FÍSICA I

Prof. Dr. Patricio R. Impinnisi

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Aula 3: Movimento Retilíneo

Posição, Deslocamento e Velocidade Media

INTRODUÇÃO

Objetos e partículas (na mesma direção com a mesma velocidade)

Cinemática (classificação e comparação dos movimentos)

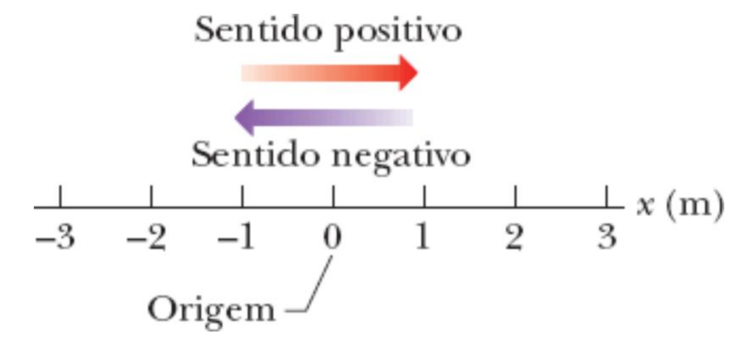
1. Vamos considerar somente movimentos retilíneos
2. Vamos discutir o movimento sem nos importar com suas causas
3. Vamos supor que os objetos são partículas

Para estudar o movimento precisamos de um sistema de referência...

SISTEMA DE REFERÊNCIA

- **A posição é medida em relação a um ponto de referência**

  A origem de coordenadas, ou ponto zero



- **A posição tem sinal**
  - Positivo no sentido em que as coordenadas aumentam
  - Negativo no sentido em que as coordenadas diminuem
  - Uma variação de posição é chamada de deslocamento $\overrightarrow{\Delta x} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1$

Exemplos:

- De $x = 5$ m a $x = 12$ m: $\Delta x = 7$ m (sentido positivo)
- De $x = 5$ m a $x = 1$ m: $\Delta x = -4$ m (sentido negativo)
- De $x = 5$ m a $x = 200$ m a $x = 5$ m: $\Delta x = 0$ m

- A distância total percorrida é irrelevante

DESLOCAMENTO

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

- **O deslocamento é uma grandeza vetorial** (assim como a posição)

  Sentido: dado pelo sinal algébrico (+ ou -)

  Módulo: dado pelo seu comprimento

Teste 1

Considere três pares de posições iniciais e finais ao longo do eixo x: (a) -3 m, $+5$ m; (b) -3 m, -7 m; (c) 7 m, -3 m. Quais desses pares correspondem a deslocamentos negativos?

VELOCIDADE MÉDIA

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

- **Velocidade média**

É a razão entre um deslocamento $\overrightarrow{\Delta x}$ e o intervalo de tempo Δt no qual o deslocamento aconteceu

$$\vec{v}_{méd} = \frac{\overrightarrow{\Delta x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_2 - \vec{x}_1}{t_2 - t_1}$$

Sua unidade no sistema SI é m/s (distância / tempo)

Vejamos sua interpretação gráfica:

VELOCIDADE MÉDIA

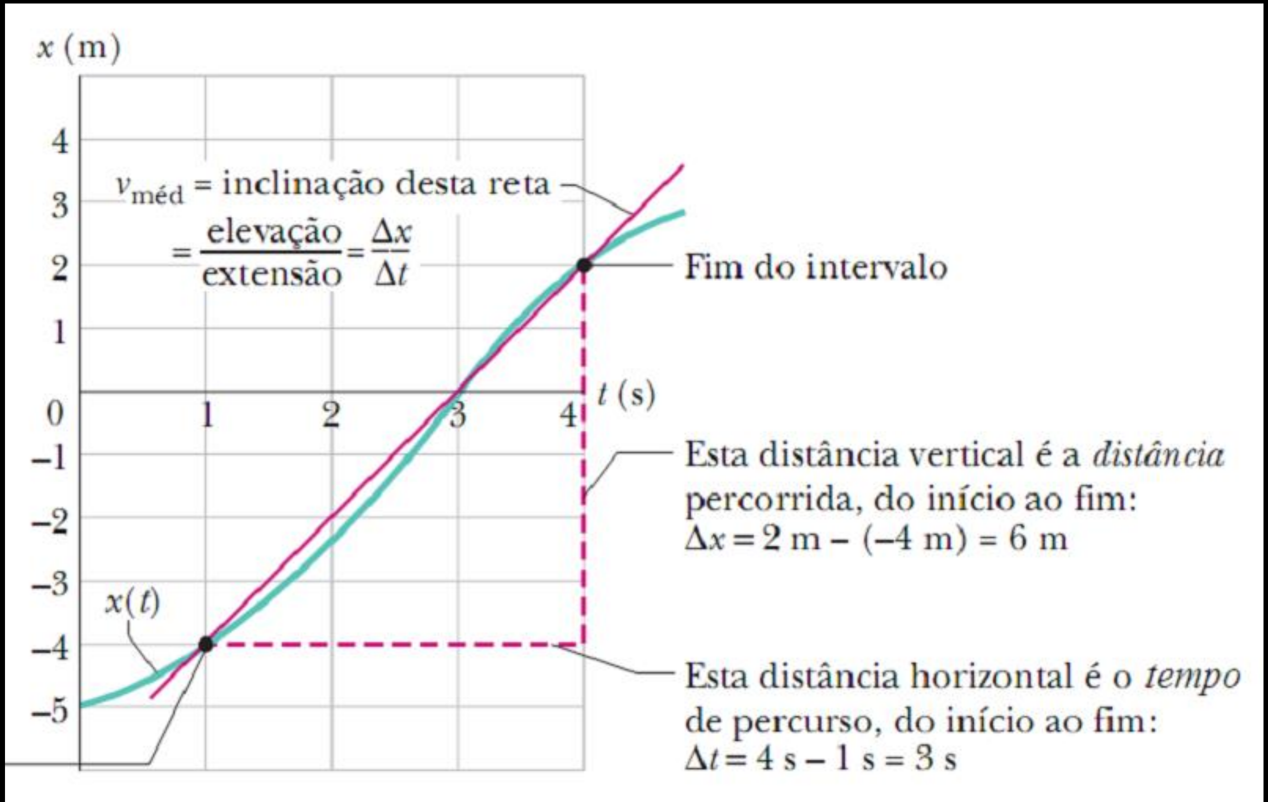
- **Velocidade média**

Num gráfico da posição vs tempo, a velocidade média é a inclinação da reta que liga dois pontos

É uma grandeza vetorial portanto:

Inclinação positiva significa velocidade média positiva

Inclinação negativa significa velocidade média negativa



VELOCIDADE ESCALAR MÉDIA

- **Velocidade <u>escalar</u> média** $s_{méd}$

  é a razão entre a distância L percorrida (que é um escalar sempre positivo) e o intervalo de tempo Δt no qual a distância foi coberta

  Portanto $s_{méd}$ é uma grandeza escalar e é sempre positiva

$$s_{méd} = \frac{L}{\Delta t} = \frac{L}{t_2 - t_1}$$

Exemplo Uma partícula se move do ponto $x = 3$ m ao ponto $x = -3$ m em 2 segundos.

- Velocidade média: = –3 m/s; velocidade escalar média: 3 m/s

VELOCIDADE INSTANTÂNEA

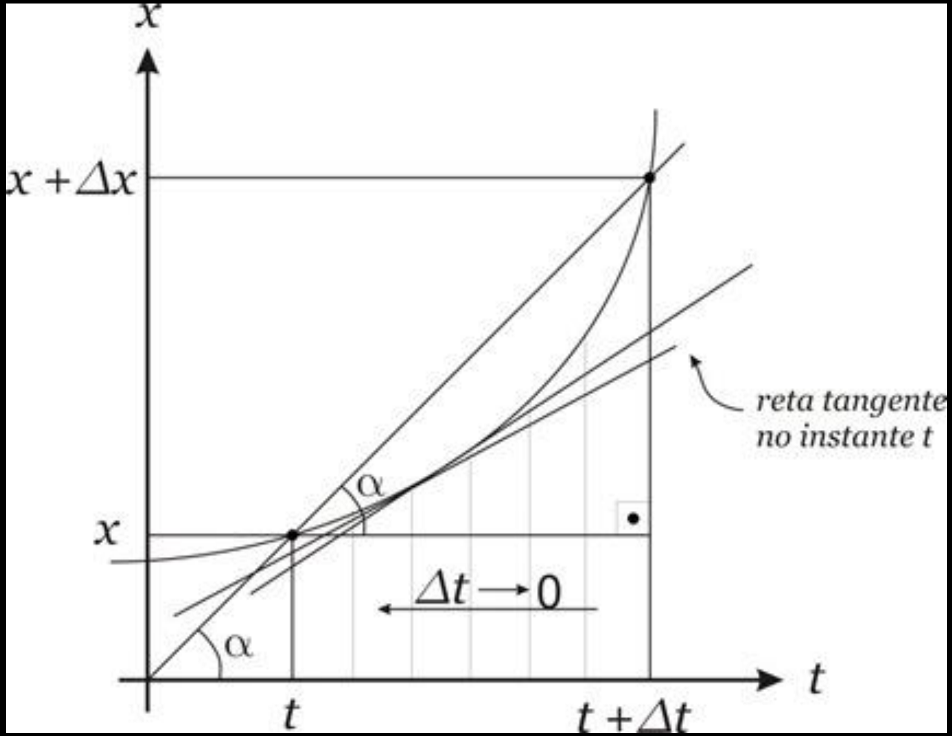
- **Velocidade <u>instantânea</u> $\vec{v}$ (ou simplesmente velocidade)**

  É o limite da razão entre o deslocamento $\overrightarrow{\Delta x}$ e o intervalo de tempo Δt (no qual o deslocamento aconteceu) quando $\Delta t \longrightarrow 0$

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\overrightarrow{\Delta x}}{\Delta t} = \frac{d\vec{x}}{dt}$$

é a inclinação da curva num dado ponto

A velocidade escalar (que é o limite para $\Delta t \longrightarrow 0$ da velocidade escalar média) é o módulo da velocidade "instantânea"



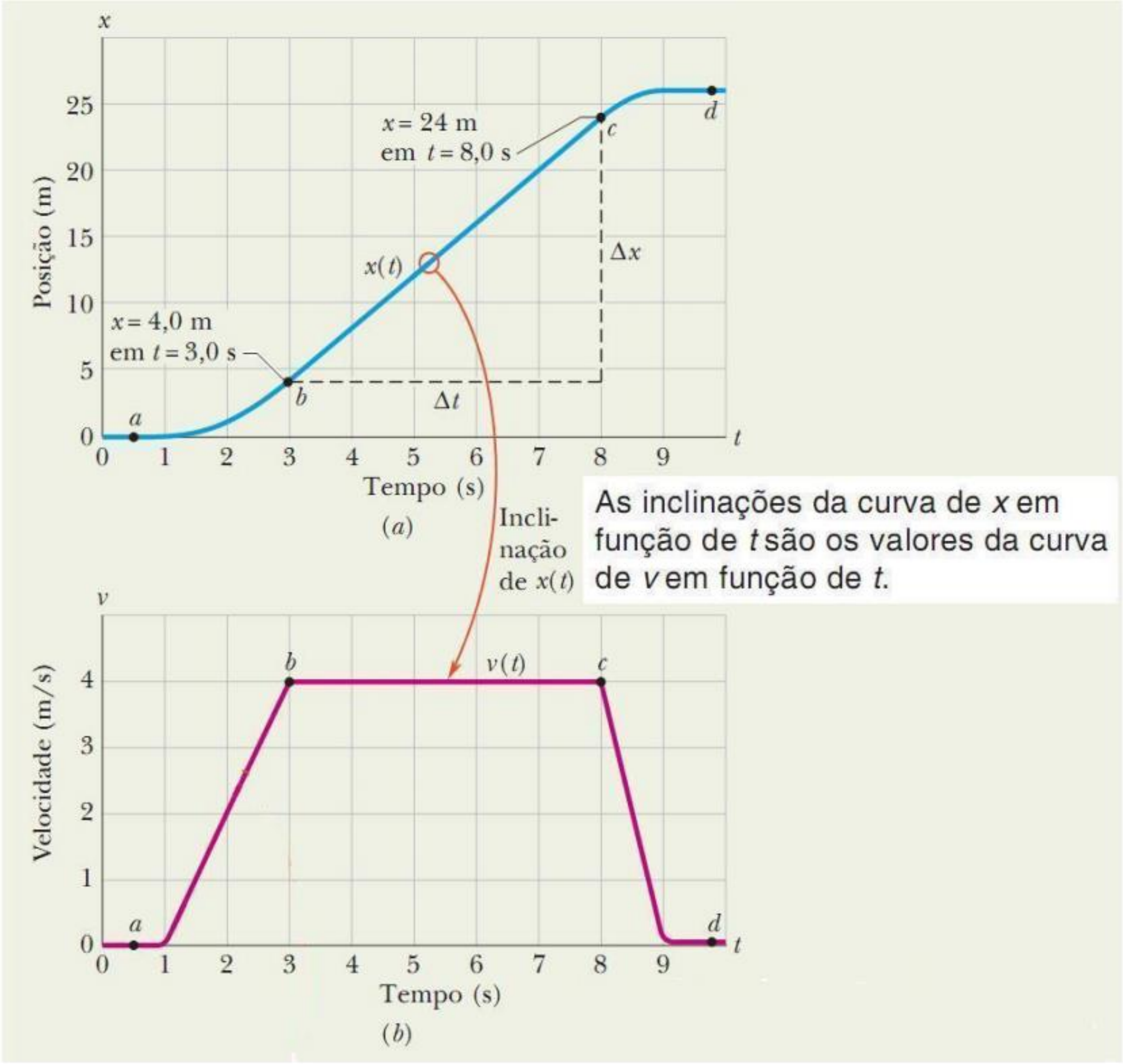
VELOCIDADE INSTANTÂNEA

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Teste 2

As equações a seguir fornecem a posição $x(t)$ de uma partícula em quatro casos (em todas as equações, x está em metros, t está em segundos, e $t > 0$): (1) $x = 3t - 2$; (2) $x = -4t^2 - 2$; (3) $x = 2/t^2$; (4) $x = -2$. (a) Em que caso(s) a velocidade v da partícula é constante? (b) Em que caso(s) a velocidade v está orientada no sentido negativo do eixo x?

EXEMPLO



A figura representa a posição e a velocidade de um elevador em função do tempo

A inclinação de x(t) (e portanto a velocidade) é zero entre 0 e 1 s e de 9 s em diante.

No intervalo bc a inclinação é constante e diferente de zero e neste caso corresponde a uma velocidade constante de 4 m/s

Vamos a seguir estudar os intervalos ab e cd (acelerados)

ACELERAÇÃO

- **Aceleração é a variação de velocidade com o tempo**
- A **aceleração média** num intervalo de tempo Δt é

$$\vec{a}_{méd} = \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$$

- A **aceleração instantânea** (simplesmente aceleração) é a inclinação da curva de velocidade em função do tempo num dado instante

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$ como $\vec{v} = \dfrac{d\vec{x}}{dt}$ temos $$\vec{a} = \frac{d^2\vec{x}}{dt^2}$$

- Sobre a questão dos sinais e as unidades, vejamos um exemplo:

ACELERAÇÃO

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Exemplo Se um carro com uma velocidade $v = -25$ m/s freia até parar em 5,0 s, $a = + 5{,}0$ m/s^2. Aceleração é positiva, mas a velocidade diminui.

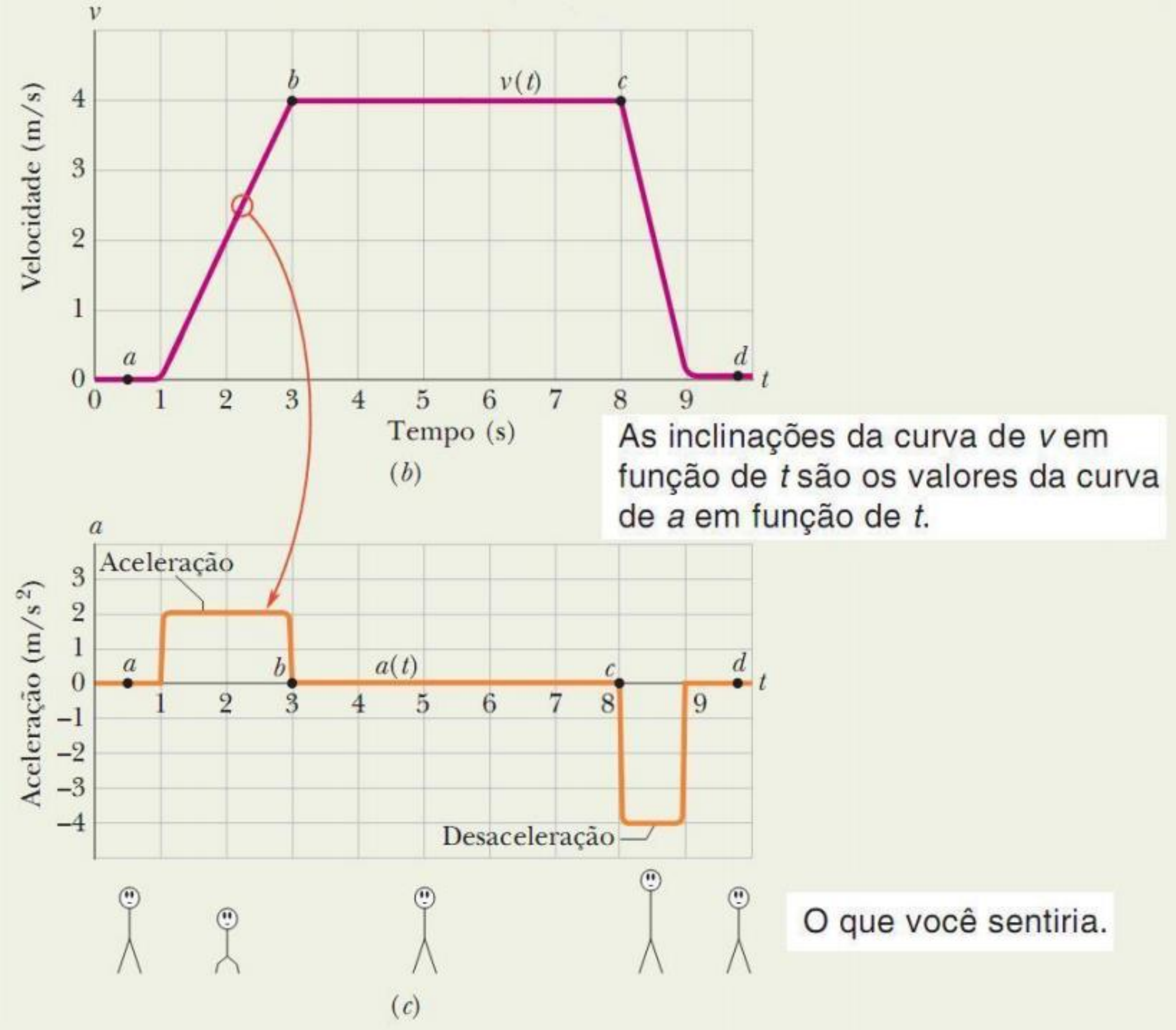
- Nota: a aceleração pode ser expressa em **unidades de *g***

$$1g = 9{,}8 \text{ m/s}^2 \qquad \text{(unidade de } g\text{).}$$

Teste 3

Um marsupial se move ao longo do eixo x. Qual é o sinal da aceleração do animal se ele está se movendo (a) no sentido positivo com velocidade escalar crescente; (b) no sentido positivo com velocidade escalar decrescente; (c) no sentido negativo com velocidade escalar crescente; (d) no sentido negativo com velocidade escalar decrescente?

ACELERAÇÃO



O gráfico mostra a velocidade e a aceleração de um elevador em função do tempo.

Quando a aceleração é zero (por exemplo, no intervalo bc) a velocidade é constante.

Quando a aceleração é positiva (ab) a velocidade aumenta.

Quando a aceleração é negativa (cd) a velocidade diminui.

Quanto maior a inclinação no gráfico velocidade vs tempo, maior o módulo da aceleração.

ACELERAÇÃO CONSTANTE

Em muitos casos, o movimento é com aceleração constante.

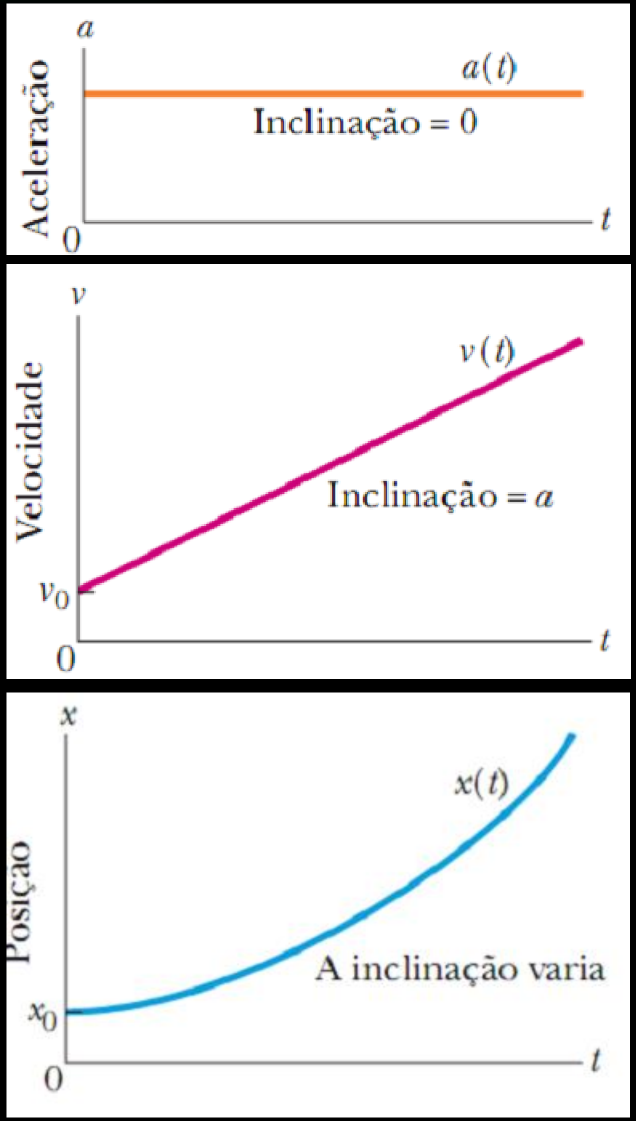
Neles, cinco equações especiais podem ser desenvolvidas e utilizadas.

Lembre que uma aceleração constante..

... significa uma velocidade com inclinação constante...

e uma posição com inclinação variável.

Vamos ver as equações deste movimento...



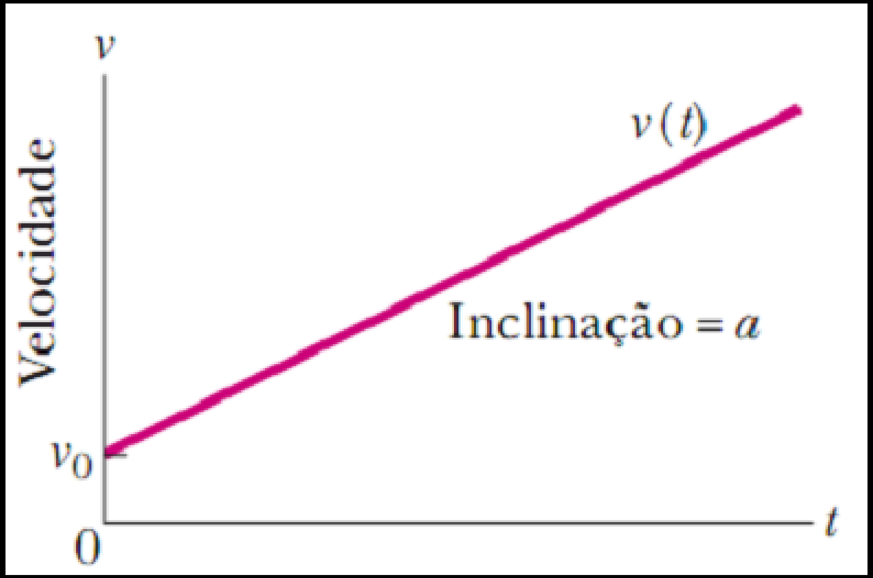
ACELERAÇÃO CONSTANTE

Quando a aceleração é constante, a aceleração média e a aceleração instantânea são iguais

$$|\vec{a}_{méd}| = a_{méd} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

de onde se obtém

$$\boldsymbol{v = v_0 + at}$$



A derivada desta equação (pela própria definição do que é uma derivada) define a aceleração:

$$a = \frac{dv}{dt}$$

ACELERAÇÃO CONSTANTE

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Da mesma forma a partir da equação da velocidade média obtemos:

$$|\vec{v}_{méd}| = v_{méd} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0}$$

de onde se obtém (considerando que $t_0 = 0$)

$$x = x_0 + v_{méd}t$$

Por definição, a velocidade média também é: $$v_{méd} = \frac{v_{inicial} + v_{final}}{2} = \frac{1}{2}(v_0 + v)$$

Substituindo v nesta ultima equação por $v = v_0 + at$ ...

$$v_{méd} = v_0 + \frac{1}{2}at$$

Substituindo $v_{méd}$ na equação $x = x_0 + v_{méd}t$ se obtém

$$\boldsymbol{x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2}at^2}$$

ACELERAÇÃO CONSTANTE

Outras combinações das equações apresentadas permitem obter o conjunto da cinco equações básicas deste movimento:

Tabela 2-1 Equações do Movimento com Aceleração Constante[a]

Número da Equação	Equação	Grandeza que falta
2-11	$v = v_0 + at$	$x - x_0$
2-15	$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$	v
2-16	$v_2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$	t
2-17	$x - x_0 = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$	a
2-18	$x - x_0 = vt - \frac{1}{2}at^2$	v_0

[a]Certifique-se de que a aceleração é constante antes de usar as equações desta tabela.

Teste 4

As equações a seguir fornecem a posição $x(t)$ de uma partícula em quatro casos: (1) $x = 3t - 4$; (2) $x = -5t^3 + 4t^2 + 6$; (3) $x = 2/t^2 - 4/t$; (4) $x = 5t^2 - 3$. Em que caso(s) as equações da Tabela 2-1 podem ser aplicadas?

QUEDA LIVRE

A aceleração em queda livre é a aceleração experimentada por um corpo que está sujeito apenas à atração gravitacional

- ✓ varia com a latitude e a altitude
- ✓ é de aproximadamente 9,8 m/s^2
- ✓ não depende das propriedades do objeto como massa, volume e a forma geométrica

Podemos aplicar as equações do movimento com aceleração constante?

Somente se desconsideramos a resistência do ar e se a queda for vertical

A aceleração em queda livre nas proximidades da superfície da Terra é $a = -g = -9{,}8$ m/s^2, e o *módulo* da aceleração é $g = 9{,}8$ m/s^2. Não substitua g por $-9{,}8$ m/s^2 (mas sim por $9{,}8$ m/s^2).

QUEDA LIVRE

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Teste 5

(a) Se você arremessa uma bola verticalmente para cima, qual é o sinal do deslocamento da bola durante a subida, desde o ponto inicial até o ponto mais alto da trajetória? (b) Qual é o sinal do deslocamento durante a descida, desde o ponto mais alto da trajetória até o ponto inicial? (c) Qual é a aceleração da bola no ponto mais alto da trajetória?

ANÁLISE DO MOVIMENTO

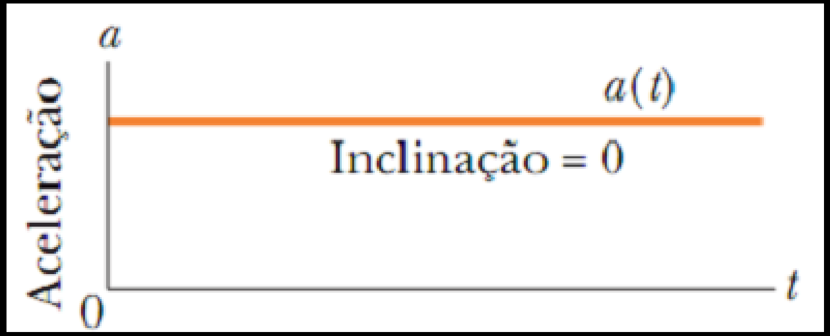
Integração da aceleração

Dado um gráfico da aceleração de um objeto em função do tempo, se pode integrar para calcular a velocidade

$$a = \frac{dv}{dt} \qquad v_1 - v_0 = \int_{t_0}^{t_1} at$$

A integral definida do lado direito pode ser calculada a partir do gráfico

$$\int_{t_0}^{t_1} at = \acute{a}rea\ abaixo\ da\ curva\ de\ acelera\c{c}\tilde{a}o$$



ANÁLISE DO MOVIMENTO

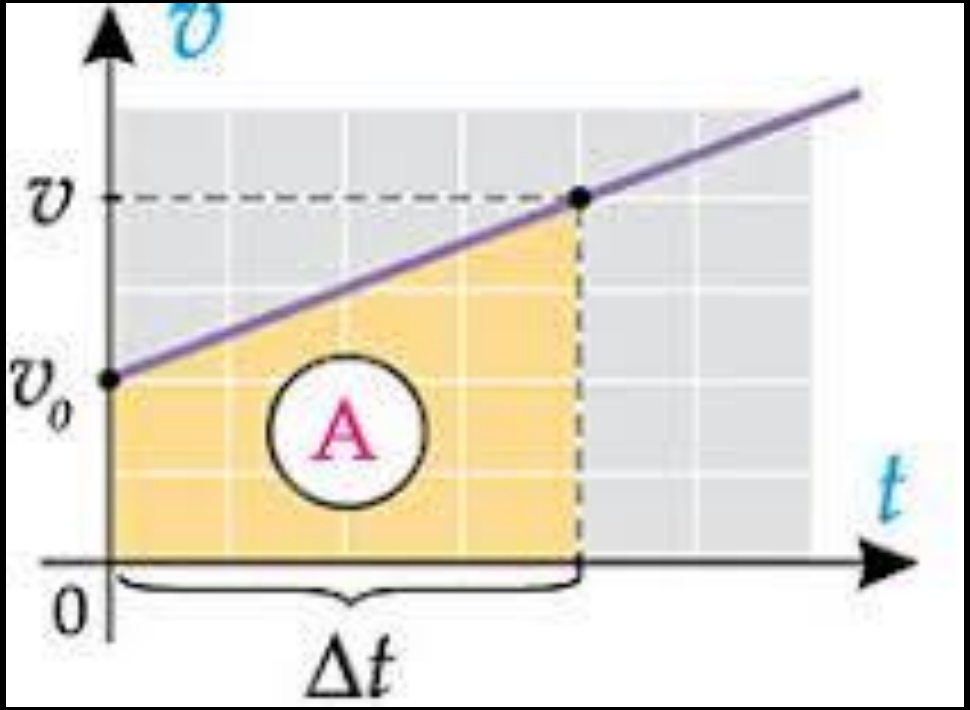
Integração da velocidade

Dado um gráfico da velocidade de um objeto em função do tempo, se pode integrar para calcular a posição

$$x_1 - x_0 = \int_{t_0}^{t_1} vt$$

A integral definida do lado direito pode ser calculada a partir do gráfico

$$\int_{t_0}^{t_1} vt = \acute{a}rea\ abaixo\ da\ curva\ de\ velocidade$$



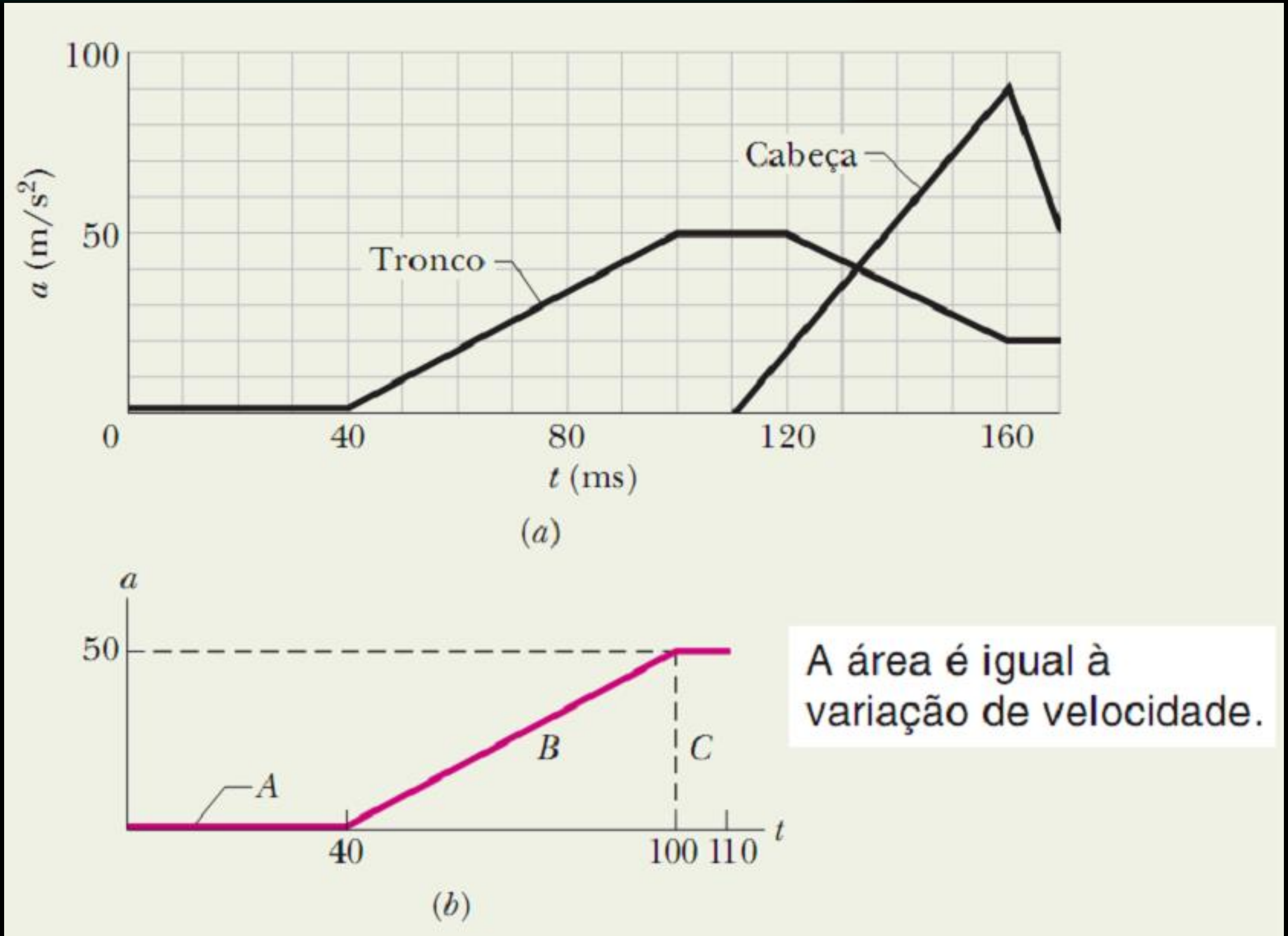
ANÁLISE DO MOVIMENTO

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Exemplo

O gráfico mostra a aceleração da cabeça e do tronco de uma pessoa numa colisão traseira.

Para determinar a velocidade do tronco no instante t = 0,110 s (supondo que o tronco parte do repouso), calculamos a área sob a curva vermelha



ANÁLISE DO MOVIMENTO

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

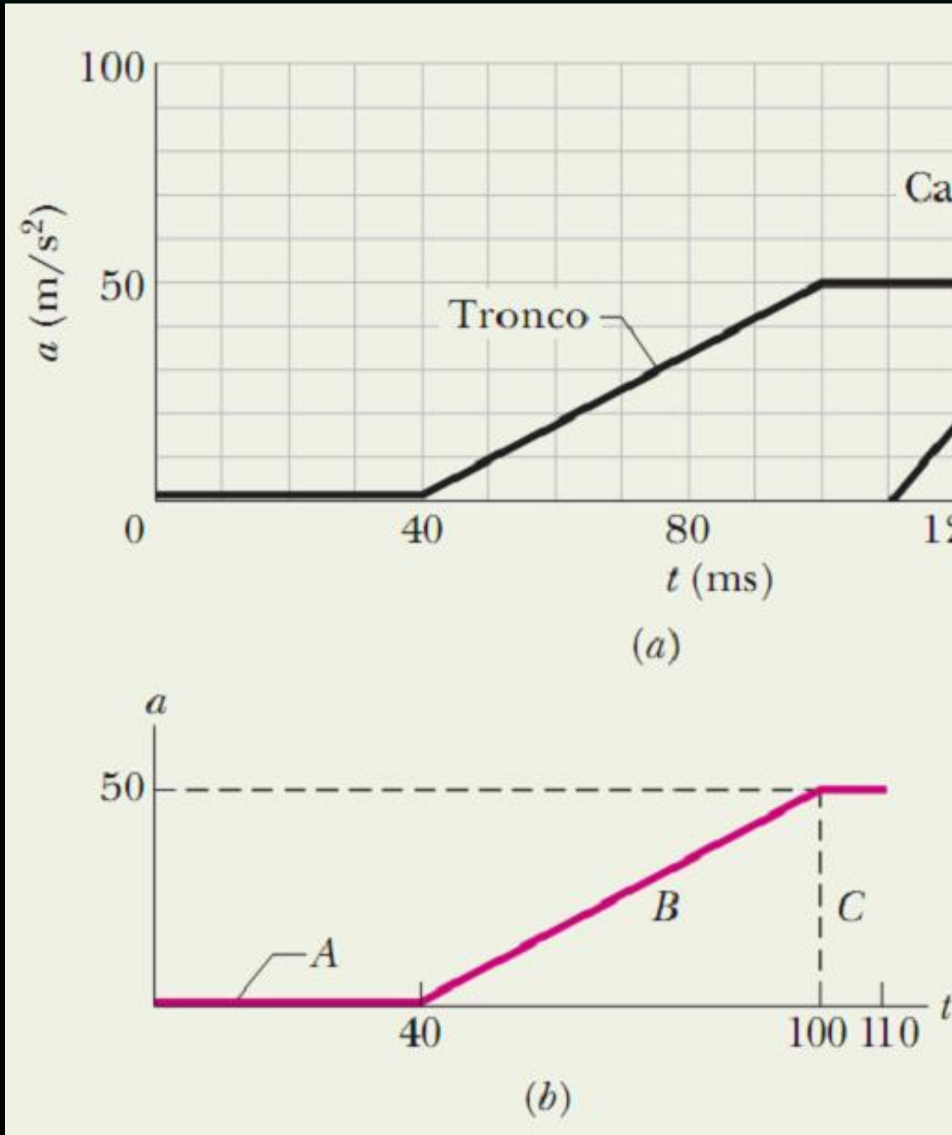
Exemplo

Área A = 0

Área B = 0,5 (0,060 s) (50 m/s^2) = 1,5 m/s

Área C = (0,010 s) (50 m/s^2) = 0,50 m/s

Área Total = 2,0 m/s



A área é igual à variação de velocidade.

RESUMO

Posição

- Relativa à origem
- Sentido positivo e negativo

Deslocamento

- Variação de posição (vetor)

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

Velocidade Média

- Deslocamento/tempo (vetor)

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

Velocidade Escalar Média

- Distância percorrida/tempo

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

RESUMO

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Velocidade Instantânea

- Em um dado instante
- O módulo é a velocidade escalar

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

Aceleração Média

- Taxa de variação da velocidade com o tempo

$$a_{\text{méd}} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Aceleração Instantânea

- Derivada primeira da velocidade
- Derivada segunda da posição

$$a = \frac{dv}{dt}$$

Aceleração Constante

- Inclui a queda livre, em que *a* = –*g* na vertical axis

Número da Equação	Equação	Grandeza que Falta
2-11	$v = v_0 + at$	$x - x_0$
2-15	$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$	v
2-16	$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$	t
2-17	$x - x_0 = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$	a
2-18	$x - x_0 = vt - \frac{1}{2}at^2$	v_0

Tab. (2-1)

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Lista disponível em:
http://www.eletrica.ufpr.br/p/professores:patricio:inicial

Disciplina TE303 (Física I)
Gabaritos disponíveis no mesmo endereço