40 s, o deslocamento do ciclista foi de 60 m.
- No instante $t = 80$ s, o ciclista está a 40 m do ponto de partida.

34.

C5-H17

O texto seguinte se refere ao cotidiano dos caçadores da comunidade Kung San, um povo quase extinto do deserto de Kalahari, entre Angola, Botsuana e Namíbia.

[...] O pequeno grupo de caça segue a pista dos cascos e o rastro de outros animais. Param por um momento perto de um grupo de árvores. Acocorados sobre os calcanhares, eles examinam a evidência com muito cuidado. Rapidamente se põem de acordo sobre os animais responsáveis pelos rastros, quantos são, de que idade e sexo, se há algum machucado, a velocidade com que estão se

deslocando, há quanto tempo passaram por ali, se há outros caçadores em sua perseguição, se o grupo pode alcançar a caça e, em caso positivo, quanto tempo isso levará.

SAGAN, Carl. *O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro*. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. p. 304.

Fazendo uma analogia entre o texto e os conhecimentos de física, podemos associar a observação das pegadas deixadas pelos animais

- às trajetórias dos móveis.
- ao referencial adotado no estudo dos movimentos.
- aos movimentos progressivo e retrógrado.
- ao espaço de um móvel.
- à distância percorrida por um móvel.

35. UMC-SP

Uma maneira prática de estudar um movimento é por meio de uma tabela. Considere que uma partícula tem seu espaço $[s]$ variando com o tempo $[t]$ de acordo com a tabela:

t (s)	s (m)
0	-10
1,0	-5
2,0	0
3,0	5
4,0	10
5,0	15
6,0	10
7,0	10
8,0	10

- Quanto vale o espaço inicial s_0 ?
- Qual a distância percorrida entre os instantes $t_1 = 0$ e $t_2 = 4,0$ s, admitindo-se que, neste intervalo, não houve inversão no sentido do movimento?
- Em que intervalo de tempo a partícula pode ter permanecido em repouso?

36. Cefet-PR

Imagine um ônibus escolar parado no ponto de ônibus e um aluno sentado em uma de suas poltronas. Quando o ônibus entra em movimento, sua posição no espaço se modifica: ele se afasta do ponto de ônibus. Dada essa situação, podemos afirmar que a conclusão **incorreta** é que

- o aluno que está sentado na poltrona acompanha o movimento do ônibus, portanto também se afasta do ponto de ônibus.
- o aluno está parado em relação ao ônibus e em movimento em relação ao ponto de ônibus.
- no texto, o referencial adotado é o próprio ônibus.
- para dizer se um corpo está parado ou em movimento, precisamos relacioná-lo a um ponto ou a um conjunto de pontos.

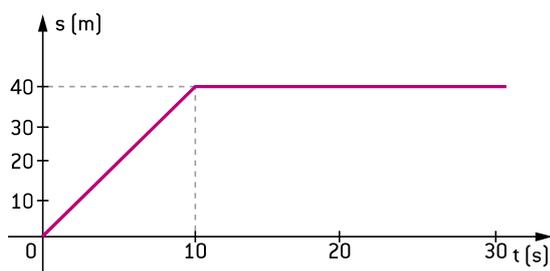
37. Uniube-MG

Considere a seguinte situação: um ônibus movendo-se por uma estrada e duas pessoas, uma, **A**, sentada no ônibus, e outra, **B**, parada na estrada, ambas observando uma lâmpada fixa no teto do ônibus. **A** diz: “A lâmpada não se move em relação a mim.” **B** diz: “A lâmpada está se movimentando, uma vez que ela está se afastando de mim.”

- A** está errada e **B** está certa.
- A** está certa e **B** está errada.
- Ambas estão erradas.
- Cada uma, dentro do seu ponto de vista, está certa.

38.

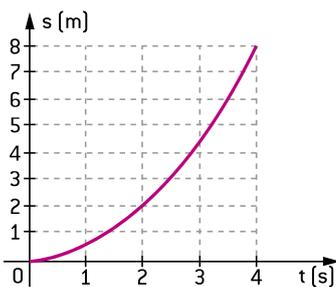
O gráfico a seguir mostra o comportamento do espaço de um móvel em função do tempo.



- Classifique o movimento do móvel (progressivo ou retrógrado) entre os intervalos de tempo de 0 a 10 s e de 10 s a 20 s.
- O deslocamento do móvel entre os instantes 0 a 10 s é maior, menor ou igual ao deslocamento do móvel entre os instantes 10 s a 20 s? Justifique.

39.

Um móvel encontra-se, no instante $t = 0$, na posição $s = 0$ e, no instante $t = 4$ s, na posição $s = 8$ m. O gráfico mostra como variou o espaço no intervalo de 0 a 4 s.



- O deslocamento do móvel entre os instantes $t = 2$ s e $t = 4$ s é o triplo do deslocamento entre os instantes $t = 0$ e $t = 2$ s.
- No instante $t = 1$ s, o espaço do móvel é maior que 1 m e menor que 2 m.
- No instante $t = 3$ s, o espaço do móvel é de aproximadamente 4 m.
- Entre 0 s e 2 s, o deslocamento do móvel é 1 m.
- O movimento do móvel entre os instantes $t = 0$ s e $t = 8$ s é retrógrado.

Com base no diagrama horário, dê a soma dos números dos itens corretos.

40. UFPB

Em uma competição de *rally* pelo interior do Brasil, um dos competidores para o seu *jeep* por falta de gasolina. O motorista, então, anda 200 m em linha reta para a direita até encontrar um posto de combustível. Em seguida, ele anda mais 10 m, no mesmo sentido, até uma loja de conveniência para comprar água. Finalmente, o motorista retorna para o seu *jeep*. Considerando o posto de gasolina como origem do sistema de referência e adotando o sentido positivo como sendo o da esquerda para a direita, julgue as afirmativas a seguir.

- A posição do *jeep* em relação ao posto é -200 m.
- O deslocamento do motorista entre o posto e a loja de conveniência foi de 10 m.
- A distância percorrida pelo motorista, no trajeto de ida e volta, foi de 420 m.

Assinale a alternativa correta.

- As três afirmativas estão corretas.
- As três afirmativas estão incorretas.
- Somente as afirmativas I e II estão corretas.
- Somente as afirmativas I e III estão corretas.
- Somente a afirmativa III está correta.

Veja o gabarito desses exercícios propostos na página 51.