

# Movimento Retilíneo

Esdras Lins Bispo Jr.  
bispojr@ufg.br

Física para Ciência da Computação  
Bacharelado em Ciência da Computação

20 de outubro de 2016

# Plano de Aula

## 1 Pensamento

## 2 Revisão

- Medição
- Comprimento
- Tempo
- Massa

## 3 Movimento Retilíneo

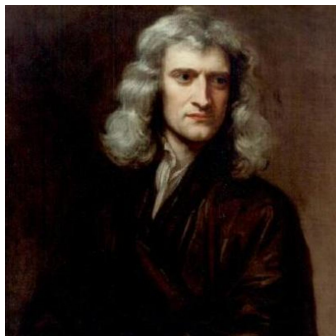
# Sumário

- 1 Pensamento
- 2 Revisão
  - Medição
  - Comprimento
  - Tempo
  - Massa
- 3 Movimento Retilíneo

# Pensamento



# Pensamento



## Frase

Eu consigo calcular  
o movimento dos corpos celestiais,  
mas não a loucura das pessoas.

## Quem?

**Isaac Newton (1643-1727)**  
Físico inglês.

# Sumário

## 1 Pensamento

## 2 Revisão

- Medição
- Comprimento
- Tempo
- Massa

## 3 Movimento Retilíneo

# Medindo grandezas

Descobrimos a física...

Medindo e comparando grandezas

## Grandezas

- Comprimento,
- Tempo,
- Massa,
- Temperatura,
- Pressão,
- Corrente elétrica...



# Medindo grandezas

Como medimos uma grandeza

Comparando-a com um padrão

Unidade

Medida de uma grandeza

Exemplo

Metro é uma unidade de grandeza de comprimento



# Medindo grandezas

## Sistema Internacional de Unidades (SI)

- 1971
- 14ª Conferência Geral de Pesos e Medidas
- Sete grandezas como fundamentais

**Tabela 1-1**

**Unidades de Três Grandezas  
Fundamentais do SI**

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

# Medindo grandezas

## Unidades Derivativas

São aquelas unidades que podem ser obtidas a partir de unidades fundamentais.

## Exemplo

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ W} = 1 \text{ kg} \times m^2/s^3$$

# Notação Científica

## Onde é utilizada?

Usa-se a notação científica para expressar as grandezas muito grandes.

## Formato

$$a \times 10^b$$

em que

- $a \in \mathbb{R}$  e  $1 \leq a < 10$ ; e
- $b \in \mathbb{Z}^*$ .

# Notação Científica

## Exemplos

- $3.560.000.000 \text{ m} = 3,56 \times 10^9 \text{ m}$
- $0,000\ 000\ 492 \text{ s} = 4,92 \times 10^{-7} \text{ s}$

## Em linguagens de programação...

A notação abreviada normalmente é usada:

# Notação Científica

## Exemplos

- $3.560.000.000 \text{ m} = 3,56 \times 10^9 \text{ m}$
- $0,000\ 000\ 492 \text{ s} = 4,92 \times 10^{-7} \text{ s}$

## Em linguagens de programação...

A notação abreviada normalmente é usada:

$7.59e9$  ou  $4.93e-7$

## Umas das utilidades...

Bastante útil no processo de conversão de unidades.

# Uso de prefixos

**Tabela 1-2**

**Prefixos das Unidades do SI**

Fator	Prefixo <sup>a</sup>	Símbolo	Fator	Prefixo <sup>a</sup>	Símbolo
$10^{24}$	iota-	I	$10^{-1}$	deci-	d
$10^{21}$	zeta-	Z	<b><math>10^{-2}</math></b>	<b>centi-</b>	<b>c</b>
$10^{18}$	exa-	E	<b><math>10^{-3}</math></b>	<b>mili-</b>	<b>m</b>
$10^{15}$	peta-	P	<b><math>10^{-6}</math></b>	<b>micro-</b>	<b><math>\mu</math></b>
$10^{12}$	tera-	T	<b><math>10^{-9}</math></b>	<b>nano-</b>	<b>n</b>
<b><math>10^9</math></b>	<b>giga-</b>	<b>G</b>	<b><math>10^{-12}</math></b>	<b>pico-</b>	<b>p</b>
<b><math>10^6</math></b>	<b>mega-</b>	<b>M</b>	$10^{-15}$	femto-	f
<b><math>10^3</math></b>	<b>quilo-</b>	<b>Q</b>	$10^{-18}$	ato-	a
$10^2$	hecto-	h	$10^{-21}$	zepto-	z
$10^1$	deca-	da	$10^{-24}$	yocto-	y

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

# Medida de Comprimento

## Comprimento

No SI, a unidade para o comprimento é o metro (m).

## Metro

Distância percorrida pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de  $1/299.792.458$  de segundo.

# Curiosidade

**Tabela 1-3**

**Alguns Comprimentos Aproximados**

Descrição	Comprimento em Metros
Distância das galáxias mais antigas	$2 \times 10^{26}$
Distância da galáxia de Andrômeda	$2 \times 10^{22}$
Distância da estrela mais próxima, Próxima Centauri	$4 \times 10^{16}$
Distância de Plutão	$6 \times 10^{12}$
Raio da Terra	$6 \times 10^6$
Altura do Monte Everest	$9 \times 10^3$
Espessura desta página	$1 \times 10^{-4}$
Comprimento de um vírus típico	$1 \times 10^{-8}$
Raio do átomo de hidrogênio	$5 \times 10^{-11}$
Raio do próton	$1 \times 10^{-15}$



# Medida de Tempo

## Tempo

No SI, a unidade para o tempo é o segundo (s).

## Segundo

O intervalo de tempo que corresponde a 9.192.631.770 oscilações da luz (de um comprimento de onda especificado) emitida por um átomo de césio 133.

## Hora Coordenada Universal (UTC)

Fornecida por um relógio atômico no Colorado, EUA.

# Curiosidade

**Tabela 1-4**

**Alguns Intervalos de Tempo Aproximados**

Descrição	Intervalo de Tempo em Segundos
Tempo de vida do próton (teórico)	$3 \times 10^{40}$
Idade do universo	$5 \times 10^{17}$
Idade da pirâmide de Quéops	$1 \times 10^{11}$
Expectativa de vida de um ser humano	$2 \times 10^9$
Duração de um dia	$9 \times 10^4$
Intervalo entre duas batidas de um coração humano	$8 \times 10^{-1}$
Tempo de vida do múon	$2 \times 10^{-6}$
Pulso luminoso mais curto obtido em laboratório	$1 \times 10^{-16}$
Tempo de vida da partícula mais instável	$1 \times 10^{-23}$
Tempo de Planck"	$1 \times 10^{-43}$

"Tempo decorrido após o big bang a partir do qual as leis de física que conhecemos passaram a ser válidas.

# Medida de Massa

## Massa

No SI, a unidade para massa é o quilograma (kg).

## Quilograma

Um cilindro de platina irídio com 3,9cm de altura e 3,9cm de diâmetro.



# Curiosidade

**Tabela 1-5**

**Algumas Massas Aproximadas**

Descrição	Massa em Quilogramas
Universo conhecido	$1 \times 10^{53}$
Nossa galáxia	$2 \times 10^{41}$
Sol	$2 \times 10^{30}$
Lua	$7 \times 10^{22}$
Asteróide Eros	$5 \times 10^{15}$
Montanha pequena	$1 \times 10^{12}$
Transatlântico	$7 \times 10^7$
Elefante	$5 \times 10^3$
Uva	$3 \times 10^{-3}$
Grão de poeira	$7 \times 10^{-10}$
Molécula de penicilina	$5 \times 10^{-17}$
Átomo de urânio	$4 \times 10^{-25}$
Próton	$2 \times 10^{-27}$
Elétron	$9 \times 10^{-31}$

# Massa Específica

## Massa específica

É a massa por unidade de volume.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Exemplo: Massa específica da água

1 g/cm<sup>3</sup>

# Sumário

## 1 Pensamento

## 2 Revisão

- Medição
- Comprimento
- Tempo
- Massa

## 3 Movimento Retilíneo

# O que é Física?

Um dos objetivos da Física...

- Estudar características do movimento;

# O que é Física?

Um dos objetivos da Física...

- Estudar características do movimento;
- Ex.: Rapidez com que eles se realizam.



# O que é Física?

## Um dos objetivos da Física...

- Estudar características do movimento;
- Ex.: Rapidez com que eles se realizam.

## Aplicações

- Engenheiros da NASCAR → desempenho de carros;

# O que é Física?

## Um dos objetivos da Física...

- Estudar características do movimento;
- Ex.: Rapidez com que eles se realizam.

## Aplicações

- Engenheiros da NASCAR → desempenho de carros;
- Médicos → mapeamento do fluxo de sangue;

# O que é Física?

## Um dos objetivos da Física...

- Estudar características do movimento;
- Ex.: Rapidez com que eles se realizam.

## Aplicações

- Engenheiros da NASCAR → desempenho de carros;
- Médicos → mapeamento do fluxo de sangue;
- Motoristas → redução de velocidade.

# O que é Física?

## Um dos objetivos da Física...

- Estudar características do movimento;
- Ex.: Rapidez com que eles se realizam.

## Aplicações

- Engenheiros da NASCAR → desempenho de carros;
- Médicos → mapeamento do fluxo de sangue;
- Motoristas → redução de velocidade.

## Movimento Unidimensional

É o estudo do movimentos de objetos em linha reta.

# Movimentos

## Movimento Unidimensional

Propriedade Gerais:

- Trajetória (retilínea):

# Movimentos

## Movimento Unidimensional

Propriedade Gerais:

- Trajetória (retilínea):
  - vertical;
  - horizontal; ou
  - inclinada.

# Movimentos

## Movimento Unidimensional

Propriedade Gerais:

- Trajetória (retilínea):
  - vertical;
  - horizontal; ou
  - inclinada.
- “Forças” que atuam sobre o objeto;

# Movimentos

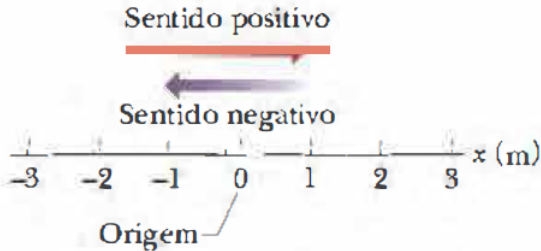
## Movimento Unidimensional

Propriedade Gerais:

- Trajetória (retilínea):
  - vertical;
  - horizontal; ou
  - inclinada.
- “Forças” que atuam sobre o objeto;
  - Velocidade;
  - Direção..
- Tipo de objeto:
  - Partícula;
  - Fluido...

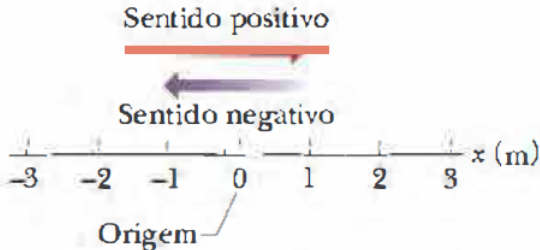


## Posição e Deslocamento



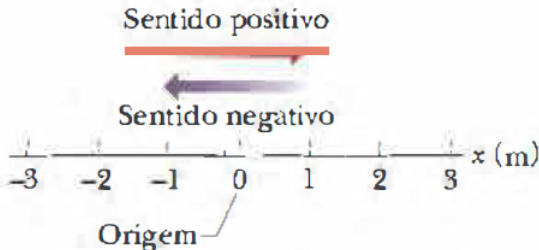
- Ponto de referência: origem;

## Posição e Deslocamento



- Ponto de referência: origem;
- Sentido: positivo ou negativo;

## Posição e Deslocamento



- Ponto de referência: origem;
- Sentido: positivo ou negativo;
- Unidade de comprimento: m (por exemplo).

# Posição e Deslocamento

## Deslocamento

A mudança de posição  $x_1$  para a posição  $x_2$  está associado a um **deslocamento**  $\Delta x$ :

# Posição e Deslocamento

## Deslocamento

A mudança de posição  $x_1$  para a posição  $x_2$  está associado a um **deslocamento**  $\Delta x$ :

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

# Posição e Deslocamento

## Deslocamento

A mudança de posição  $x_1$  para a posição  $x_2$  está associado a um **deslocamento**  $\Delta x$ :

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

## Símbolo $\Delta$

Associado à variação de grandezas, correspondendo à diferença entre os valores final e inicial.

# Posição e Deslocamento

## Deslocamento

A mudança de posição  $x_1$  para a posição  $x_2$  está associado a um **deslocamento**  $\Delta x$ :

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

## Símbolo $\Delta$

Associado à variação de grandezas, correspondendo à diferença entre os valores final e inicial.

## Cuidado!!!

Distância efetivamente percorrida é diferente de deslocamento.



# Posição e Deslocamento

Deslocamento é uma grandeza vetorial



# Posição e Deslocamento

Deslocamento é uma grandeza vetorial

- Módulo;

# Posição e Deslocamento

Deslocamento é uma grandeza vetorial

- Módulo;
- Direção;

# Posição e Deslocamento

Deslocamento é uma grandeza vetorial

- Módulo;
- Direção;
- Sentido.

# Posição e Deslocamento

Deslocamento é uma grandeza vetorial

- Módulo;
- Direção;
- Sentido.

## Exercício

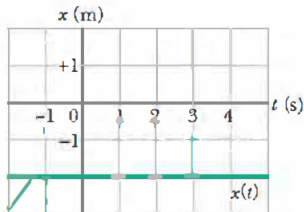
Considere três pares de posições iniciais e finais, respectivamente, ao longo do eixo  $x$ . A que pares correspondem deslocamentos negativos:

- 1 -3 m, + 5 m;
- 2 -3 m, -7 m;
- 3 7 m, -3 m.

## Gráfico posição $\times$ tempo

Este é um gráfico da posição  $x$  em função do tempo  $t$  para um objeto *estacionário*.

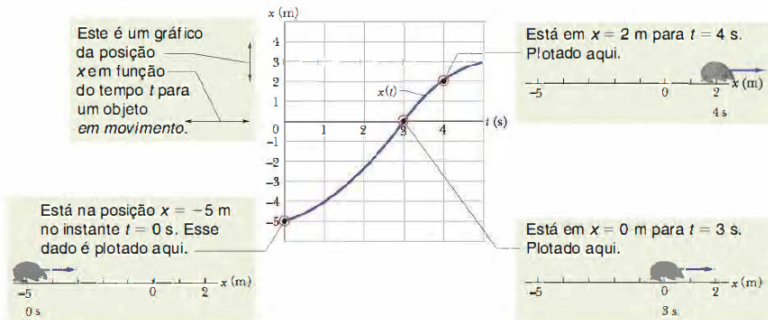
A mesma posição para todos os tempos.



### Notação

$x(t)$  representa a função  $x$  em relação a  $t$ .

## Gráfico posição $\times$ tempo



# Velocidade Média

## Velocidade Média

$$v_{\text{méd}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

# Velocidade Média

## Velocidade Média

$$v_{\text{méd}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

- $x_1$  é a posição no instante  $t_1$ ;



# Velocidade Média

## Velocidade Média

$$v_{\text{méd}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

- $x_1$  é a posição no instante  $t_1$ ;
- $x_2$  é a posição no instante  $t_2$ ;

# Velocidade Média

## Velocidade Média

$$v_{\text{méd}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

- $x_1$  é a posição no instante  $t_1$ ;
- $x_2$  é a posição no instante  $t_2$ ;
- No SI, a unidade de  $v_{\text{méd}}$  é  $m/s$ ;

# Velocidade Média

## Velocidade Média

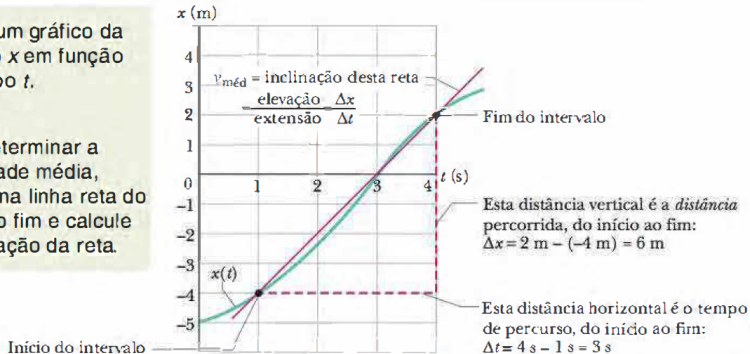
$$v_{\text{méd}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

- $x_1$  é a posição no instante  $t_1$ ;
- $x_2$  é a posição no instante  $t_2$ ;
- No SI, a unidade de  $v_{\text{méd}}$  é  $m/s$ ;
- $v_{\text{méd}}$  também é uma grandeza vetorial.

## Gráfico posição $\times$ tempo

Este é um gráfico da posição  $x$  em função do tempo  $t$ .

Para determinar a velocidade média, trace uma linha reta do início ao fim e calcule a inclinação da reta.



# Velocidade Escalar Média

## Velocidade Escalar Média

$$s_{\text{méd}} = \frac{\text{distância total}}{\Delta t}$$

# Velocidade Escalar Média

## Velocidade Escalar Média

$$s_{\text{méd}} = \frac{\text{distância total}}{\Delta t}$$

- $s_{\text{méd}}$  não é uma grandeza vetorial;
- o valor de  $s_{\text{méd}}$  pode ser diferente do valor de  $v_{\text{méd}}$ .

# Velocidade Escalar Média

## Exercício

Depois de dirigir um carro em uma estrada retilínea por 8,4 km a 70 km/h, você para por falta de gasolina. Nos 30 min seguintes, você caminha por mais 2,0 km ao longo da estrada até chegar a um posto de gasolina.

# Velocidade Escalar Média

## Exercício

Depois de dirigir um carro em uma estrada retilínea por 8,4 km a 70 km/h, você para por falta de gasolina. Nos 30 min seguintes, você caminha por mais 2,0 km ao longo da estrada até chegar a um posto de gasolina.

- 1 Qual foi o deslocamento total, do início da viagem até chegar ao posto de gasolina?



# Velocidade Escalar Média

## Exercício

Depois de dirigir um carro em uma estrada retilínea por 8,4 km a 70 km/h, você para por falta de gasolina. Nos 30 min seguintes, você caminha por mais 2,0 km ao longo da estrada até chegar a um posto de gasolina.

- 1 Qual foi o deslocamento total, do início da viagem até chegar ao posto de gasolina?
- 2 Qual é o intervalo de tempo  $\Delta t$  entre o início da viagem e o instante em que você chega ao posto?

# Velocidade Escalar Média

## Exercício

Depois de dirigir um carro em uma estrada retilínea por 8,4 km a 70 km/h, você para por falta de gasolina. Nos 30 min seguintes, você caminha por mais 2,0 km ao longo da estrada até chegar a um posto de gasolina.

# Velocidade Escalar Média

## Exercício

Depois de dirigir um carro em uma estrada retilínea por 8,4 km a 70 km/h, você para por falta de gasolina. Nos 30 min seguintes, você caminha por mais 2,0 km ao longo da estrada até chegar a um posto de gasolina.

- 3 Qual é a velocidade média  $v_{\text{méd}}$  do início da viagem até a chegada ao posto de gasolina? Determine a solução numericamente e graficamente.

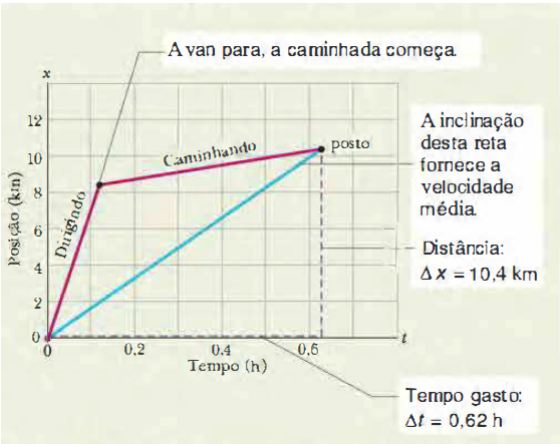
# Velocidade Escalar Média

## Exercício

Depois de dirigir um carro em uma estrada retilínea por 8,4 km a 70 km/h, você para por falta de gasolina. Nos 30 min seguintes, você caminha por mais 2,0 km ao longo da estrada até chegar a um posto de gasolina.

- 3 Qual é a velocidade média  $v_{\text{méd}}$  do início da viagem até a chegada ao posto de gasolina? Determine a solução numericamente e graficamente.
- 4 Suponha que para encher um bujão de gasolina, pagar e caminhar de volta para o carro você leva 45 min. Qual é a velocidade escalar média do início da viagem até o momento em que você chega de volta ao lugar onde deixou o carro?

## Gráfico posição $\times$ tempo



# Velocidade Instantânea

## Velocidade Instantânea

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

# Velocidade Instantânea

## Velocidade Instantânea

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

- $v$  também é uma grandeza vetorial.

# Velocidade Instantânea

## Velocidade Instantânea

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

- $v$  também é uma grandeza vetorial.

## Velocidade Escalar Instantânea

**Velocidade escalar instantânea**, ou, simplesmente, **velocidade escalar**, é o módulo da velocidade, ou seja, a velocidade desprovida de qualquer indicação de direção ou sentido.



# Velocidade Instantânea

## Exercício

As equações a seguir fornecem a posição  $x(t)$  de uma partícula em quatro casos (em todas as equações,  $x$  está em metros,  $t$  em segundos e  $t > 0$ ):

- (a) Em que caso(s) a velocidade  $v$  da partícula é constante?
- (b) Em que caso(s) a velocidade  $v$  é no sentido negativo do eixo  $x$ ?

# Velocidade Instantânea

## Exercício

As equações a seguir fornecem a posição  $x(t)$  de uma partícula em quatro casos (em todas as equações,  $x$  está em metros,  $t$  em segundos e  $t > 0$ ):

- (a) Em que caso(s) a velocidade  $v$  da partícula é constante?
- (b) Em que caso(s) a velocidade  $v$  é no sentido negativo do eixo  $x$ ?

1  $x = 3t - 2$

# Velocidade Instantânea

## Exercício

As equações a seguir fornecem a posição  $x(t)$  de uma partícula em quatro casos (em todas as equações,  $x$  está em metros,  $t$  em segundos e  $t > 0$ ):

- (a) Em que caso(s) a velocidade  $v$  da partícula é constante?
- (b) Em que caso(s) a velocidade  $v$  é no sentido negativo do eixo  $x$ ?

①  $x = 3t - 2$

②  $x = -4t^2 - 2$

# Velocidade Instantânea

## Exercício

As equações a seguir fornecem a posição  $x(t)$  de uma partícula em quatro casos (em todas as equações,  $x$  está em metros,  $t$  em segundos e  $t > 0$ ):

- (a) Em que caso(s) a velocidade  $v$  da partícula é constante?
- (b) Em que caso(s) a velocidade  $v$  é no sentido negativo do eixo  $x$ ?

①  $x = 3t - 2$

②  $x = -4t^2 - 2$

③  $x = 2/t^2$

# Velocidade Instantânea

## Exercício

As equações a seguir fornecem a posição  $x(t)$  de uma partícula em quatro casos (em todas as equações,  $x$  está em metros,  $t$  em segundos e  $t > 0$ ):

- (a) Em que caso(s) a velocidade  $v$  da partícula é constante?
- (b) Em que caso(s) a velocidade  $v$  é no sentido negativo do eixo  $x$ ?

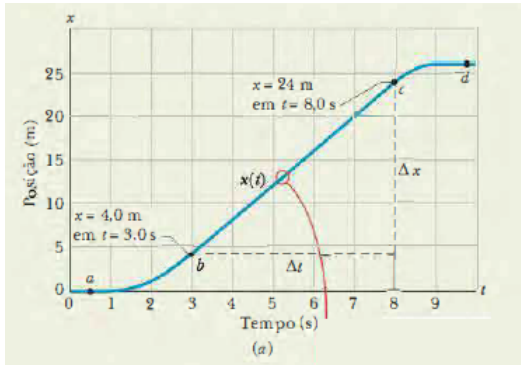
①  $x = 3t - 2$

②  $x = -4t^2 - 2$

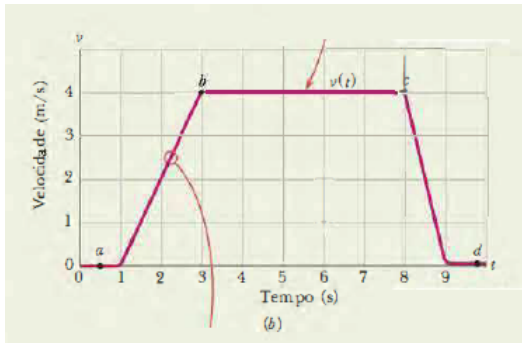
③  $x = 2/t^2$

④  $x = -2$

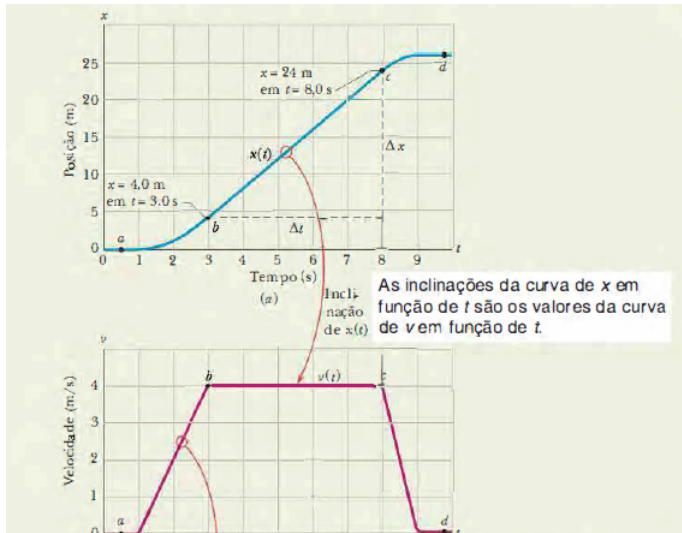
# Gráfico posição $\times$ tempo



## Gráfico velocidade $\times$ tempo

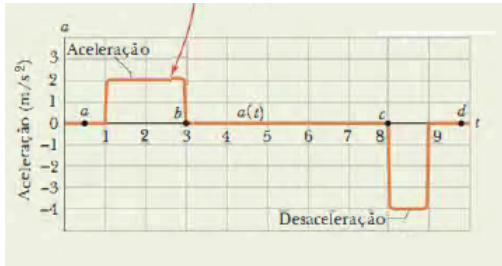


## Gráficos de $x(t)$ e $v(t)$

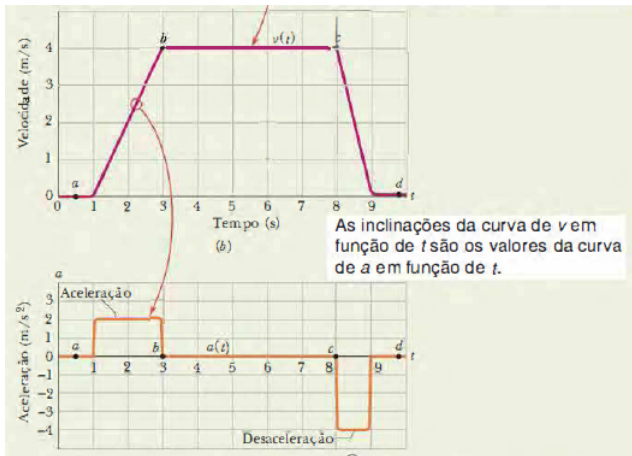




## Gráfico aceleração $\times$ tempo



## Gráficos de $v(t)$ e $a(t)$



## Bônus (0,5 pt)

### Desafio

**(Halliday 3.23)** O oásis B está 25 m a leste do oásis A. Partindo do oásis A, um camelo percorre 24 m em uma direção  $15^\circ$  ao sul do leste e 8,0 m para o norte. A que distância o camelo está do oásis B?

## Bônus (0,5 pt)

### Desafio

**(Halliday 3.23)** O oásis B está 25 m a leste do oásis A. Partindo do oásis A, um camelo percorre 24 m em uma direção  $15^\circ$  ao sul do leste e 8,0 m para o norte. A que distância o camelo está do oásis B?

### Informações úteis

- Candidaturas (25 de outubro, 17h20);
- Resposta escrita e apresentação (27 de outubro, 19h00).

# Movimento Retilíneo

Esdras Lins Bispo Jr.  
bispojr@ufg.br

Física para Ciência da Computação  
Bacharelado em Ciência da Computação

20 de outubro de 2016