

Introdução à Física

Por trás das câmeras

Quando vamos ao cinema, não imaginamos todo o aparato envolvido na projeção de um filme como o Wall-e. Veja que o funcionamento de um projetor de cinema não é tão simples quanto parece.

Quantas aplicações da Física podemos encontrar em uma sala de cinema? Não é difícil perceber que diversos ramos da Física se fazem presentes, como no movimento dos fotogramas (Cinemática), na exaustão do calor (Termodinâmica), na projeção das imagens (Óptica), no som (Acústica) etc. Desse modo, percebemos como é ampla a aplicação da Física nos mais variados ramos da Ciência.

1.1 Introdução

A Física preocupa-se em descrever os fenômenos que ocorrem na Natureza.

1.2 Física e Matemática

Os métodos utilizados em Física procuram formular leis, princípios e estabelecer relações matemáticas entre as grandezas envolvidas em um fenômeno.

O sistema de projeção
O projetor possui, entre outras coisas, uma fonte de luz, um obturador e um conjunto de lentes. As lentes são responsáveis pela ampliação das imagens e por sua correta focalização.

Velocidade: 24 fps

Exaustor de calor

Conjunto de lentes

Fonte de luz



Fotograma



Faixa onde é gravado o som

Furos para a sua movimentação



Comprimento da película e sua velocidade

O tamanho da bitola determina as dimensões dos fotogramas e, consequentemente, o comprimento total da película e sua velocidade, de forma que possam ser projetados 24 fotogramas por segundo (fps), o padrão mais usado.

Dois horas de duração

Quanto maior a bitola, melhor será a qualidade da imagem. Porém, essa melhora implica um aumento no custo de produção, o que leva a projeção no futuro vir a ser feita de modo digital.



A persistência retiniana

O olho humano tem capacidade de manter uma imagem por um curto período de tempo, diferenciando aproximadamente 20 imagens a cada segundo. Se os fotogramas forem trocados a uma taxa maior que essa, o cérebro não distingue uma da outra, dando a impressão de movimento.

Para pensar

1. Em um filme de aproximadamente 200 min, quantos metros de película 35 mm seriam necessários para rodá-lo?
2. Quantos fotogramas teria essa película?

35 mm
A bitola utilizada nos cinemas

Objetivo

► Conhecer o que é a Física, qual seu campo de estudo e as áreas nas quais ela se divide.

Termos e conceitos

- fenômeno
- modelo
- corpo

As cores do mundo impressionam o ser humano, inspirando-o nas artes e despertando seu interesse em explicá-las. ♡

Introdução

O ser humano sempre se preocupou em entender e dominar o Universo que o cerca. Interessou-se em explicar, por exemplo, o **som** de um trovão, a **luz** de um relâmpago, por que os corpos têm **cores** diferentes, como é o **movimento** da Lua em relação à Terra, como a Terra e os demais planetas se movem em relação ao Sol ou como são os movimentos dos objetos nas proximidades da superfície terrestre. Todas essas questões, por mais diferentes que sejam, são estudadas em Física, uma ciência tão presente em nossa vida que não podemos desprezá-la. A **Física** é o motivo deste curso.



◀ O desenvolvimento tecnológico possibilita à humanidade desvendar, cada vez mais, os segredos do Universo, como a galáxia em espiral M51 e a pequena galáxia NGC 5195. Imagem obtida pelo telescópio Hubble em janeiro de 2005.

O que é a Física

A palavra **física** (do grego: *physis*) significa **Natureza**. Em Física, como em toda ciência, qualquer acontecimento ou ocorrência é chamado **fenômeno**, ainda que não seja extraordinário ou excepcional. A simples queda de um lápis é, em linguagem científica, um fenômeno.

A necessidade do ser humano de compreender o ambiente que o cerca e explicar os fenômenos naturais é a gênese da Física. Essa compreensão é estabelecida com base em modelos do Universo, criados de acordo com o momento em que se encontra o desenvolvimento da ciência.

Precisamos entender a Física não como algo fechado e terminado, mas como um patrimônio em constante mudança. Tais mudanças ocorrem quando um determinado modelo, devido ao avanço do conhecimento, não mais explica de maneira satisfatória os fenômenos naturais a que se refere.

Portanto, a Física pode ser definida como uma ciência que busca descrever os fenômenos que ocorrem na Natureza e prever a sua ocorrência, procurando atualmente não mais oferecer uma imagem da Natureza, mas sim uma imagem da relação do ser humano com a Natureza. Os fenômenos naturais são tão variados e numerosos que o campo de estudo da Física torna-se cada vez mais amplo, existindo hoje diversos ramos da Física.

Ramos da Física

O ser humano tem suas primeiras informações do Universo por meio de seus sentidos: vê a luz de um relâmpago, ouve o som de um trovão e por meio do tato tem, entre outras, a noção de quente e frio. Consequentemente, classificou os fenômenos observados de acordo com o sentido empregado na observação. Relacionou a **luz** com a capacidade de **ver**, e daí surgiu uma ciência chamada **Óptica**. A **audição** o estimulou a estudar as propriedades do **som**, e surgiu outra ciência, a **Acústica**. As noções de **quente** e **frio**, sentidas pelo **tato**, motivaram o estudo do calor – a **Termologia**. O **movimento** é um dos fenômenos mais comuns no dia a dia e foi o mais estudado até hoje, tendo dado origem à **Mecânica**.

Essas ciências (Óptica, Acústica, Termologia e Mecânica) foram muitas vezes estudadas independentemente umas das outras, mas fazem parte do vasto mundo da Física. Hoje, elas constituem os ramos clássicos da Física.

As **propriedades elétricas da matéria** só passaram a ser estudadas profundamente a partir do século XIX, e esse estudo, conhecido como **Eletricidade**, é outro ramo da Física. No século XX, a discussão da **constituição da matéria** deu origem à **Física Nuclear**.

O Universo

Todos os **corpos** existentes na Natureza são quantidades definidas de **matéria**. Por exemplo, a madeira é matéria e uma mesa de madeira é um corpo; a borracha é matéria e um pneu de borracha é um corpo.

A matéria e, portanto, todos os corpos do Universo são constituídos por pequenas unidades denominadas **átomos**. Por serem extremamente pequenos, os átomos não podem ser vistos, nem com os mais poderosos microscópios. Entretanto, os cientistas criaram **modelos** que, dentro de certos limites, explicam os fenômenos naturais. Um dos modelos mais simples, proposto pelo físico Ernest Rutherford (1871-1937), estabelece que cada átomo é constituído de um **núcleo** central, formado por dois tipos de partículas, os **prótons*** e os **nêutrons***, e pela **eletrosfera**, constituída por um terceiro tipo de partículas, os **elétrons***, que giram em torno do núcleo (fig. 1). Na verdade, esta é uma visão extremamente simplificada do átomo. Além das três partículas citadas, há um número muito grande de outras partículas, como, por exemplo, pósitrons, mésons, neutrinos etc., que surgem quando ocorrem alterações nos núcleos dos átomos (reações nucleares). O estudo das propriedades dessas partículas é muito importante, principalmente para a compreensão da estrutura do Universo.

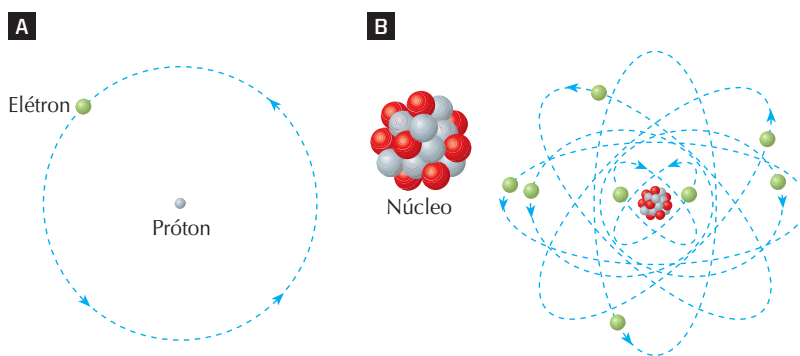


Figura 1. O átomo: (A) o átomo de hidrogênio possui um elétron, que gira em torno de seu núcleo, constituído por um único próton; (B) no átomo de oxigênio, o núcleo contém oito prótons (aqui indicados na cor cinza) e oito nêutrons (indicados em vermelho). Oito elétrons giram em torno desse núcleo. (Uso de cores fantasia.)

Os átomos, por sua vez, formam outros agregados: as **moléculas**. Existem muitos tipos de moléculas e seu número tende a crescer, pois diariamente são sintetizadas novas moléculas em laboratórios de Química.

O campo de estudo da Física abrange todo o Universo: desde a escala microscópica, relacionada às partículas que formam o átomo, até a escala macroscópica, que diz respeito aos planetas, às estrelas e às galáxias.

* Atribui-se aos elétrons e prótons uma propriedade: a carga elétrica. Convencionou-se como positiva a carga elétrica do próton e como negativa a carga elétrica do elétron. Os nêutrons não possuem carga elétrica, isto é, são eletricamente neutros. Atualmente, sabe-se que prótons e nêutrons são constituídos de partículas ainda menores, denominadas *quarks*.

Objetivos

- ▶ Conhecer a relação entre a Física e a Matemática.
- ▶ Utilizar as unidades de medida de comprimento e de tempo, adotadas no Sistema Internacional de Unidades (SI).
- ▶ Compreender o que são algarismos significativos e como utilizá-los para realizar operações matemáticas.
- ▶ Representar números em notação científica e determinar a ordem de grandeza de medidas.

Termos e conceitos

- método científico

A Matemática ajuda muito a Física, sintetizando a compreensão dos fenômenos. Uma fórmula matemática que resume um fenômeno físico constitui uma ajuda para a compreensão desse fenômeno, de modo que nunca deve ser assustadora para você.

Por exemplo, apesar de ser necessária uma longa explicação para chegarmos ao fato de que a energia de um corpo em movimento (energia cinética) depende de sua massa e de sua velocidade, recorrendo à Matemática, obtemos a fórmula:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2},$$

em que E_c é a energia cinética; m , a massa; e v , a velocidade. Essa fórmula nos mostra que a energia cinética varia em função da massa do corpo e de sua velocidade.



▶ Sempre que um corpo está em movimento dizemos que ele possui energia cinética.

Assim, aos poucos, você irá aprender a ler e entender uma fórmula e saberá utilizá-la a seu favor.

1 Método em Física

Os físicos estudam os fenômenos que ocorrem no Universo. Entretanto, os percursos trilhados pelos cientistas para a formulação de teorias e leis que expliquem esses fenômenos são muito variados. Muitas descobertas no campo da Física surgiram da imaginação de pesquisadores, da experimentação direta e, em certas ocasiões, ocorreram de maneira não intencional, sem seguir um caminho preestabelecido.

Um dos processos de aquisição do conhecimento é o denominado método experimental ou científico, que apresenta uma sequência rígida de etapas. Tal método é discutível, pois estabelece uma receita definida de passos a ser seguida, o que nem sempre é possível. Em vista de seu caráter histórico, vamos apresentar, de modo simplificado, o caminho sugerido pelo método científico. Em primeiro lugar, o fenômeno é observado repetidas vezes, destacando-se fatos notáveis. Por meio de instrumentos de medição – desde o relógio e a fita métrica até instrumentos mais sofisticados – medem-se as principais grandezas envolvidas no fenômeno. Com essas medidas, procura-se alguma relação entre tais grandezas, na tentativa de descobrir alguma lei ou princípio que o descreva. Muitas vezes essas leis ou princípios são expressos por fórmulas – como a da energia

cinética, apresentada na página anterior. Frequentemente, o fenômeno é repetido em laboratório em condições consideradas ideais em relação às condições reais de suas ocorrências. Assim, por exemplo, podemos estudar idealmente a lei da queda de um corpo, deixando-o cair em laboratório, num aparelho vertical onde se faz o vácuo (tubo de Newton), para eliminar a interferência do ar.

Na verdade, no processo de descobertas científicas, o cientista não costuma seguir, necessariamente, regras previamente estabelecidas, embora em seu trabalho desenvolva procedimentos científicos. Um bom exemplo de uma descoberta científica que não seguiu etapas determinadas *a priori*, como as descritas, foi a previsão de Albert Einstein de que a luz sofreria desvios em sua trajetória na proximidade de grandes massas, elaborada a partir do desenvolvimento matemático da Teoria da Relatividade Geral, publicada em 1915. A veracidade de tal previsão só foi comprovada mediante a posterior observação em alguns locais da Terra, entre eles Sobral, no Ceará, do eclipse do Sol, em 29 de maio de 1919: a luz proveniente de estrelas, ao passar próxima ao Sol, sofreu um desvio em sua trajetória.

2 Medidas de comprimento e tempo

Para melhor conhecer as grandezas envolvidas num fenômeno, a Física recorre a **medidas**. Com uma fita métrica podemos medir comprimento. O **metro** (símbolo: **m**) é a unidade fundamental de comprimento do Sistema Internacional de Unidades (SI)*. O metro admite múltiplos, como o **quilômetro (km)**, e submúltiplos, como o **centímetro (cm)** e o **milímetro (mm)**.

Outra unidade importante em nosso estudo é a unidade fundamental de tempo do Sistema Internacional de Unidades (SI): o **segundo**** (símbolo: **s**). O segundo admite múltiplos, como o **minuto (min)** e a **hora (h)**, e submúltiplos, como o milissegundo ($1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$), o microssegundo ($1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$) e o nanossegundo ($1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$).

$$1 \text{ km} = 1.000 \text{ m} = 10^3 \text{ m}$$

$$1 \text{ cm} = \frac{1}{100} \text{ m} = \frac{1}{10^2} \text{ m} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$1 \text{ mm} = \frac{1}{1.000} \text{ m} = \frac{1}{10^3} \text{ m} = 10^{-3} \text{ m}$$

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

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 60 \cdot 60 \text{ s} = 3.600 \text{ s}$$

$$1 \text{ dia} = 24 \text{ h} = 24 \cdot 3.600 \text{ s} = 86.400 \text{ s}$$

O metro

O metro foi inicialmente definido considerando-se a quarta parte de um meridiano terrestre dividida em 10 milhões de partes iguais. Cada uma dessas pequenas partes foi chamada de **1 metro**.

Como os meridianos da Terra não são todos iguais, uma nova definição foi apresentada: 1 metro é a distância entre dois traços marcados sobre uma barra de platina (90%) e irídio (10%), mantida no Instituto Internacional de Pesos e Medidas, em Sèvres, nas proximidades de Paris: é o **metro padrão**. Essa definição perdurou até 1983, quando foi aprovada a definição atual de metro que é apresentada no quadro geral de unidades, no final da Parte III deste livro.



Conteúdo digital Moderna PLUS <http://www.modernaplus.com.br>
História da Física: *Primeiras descobertas e a revolução copernicana*

- * É o sistema de unidades oficialmente adotado no Brasil, estabelecido em 1960, durante a 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, com base no Sistema Métrico Decimal.
- ** A definição atual de segundo é apresentada no quadro geral de unidades, no final deste livro.

3 Algarismos significativos

A precisão da medida de uma certa grandeza depende principalmente do instrumento utilizado. Vejamos um exemplo: pretende-se medir o comprimento L de uma barra e, para isso, dispõe-se de duas réguas – uma centimetrada e outra milimetrada. Conforme veremos, a precisão da medida com a régua centimetrada é menor do que com a milimetrada.

Com a utilização da régua centimetrada (**fig. 2A**) podemos dizer que o comprimento da barra está compreendido entre 9 cm e 10 cm, estando mais próximo de 10 cm. O algarismo que representa a primeira casa depois da vírgula não pode ser determinado com precisão, devendo ser estimado. Desse modo, estimamos a medida do comprimento L em 9,6 cm. Note que o algarismo 9 é correto e o algarismo 6 é duvidoso.

Em toda medida os algarismos corretos e o primeiro duvidoso são chamados **algarismos significativos**. Portanto, na medida 9,6 cm, temos dois algarismos significativos.

Com a régua milimetrada (**fig. 2B**), como cada centímetro é dividido em 10 milímetros, podemos com maior precisão dizer que o comprimento da barra está compreendido entre 9,6 cm e 9,7 cm. Nesse caso, estimamos o comprimento L em 9,65 cm. Observe, agora, que os algarismos 9 e 6 são corretos e o algarismo 5 é duvidoso, pois ele foi estimado. Temos, então, três algarismos significativos.

Os algarismos significativos de uma medida são os algarismos corretos e o primeiro duvidoso.

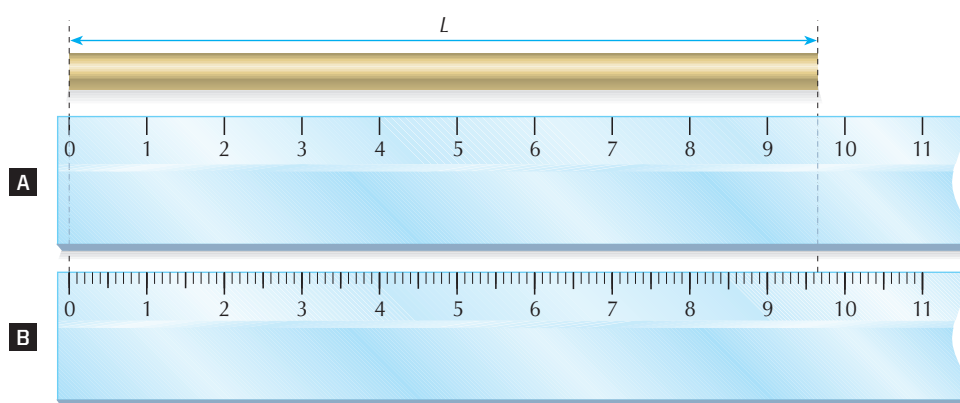


Figura 2.

Imagine agora que a medida $L = 9,65$ cm deva ser convertida para metro.

Desse modo, temos $L = 0,0965$ m. Note que a medida continua com três algarismos significativos, isto é, os zeros à esquerda do número 9 não são significativos – eles apenas servem para posicionar a vírgula. Portanto, **os zeros à esquerda do primeiro algarismo significativo não são significativos**.

Estando o zero à direita do primeiro algarismo significativo, ele também será significativo. Por exemplo, na medida $L = 9,05$ m temos três algarismos significativos: 9, 0 e 5. Convertendo-se essa medida para centímetro, temos $L = 9,05 \cdot 10^2$ cm. Note que a medida continua com três algarismos significativos, isto é, os algarismos correspondentes à potência de 10 não são significativos.

Operações com algarismos significativos

Ao efetuarmos uma **multiplicação** ou uma **divisão** com algarismos significativos, devemos apresentar o resultado com um número de algarismos significativos igual ao do fator que possui o menor número de algarismos significativos. Assim, por exemplo, considere o produto: $2,31 \cdot 1,4$. Ao efetuarmos a operação, encontramos 3,234. Como o primeiro fator tem três algarismos significativos (2,31) e o segundo tem dois (1,4), apresentamos o resultado com dois algarismos significativos, ou seja: 3,2.



4

Notação científica

Utilizar a notação científica significa exprimir um número da seguinte forma: $N \cdot 10^n$, em que n é um expoente inteiro e N é tal que $1 \leq N < 10$. Para exprimir a medida de uma grandeza em notação científica, o número N deve ser formado por todos os algarismos significativos que nela comparecem.

Por exemplo, considere que as medidas indicadas a seguir estejam expressas corretamente em algarismos significativos: 360 s e 0,0035 m. Utilizando a notação científica e levando em conta o número de algarismos significativos, escrevemos, respectivamente, para essas medidas: $3,60 \cdot 10^2$ s e $3,5 \cdot 10^{-3}$ m.

Ordem de grandeza

Determinar a **ordem de grandeza** de uma medida consiste em fornecer, como resultado, a potência de 10 mais próxima do valor encontrado para a grandeza. Como estabelecer essa potência de 10 mais próxima?

Partindo da notação científica, $N \cdot 10^n$, procede-se assim: se o número N que multiplica a potência de 10 for maior ou igual a $\sqrt{10}$, utiliza-se, como ordem de grandeza, a potência de 10 de expoente um grau acima, isto é, 10^{n+1} ; se N for menor que $\sqrt{10}$, usa-se a mesma potência da notação científica, isto é, 10^n .

É importante observar que $10^{0,5} = \sqrt{10} \approx 3,16$ é o valor utilizado como limite de aproximação, isto é, corresponde ao ponto médio do intervalo 10^0 e 10^1 ($10^{\frac{0+1}{2}} = 10^{0,5}$).

Em resumo, temos:

$$\begin{aligned} N \geq \sqrt{10} &\Rightarrow \text{ordem de grandeza: } 10^{n+1} \\ N < \sqrt{10} &\Rightarrow \text{ordem de grandeza: } 10^n \end{aligned}$$

Para exemplificar, considere o raio da Terra igual a $6,37 \cdot 10^6$ m e a distância da Terra ao Sol igual a $1,49 \cdot 10^{11}$ m. Vamos calcular a ordem de grandeza desses valores.

Sendo $6,37 > \sqrt{10}$, a ordem de grandeza do raio da Terra é dada por: 10^{6+1} m = 10^7 m.

Sendo $1,49 < \sqrt{10}$, temos para a distância da Terra ao Sol a ordem de grandeza: 10^{11} m.

Comparando as ordens de grandeza entre a distância da Terra ao Sol e o raio da Terra, verificamos uma diferença de 4 ordens de grandeza. ▶



EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

- R. 1** Um espetáculo musical tem início exatamente às 21 h 15 min 25 s e termina às 23 h 38 min 15 s. Determine a duração desse espetáculo.

Solução:

A duração do espetáculo corresponde ao intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$, em que $t_1 = 21$ h 15 min 25 s é o instante de início e $t_2 = 23$ h 38 min 15 s é o instante de término.

Para calcular essa diferença, devemos iniciar a subtração pela coluna dos segundos, de modo que o valor do instante final (t_2) em cada coluna seja sempre maior que o do instante inicial (t_1). No caso, na coluna dos segundos, temos 15 s para t_2 e 25 s para t_1 . Como 15 s é menor do que 25 s, passamos 1 min (60 s) da coluna dos minutos para a coluna dos segundos.

Assim, teremos:

$$\begin{array}{r} t_2 = 23 \text{ h } 38 \text{ min } 15 \text{ s} \\ t_1 = 21 \text{ h } 15 \text{ min } 25 \text{ s} \quad \Rightarrow \\ \hline 23 \text{ h } 37 \text{ min } 75 \text{ s} \\ - 21 \text{ h } 15 \text{ min } 25 \text{ s} \\ \hline 2 \text{ h } 22 \text{ min } 50 \text{ s} \end{array}$$

Portanto, o intervalo de tempo (Δt) correspondente à duração do espetáculo vale:

$$\Delta t = 2 \text{ h } 22 \text{ min } 50 \text{ s}$$

Se quisermos dar a resposta em segundos, devemos lembrar que 1 h = 3.600 s e 1 min = 60 s. Portanto:

$$\begin{aligned} \Delta t &= (2 \cdot 3.600) + (22 \cdot 60) + 50 \\ \Delta t &= 7.200 + 1.320 + 50 \end{aligned}$$

$$\Delta t = 8.570 \text{ s}$$

Resposta: 2 h 22 min 50 s ou 8.570 s

- R. 2** A balança da figura abaixo está graduada em quilogramas (kg). Qual é a massa do pacote colocado sobre o prato da balança? Quais são os algarismos corretos e o primeiro algarismo duvidoso?



Solução:

Observando que cada divisão corresponde a 0,1 kg, concluímos que a massa do pacote está compreendida entre 2,4 e 2,5 kg. Avaliamos, então, a massa do pacote em 2,45 kg. Note que os algarismos 2 e 4 são corretos, e que o algarismo 5 é duvidoso.

Respostas: 2,45 kg; 2 e 4 são os algarismos corretos; 5 é o algarismo duvidoso.

- R. 3** O sino de uma igreja bate uma vez a cada meia hora, todos os dias. Qual é a ordem de grandeza do número de vezes que o sino bate em um ano?

Solução:

Se o sino bate uma vez a cada meia hora, concluímos que em um dia ele bate 48 vezes. Logo, o número de batidas do sino em um ano é dado por:

$$X = 48 \cdot 365 \Rightarrow X = 17.520 \text{ batidas}$$

Em notação científica, com três algarismos significativos, temos $X = 1,75 \cdot 10^4$ batidas.

Como $1,75 < \sqrt{10}$, para a ordem de grandeza teremos o valor:

$$X' = 10^4 \text{ batidas}$$

Resposta: 10^4 batidas

- R. 4** Qual é a ordem de grandeza do número de batimentos cardíacos de um aluno do ensino médio, desde o seu nascimento?

Solução:

Para a resolução desse exercício é necessário fazer algumas estimativas. Vamos, por exemplo, considerar que o coração bata 70 vezes em um minuto e vamos adotar para a idade do aluno 15 anos. Devemos, inicialmente, calcular o número de minutos existente em 15 anos:

$$15 \text{ anos} = 15 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \text{ minutos}$$

$$15 \text{ anos} = 7.884.000 \text{ minutos}$$

O número X de batimentos em 15 anos de vida será:

$$X = 70 \text{ batimentos por minuto} \cdot 7.884.000 \text{ minutos}$$

$$X = 551.880.000 \text{ batimentos}$$

Em notação científica, com três algarismos significativos, temos $X = 5,52 \cdot 10^8$ batimentos.

Como $5,52 > \sqrt{10}$, para a ordem de grandeza temos o valor:

$$X' = 10^9 \text{ batimentos}$$

Observe que a escolha da idade do aluno (para 14, 16 ou 17 anos) ou do número de batimentos por minuto (para 60, 80 ou 90) não altera o resultado da ordem de grandeza.

Resposta: 10^9 batimentos

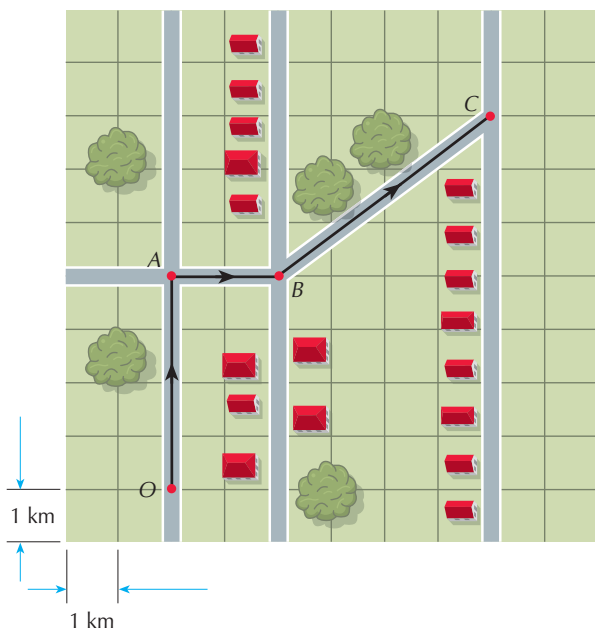


EXERCÍCIOS PROPOSTOS

P. 1 Efetue as seguintes conversões:

- 1 m em cm
- 1 cm em m
- 1 m em mm
- 1 km em m
- 1 mm em m
- 1 cm em mm

P. 2 Um carro parte da posição O e percorre o caminho OABC conforme indicado na figura abaixo. Determine as distâncias percorridas: de O a A, de A a B e de B a C.



P. 3 Efetue as seguintes conversões:

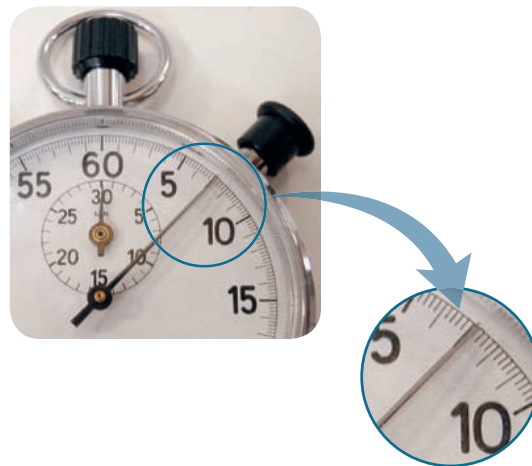
- 1 h em min
- 1 min em s
- 1 h em s
- 1 dia em s

P. 4 Uma corrida de automóveis tem início às 10 h 20 min 45 s e termina às 12 h 15 min 35 s. Determine o intervalo de tempo de duração da corrida.

P. 5 Efetue as operações indicadas abaixo. Os números estão expressos corretamente em algarismos significativos. Dê a resposta da 1ª operação em m e da 2ª em m².

- $3,020 \text{ m} + 0,0012 \text{ km} + 320 \text{ cm}$
- $4,33 \text{ m} \times 50,2 \text{ cm}$

P. 6 Um estudante utilizou um cronômetro para determinar o intervalo de tempo com que uma pedra, abandonada de certa altura, atinge o chão. O resultado obtido é indicado na foto abaixo. Sabe-se que o ponteiro não completou uma volta.



Qual é a leitura do cronômetro expressa em algarismos significativos? Quais são os algarismos corretos e o primeiro algarismo duvidoso?

P. 7 As medidas indicadas abaixo estão expressas corretamente em algarismos significativos.

- 473 m
- 0,0705 cm
- 37 mm
- 37,0 mm

Escreva-as em notação científica e indique os algarismos corretos e o primeiro duvidoso, em cada medida.

P. 8 O intervalo de tempo de um ano corresponde a quantos segundos? Dê sua resposta em notação científica e com dois algarismos significativos.

P. 9 Sabendo-se que em 1 cm³ cabem aproximadamente 20 gotas de água, determine a ordem de grandeza do número de gotas de água necessárias para encher a banheira de um apartamento.

P. 10 (Fasp-SP) Uma partida normal de futebol é disputada em 90 minutos. O estádio do Morumbi, em São Paulo, já recebeu cerca de 30 milhões de torcedores desde sua abertura em 1960. A média de torcedores por partida é de aproximadamente 28.000. Então, qual é a ordem de grandeza do total de minutos de futebol já jogados no Morumbi?

TESTES PROPOSTOS

T. 1 (PUC-Campinas-SP) Um intervalo de tempo igual a 25.972,5 segundos corresponde a:

- a) 7 h 12 min 52,5 s d) 432 h 52,5 min
b) 7 h 772 min 0,5 s e) 432,875 h
c) 7 h 21 min 145 s

T. 2 (Inatel-MG) A tabela abaixo descreve alguns eventos temporais a respeito da formação do nosso Sol e da Terra.

Alguns eventos temporais (em anos passados até a data atual)	
$4,55 \cdot 10^9$	Formação do Sol
$4,45 \cdot 10^9$	Formação da Terra
$3,8 \cdot 10^9$	Os continentes emergem das águas
$4,2 \cdot 10^8$	Aparecimento das plantas sobre o solo
$6,7 \cdot 10^7$	Extinção dos dinossauros
$1,2 \cdot 10^5$	Aparecimento do homem de Neanderthal
$4,0 \cdot 10^3$	Início da história do homem

Se adotarmos que a formação do Sol ocorreu há 1 dia terrestre, quando se iniciou a história da civilização humana nessa nova escala de tempo? (1 dia terrestre = 86.400 segundos)

- a) Há 76 segundos, aproximadamente.
b) Há 76 milissegundos, aproximadamente.
c) Há 76 microssegundos, aproximadamente.
d) Há 78 milissegundos, aproximadamente.
e) Há 78 microssegundos, aproximadamente.

T. 3 As aulas num dado colégio de Florianópolis têm início às 7 h 30 min todos os dias. Em determinado dia, por mau funcionamento do relógio sinaleiro, o sinal de término das aulas soou às 13 h 15 min 20 s. A duração das aulas nesse dia no colégio foi de:

- a) 6 h 15 min 20 s
b) 5 h 45 min 20 s
c) exatamente 6 h
d) 5 h 45 min 40 s
e) 6 h 45 min 20 s

T. 4 (Acafe-SC) No ano 2004 foram realizadas eleições para prefeito, vice-prefeito e vereador em todos os municípios do Brasil. Os candidatos utilizaram o horário político gratuito na mídia e realizaram comícios, fazendo diversos discursos. Enrico Fermi observou, certa vez, que a duração padrão de um discurso é de aproximadamente um microséculo. Considerando todos os anos com 365 dias, é **correto** afirmar que a duração de um microséculo, em minutos, é (dado: 1 micro = 10^{-6}):

- a) 24,25 d) 120,00
b) 87,60 e) 52,56
c) 36,50

T. 5 (Ufac) Num campo de futebol não oficial, as traves verticais do gol distam entre si 8,15 m.

Considerando que 1 jarda vale 3 pés e que 1 pé mede 30,48 cm, a largura mais aproximada desse gol, em jardas, é:

- a) 6,3 d) 12,5
b) 8,9 e) 14,0
c) 10,2

T. 6 (Fuvest-SP) No estádio do Morumbi 120.000 torcedores assistem a um jogo. Através de cada uma das 6 saídas disponíveis podem passar 1.000 pessoas por minuto. Qual é o tempo mínimo necessário para se esvaziar o estádio?

- a) uma hora d) $\frac{1}{3}$ de hora
b) meia hora e) $\frac{3}{4}$ de hora
c) $\frac{1}{4}$ de hora

T. 7 (UFRJ) Numa fila de banco há 300 pessoas. O guarda autoriza a entrar no banco, durante 10 segundos, 30 pessoas. Para nova autorização há a espera de 20 minutos.

Levando-se em consideração serem sempre constantes os intervalos mencionados, as 300 pessoas da fila serão atendidas, aproximadamente, em:

- a) 201 min d) 171 min
b) 191 min e) 161 min
c) 181 min

T. 8 (FEI-SP) O diâmetro de um fio de cabelo é 10^{-4} m. Sabendo-se que o diâmetro de um átomo é 10^{-10} m, quantos átomos colocados lado a lado seriam necessários para fazer uma linha que divida o fio de cabelo ao meio exatamente no seu diâmetro?

- a) 10^4 átomos d) 10^7 átomos
b) 10^5 átomos e) 10^8 átomos
c) 10^6 átomos

T. 9 (UEL-PR) O velocímetro indica a velocidade instantânea de um veículo. Num certo instante, a indicação do aparelho está representada abaixo.



A melhor leitura da velocidade, em km/h, é:

- a) 80 c) 87 e) 92
b) 84 d) 90

HISTÓRIA DA FÍSICA

Primeiras descobertas e a revolução copernicana

O estudo do movimento teve início com o surgimento das primeiras civilizações no Egito, Mesopotâmia e Oriente Médio. Por interesses variados, esses povos procuraram compreender fenômenos como o curso dos astros, o fluxo das marés, o ciclo dos eclipses e, a partir da observação do céu, puderam estabelecer as estações do ano. À medida que as observações eram acumuladas, elas eram transmitidas e apropriadas pelos povos das regiões do Mediterrâneo e proximidades. As primeiras explicações para os fenômenos observados eram impregnadas de religiosidade e mito. Apenas por volta do século VI a.C. é que pensadores gregos começaram a desenvolver formas mais elaboradas de tratar o conhecimento empírico existente, com formulações racionais associadas a um desenvolvimento da Matemática.

HERÁCLITO (535-475 a.C.) afirmou que o movimento é o princípio básico do qual tudo o que vemos e sentimos é decorrência.

DEMÓCRITO (460-370 a.C.) descreveu de modo puramente mecânico o movimento. Estabeleceu as noções de átomo e vazio. O átomo (indivisível) era a menor partícula de matéria, e o vazio era a ausência de matéria. Segundo ele, os átomos se moviam ao acaso e, nesse movimento, se chocavam, se atraíam e se repeliam. Em consequência disso se formaram todas as coisas do Universo.

Parece ter sido ARISTÓTELES (384-322 a.C.) o primeiro a elaborar um sistema filosófico para a explicação do movimento dos corpos e do mundo físico que o cercava. Para ele, toda matéria era composta de quatro elementos fundamentais: terra, água, fogo e ar, e esses elementos tinham posições determinadas no Universo. O lugar natural do fogo e do ar era sempre acima do lugar natural da terra e da água. Desse modo explicava por que uma pedra e a chuva caem: seus lugares naturais eram a terra e a água. Analogamente, a fumaça e o vapor sobem em busca de seus lugares naturais acima da terra. Aristóteles também elaborou várias outras teorias sobre ciências naturais, que foram aceitas até a Renascença.

Ainda na Grécia, menos de um século depois de Aristóteles, um outro grego, ARISTARCO DE SAMOS (310-230 a.C.), propôs uma teoria do movimento dos corpos celestes. Teve a ideia de que a Terra e os planetas giravam em torno do Sol, e por isso foi acusado de perturbar o descanso dos deuses e de contradizer as ideias de Aristóteles sobre o movimento celeste. Para Aristóteles, os planetas, o Sol e a Lua giravam em torno da Terra em órbitas circulares, e a Terra não se movimentava.

Quatro séculos depois da morte de Aristarco, já depois de Cristo, as ideias aristotélicas do movimento celeste foram aperfeiçoadas por CLÁUDIO PTOLOMEU (século II), astrônomo de origem greco-romana nascido em Alexandria, no Egito.



Demócrito e Heráclito travam um debate filosófico imaginário. Gravura de Donato Bramante, século XVI.



Estátua de Nicolau Copérnico, situada na Biblioteca Nacional de Paris, França, erigida no século XIX.

Na Renascença, JEAN BURIDAN (1300-1360), reitor da Universidade de Paris, colocou-se frontalmente contra as teorias de Aristóteles. Suas ideias espalharam-se pela Europa, abrindo caminho para que nos séculos seguintes Copérnico e Galileu iniciassem a ciência moderna.

NICOLAU COPÉRNICO (1473-1543) nasceu na Polônia, e lá estudou na Universidade de Cracóvia. Esteve na Itália, em várias universidades, onde manteve contato com os cientistas mais notáveis. De volta à Polônia, desenvolveu sua teoria sobre o movimento celeste. Propôs um sistema análogo ao de Aristarco: os planetas e a Terra giram em torno do Sol, isto é, um sistema heliocêntrico (do grego: *helios*, Sol). Copérnico localizou corretamente as posições relativas dos planetas conhecidos e determinou seus períodos de translação em torno do Sol. O sistema de Copérnico não encontrou apoio de quase ninguém; na época, o sistema de Ptolomeu e as ideias de Aristóteles eram doutrinas estabelecidas tanto na religião como na filosofia.

Introdução ao estudo dos movimentos

O movimento é uma característica do Universo que pode ser observada nas mais variadas situações do cotidiano, como os graciosos passos de uma bailarina ou o movimento dos automóveis. O movimento também está presente na agitação de átomos e moléculas no microcosmo e na movimentação de estrelas e galáxias no macrocosmo.

2.1 Introdução

Os conceitos de repouso e de movimento, bem como a forma da trajetória, dependem do referencial adotado.

2.2 Velocidade escalar média e velocidade escalar instantânea

Em um movimento, a variação do espaço de um móvel no decorrer do tempo define a velocidade escalar média. A velocidade escalar em cada instante é chamada instantânea.

O conceito de repouso e de movimento é relativo - depende do referencial adotado. Para os paraquedistas em formação, em relação aos companheiros, todos estão em repouso.



▲ Momentos antes do salto, o paraquedista está em movimento em relação à Terra. No entanto, em relação ao avião, ele está em repouso.

Introdução

Objetivos

- ▶ Explicar os conceitos de referencial e trajetória.
- ▶ Analisar a dependência do conceito de movimento em relação ao de referencial.
- ▶ Conceituar velocidade escalar média e velocidade escalar instantânea.

Termos e conceitos

- ponto material
- corpo extenso
 - trajetória
 - referencial
- origem dos espaços

A Cinemática é a parte da Mecânica que descreve os movimentos, procurando determinar a posição, a velocidade e a aceleração de um corpo em cada instante.

Em todas as questões e fenômenos discutidos neste livro, os corpos em estudo, denominados **móveis**, são considerados **pontos materiais**. Ponto material é um corpo cujas dimensões não interferem no estudo de determinado fenômeno.

Quando as dimensões de um corpo são relevantes no estudo de determinado fenômeno, ele é chamado **corpo extenso**. Um carro que realiza uma manobra para estacionar numa vaga é um corpo extenso. Já o mesmo carro, em uma viagem ao longo de uma estrada, pode ser tratado como um ponto material.

1 Posição numa trajetória

A primeira etapa em Cinemática é a determinação, em cada instante, da **posição** de um móvel. A posição de um móvel pode ser associada à noção de marco quilométrico numa moderna rodovia.

Ao longo de uma rodovia existem marcos quilométricos, cuja função é localizar, por exemplo, veículos que nela trafegam. Assim, a posição do ônibus da **figura 1*** é determinada pelo marco km 90, o que não significa que esse ônibus tenha andado necessariamente 90 km.

Se o ônibus tiver partido de uma localidade no km 60 (**fig. 2**) e se deslocado até o km 90, terá andado nesse intervalo de tempo 30 km, diferente portanto de 90 km. Desse modo, o marco quilométrico numa rodovia **apenas localiza o móvel** e não indica quanto este andou.

Na **figura 2**, o automóvel que cruza com o ônibus e desloca-se em sentido contrário também está no marco km 90. Assim, **o marco quilométrico não indica o sentido do movimento**.



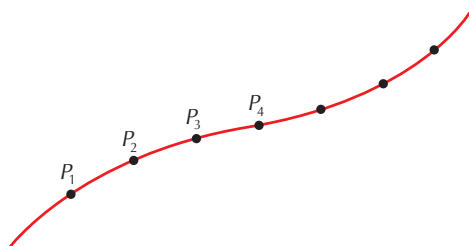
▶ **Figura 1.** O marco quilométrico km 90 localiza o ônibus nessa estrada e fornece sua posição.



▶ **Figura 2.** Representação esquemática de posições numa rodovia.

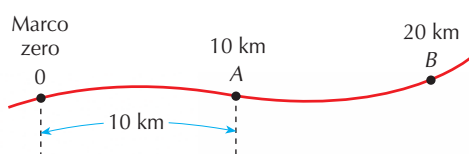
* Nos esquemas e figuras, os móveis frequentemente não são representados em suas reais dimensões.

Para generalizar essas noções, vamos chamar de **trajetória** o conjunto das posições sucessivas ocupadas por um móvel no decorrer do tempo (fig. 3).



◀ **Figura 3.** O móvel ocupa as posições $P_1, P_2, P_3, P_4, \dots$ nos instantes sucessivos $t_1, t_2, t_3, t_4, \dots$. A linha que contém $P_1, P_2, P_3, P_4, \dots$ é a trajetória.

Na trajetória escolhemos arbitrariamente um **marco zero**, a partir do qual medimos comprimentos que indicam a posição do móvel (fig. 4) mas não fornecem nem o sentido nem a distância percorrida.



◀ **Figura 4.** O móvel A encontra-se a 10 km do marco zero, e o móvel B, a 20 km.

Devemos observar que um móvel pode encontrar-se de um lado ou de outro em relação ao marco zero (fig. 5A), sendo portanto conveniente orientar a trajetória, adotando-se um sentido positivo (fig. 5B).



▶ **Figura 5.**

Assim, a posição do móvel A fica definida pela medida algébrica +10 km, e a de C, por -10 km.

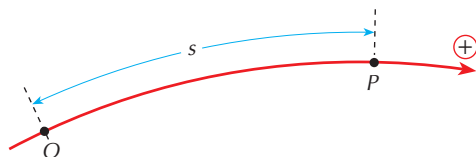
A medida algébrica do arco da trajetória que vai do marco zero à posição do móvel recebe o nome de **espaço**, indicado pela letra s . O marco zero (0) é chamado de **origem dos espaços**.

Na **figura 5B** o espaço do móvel A, independentemente do sentido do seu movimento, é $s_A = +10$ km, e o de C, $s_C = -10$ km.

Os rastros de fumaça indicam as trajetórias das aeronaves em relação à Terra. ▶



O espaço s permite conhecer a posição de um móvel ao longo da trajetória, em cada instante t (fig. 6).



▲ **Figura 6.** A cada instante t corresponde um espaço s do móvel P .



▲ O marco zero (origem dos espaços) das estradas que cortam o estado do Paraná está localizado em Curitiba, a capital paranaense, na Praça Tiradentes, um de seus principais logradouros.

2 Referencial

Um corpo está em movimento quando sua posição muda no decurso do tempo. Considere um trem que parte suavemente de uma estação e se dirige a outra localidade (fig. 7). Em relação a um observador fixo na estação, a lâmpada presa ao teto do trem está em movimento, porque sua posição varia com o tempo. Porém, para um observador no interior do trem, a lâmpada está em **repouso**.

Desse modo, a noção de movimento e de repouso de um móvel é sempre relativa a outro corpo. Essa noção é imprecisa se não definimos o corpo em relação ao qual se considera o estado de movimento ou de repouso de um móvel.

O corpo em relação ao qual identificamos se um móvel está em movimento ou em repouso é chamado **referencial** ou **sistema de referência**.

O ônibus da **figura 8** se aproxima de um local onde uma pessoa o aguarda. O passageiro sentado dentro do ônibus está em movimento em relação a um referencial fixo no solo e em repouso em relação a um referencial fixo no ônibus.

Essas considerações permitem-nos estabelecer a noção de movimento e de repouso de um ponto material.

Um ponto material está em **movimento** em relação a um determinado **referencial** quando sua **posição**, nesse referencial, **varia no decurso do tempo**.

Um ponto material está em **repouso** em relação a um determinado **referencial** quando sua **posição**, nesse referencial, **não varia no decurso do tempo**.



▲ **Figura 7.** Os conceitos de repouso e de movimento dependem do referencial adotado.

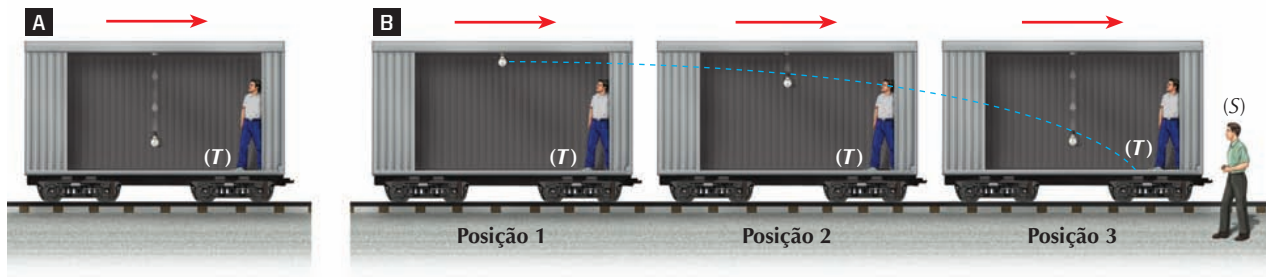


▲ **Figura 8.** O passageiro sentado dentro do ônibus está em movimento em relação à pessoa situada no ponto e em repouso em relação ao motorista.



Conteúdo digital Moderna PLUS <http://www.modernaplus.com.br>
A Física em nosso Mundo: O sistema de posicionamento global, GPS
Animação: Movimento relativo

A forma da trajetória descrita por um corpo também depende do referencial adotado. Como exemplo, considere um trem em movimento em relação ao solo, conforme a **figura 9**. A trajetória de uma lâmpada que se desprende do teto do trem é um segmento de reta vertical em relação a um referencial fixo no trem (T). Assim, um passageiro, por exemplo, veria a lâmpada cair verticalmente. Em relação a um referencial (S) no solo, porém, a lâmpada descreve uma curva – um arco de parábola, conforme estudaremos mais adiante, em detalhes, neste livro.



▲ **Figura 9.** (A) Em relação ao observador (T) a lâmpada descreve uma trajetória retilínea vertical. (B) Em relação ao observador (S) a lâmpada descreve uma trajetória parabólica.



◀ Trajetórias, em relação ao solo, do centro e de um ponto da borda de um disco que rola sem derrapar. O centro descreve uma trajetória retilínea, e o ponto da borda, uma trajetória curvilínea denominada cicloide. A foto foi obtida fixando-se uma pequena lâmpada no centro e outra num ponto da borda.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

P. 11 Você está viajando, sentado na poltrona de um ônibus, pela Rodovia dos Bandeirantes, que liga São Paulo a Campinas. Cite um referencial em relação ao qual você está em repouso e outro referencial em relação ao qual você está em movimento.

P. 12 Na foto abaixo você observa um avião reabastecendo outro em pleno voo. Pode-se afirmar que os aviões estão em repouso?



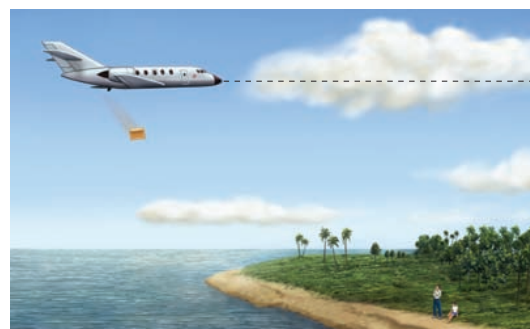
P. 13 Um aluno, ao ler este livro, está em sua sala de aula, sentado em uma cadeira. O aluno está em repouso ou em movimento? Explique.

P. 14 Considere três objetos A, B e C. Analise a afirmativa abaixo e indique se está certa ou errada: “Se A está em movimento em relação a B e B está em movimento em relação a C, então A está em movimento em relação a C”.

P. 15 Um helicóptero sobe verticalmente em relação ao solo, com velocidade constante. Esboce a trajetória descrita pelo ponto P da periferia da hélice, em relação: a) ao piloto do helicóptero; b) a um observador parado no solo.



P. 16 Um avião voa horizontalmente e com velocidade constante. No instante indicado na figura abaixo, o piloto aciona um dispositivo e deixa cair uma caixa com alimentos destinada a naufragos que se encontram numa ilha de difícil acesso. Despreze a resistência do ar. Qual é a trajetória descrita pela caixa em relação: a) ao avião? b) à Terra?



Objetivos

- ▶ Diferenciar velocidade escalar média e velocidade escalar instantânea.
- ▶ Conhecer e utilizar as unidades de medidas dessas grandezas e as transformações entre elas.
- ▶ Distinguir movimento progressivo e movimento retrógrado.

Termos e conceitos

- velocidade escalar média
- velocidade escalar instantânea
- variação do espaço
- intervalo de tempo
- função horária
- espaço inicial
- origem dos tempos

Velocidade escalar média e velocidade escalar instantânea

Considere um ônibus em movimento em relação ao solo, percorrendo 180 km em 3 h. A distância percorrida (180 km) dividida pelo intervalo de tempo (3 h) caracteriza a **velocidade escalar média** v_m do ônibus:

$$v_m = \frac{180 \text{ km}}{3 \text{ h}} = 60 \text{ km/h}$$

Outro ônibus que percorresse a mesma distância (180 km) em apenas 2 h teria a velocidade escalar média de:

$$v'_m = \frac{180 \text{ km}}{2 \text{ h}} = 90 \text{ km/h}$$

e seria mais rápido que o anterior, nesse percurso.

A qualquer movimento associamos a grandeza chamada **velocidade escalar** para medir a variação do espaço do móvel no decorrer do tempo. Iniciaremos, portanto, nosso estudo analisando a **velocidade escalar média**.

Considere um ponto material P descrevendo uma certa trajetória em relação a um determinado referencial. No instante t_1 seu espaço é s_1 e no instante posterior t_2 seu espaço é s_2 (fig. 10). No intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ a **variação do espaço** do ponto material é $\Delta s = s_2 - s_1$. A velocidade escalar média v_m no intervalo de tempo Δt é expressa pela relação:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

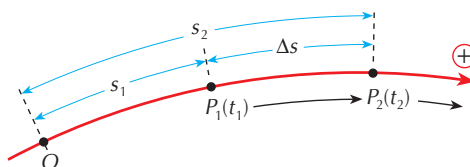


Figura 10.

Note, na definição de velocidade escalar média, que Δt é sempre positivo, pois é a diferença entre o instante posterior t_2 e o instante anterior t_1 . Já a variação do espaço $\Delta s = s_2 - s_1$ pode ser positiva, se $s_2 > s_1$; negativa, se $s_2 < s_1$; e eventualmente nula, quando o móvel retorna à sua posição inicial ($s_2 = s_1$). O sinal de Δs determina o sinal da velocidade escalar média.

No exemplo inicialmente citado nesta seção, o ônibus percorreu 180 km em 3 h e sua velocidade escalar média, nesse intervalo, foi de 60 km/h. O velocímetro do ônibus não marcará sempre 60 km/h, pois durante uma viagem a velocidade aumenta, diminui, e o ônibus eventualmente para. O velocímetro nos fornece o valor absoluto da velocidade escalar do ônibus em cada instante. A velocidade escalar em cada instante é denominada **velocidade escalar instantânea**.



No instante da foto, a velocidade escalar instantânea do veículo era 80 km/h.



A velocidade escalar instantânea v pode ser entendida como uma velocidade escalar média $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, considerando-se o intervalo de tempo Δt extremamente pequeno, isto é, Δt tendendo a zero ($\Delta t \rightarrow 0$), o que implica que t_2 tende a t_1 ($t_2 \rightarrow t_1$). Nesse caso, o quociente $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ assume um determinado valor limite. Daí a definição:

A **velocidade escalar instantânea** v é o valor limite a que tende a velocidade escalar média $\frac{\Delta s}{\Delta t}$, quando Δt tende a zero. Representa-se por:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

A notação **lim** da expressão acima deve ser lida **limite de**, e representa uma operação de cálculo que só será estudada no final do ensino médio ou em cursos superiores.

No caso em que a velocidade escalar instantânea é a mesma em todos os instantes, ela coincide com a velocidade escalar média em qualquer intervalo de tempo.

A unidade de velocidade escalar (média ou instantânea) é expressa em unidade de comprimento por unidade de tempo: km/h (quilômetros por hora), m/s (metros por segundo), mi/h (milhas por hora), cm/s (centímetros por segundo) etc.

No decorrer deste livro encontraremos problemas em que será necessário converter velocidades expressas em km/h para m/s, e vice-versa.

$$\text{Sabemos que: } \begin{cases} 1 \text{ km} = 1.000 \text{ m} \\ 1 \text{ h} = 60 \text{ min e } 1 \text{ min} = 60 \text{ s} \\ 1 \text{ h} = 60 \cdot 60 \text{ s} = 3.600 \text{ s} \end{cases} \quad \text{Então: } \begin{cases} 1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = \frac{1 \text{ m}}{3,6 \text{ s}} \end{cases}$$

$$\text{Portanto: } 1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ e } 1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$$

Sendo assim, para converter km/h em m/s divide-se o valor da velocidade por 3,6; para converter m/s em km/h, multiplica-se o valor da velocidade por 3,6:

$$\begin{array}{ccc} \frac{\text{km}}{\text{h}} & \xrightarrow{:3,6} & \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ & \xleftarrow{\times 3,6} & \end{array}$$

Assim, por exemplo, um atleta que corre 100 m em 10 s terá uma velocidade escalar média:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{100 \text{ m}}{10 \text{ s}} \Rightarrow v_m = 10 \text{ m/s}$$

Essa velocidade, expressa em quilômetros por hora, vale:

$$v_m = 10 \cdot 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} \Rightarrow v_m = 36 \text{ km/h}$$

Portanto, uma velocidade baixa para um automóvel (36 km/h) representa para o homem uma velocidade extremamente alta, que somente atletas olímpicos conseguem alcançar.

Por outro lado, um carro que desenvolve numa estrada a velocidade de 108 km/h fará, em metros por segundo:

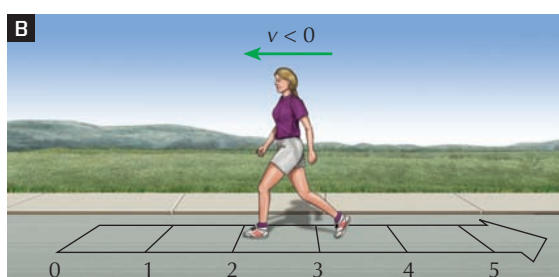
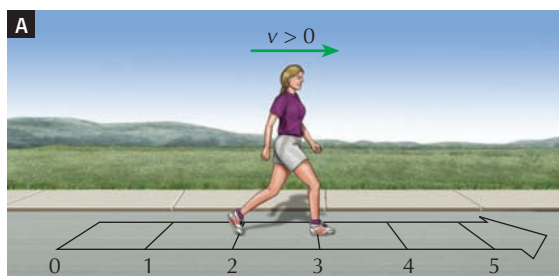
$$v = 108 \text{ km/h} = \frac{108}{3,6} \text{ m/s} \Rightarrow v = 30 \text{ m/s}$$



1 Movimento progressivo e retrógrado

O movimento é chamado **progressivo** quando o móvel caminha a favor da orientação positiva da trajetória (fig. 11A). Seus espaços **crecem** no decurso do tempo e sua velocidade escalar é **positiva**.

O movimento é chamado **retrógrado** quando o móvel caminha contra a orientação positiva da trajetória (fig. 11B). Seus espaços **decrecem** no decurso do tempo e sua velocidade escalar é **negativa**.



▲ **Figura 11.** Observe que o sinal atribuído à velocidade escalar indica apenas o sentido do movimento.



▲ Orientando-se a trajetória da direita para a esquerda, qual dos pedestres tem movimento progressivo e qual tem movimento retrógrado?

2 Função horária

Considere um ponto material em movimento em relação a um dado referencial. Com o decorrer do tempo seu espaço varia. A função que relaciona o espaço s com os correspondentes instantes t é denominada **função horária do movimento** e é representada genericamente por $s = f(t)$, expressão que se lê: s é uma função de t .

Toda vez que fornecemos uma função horária, devemos indicar as unidades: se s estiver em metros (m) e t em segundos (s), a unidade da velocidade v será m/s; se s estiver em quilômetros (km) e t em horas (h), a unidade de v será km/h.

Exemplos:

a) $s = 10 + 5t$ (s em metros e t em segundos)

A função horária descreve o movimento indicando matematicamente como o espaço varia com o tempo. Assim, para o exemplo dado, atribuindo-se valores a t , obtemos valores de s , chegando à tabela horária da descrição do movimento do móvel (P):

Como $s = 10 + 5t$, temos:

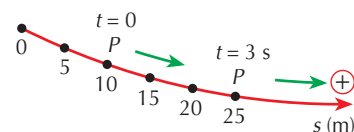
$$t = 0: s = 10 + 5 \cdot 0 \Rightarrow s = 10 \text{ m}$$

$$t = 1 \text{ s}: s = 10 + 5 \cdot 1 \Rightarrow s = 15 \text{ m}$$

$$t = 2 \text{ s}: s = 10 + 5 \cdot 2 \Rightarrow s = 20 \text{ m}$$

$$t = 3 \text{ s}: s = 10 + 5 \cdot 3 \Rightarrow s = 25 \text{ m}$$

t (s)	s (m)
0	10
1	15
2	20
3	25



Nesse exemplo, o espaço do móvel cresce no decurso do tempo e, portanto, o movimento é **progressivo**.

b) $s = 20 - 5t$ (s em metros e t em segundos)

Para esse exemplo, temos:

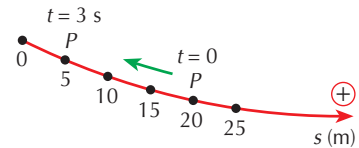
$$t = 0: s = 20 - 5 \cdot 0 \Rightarrow s = 20 \text{ m}$$

$$t = 1 \text{ s}: s = 20 - 5 \cdot 1 \Rightarrow s = 15 \text{ m}$$

$$t = 2 \text{ s}: s = 20 - 5 \cdot 2 \Rightarrow s = 10 \text{ m}$$

$$t = 3 \text{ s}: s = 20 - 5 \cdot 3 \Rightarrow s = 5 \text{ m}$$

t (s)	s (m)
0	20
1	15
2	10
3	5



Nesse exemplo, o espaço do móvel decresce no decorso do tempo e, portanto, o movimento é **retrógrado**.

c) $s = 8 - 4t + t^2$ (s em metros e t em segundos)

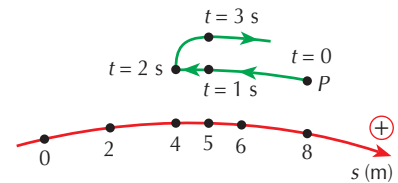
$$t = 0: s = 8 - 4 \cdot 0 + 0 \Rightarrow s = 8 \text{ m}$$

$$t = 1 \text{ s}: s = 8 - 4 \cdot 1 + 1^2 \Rightarrow s = 5 \text{ m}$$

$$t = 2 \text{ s}: s = 8 - 4 \cdot 2 + 2^2 \Rightarrow s = 4 \text{ m}$$

$$t = 3 \text{ s}: s = 8 - 4 \cdot 3 + 3^2 \Rightarrow s = 5 \text{ m}$$

t (s)	s (m)
0	8
1	5
2	4
3	5



Nesse exemplo, o movimento do móvel foi inicialmente retrógrado e, depois, progressivo.

O instante $t = 0$ é chamado **origem dos tempos** (corresponde ao instante em que o cronômetro é acionado) e o espaço do móvel nesse instante é chamado **espaço inicial**, sendo indicado por s_0 .

Espaço inicial (s_0) é o espaço do móvel no instante $t = 0$.

Nos exemplos citados, os espaços iniciais são: a) $s_0 = 10$ m; b) $s_0 = 20$ m; c) $s_0 = 8$ m.

Comparando velocidades

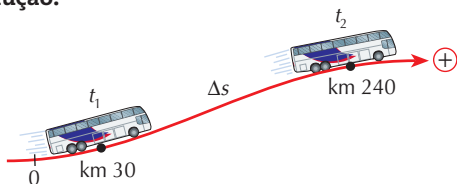
- A velocidade média de uma pessoa em passo normal é de aproximadamente 1,5 m/s, o que equivale a 5,4 km/h. Os atletas olímpicos nas provas de 100 m rasos desenvolvem velocidades médias de 10 m/s, ou seja, 36 km/h.
- A lesma desloca-se com velocidade média de 1,5 mm/s, o bicho-preguiça, com velocidade de 2 m/min no solo, enquanto o guepardo, um dos animais mais velozes da Terra, atinge velocidades superiores a 100 km/h.
- O avestruz é a ave terrestre mais rápida, podendo atingir a velocidade de 72 km/h.
- Na França, o trem de grande velocidade (TGV) faz o trajeto de 430 km, entre Paris e Lyon, em 1 h 55 min, desenvolvendo uma velocidade média de 224 km/h.
- A velocidade do som no ar é de 340 m/s ou 1.224 km/h. Os aviões supersônicos superam 2.000 km/h.
- Os aviões do projeto X-15, criado pela NASA nos anos 1960 para treinamento de astronautas, chegavam a alcançar a fantástica velocidade de 7.358 km/h.
- A velocidade de translação da Terra em torno do Sol é de 30 km/s ou 108.000 km/h.
 - Devido à rotação da Terra, um ponto do equador tem velocidade de aproximadamente 1.700 km/h.
 - A velocidade da luz no vácuo é de 300.000 km/s ou 1,08 bilhão de km/h.

Um TGV cruzando um campo de girassóis na França.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R. 5 Um ônibus passa pelo km 30 de uma rodovia às 6 h, e às 9 h 30 min passa pelo km 240. Qual é a velocidade escalar média desenvolvida pelo ônibus nesse intervalo de tempo?

Solução:



No instante $t_1 = 6$ h o espaço do ônibus é $s_1 = 30$ km e no instante $t_2 = 9$ h 30 min seu espaço é $s_2 = 240$ km. A variação de espaço é igual a:

$$\begin{aligned}\Delta s &= s_2 - s_1 \\ \Delta s &= 240 - 30 \\ \Delta s &= 210 \text{ km}\end{aligned}$$

O intervalo de tempo correspondente vale:

$$\begin{aligned}\Delta t &= t_2 - t_1 \\ \Delta t &= 9 \text{ h } 30 \text{ min} - 6 \text{ h} \\ \Delta t &= 3 \text{ h } 30 \text{ min} \\ \Delta t &= 3,5 \text{ h}\end{aligned}$$

Assim, a velocidade escalar média será:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{210}{3,5} \Rightarrow v_m = 60 \text{ km/h}$$

Resposta: 60 km/h

R. 6 Um carro de passeio percorre 30 km em 20 min. Determine sua velocidade escalar média nesse percurso.

Solução:

A variação do espaço do carro foi $\Delta s = 30$ km e o intervalo de tempo foi

$$\Delta t = 20 \text{ min} = 20 \cdot \frac{1}{60} \text{ h} = \frac{1}{3} \text{ h}.$$

Assim, a velocidade escalar média será:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{30}{\frac{1}{3}} \Rightarrow v_m = 90 \text{ km/h}$$

Resposta: 90 km/h

R. 7 No exercício anterior, qual teria sido a velocidade escalar média do carro se, durante o percurso, tivesse parado 10 min para o abastecimento de combustível?

Solução:

A variação do espaço continua sendo $\Delta s = 30$ km, mas o intervalo de tempo aumenta, pois temos de acrescentar a permanência no posto de abastecimento (10 min):

$$\begin{aligned}\Delta t &= 20 + 10 \Rightarrow \Delta t = 30 \text{ min} \Rightarrow \\ \Rightarrow \Delta t &= 30 \cdot \frac{1}{60} \text{ h} \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{2} \text{ h}.\end{aligned}$$

A velocidade escalar média será então:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{30}{\frac{1}{2}} \Rightarrow v_m = 60 \text{ km/h}$$

Resposta: 60 km/h

R. 8 Um ônibus percorre a distância de 480 km, entre Santos e Curitiba, com velocidade escalar média de 60 km/h. De Curitiba a Florianópolis, distantes 300 km, o ônibus desenvolve a velocidade escalar média de 75 km/h. Qual é a velocidade escalar média do ônibus no percurso de Santos a Florianópolis?

Solução:

Devemos calcular os intervalos de tempo que o ônibus gasta para percorrer cada um dos trechos: Santos-Curitiba:

$$v_1 = \frac{\Delta s_1}{\Delta t_1} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{\Delta s_1}{v_1} = \frac{480}{60} \Rightarrow \Delta t_1 = 8 \text{ h}$$

Curitiba-Florianópolis:

$$v_2 = \frac{\Delta s_2}{\Delta t_2} \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{\Delta s_2}{v_2} = \frac{300}{75} \Rightarrow \Delta t_2 = 4 \text{ h}$$

Portanto, a variação do espaço e o intervalo de tempo entre Santos e Florianópolis valem, respectivamente:

$$\begin{aligned}\Delta s &= \Delta s_1 + \Delta s_2 = 480 + 300 \Rightarrow \Delta s = 780 \text{ km} \\ \Delta t &= \Delta t_1 + \Delta t_2 = 8 + 4 \Rightarrow \Delta t = 12 \text{ h}\end{aligned}$$

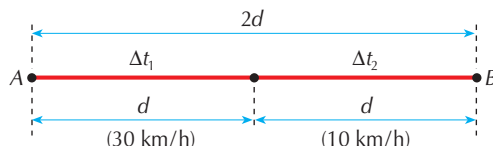
Assim, a velocidade escalar média do ônibus no percurso de Santos a Florianópolis vale:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{780}{12} \Rightarrow v_m = 65 \text{ km/h}$$

Resposta: 65 km/h

R. 9 A velocidade escalar média de um móvel durante a metade de um percurso é 30 km/h e esse mesmo móvel tem a velocidade escalar média de 10 km/h na metade restante desse mesmo percurso. Determine a velocidade escalar média do móvel no percurso total.

Solução:



Chamemos $2d$ a distância total do percurso e d a metade do percurso. Seja Δt_1 o intervalo de tempo gasto pelo móvel na primeira metade e Δt_2 o intervalo na segunda metade.

Na primeira metade a velocidade escalar média é 30 km/h:

$$30 = \frac{d}{\Delta t_1} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{d}{30}$$



Na segunda metade a velocidade escalar média é 10 km/h:

$$10 = \frac{d}{\Delta t_2} \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{d}{10}$$

O intervalo de tempo total gasto no percurso \overline{AB} ($AB = 2d$) é:

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 \Rightarrow \Delta t = \frac{d}{30} + \frac{d}{10} \Rightarrow \Delta t = \frac{4d}{30}$$

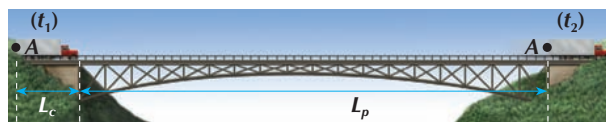
A velocidade escalar média procurada é:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{2d}{\frac{4d}{30}} \Rightarrow v_m = 15 \text{ km/h}$$

Resposta: A velocidade escalar média no percurso \overline{AB} é 15 km/h; observe que não é a média aritmética das velocidades escalares médias em cada trecho do percurso.

- R. 10** Uma carreta de 20 m de comprimento demora 10 s para atravessar uma ponte de 180 m de extensão. Determine a velocidade escalar média da carreta no percurso.

Solução:



A figura mostra a posição de uma carreta em dois instantes distintos: t_1 , quando inicia a travessia da ponte, e t_2 , quando termina essa travessia. Observe que no intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ qualquer ponto da carreta (destacamos o ponto A na traseira) percorre a distância $\Delta s = L_c + L_p$, sendo que $L_c = 20$ m é o comprimento da carreta e $L_p = 180$ m é o comprimento da ponte.

Assim, a carreta percorre $\Delta s = 20 \text{ m} + 180 \text{ m} = 200 \text{ m}$ no intervalo de tempo $\Delta t = 10$ s. Portanto, sua velocidade escalar média no percurso vale:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{200}{10} \Rightarrow v_m = 20 \text{ m/s}$$

Em quilômetros por hora:

$$v_m = 20 \cdot 3,6 \Rightarrow v_m = 72 \text{ km/h}$$

Resposta: 20 m/s ou 72 km/h

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

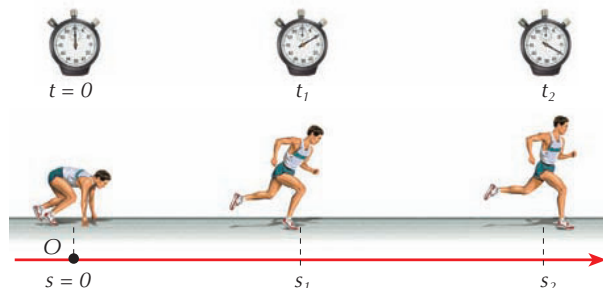
- P. 17** Um móvel percorre uma distância de 1.200 m em 4 min. Qual é sua velocidade escalar média?
- P. 18** (Olimpíada Paulista de Física) A velocidade de crescimento dos fios de cabelo de uma pessoa é de aproximadamente 1,5 cm/mês. Suponha que Júlio, que tem 1,8 m de altura, deseja ter os cabelos bem compridos, de forma que eles cheguem a encostar no chão quando ele estiver em pé. Calcule quantos anos, no mínimo, Júlio tem que ficar sem cortar os cabelos, até ele conseguir o seu objetivo.

- P. 19** Na rodovia dos Bandeirantes, os limites de velocidade para os automóveis e caminhões são, respectivamente, 120 km/h e 90 km/h.



- a) Se um automóvel e um caminhão mantiverem durante 1 minuto a respectiva velocidade limite, quantos quilômetros cada um percorrerá nesse intervalo de tempo?
- b) Imagine que um automóvel e um caminhão saiam de São Paulo no mesmo instante em direção a Campinas (distante 90 km). Se eles desenvolverem durante todo o trajeto, respectivamente, as velocidades médias de 100 km/h e 60 km/h, quantos minutos o automóvel chegará a Campinas antes do caminhão?

- P. 20** Um atleta passa, no instante $t_1 = 10$ s, por uma posição cujo espaço é $s_1 = 50$ m, e no instante $t_2 = 20$ s, pela posição de espaço $s_2 = 120$ m, conforme a figura abaixo. Determine a velocidade escalar média do atleta no intervalo de t_1 a t_2 .



- P. 21** Um carro viaja 90 km de Atibaia (SP) a Cambuí (MG), parando durante 30 min num posto à beira da estrada, para refeição e abastecimento. De Atibaia até o posto gasta 1 h 30 min, fazendo o percurso do posto a Cambuí em mais 30 min. Calcule a velocidade escalar média do carro nessa viagem.
- P. 22** (Ufac) Um carro com uma velocidade de 80 km/h passa pelo km 240 de uma rodovia às 7 h 30 min. A que horas este carro chegará à próxima cidade, sabendo-se que ela está situada no km 300 dessa rodovia?
- P. 23** (PUC-Campinas-SP) Numa corrida de carros, suponha que o vencedor gastou 1 h 30 min para completar o circuito, desenvolvendo uma velocidade média de 240 km/h, enquanto um outro carro, o segundo colocado, desenvolveu a velocidade média de 236 km/h. Se a pista tem 30 km, quantas voltas o carro vencedor chegou à frente do segundo colocado?



- P. 24** (Vunesp) Sentado em um ponto de ônibus, um estudante observa os carros percorrerem um quarteirão (100 m). Usando o seu relógio de pulso, ele marca o tempo gasto por 10 veículos para percorrerem essa distância. Suas anotações mostram:

Veículo	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª
Tempo (s)	12	5	16	20	9	10	4	15	8	13

Com os dados colhidos, determine:

- a) os valores da maior e da menor velocidade média;
 b) quais veículos tiveram velocidade média acima da velocidade máxima permitida de 60 km/h.
- P. 25** (UFRJ) Um estudante a caminho da UFRJ trafega 8,0 km na Linha Vermelha a 80 km/h (10 km/h a menos que o limite permitido nessa via). Se ele fosse insensato e trafegasse a 100 km/h, calcule quantos minutos economizaria nesse mesmo percurso.
- P. 26** (UFPE) Quatro cidades A, B, C e D estão dispostas de tal modo que as distâncias rodoviárias entre A e B, B e C, e C e D são, respectivamente, $AB = 60$ km, $BC = 100$ km e $CD = 90$ km. Se um automóvel vai de A até B a uma velocidade de 60 km/h, da cidade B até a C a uma velocidade média de 50 km/h e da C até a D a uma velocidade média de 45 km/h, determine a velocidade média desse automóvel em km/h, para o percurso de A até D.

- P. 27** Um percurso de 310 km deve ser feito por um ônibus em 5 h. O primeiro trecho de 100 km é percorrido com velocidade média de 50 km/h, e o segundo trecho de 90 km, com velocidade média de 60 km/h. Que velocidade média deve ter o ônibus no trecho restante para que a viagem se efetue no tempo previsto?

- P. 28** A velocidade escalar média de um automóvel até a metade de seu percurso é 90 km/h e na metade restante é 60 km/h. Determine a velocidade escalar média no percurso total. Ela é a média aritmética das velocidades escalares médias em cada trecho do percurso?

- P. 29** A velocidade escalar média de um automóvel é 80 km/h no primeiro trecho de seu percurso e 60 km/h no trecho restante. Os trechos são percorridos no mesmo intervalo de tempo. Qual é a velocidade escalar média durante todo o percurso? Ela é a média aritmética das velocidades escalares médias em cada trecho do percurso?

- P. 30** Um trem de comprimento 200 m gasta 20 s para atravessar um túnel de comprimento 400 m. Determine a velocidade escalar média do trem.

- P. 31** (Fuvest-SP) Uma composição ferroviária (19 vagões e uma locomotiva) desloca-se a 20 m/s. Sendo 10 m o comprimento de cada elemento da composição, qual é o tempo que o trem gasta para ultrapassar:
 a) um sinaleiro?
 b) uma ponte de 100 m de comprimento?

EXERCÍCIOS PROPOSTOS DE RECAPITULAÇÃO

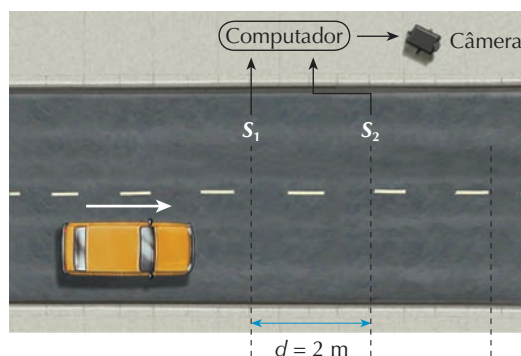
- P. 32** (UFPE) Um caminhão se desloca com velocidade escalar constante de 144 km/h. Suponha que o motorista cochile durante 1,0 s. Qual a distância, em metros, percorrida pelo caminhão nesse intervalo de tempo se ele não colidir com algum obstáculo?

- P. 33** (Fuvest-SP) Um avião vai de São Paulo a Recife em 1 h 40 min. A distância entre essas cidades é aproximadamente 3.000 km. (Dado: velocidade do som no ar = 340 m/s)
 a) Qual a velocidade média do avião?
 b) O avião é supersônico?

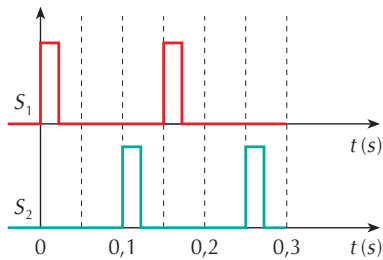
- P. 34** (Olimpíada Brasileira de Física) Um avião parte de uma cidade A para outra cidade B, mantendo a velocidade constante igual a 250 km/h. Ao alcançar metade do caminho é forçado a diminuir a velocidade, mantendo-a constante em 200 km/h; conseqüentemente, chega ao destino com 15 minutos de atraso. Considerando que o tempo de mudança de velocidade é desprezível, qual a distância entre as cidades A e B?

- P. 35** (Fuvest-SP) Diante de uma agência do INSS há uma fila de aproximadamente 100 m de comprimento, ao longo da qual se distribuem de maneira uniforme 200 pessoas. Aberta a porta, as pessoas entram, durante 30 s, com uma velocidade média de 1 m/s. Avalie:
 a) o número de pessoas que entraram na agência;
 b) o comprimento da fila que restou do lado de fora.

- P. 36** (Unicamp-SP) A figura abaixo mostra o esquema simplificado de um dispositivo colocado em uma rua para controle de velocidade de automóveis (dispositivo popularmente chamado de "radar").



Os sensores S_1 e S_2 e a câmera estão ligados a um computador. Os sensores enviam um sinal ao computador sempre que são pressionados pelas rodas de um veículo. Se a velocidade do veículo está acima da permitida, o computador envia um sinal para que a câmera fotografe sua placa traseira no momento em que esta estiver sobre a linha tracejada. Para um certo veículo, os sinais dos sensores foram os seguintes:



- a) Determine a velocidade do veículo em km/h.
b) Calcule a distância entre os eixos do veículo.

P. 37 (Unicamp-SP) Brasileiro sofre! Numa tarde de sexta-feira, a fila única de clientes de um banco tem comprimento médio de 50 m. Em média, a distância entre as pessoas na fila é de 1,0 m. Os clientes são atendidos por três caixas. Cada caixa leva cerca de 3,0 min para atender um cliente. Pergunta-se:

- a) Qual a velocidade (média) dos clientes ao longo da fila?
b) Quanto tempo um cliente gasta na fila?
c) Se um dos caixas se retirar por 30 min, quantos metros a fila aumenta?

TESTES PROPOSTOS

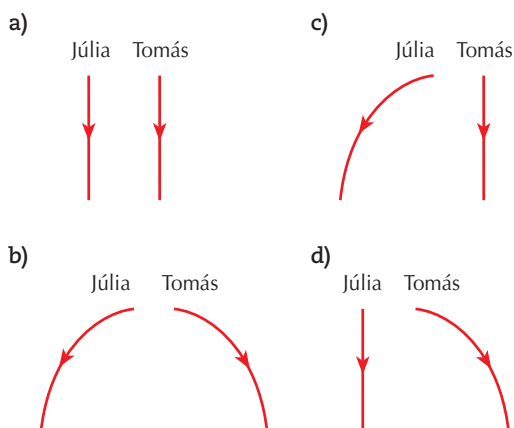
T. 17 (UEPB) Um professor de Física, verificando em sala de aula que todos os seus alunos encontram-se sentados, passou a fazer algumas afirmações para que eles refletissem e recordassem alguns conceitos sobre movimento.

Das afirmações seguintes formuladas pelo professor, a única correta é:

- a) Pedro (aluno da sala) está em repouso em relação aos demais colegas, mas todos nós estamos em movimento em relação à Terra.
b) Mesmo para mim (professor), que não paro de andar, seria possível achar um referencial em relação ao qual eu estivesse em repouso.
c) A velocidade dos alunos que eu consigo observar agora, sentados em seus lugares, é nula para qualquer observador humano.
d) Como não há repouso absoluto, nenhum de nós está em repouso, em relação a nenhum referencial.
e) O Sol está em repouso em relação a qualquer referencial.

T. 18 (UFMG) Júlia está andando de bicicleta, em um plano horizontal, com velocidade constante, quando deixa cair uma moeda. Tomás está parado na rua e vê a moeda cair.

Considere desprezível a resistência do ar. Assinale a alternativa em que melhor estão representadas as trajetórias da moeda, como observadas por Júlia e por Tomás.



T. 19 (UEM-PR) Um trem se move com velocidade horizontal constante. Dentro dele estão o observador A e um garoto, ambos parados em relação ao trem. Na estação, sobre a plataforma, está o observador B, parado em relação a ela. Quando o trem passa pela plataforma, o garoto joga uma bola verticalmente para cima.

Desprezando-se a resistência do ar, podemos afirmar que:

- 01) o observador A vê a bola se mover verticalmente para cima e cair nas mãos do garoto.
02) o observador B vê a bola descrever uma parábola e cair nas mãos do garoto.
04) os dois observadores veem a bola se mover numa mesma trajetória.
08) o observador B vê a bola se mover verticalmente para cima e cair atrás do garoto.
16) o observador A vê a bola descrever uma parábola e cair atrás do garoto.

Dê como resposta a soma dos números associados às proposições corretas.

T. 20 (Vunesp) Ao passar pelo marco “km 200” de uma rodovia, um motorista vê um anúncio com a inscrição: “ABASTECIMENTO E RESTAURANTE A 30 MINUTOS”. Considerando que esse posto de serviços se encontra junto ao marco “km 245” dessa rodovia, pode-se concluir que o anunciante prevê, para os carros que trafegam nesse trecho, uma velocidade média, em km/h, de:

- a) 80 c) 100 e) 120
b) 90 d) 110

T. 21 (UEL-PR) Um automóvel mantém uma velocidade escalar constante de 72,0 km/h. Em 1 h 10 min ele percorre, em quilômetros, uma distância de:

- a) 79,2 c) 82,4 e) 90,0
b) 80,0 d) 84,0

T. 22 (Uerj) A velocidade normal com que uma fita de vídeo passa pela cabeça de um gravador é de, aproximadamente, 33 mm/s. Assim, o comprimento de uma fita de 120 minutos de duração corresponde a cerca de:

- a) 40 m b) 80 m c) 120 m d) 240 m

- T. 23** (UFRN) Uma das teorias para explicar o aparecimento do homem no continente americano propõe que ele, vindo da Ásia, entrou na América pelo estreito de Bering e foi migrando para o sul até atingir a Patagônia, como indicado no mapa abaixo.



Datações arqueológicas sugerem que foram necessários cerca de 10.000 anos para que essa migração se realizasse.

O comprimento AB, mostrado ao lado do mapa, corresponde à distância de 5.000 km nesse mesmo mapa.

Com base nesses dados, pode-se **estimar** que a velocidade escalar média de ocupação do continente americano pelo homem, ao longo da rota desenhada, foi de **aproximadamente**:

- a) 0,5 km/ano c) 24 km/ano
b) 8,0 km/ano d) 2,0 km/ano
- T. 24** (UFMA) A pista do “Castelinho” possui 400 m de comprimento. Se um atleta corre com uma velocidade escalar constante de 10,0 m/s, quantas voltas ele completará em 20 minutos?
a) 10 c) 30 e) 50
b) 20 d) 40
- T. 25** (Ufes) Uma pessoa caminha 1,5 passo/segundo, com passos que medem 70 cm cada um. Ela deseja atravessar uma avenida com 21 metros de largura. O tempo mínimo que o sinal de trânsito de pedestres deve ficar aberto para que essa pessoa atravesse a avenida com segurança é:
a) 10 s c) 20 s e) 45 s
b) 14 s d) 32 s
- T. 26** (Mackenzie-SP) Um automóvel que trafega ao longo de uma rodovia passa pelo marco de estrada 115 km às 19 h 15 min e pelo marco 263,5 km às 20 h 54 min. A velocidade escalar média desse automóvel, nesse intervalo de tempo, é:
a) 148,5 m/s c) 29,7 m/s e) 90,0 m/s
b) 106,8 m/s d) 25,0 m/s
- T. 27** (Fatec-SP) O motorista de um automóvel deseja percorrer 40 km com velocidade média de 80 km/h. Nos primeiros 15 minutos, ele manteve a velocidade média de 40 km/h. Para cumprir seu objetivo, ele deve fazer o restante do percurso com velocidade média, em km/h, de:
a) 160 c) 120 e) 90
b) 150 d) 100

- T. 28** (Olimpíada Paulista de Física) Beatriz parte de casa para a escola com uma velocidade escalar constante de 4,0 km/h. Sabendo-se que Beatriz e Helena moram à mesma distância da escola e que Helena saiu de casa quando Beatriz já havia percorrido dois terços do caminho, qual deve ser a velocidade escalar média de Helena para que possa chegar à escola no mesmo instante em que Beatriz?
a) 1,3 km/h d) 6,0 km/h
b) 2,0 km/h e) 12,0 km/h
c) 4,0 km/h

- T. 29** (UnB-DF) Um fazendeiro percorre, com seu jipe, os limites de sua fazenda, que tem o formato de um losango, com os lados aproximadamente iguais. Devido às peculiaridades do terreno, cada lado foi percorrido com uma velocidade média diferente: o primeiro a 20 km/h, o segundo a 30 km/h, o terceiro a 40 km/h e, finalmente, o último a 60 km/h. A velocidade média desenvolvida pelo fazendeiro para percorrer todo o perímetro da fazenda, em km/h, foi de:
a) 50 c) 38 e) 32
b) 42 d) 36

- T. 30** (Fuvest-SP) Um automóvel e um ônibus trafegam em uma estrada plana, mantendo velocidades constantes em torno de 100 km/h e 75 km/h, respectivamente. Os dois veículos passam lado a lado em um posto de pedágio. Quarenta minutos ($\frac{2}{3}$ de hora) depois, nessa mesma estrada, o motorista do ônibus vê o automóvel ultrapassá-lo. Ele supõe, então, que o automóvel deve ter realizado, nesse período, uma parada com duração aproximada de:
a) 4 minutos d) 15 minutos
b) 7 minutos e) 25 minutos
c) 10 minutos

- T. 31** (UFPA) Certa pessoa viajava em um automóvel cujo velocímetro não funcionava. Desejando saber qual era a velocidade escalar média do automóvel e sabendo que os postes da rede elétrica dispostos à margem da estrada distam 60 m um do outro, a pessoa começou a marcar o tempo no instante em que passou em frente de um certo poste (chamemos de 1º poste), e constatou que transcorreram 45,6 s até o instante em que passou diante do 20º poste. Assim constatou que, no intervalo de tempo durante o qual ele se deslocou do 1º ao 20º poste, a velocidade escalar média do automóvel era, em km/h, de:
a) 25 c) 90 e) 98
b) 69 d) 95

- T. 32** (Enem-MEC) As cidades de Quito e Cingapura encontram-se próximas à linha do equador e em pontos diametralmente opostos no globo terrestre. Considerando o raio da Terra igual a 6.370 km, pode-se afirmar que um avião saindo de Quito, voando em média 800 km/h, descontando as paradas de escala, chega a Cingapura em aproximadamente:
a) 16 horas d) 32 horas
b) 20 horas e) 36 horas
c) 25 horas

T. 33 (UEL-PR) Popularmente conhecido como “lombada eletrônica”, o redutor eletrônico de velocidade é um sistema de controle de fluxo de tráfego que reúne equipamentos de captação e processamento de dados. Dois sensores são instalados na pista no sentido do fluxo, a uma distância de 4 m um do outro. Ao cruzar cada um deles, o veículo é detectado; um microprocessador recebe dois sinais elétricos consecutivos e, a partir do intervalo de tempo entre eles, calcula a velocidade média do veículo com alta precisão. Considerando que o limite máximo de velocidade permitida para o veículo é de 40 km/h, qual é o menor intervalo de tempo que o veículo deve levar para percorrer a distância entre os dois sensores, permanecendo na velocidade permitida?

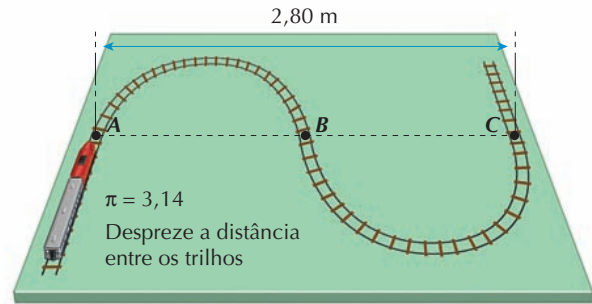
a) 0,066... s c) 0,36 s e) 900 s
 b) 0,10 h d) 11,11 s

T. 34 (UFSCar-SP) Três amigos, Antônio, Bernardo e Carlos, saíram de suas casas para se encontrarem numa lanchonete. Antônio realizou metade do percurso com velocidade média de 4 km/h e a outra metade com velocidade média de 6 km/h. Bernardo percorreu o trajeto com velocidade média de 4 km/h durante metade do tempo que levou para chegar à lanchonete e a outra metade do tempo fez com velocidade média de 6 km/h. Carlos fez todo o percurso com velocidade média de 5 km/h. Sabendo que os três saíram no mesmo instante de suas casas e percorreram exatamente as mesmas distâncias, pode-se concluir corretamente que:

a) Bernardo chegou primeiro, Carlos em segundo e Antônio em terceiro.
 b) Carlos chegou primeiro, Antônio em segundo e Bernardo em terceiro.
 c) Antônio chegou primeiro, Bernardo em segundo e Carlos em terceiro.
 d) Bernardo e Carlos chegaram juntos e Antônio chegou em terceiro.
 e) os três chegaram juntos à lanchonete.

T. 35 (Mackenzie-SP) Um trenzinho de 60 cm de comprimento descreve uma trajetória, sobre uma superfície plana e horizontal, da qual se destaca o trecho ABC, ilustrado na figura. O movimento é com velocidade escalar constante, os arcos \widehat{AB} e \widehat{BC} da trajetória são semicircunferências e o intervalo de tempo gasto para que ele atravesse completamente o trecho AC, ao longo dos trilhos, é 2,5 s. A velocidade escalar do trenzinho é aproximadamente:

a) 0,9 m/s c) 2,0 m/s e) 3,6 m/s
 b) 1,8 m/s d) 2,2 m/s



T. 36 (Uesb-BA) Uma composição ferroviária, de 120 m de comprimento, move-se com velocidade constante de 54 km/h. O tempo que ela gasta para atravessar completamente um pontilhão de 60 m de extensão, em segundos, é:

a) 4,0 b) 6,0 c) 8,0 d) 10 e) 12

T. 37 (UFMG) Uma escola de samba, ao se movimentar numa rua reta e muito extensa, mantém um comprimento constante de 2 km. Se ela gasta 90 min para passar completamente por uma arquibancada de 1 km de comprimento, sua velocidade média deve ser:

a) $\frac{2}{3}$ km/h c) $\frac{4}{3}$ km/h e) 3 km/h
 b) 1 km/h d) 2 km/h

Estudo do movimento uniforme

O tempo que um trem, à velocidade constante, leva para atravessar um túnel ou uma ponte depende do seu comprimento e do comprimento do túnel ou da ponte.

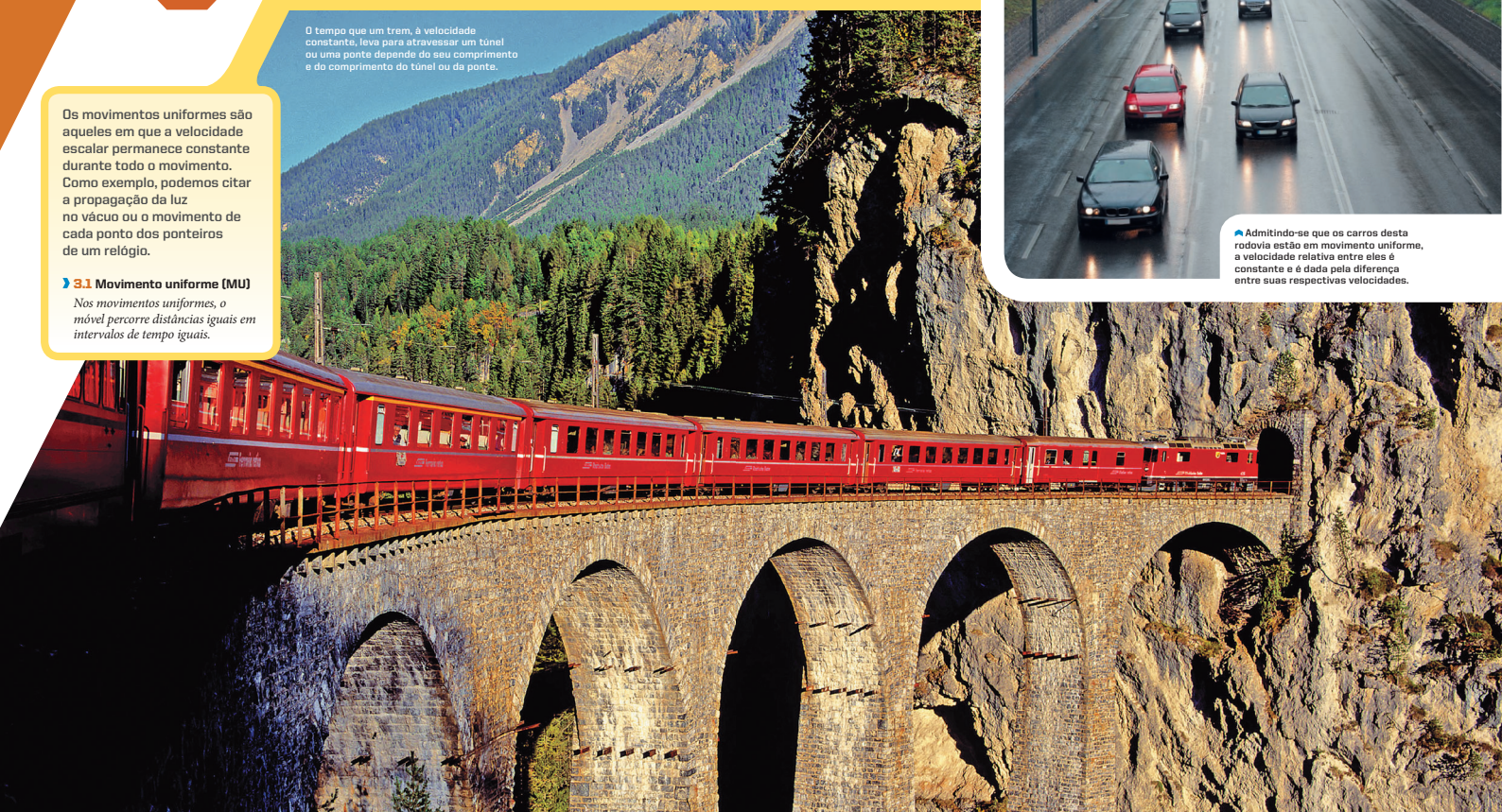
Os movimentos uniformes são aqueles em que a velocidade escalar permanece constante durante todo o movimento. Como exemplo, podemos citar a propagação da luz no vácuo ou o movimento de cada ponto dos ponteiros de um relógio.

3.1 Movimento uniforme (MU)

Nos movimentos uniformes, o móvel percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais.



Admitindo-se que os carros desta rodovia estão em movimento uniforme, a velocidade relativa entre eles é constante e é dada pela diferença entre suas respectivas velocidades.



Seção 3.1

Objetivos

- ▶ Caracterizar movimento uniforme.
- ▶ Representar o movimento uniforme por meio de sua função horária do espaço.

Termos e conceitos

- movimento progressivo
- movimento retrógrado
- velocidade relativa

Em uma escada rolante as pessoas se movem em MU. ♡

Movimento uniforme (MU)

Movimentos que possuem **velocidade escalar instantânea constante** (não nula) são chamados **movimentos uniformes**. Portanto, se a velocidade escalar é a mesma em todos os instantes, ela coincide com a velocidade escalar média, qualquer que seja o intervalo de tempo considerado:

$$v = v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \text{constante} \neq 0$$

Sendo assim, **no movimento uniforme, o móvel percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais**.

Função horária do MU

No movimento uniforme, a velocidade escalar instantânea é constante e coincide com a velocidade escalar média, qualquer que seja o intervalo de tempo. Portanto, de $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ resulta $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$.

Fazendo $\Delta s = s - s_0$ e $\Delta t = t - 0 = t$, vem:

$$v = \frac{s - s_0}{t} \Rightarrow v \cdot t = s - s_0 \Rightarrow \boxed{s = s_0 + vt} \text{ função horária do MU}$$

A função horária do movimento uniforme é do primeiro grau em t . Nessa função, s_0 e v são constantes com o tempo; v é a velocidade escalar do movimento; $v > 0$ quando o movimento é progressivo; $v < 0$ quando o movimento é retrógrado.

Vejamos alguns exemplos, considerando s em metros e t em segundos:

$s = s_0 + vt$	s_0	v	Progressivo/Retrógrado
$s = 10 + 5t$	$s_0 = 10 \text{ m}$	$v = +5 \text{ m/s}$	$v > 0$, progressivo
$s = 30 + 20t$	$s_0 = 30 \text{ m}$	$v = +20 \text{ m/s}$	$v > 0$, progressivo
$s = 60 - 8t$	$s_0 = 60 \text{ m}$	$v = -8 \text{ m/s}$	$v < 0$, retrógrado
$s = 0,3 - 0,7t$	$s_0 = 0,3 \text{ m}$	$v = -0,7 \text{ m/s}$	$v < 0$, retrógrado
$s = 12 + t$	$s_0 = 12 \text{ m}$	$v = +1 \text{ m/s}$	$v > 0$, progressivo
$s = 9t$	$s_0 = 0$	$v = +9 \text{ m/s}$	$v > 0$, progressivo
$s = -8t$	$s_0 = 0$	$v = -8 \text{ m/s}$	$v < 0$, retrógrado

Resumindo, temos:

Movimento uniforme

$$s = s_0 + vt$$

$$v = \text{constante} \neq 0$$

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

Essas funções definem o MU em qualquer tipo de trajetória.



Conteúdo digital Moderna PLUS <http://www.modernaplus.com.br>
Atividade experimental: *Análise de um movimento uniforme*

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

- R. 11** Um móvel realiza um movimento uniforme num determinado referencial. Seus espaços variam com o tempo segundo os dados da tabela:

t (s)	0	1	2	3	4
s (m)	20	28	36	44	52

- Determine o espaço inicial s_0 e a velocidade escalar v do movimento.
- O movimento é progressivo ou retrógrado?
- Qual é a função horária do movimento?

Solução:

- a) Da tabela observamos que no instante $t = 0$ o espaço do móvel é: $s_0 = 20$ m

Para o cálculo da velocidade escalar do movimento basta observar na tabela que, para cada intervalo de tempo igual a 1 s, a variação do espaço do móvel é de 8 m. Assim, sendo $\Delta t = 1$ s e $\Delta s = 8$ m, vem:

$$v = v_m \Rightarrow v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{8}{1} \Rightarrow v = 8 \text{ m/s}$$

- Se $v = 8 \text{ m/s} > 0$, concluímos que o movimento é **progressivo**. Os espaços crescem no decurso do tempo e o móvel caminha a favor da orientação positiva da trajetória.
- A função horária do movimento uniforme é $s = s_0 + vt$. Sendo $s_0 = 20$ m e $v = 8 \text{ m/s}$, vem:

$$s = 20 + 8t \quad (\text{s em metros e } t \text{ em segundos})$$

- Respostas:** a) $s_0 = 20$ m; $v = 8 \text{ m/s}$; b) progressivo; c) $s = 20 + 8t$ (s em metros e t em segundos)

- R. 12** É dada a função horária $s = 20 - 4t$ (para t em h e s em km), que descreve o movimento de um ponto material num determinado referencial. Os espaços s são medidos numa trajetória a partir de um marco zero. Os instantes t são lidos num cronômetro. Determine:

- o espaço inicial e a velocidade escalar;
- o tipo do movimento e se ele é progressivo ou retrógrado;
- o espaço do móvel quando $t = 2$ h;
- o instante quando o móvel está na posição cujo espaço é igual a 8 km;
- o instante em que o móvel passa pela origem dos espaços (marco zero).

Solução:

- a) e b) O movimento é uniforme, pois sua função horária é do primeiro grau em t:

$$s = s_0 + vt$$

$$s = 20 - 4t$$

Nessa expressão, $s_0 = 20$ km (no instante inicial o móvel está a 20 km do marco zero da trajetória) e $v = -4 \text{ km/h}$, constante com o tempo; seu sinal negativo significa que o movimento é retrógrado, isto é, o móvel caminha no sentido contrário ao da orientação da trajetória, aproximando-se do marco zero.

- c) Substituindo t por 2 h em $s = 20 - 4t$, vem:

$$s = 20 - 4 \cdot 2 = 20 - 8 \Rightarrow s = 12 \text{ km}$$

- d) Substituindo s por 8 km em $s = 20 - 4t$, temos:

$$8 = 20 - 4t \Rightarrow 4t = 20 - 8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4t = 12 \Rightarrow t = 3 \text{ h}$$

- e) O móvel passa pela origem dos espaços quando seu espaço s é nulo, isto é, $s = 0$. Em $s = 20 - 4t$, temos:

$$0 = 20 - 4t \Rightarrow 4t = 20 \Rightarrow t = 5 \text{ h}$$

- Respostas:** a) 20 km; -4 km/h ; b) uniforme retrógrado; c) 12 km; d) 3 h; e) 5 h

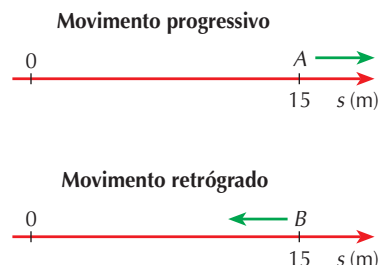
Observações:

- Pelo exercício, observe que t e s não têm valores fixos. Em Matemática, t e s são chamados variáveis da função.
- O espaço s apenas localiza o móvel, não fornecendo nem o sentido nem a distância percorrida.

- R. 13** No instante $t = 0$ um móvel se encontra a +15 m do marco zero, estando em movimento uniforme com velocidade escalar 5 m/s em valor absoluto. Determine a função horária do movimento:

- admitindo-o progressivo;
- admitindo-o retrógrado.

Solução:



Se o movimento é uniforme, sua função horária obedece à expressão $s = s_0 + vt$, na qual $s_0 = 15$ m e v pode ser $+5 \text{ m/s}$ (se progressivo) ou -5 m/s (se retrógrado).

Respostas:

- $s_A = 15 + 5t$ (t em segundos e s em metros)
- $s_B = 15 - 5t$ (t em segundos e s em metros)



EXERCÍCIOS PROPOSTOS

P. 38 Um móvel realiza um movimento uniforme num determinado referencial. Seus espaços variam com o tempo segundo os dados da tabela:

t (s)	0	1	2	3	4	5
s (m)	160	120	80	40	0	-40

- Determine o espaço inicial s_0 e a velocidade escalar v do movimento.
- O movimento é progressivo ou retrógrado?
- Qual é a função horária do movimento?

P. 39 Um móvel descreve um movimento sempre no mesmo sentido num determinado referencial, percorrendo distâncias iguais em intervalos de tempo iguais. Seus espaços variam com o tempo segundo os dados da tabela:

t (s)	1	3	5	7	9	11	13
s (m)	150	250	350	450	550	650	750

- Qual é a velocidade escalar média no intervalo de tempo entre 1 e 3 s?
- Qual é a velocidade escalar média no intervalo de tempo entre 5 e 13 s?
- O movimento em questão é uniforme? Por quê?
- O movimento é progressivo ou retrógrado no intervalo de tempo observado? Por quê?

P. 40 É dada a função horária do movimento de um móvel $s = 100 + 80t$, onde s é medido em metros e t em segundos. Determine:

- o espaço inicial e a velocidade escalar;
- o espaço quando $t = 2$ s;
- o instante em que o móvel se encontra a 500 m da origem dos espaços;
- se o movimento é progressivo ou retrógrado.

P. 41 É dada a função horária do movimento de um móvel $s = 60 - 12t$, na qual s é medido em quilômetros e t em horas. Determine:

- o espaço inicial e a velocidade escalar;
- o espaço quando $t = 3$ h;
- o instante em que o móvel passa pela origem dos espaços;
- se o movimento é progressivo ou retrógrado.

P. 42 Os móveis A, B, C e D possuem movimentos uniformes. Escreva suas funções horárias e determine seus espaços no instante $t = 2$ s.

	Espaço inicial	Velocidade (valor absoluto)	Movimento
A	35 m	12 m/s	progressivo
B	30 m	90 m/s	retrógrado
C	29 cm	13 cm/s	retrógrado
D	43 m	21 m/s	progressivo

P. 43 Dois móveis percorrem a mesma trajetória e seus espaços estão medidos a partir do marco escolhido na trajetória. Suas funções horárias são:

$$s_A = 30 - 80t \quad \text{e} \quad s_B = 10 + 20t$$

Nessas funções, t é o tempo em horas e s_A e s_B são os espaços em quilômetros.

Determine o instante e a posição do encontro.

P. 44 Dois móveis P_1 e P_2 caminham na mesma trajetória. Na figura indicamos os sentidos de seus movimentos, bem como suas posições no instante em que se aciona o cronômetro ($t = 0$).

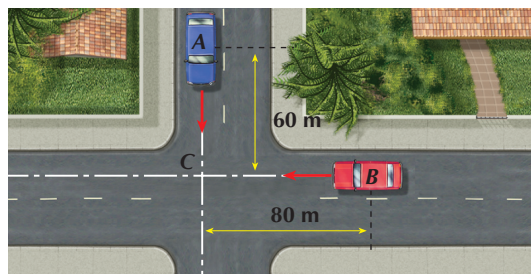
As velocidades de P_1 e P_2 são respectivamente iguais a 20 m/s e 10 m/s (em valor absoluto). Determine o instante e a posição de encontro dos móveis.



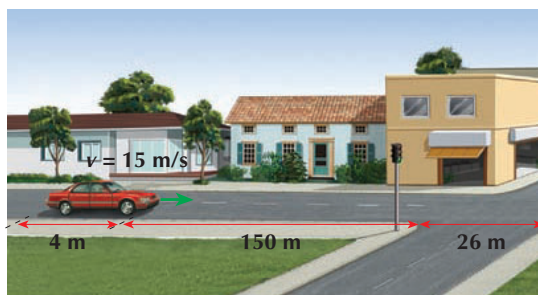
P. 45 Duas cidades A e B estão separadas pela distância de 300 km, medidos ao longo da estrada que as liga. No mesmo instante, um móvel P passa por A, dirigindo-se a B, e um móvel Q passa por B, dirigindo-se a A. Seus movimentos são uniformes e suas velocidades (em valor absoluto) são iguais a 80 km/h (P) e 70 km/h (Q). Determine:

- o instante do encontro;
- a posição de encontro.

P. 46 Dois carros A e B realizam movimentos retilíneos uniformes. A velocidade escalar de A é 15 m/s. Determine a velocidade escalar de B, sabendo que eles colidem no cruzamento C.

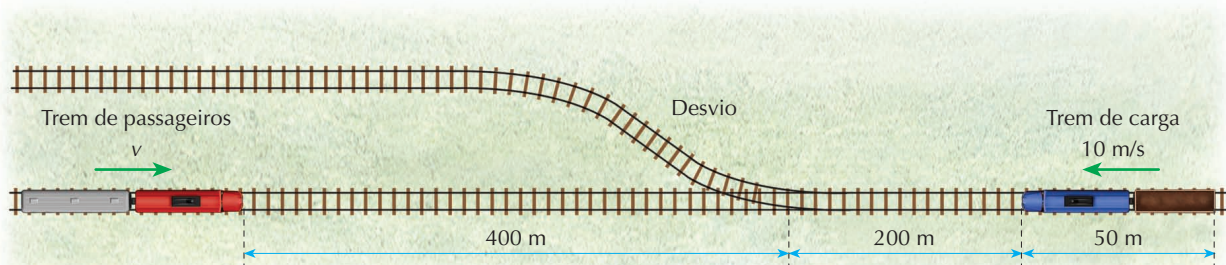


P. 47 Um carro de 4,0 m de comprimento se desloca em movimento retilíneo uniforme com velocidade escalar $v = 15$ m/s, aproximando-se de um cruzamento. Quando o carro está a 150 m do cruzamento, a luz do semáforo passa de vermelha para verde, assim permanecendo por 15 s. A largura da rua é de 26 m. Determine se o carro cruzará totalmente a rua com a luz ainda verde.



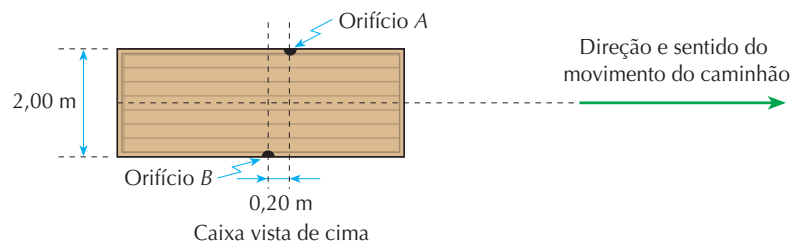
EXERCÍCIOS PROPOSTOS DE RECAPITULAÇÃO

- P. 48** (UFRJ) Dois trens, um de carga e outro de passageiros, movem-se nos mesmos trilhos retilíneos, em sentidos opostos, um aproximando-se do outro, ambos com movimentos uniformes. O trem de carga, de 50 m de comprimento, tem uma velocidade de módulo igual a 10 m/s e o de passageiros, uma velocidade de módulo igual a v . O trem de carga deve entrar num desvio para que o de passageiros possa prosseguir viagem nos mesmos trilhos, como ilustra a figura. No instante focalizado, as distâncias das dianteiras dos trens ao desvio valem 200 m e 400 m, respectivamente.



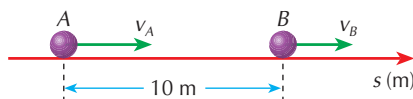
Calcule o valor máximo de v para que não haja colisão.

- P. 49** (Vunesp) Uma caixa de papelão vazia, transportada na carroceria de um caminhão que trafega a 90 km/h num trecho reto de uma estrada, é atravessada por uma bala perdida. A largura da caixa é de 2,00 m e a distância entre as retas perpendiculares às duas laterais perfuradas da caixa e que passam, respectivamente, pelos orifícios de entrada e de saída da bala (ambos na mesma altura) é de 0,20 m.

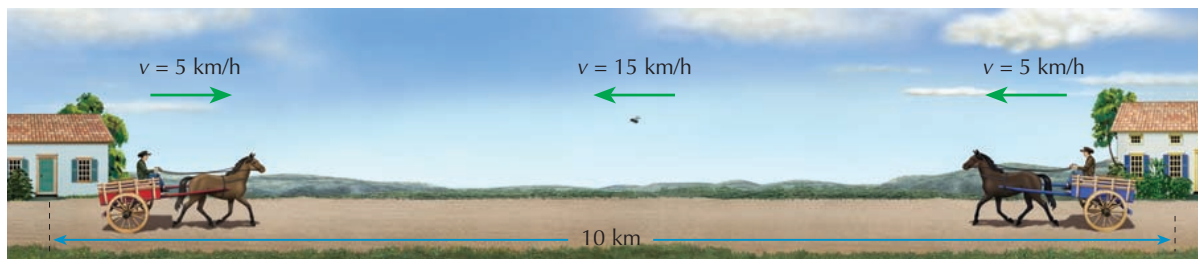


Supondo que a direção do disparo é perpendicular às laterais perfuradas da caixa e ao deslocamento do caminhão e que o atirador estava parado na estrada, determine a velocidade da bala, suposta constante.

- P. 50** Duas pequenas esferas A e B percorrem uma mesma trajetória retilínea com movimentos uniformes e velocidades escalares 8,0 m/s e 6,0 m/s, respectivamente. No instante $t = 0$, as esferas estão posicionadas conforme a figura abaixo. Determine em que instantes a distância entre as esferas é de 4,0 m.



- P. 51** (FGV-SP) De duas cidadezinhas ligadas por uma estrada reta de 10 km de comprimento, partem simultaneamente, uma em direção à outra, duas carroças, puxadas cada uma por um cavalo e andando à velocidade de 5 km/h. No instante de partida, uma mosca, que estava pousada na testa do primeiro cavalo, parte voando em linha reta, com a velocidade de 15 km/h, e vai pousar na testa do segundo cavalo. Após um intervalo de tempo desprezível, ela parte novamente e volta, com a mesma velocidade de antes, em direção ao primeiro cavalo, até pousar em sua testa. E assim prossegue nesse vaivém, até que os dois cavalos se encontram e a mosca morre esmagada entre as duas testas. Quantos quilômetros percorreu a mosca?



TESTES PROPOSTOS

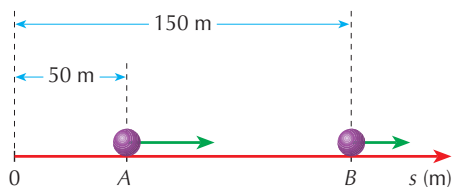
- T. 38** Se a velocidade escalar de um móvel é positiva:
- o movimento é progressivo.
 - o movimento é retrógrado.
 - o movimento é necessariamente uniforme.
 - o movimento é necessariamente variado.
 - nenhuma das afirmações anteriores é correta.

- T. 39** Num movimento retrógrado:
- os espaços crescem com o decorrer do tempo.
 - os espaços decrescem com o decorrer do tempo.
 - a velocidade escalar média é nula.
 - a velocidade escalar é positiva.
 - nenhuma das afirmações anteriores é correta.

- T. 40** (Mackenzie-SP) Uma partícula descreve um movimento uniforme cuja função horária é $s = -2 + 5t$, para s em metros e t em segundos. Nesse caso, podemos afirmar que a velocidade escalar da partícula é:
- -2 m/s e o movimento é retrógrado.
 - -2 m/s e o movimento é progressivo.
 - 5 m/s e o movimento é progressivo.
 - 5 m/s e o movimento é retrógrado.
 - $-2,5$ m/s e o movimento é retrógrado.

- T. 41** (Uesb-BA) Dois móveis, A e B, percorrem uma mesma trajetória e suas posições são dadas, a partir da mesma origem dos espaços, por $s_A = -30 + 10t$ e $s_B = -10 - 10t$ (s em m e t em s). O instante e a posição de encontro são iguais, respectivamente, a:
- 1 s e -20 m
 - 2 s e -10 m
 - 3 s e -40 m
 - 4 s e 20 m
 - 5 s e -60 m

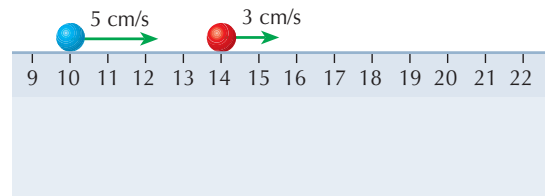
- T. 42** (FEI-SP) Dois móveis, ambos com movimento uniforme, percorrem uma trajetória retilínea conforme mostra a figura abaixo. Em $t = 0$, eles se encontram, respectivamente, nos pontos A e B na trajetória. As velocidades escalares dos móveis são $v_A = 50$ m/s, e $v_B = 30$ m/s, no mesmo sentido.



Em qual ponto da trajetória ocorrerá o encontro dos móveis?

- 200 m
- 225 m
- 250 m
- 300 m
- 350 m

- T. 43** (UFMG) Duas esferas se movem em linha reta e com velocidades constantes ao longo de uma régua centimetrada. Na figura abaixo estão indicadas as velocidades das esferas e as posições que ocupavam num certo instante.

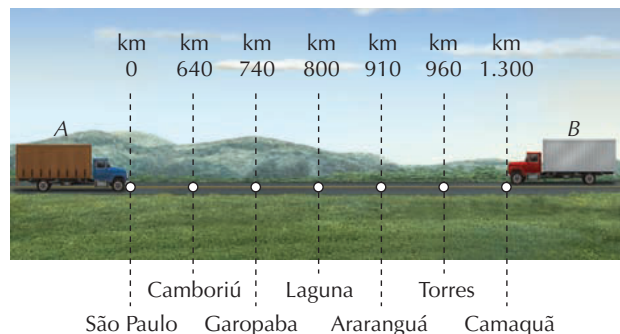


As esferas irão colidir na posição correspondente a:

- 15 cm
- 17 cm
- 18 cm
- 20 cm
- 22 cm

- T. 44** (UFPA) Um rapaz e uma moça saem de suas casas um ao encontro do outro, caminhando sempre com velocidades respectivamente de $3,5$ km/h e $2,5$ km/h. Estando a 100 m da moça, em linha reta, o rapaz, ao avistá-la, aciona o seu cronômetro, travando-o apenas no instante em que os dois se encontram. O intervalo de tempo, em minutos, registrado pelo cronômetro vale:
- 1,0
 - 6,0
 - 9,0
 - 10
 - 12

- T. 45** (UFRGS) Um caminhoneiro parte de São Paulo com velocidade escalar de módulo igual a 74 km/h. No mesmo instante parte outro de Camaquã, no Rio Grande do Sul, com velocidade escalar constante de módulo igual a 56 km/h.



Em que cidade eles se encontrarão?

- Camboriú
- Garopaba
- Laguna
- Araranguá
- Torres

T. 46 (FMTM-MG) São dadas as funções horárias dos espaços de quatro móveis, A, B, C e D, definidas sobre a mesma trajetória retilínea, com valores medidos no SI (Sistema Internacional):

$$s_A = -5 + 2t$$

$$s_B = -7 - 3t$$

$$s_C = 5t$$

$$s_D = -1 - t$$

(Valores válidos para $t \geq 0$.)

Os dois móveis que deverão se encontrar em um tempo futuro são:

- a) A e C c) B e C e) C e D
 b) A e D d) B e D

T. 47 (Fuvest-SP) João está parado em um posto de gasolina quando vê o carro de seu amigo, passando por um ponto P, na estrada, a 60 km/h. Pretendendo alcançá-lo, João parte com seu carro e passa pelo mesmo ponto P, depois de 4 minutos, já a 80 km/h. Considere que ambos dirigem com velocidades constantes. Medindo o tempo, a partir de sua passagem pelo ponto P, João deverá alcançar seu amigo, aproximadamente, em:

- a) 4 minutos d) 15 minutos
 b) 10 minutos e) 20 minutos
 c) 12 minutos

EXERCÍCIOS ESPECIAIS sobre movimento uniforme

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R. 16 Determine o intervalo de tempo para a luz vir do Sol à Terra. No vácuo, a velocidade da luz é constante e aproximadamente igual a $3,0 \cdot 10^5$ km/s. A distância entre o Sol e a Terra é de $1,49 \cdot 10^8$ km. Considere o movimento de propagação da luz como retilíneo e uniforme.

Solução:

Como o movimento é uniforme, vem:

$$s = s_0 + vt$$

Considerando $s_0 = 0$ (adotando-se origem dos espaços no Sol), temos $s = vt$.

Sendo $s = 1,49 \cdot 10^8$ km e $v = 3,0 \cdot 10^5$ km/s, vem:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{1,49 \cdot 10^8 \text{ km}}{3,0 \cdot 10^5 \text{ km/s}} \Rightarrow t = 497 \text{ s}$$

$$\text{Em minutos} \left(1 \text{ min} = 60 \text{ s e } 1 \text{ s} = \frac{1}{60} \text{ min} \right): t = \frac{497}{60} \text{ min} \Rightarrow t \approx 8 \text{ min } 17 \text{ s}$$

O exercício também pode ser resolvido lembrando que, no movimento uniforme, a velocidade escalar instantânea é constante e coincide com a velocidade escalar média:

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

Sendo $v = 3,0 \cdot 10^5$ km/s e $\Delta s = 1,49 \cdot 10^8$ km, resulta:

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{1,49 \cdot 10^8 \text{ km}}{3,0 \cdot 10^5 \text{ km/s}} \Rightarrow \Delta t = 497 \text{ s}$$

Resposta: 497 s (aproximadamente 8 min)

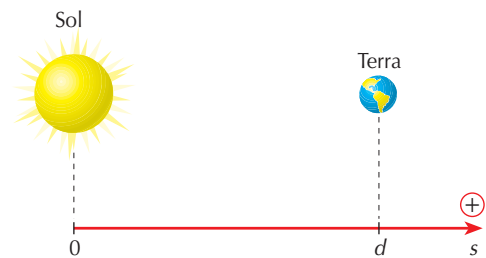
Observação:

Os dados abaixo se referem aos locais de onde a luz provém e os correspondentes intervalos de tempo aproximados que ela demora para atingir a Terra:

Lua	Sol	Estrela α Centauri	Estrela Vega	Estrela β Andrômeda
1 s	8 min	4,6 anos	26 anos	75 anos

Em Astronomia usa-se muito uma unidade de distância chamada **ano-luz**, que é a distância que a luz percorre no vácuo em 1 ano:

$$1 \text{ ano-luz} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

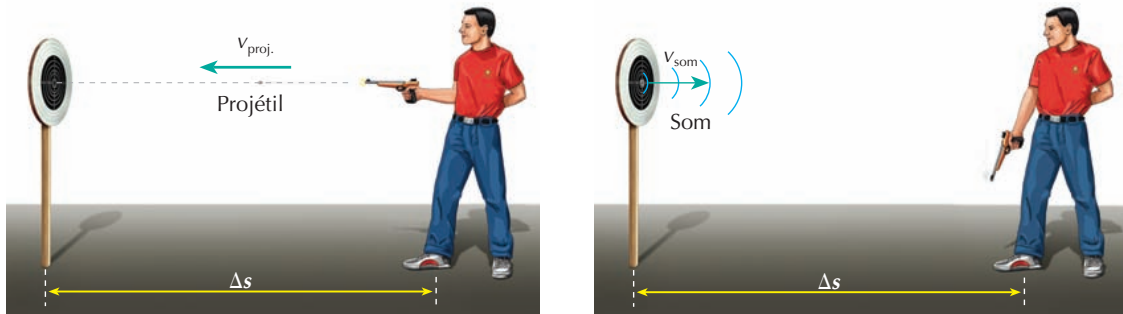


- R. 17** Um atirador aponta para um alvo e dispara um projétil, que sai da arma com velocidade de 300 m/s. O impacto do projétil no alvo é ouvido pelo atirador 3,2 s após o disparo. Sendo de 340 m/s a velocidade de propagação do som no ar, calcule a distância do atirador ao alvo.

Solução:

O intervalo de tempo $\Delta t = 3,2$ s é a soma do intervalo de tempo $\Delta t_{\text{proj.}}$ que o projétil leva para atingir o alvo com o intervalo de tempo Δt_{som} que o som leva para ir do alvo ao atirador:

$$\Delta t = \Delta t_{\text{proj.}} + \Delta t_{\text{som}} \Rightarrow 3,2 = \Delta t_{\text{proj.}} + \Delta t_{\text{som}}$$



Sendo

$$v_{\text{proj.}} = \frac{\Delta s}{\Delta t_{\text{proj.}}} \Rightarrow \Delta t_{\text{proj.}} = \frac{\Delta s}{v_{\text{proj.}}} = \frac{\Delta s}{300} \quad \text{e} \quad v_{\text{som}} = \frac{\Delta s}{\Delta t_{\text{som}}} \Rightarrow \Delta t_{\text{som}} = \frac{\Delta s}{v_{\text{som}}} = \frac{\Delta s}{340}$$

vem:

$$3,2 = \frac{\Delta s}{300} + \frac{\Delta s}{340} \Rightarrow 3,2 = \frac{(340 + 300)\Delta s}{300 \cdot 340} \Rightarrow \Delta s = 510 \text{ m}$$

Resposta: 510 m

- R. 18** A velocidade de projeção de um filme é constante e à razão de 24 fotografias projetadas em cada segundo na tela. Quantas fotografias são projetadas na tela durante a projeção de um filme que dura 2 horas?

Solução:

Quando um raio luminoso, proveniente da imagem projetada, atinge a retina de nossos olhos produz uma sensação luminosa que persiste durante um décimo de segundo. O movimento de personagens e objetos que vemos na tela deve-se a essa particularidade de nossa retina.

Uma fotografia é projetada na tela durante um tempo muito curto (0,04 s aproximadamente, pois num segundo são projetadas 24 fotografias), mas suficiente para impressionar nossa retina; logo é substituída por outra, ainda que em nosso olho persista a anterior, e assim sucessivamente. Para nosso olho, essa sucessão dá o efeito da visão de um movimento contínuo.

Como a velocidade de projeção é constante (24 fotografias por segundo), podemos calcular o número de fotografias projetadas em duas horas (2 h = 2 · 3.600 s = 7.200 s), utilizando uma regra de três simples:

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ s} \rightarrow 24 \text{ fotografias} \\ 7.200 \text{ s} \rightarrow x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 24 \cdot 7.200$$

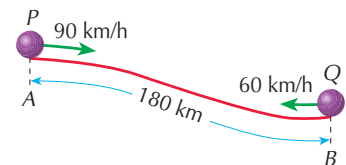
$$x = 172.800 \text{ fotografias}$$

Resposta: 172.800 fotografias

- R. 19** Duas localidades A e B estão separadas pela distância de 180 km. Simultaneamente passam por essas localidades os móveis P e Q. P passa por A e dirige-se a B; Q passa por B e dirige-se para A. Seus movimentos são uniformes, com velocidades de 90 km/h e 60 km/h, respectivamente. Determine o instante e a posição do encontro dos móveis.

Solução:

Este exercício é do mesmo tipo do R. 15, resolvido neste capítulo. Apresentaremos, agora, outra forma de resolução, mais simplificada, utilizando a noção de velocidade relativa de aproximação e de afastamento (veja quadro na página seguinte). P e Q são dois móveis que se aproximam e a velocidade relativa de aproximação de P em relação a Q é 150 km/h (90 km/h + 60 km/h).



Haverá encontro quando a distância que inicialmente os separa (180 km) for percorrida com essa velocidade relativa de 150 km/h (em outras palavras, considere Q em repouso e P se aproximando com velocidade de 150 km/h):

$$s_{rel.} = v_{rel.} \cdot t \Rightarrow 180 = 150t$$

$$t = 1,2 \text{ h}$$

Esse é o instante de encontro. A posição de encontro é dada em relação a um referencial fixo na Terra. Então, considere a velocidade de P em relação à Terra:

$$s_p = v_p \cdot t = 90 \cdot 1,2$$

$$s_p = 108 \text{ km}$$

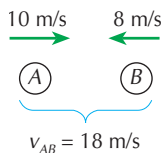
Resposta: O instante de encontro é 1,2 h e a posição de encontro é a 108 km da localidade A.

Velocidade relativa de aproximação e de afastamento

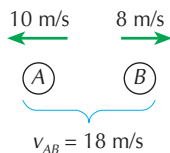
a) Velocidades de sentidos contrários

O módulo da velocidade relativa entre os corpos A e B é dado pela soma dos módulos das velocidades de A e de B.

Aproximação



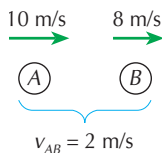
Afastamento



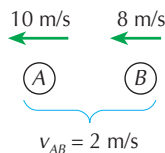
b) Velocidades de mesmo sentido

O módulo da velocidade relativa entre os corpos A e B é dado pela diferença entre os módulos das velocidades de A e de B.

Aproximação



Afastamento



Conclusão:

a) velocidades de sentidos contrários

$$V_{AB} = |V_A| + |V_B|$$

b) velocidades de mesmo sentido

$$V_{AB} = |V_A| - |V_B|$$

Observações:

• Nos cálculos acima, supõe-se:

$$|V_A| > |V_B|$$

• O resultado V_{AB} obtido é em módulo.

• Se houver colisão e os móveis permanecerem juntos após a colisão, $V_{AB} = 0$.

R. 20 Dois trens, P e Q, percorrem trajetórias retilíneas e paralelas. O trem P possui 30 m de comprimento e velocidade de 30 km/h, e o trem Q possui 50 m e velocidade de 10 km/h; seus movimentos são uniformes. Determine:

- o intervalo de tempo da ultrapassagem, isto é, o intervalo de tempo necessário para que o trem mais veloz (P) ultrapasse o trem mais lento (Q);
- a distância percorrida por P durante a ultrapassagem.

Solução:

A ultrapassagem inicia-se quando a parte dianteira do trem P se emparelha com a parte traseira de Q (ponto A na figura a seguir) e termina quando a parte traseira de P se emparelha com a parte dianteira de Q (ponto B na figura). Na figura, os comprimentos indicados já estão em km, pois as velocidades estão em km/h. Os trens são corpos sólidos e, quando se deslocam em linha reta, o movimento de um de seus pontos é o movimento do conjunto. Na figura III representamos o trem P pelo ponto extremo de sua parte traseira e o trem Q pelo ponto mais avançado da sua parte dianteira. A escolha desses pontos é arbitrária: assim fizemos para que, no final da ultrapassagem, ficassem lado a lado, correspondendo a uma situação de encontro.

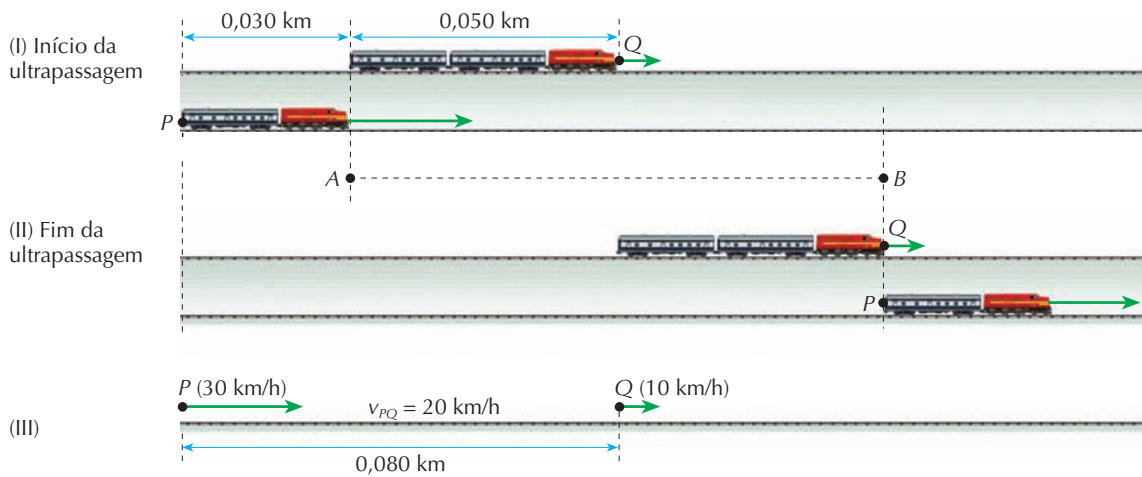
Vamos usar as noções de velocidade relativa de aproximação e de afastamento do exercício anterior.

- Na figura III, o ponto P se aproxima de Q com velocidade relativa de 20 km/h e alcança Q após percorrer 0,080 km (adição dos comprimentos dos trens). Então, temos:

$$s_{rel.} = v_{rel.} \cdot t \Rightarrow 0,080 = 20t \Rightarrow t = 0,004 \text{ h} = 0,004 \cdot 3.600 \text{ s} \Rightarrow t = 14,4 \text{ s}$$

Note que 14,4 s é o intervalo de tempo da ultrapassagem.





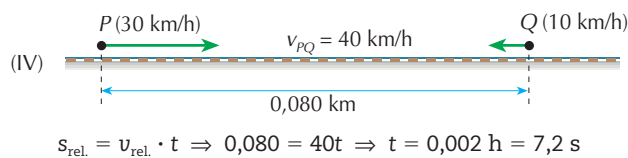
b) A distância percorrida em relação ao solo é:

$$\Delta s_p = v_p \cdot t = 30 \cdot 0,004 \Rightarrow \Delta s_p = 0,12 \text{ km} \Rightarrow \boxed{\Delta s_p = 120 \text{ m}}$$

Respostas: a) 14,4 s; b) 120 m

Observação:

Se os trens caminhassem em sentidos contrários (figura IV, a seguir), apenas se alteraria a velocidade relativa de aproximação dos trens. No restante, a solução do exercício seguiria as mesmas etapas anteriores, como se indica na própria figura IV.



R. 21 Dois automóveis A e B passam por um mesmo ponto P de uma estrada. Suas velocidades escalares são constantes e valem respectivamente 15 m/s e 20 m/s. O automóvel B passa pelo ponto P 2 s após a passagem de A. Determine a posição e o instante em que B alcança A.

Solução:

Vamos escrever as funções horárias de A e B. Adotamos a origem dos espaços no ponto P e a origem dos tempos no instante em que A passa por P ($t = 0$). Assim, após t segundos o automóvel A terá andado durante t segundos e em sua função horária temos a variável t . O automóvel B passa por P após 2 s.



B passa por P 2 s após a passagem de A.

Após t segundos, B andou $(t - 2)$ segundos. Daí em sua função horária teremos $(t - 2)$ em lugar de t :

Considerando a função horária $s = s_0 + vt$, temos:

Automóvel A

$$s_0 = 0 \text{ e } v = 15 \text{ m/s}$$

$$s_A = 15t \text{ (s em metros, t em segundos)}$$

Automóvel B

$$s_0 = 0 \text{ e } v = 20 \text{ m/s}$$

$$s_B = 20 \cdot (t - 2) \text{ (s em metros, t em segundos)}$$

No encontro:

$$s_A = s_B \Rightarrow 15t = 20(t - 2) \Rightarrow \boxed{t = 8 \text{ s}} \text{ (instante do encontro)}$$

Substituindo t por 8 s numa das funções horárias, obtemos a posição do encontro:

$$s_A = 15t \Rightarrow s_A = 15 \cdot 8 \Rightarrow \boxed{s_A = 120 \text{ m}}$$

Resposta: B alcança A 8 s após a passagem de A por P, e a 120 m de P.



EXERCÍCIOS PROPOSTOS

P. 52 Um atirador aponta sua arma para um alvo, situado a 255 m de distância, e dispara um projétil. O impacto do projétil no alvo é ouvido pelo atirador 1,6 s após o disparo. Sendo 340 m/s a velocidade de propagação do som no ar, determine a velocidade do projétil, suposta constante.

P. 53 Durante um nevoeiro, um navegador recebe dois sinais expedidos simultaneamente por um posto na costa, um deles através do ar e outro através da água. Entre as recepções dos dois sons, decorre o intervalo de tempo $\Delta t = 4$ s. Nas condições dos eventos, a velocidade do som é de 300 m/s no ar e de 1.500 m/s na água. Determine a distância x entre o barco e o posto emissor dos sinais, conforme os dados acima.

P. 54 (Fuvest-SP) Um filme comum é formado por uma série de fotografias individuais que são projetadas à razão de 24 imagens (ou quadros) por segundo, o que nos dá a sensação de movimento contínuo. Esse fenômeno é devido ao fato de que nossos olhos retêm a imagem por um intervalo de tempo um pouco superior a $\frac{1}{20}$ de segundo. Essa retenção é chamada de persistência da retina.

- Numa projeção de filme com duração de 30 s, quantos quadros são projetados?
- Uma pessoa, desejando filmar o desabrochar de uma flor cuja duração é de aproximadamente 6,0 h, pretende apresentar este fenômeno num filme de 10 min de duração. Quantas fotografias individuais do desabrochar da flor devem ser tiradas?

P. 55 Um indivíduo filma o movimento de uma borboleta à razão de 64 fotografias por segundo, durante 5 s. Depois de revelado, o filme é projetado à razão de 16 fotografias por segundo. Quanto tempo leva a projeção? O movimento da borboleta será visto, na projeção, mais lento ou mais rápido do que ocorreu na realidade?

P. 56 Dois trens P e Q deslocam-se em trajetórias paralelas com movimentos uniformes de velocidades iguais a 40 km/h e 60 km/h, e seus comprimentos são 200 m e 300 m, respectivamente. Determine o intervalo de tempo da ultrapassagem de um trem pelo outro, admitindo-se os seus movimentos:

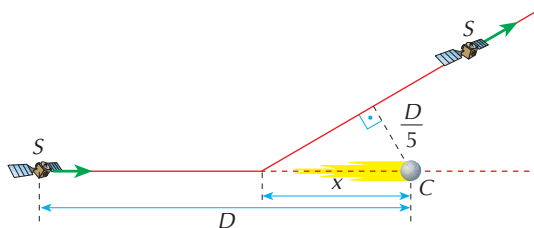
- no mesmo sentido;
- em sentidos opostos.

P. 57 Um trem sai da estação de uma cidade com velocidade escalar constante de 40 km/h; 20 min depois, sai da mesma estação um segundo trem, com velocidade escalar constante de 60 km/h. Quanto tempo, após sua partida, o segundo trem demora para alcançar o primeiro?

P. 58 (Uece) Dois trens de comprimento 60 m e 90 m correm em trilhos paralelos e em sentidos opostos. O trem menor move-se com o dobro da velocidade do maior, para um referencial fixo na Terra. Uma pessoa no trem menor observa que o trem maior gasta 2 s para passar por sua janela. Determine a velocidade, em m/s, do trem menor.



P. 59 (Vunesp) A missão *Deep Impact*, concluída com sucesso em julho*, consistiu em enviar uma sonda ao cometa Tempel, para investigar a composição do seu núcleo. Considere uma missão semelhante, na qual uma sonda espacial S, percorrendo uma trajetória retilínea, aproxima-se do núcleo de um cometa C, com velocidade v constante relativamente ao cometa. Quando se encontra à distância D do cometa, a sonda lança um projétil rumo ao seu núcleo, também em linha reta e com velocidade constante $\frac{3v}{2}$, relativamente ao cometa. No instante em que o projétil atinge seu alvo, a sonda assume nova trajetória retilínea, com a mesma velocidade v , desviando-se do cometa. A aproximação máxima da sonda com o cometa ocorre quando a distância entre eles é $\frac{D}{5}$, como esquematizado na figura:

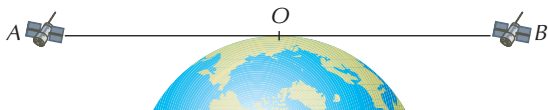


Desprezando efeitos gravitacionais do cometa sobre a sonda e o projétil, calcule:

- a distância x da sonda em relação ao núcleo do cometa, no instante em que o projétil atinge o cometa. Apresente a sua resposta em função de D ;
- o instante, medido a partir do lançamento do projétil, em que ocorre a máxima aproximação entre a sonda e o cometa. Dê a resposta em função de D e v .

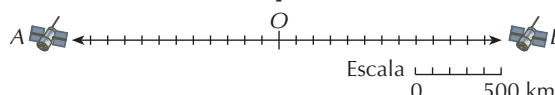


P. 60 (Fuvest-SP) O sistema GPS (*Global Positioning System*) permite localizar um receptor especial, em qualquer lugar da Terra, por meio de sinais emitidos por satélites. Numa situação particular, dois satélites, A e B, estão alinhados sobre uma reta que tangencia a superfície da Terra no ponto O e encontram-se à mesma distância de O. O protótipo de um novo avião, com um receptor R, encontra-se em algum lugar dessa reta e seu piloto deseja localizar sua própria posição.



Os intervalos de tempo entre a emissão dos sinais pelos satélites A e B e sua recepção por R são, respectivamente, $\Delta t_A = 68,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ e $\Delta t_B = 64,8 \cdot 10^{-3} \text{ s}$. Desprezando possíveis efeitos atmosféricos e considerando a velocidade de propagação dos sinais como igual à velocidade c da luz no vácuo ($c = 3,0 \cdot 10^5 \text{ km/s}$), determine:

- a distância D , em km, entre cada satélite e o ponto O;
- a distância X , em km, entre o receptor R, no avião, e o ponto O;
- a posição do avião, identificada pela letra R, localizando-a no esquema abaixo.



TESTES PROPOSTOS

T. 48 (Mackenzie-SP) A distância média da Terra à Lua é $3,9 \cdot 10^8 \text{ m}$. Sendo a velocidade da luz no vácuo igual a $3,0 \cdot 10^5 \text{ km/s}$, o tempo médio gasto por ela para percorrer essa distância é de:

- 0,77 s
- 1,3 s
- 13 s
- 77 s
- 1.300 s

T. 49 (Cesgranrio-RJ) Uma cena, filmada originalmente a uma velocidade de 40 quadros por segundo, é projetada em câmera lenta a uma velocidade reduzida de 24 quadros por segundo. A projeção dura 1,0 min. A duração real da cena filmada é de:

- 16 s
- 36 s
- 100 s
- 24 s
- 40 s

T. 50 (UFPE) Um projetor de filmes gira com uma velocidade de 20 quadros por segundo. Cada quadro mede 1,0 cm de comprimento. Despreze a separação entre os quadros. Qual é o tempo de projeção, em minutos, de um filme cuja fita tem um comprimento total de 18 m?

- 1,5
- 3,0
- 4,5
- 6,0
- 7,5

T. 51 (UEPB) Em um dado trecho reto e plano de uma rodovia, estão se movendo os carros A, B, C e D, com velocidades e posições indicadas na figura.



Com base nessas informações, analise as proposições a seguir e assinale a correta.

- Para o motorista A (observador em A), o carro B está se aproximando com uma velocidade de 20 km/h.
- Para o motorista B (observador em B), o carro C está se afastando com uma velocidade de 10 km/h.
- Para o motorista D (observador em D), o carro C está se afastando com uma velocidade de 110 km/h.
- Para o motorista A (observador em A), o carro D está se aproximando com uma velocidade de 20 km/h.
- Para o motorista C (observador em C), o carro A está se aproximando com uma velocidade de 130 km/h.

T. 52 (Olimpíada Brasileira de Física) Uma máquina fotográfica é ajustada para executar uma sequência de fotografias de duas partículas movendo-se ao longo de trilhos paralelos em movimento retilíneo uniforme. Os intervalos de tempo entre duas fotos consecutivas são constantes e iguais a 0,25 segundo. Na primeira fotografia, a distância entre as partículas é de 24 cm. A comparação entre a primeira e a segunda foto mostra que as partículas se movem em sentidos opostos, tendo então se deslocado distâncias respectivamente iguais a 5 cm e 2,5 cm. Pode-se afirmar que:

- a partícula mais veloz vê a mais lenta se aproximar com uma velocidade 1,5 vez maior que a sua;
- o instante em que uma partícula passa pela outra é registrado em fotografia;
- 5 fotografias são tiradas desde o instante inicial até o momento em que a partícula mais veloz passa pela posição inicial da partícula mais lenta.

Assinale a opção correta.

- Apenas a afirmativa I é verdadeira.
- Apenas a afirmativa II é verdadeira.
- Apenas a afirmativa III é verdadeira.
- Apenas as afirmativas I e II são verdadeiras.
- Apenas as afirmativas I e III são verdadeiras.





T. 53 (Fuvest-SP) Numa estrada, um caminhão com velocidade constante leva 4 s para ultrapassar outro, cuja velocidade é também constante. Sendo 10 m o comprimento de cada caminhão, a diferença entre as velocidades dos caminhões é igual a:

- a) 0,20 m/s
- b) 0,40 m/s
- c) 2,5 m/s
- d) 5,0 m/s
- e) 10 m/s

T. 54 (Furg-RS) Um comboio de vagões é puxado por uma locomotiva com velocidade de 36 km/h. Essa composição ferroviária tem um comprimento total de 210 m e é ultrapassada por um automóvel que se desloca com velocidade de 15 m/s. Quanto tempo decorre desde o instante em que o automóvel alcança o último vagão da composição até o instante em que ultrapassa a locomotiva? Considere as dimensões do automóvel desprezíveis comparativamente com as dimensões do comboio.

- a) 4,2 s
- b) 8,4 s
- c) 14 s
- d) 21 s
- e) 42 s

T. 55 (UFSC) Um trem A, de 150 metros de comprimento, deslocando-se do sul para o norte, começa a atravessar uma ponte férrea de pista dupla, no mesmo instante em que um outro trem B, de 500 metros de comprimento, que se desloca do norte para o sul, inicia a travessia da ponte. O maquinista do trem A observa que seu trem se desloca com velocidade constante de 36 km/h, enquanto o maquinista do trem B verifica que seu trem está a uma velocidade

constante de 72 km/h, ambas as velocidades medidas em relação ao solo. Um observador, situado em uma das extremidades da ponte, observa que os trens completam a travessia da ponte ao mesmo tempo. Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01) Como o trem B tem o dobro da velocidade do trem A, ele leva a metade do tempo para atravessar a ponte independentemente do comprimento dela.
- 02) A velocidade do trem A, em relação ao trem B, é de 108 km/h.
- 04) Não podemos calcular o comprimento da ponte, pois não foi fornecido o tempo gasto pelos trens para atravessá-la.
- 08) O comprimento da ponte é 200 metros.
- 16) Os trens atravessam a ponte em 35 segundos.
- 32) A velocidade do trem B, em relação ao trem A, é de 108 km/h.
- 64) O comprimento da ponte é 125 metros e os trens a atravessam em 15 segundos.

Dê como resposta a soma dos números associados às proposições corretas.

T. 56 (Uespi) Um passageiro perdeu um ônibus que saiu da rodoviária há 5 minutos e pega um táxi para alcançá-lo. O ônibus desenvolve uma velocidade de 60 km/h, e o táxi, de 90 km/h. O intervalo de tempo necessário ao táxi para alcançar o ônibus é, em minutos:

- a) 25
- b) 20
- c) 15
- d) 10
- e) 5