

Ondas

- 1 Ondas: cinemática 1D
 - Ondas progressivas
 - Ondas Estacionárias
 - Ondas senoidais

Prof. Luiz C. C. M. Nagamine

Física II –IME

08/03/2017

Cinemática das ondas em 1D

Ondas progressivas

- Forma da função para onda progressiva: [pulso](#)

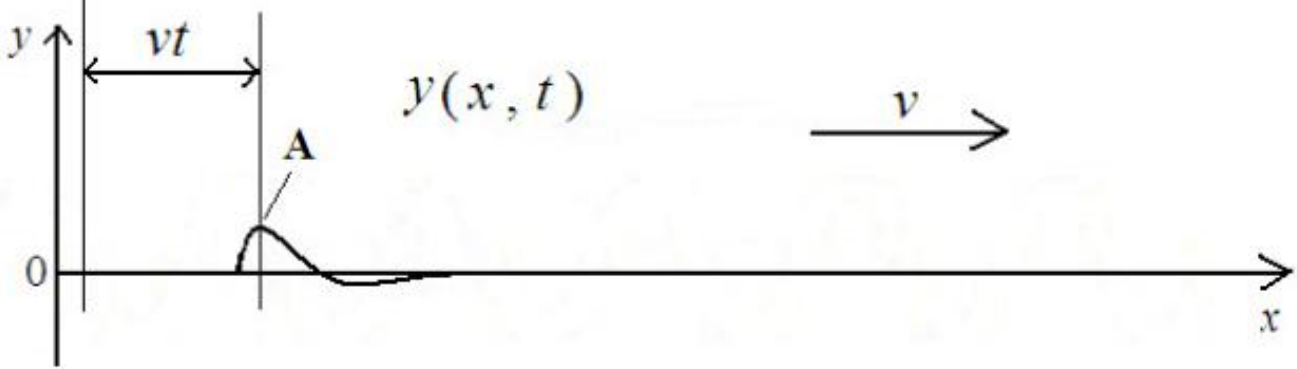
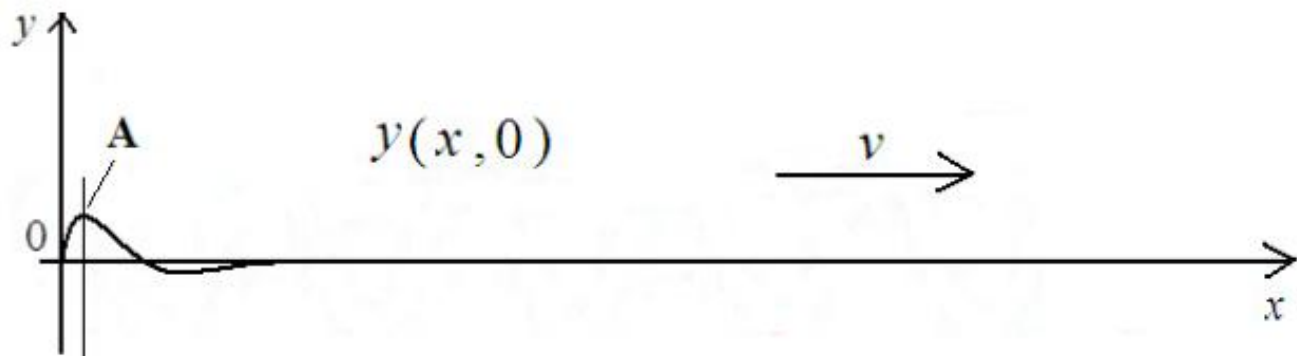
$$u(x,t) = f_x(x \mp vt) = f_t(t \mp x/v)$$

- Equação de Onda 1D:

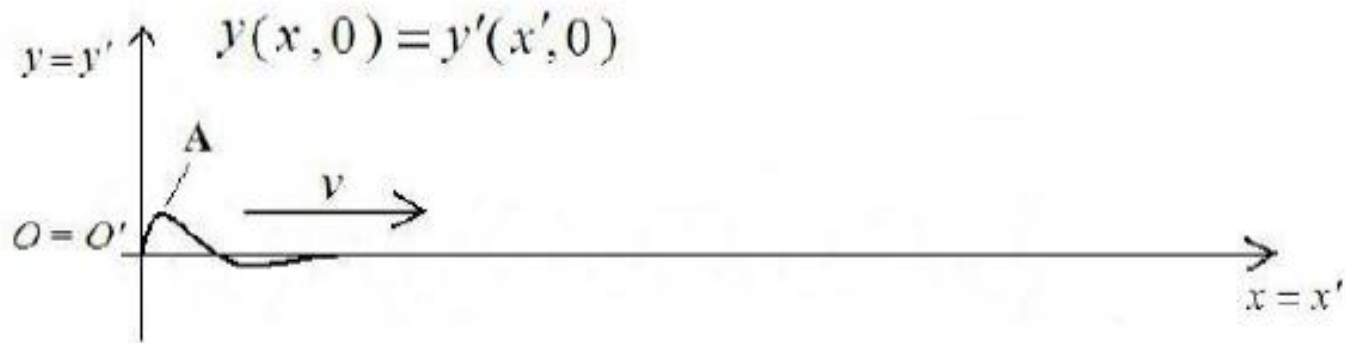
$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

- Princípio da superposição: [Figura](#)

$$f(x,t) = f_1(x,t) + f_2(x,t) + \dots$$



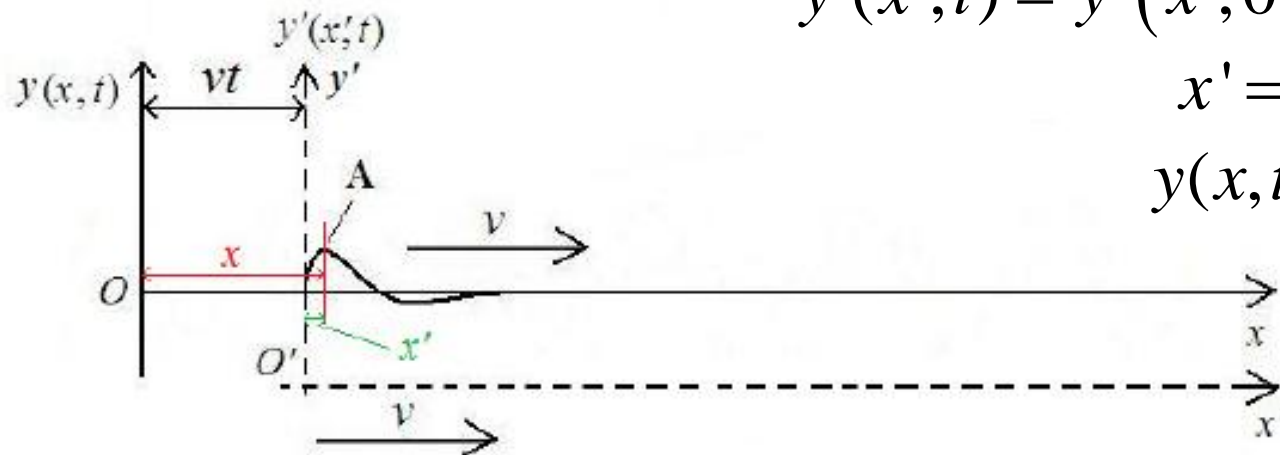
No tempo t a onda se deslocou uma distância vt para a direita



$$y'(x',t) = y'(x',0) = f(x')$$

$$x' = x - vt$$

$$y(x,t) = f(x - vt)$$

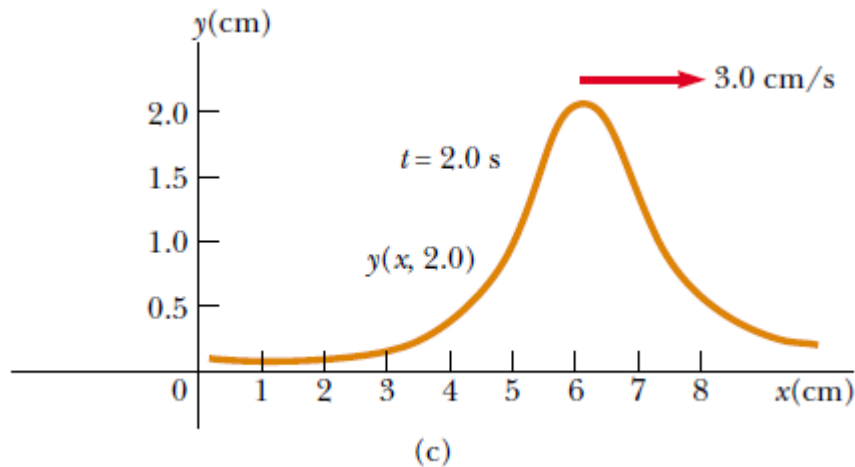
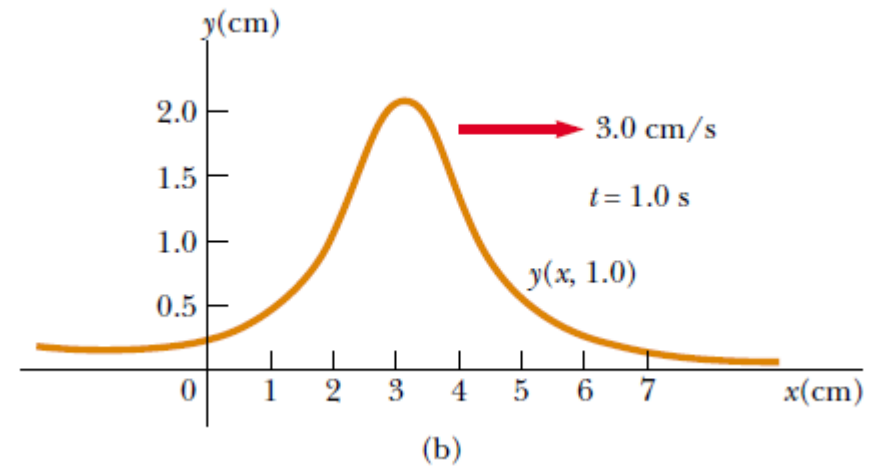
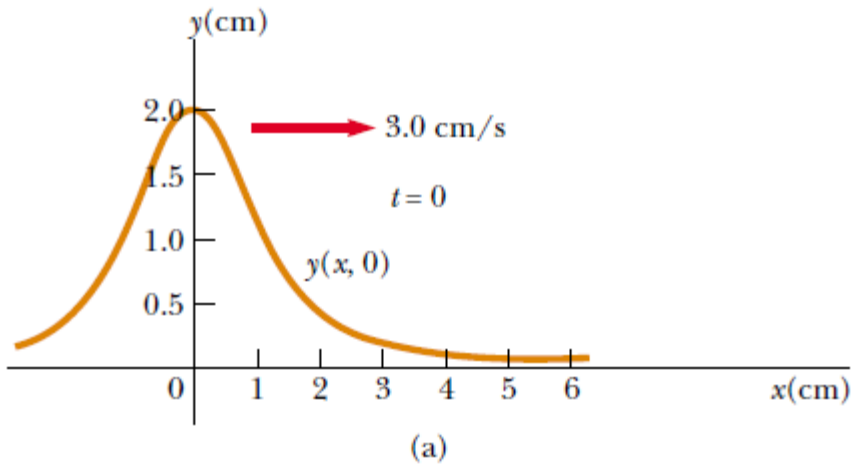


O eixo horizontal do referencial linha foi desenhado um pouco abaixo do eixo horizontal do referencial sem linha para que os dois possam ser visíveis. Na realidade, o eixo tracejado está sobre o eixo contínuo.

Note que o referencial linha se movimenta para a direita com velocidade v

$$y(x, t) = \frac{2}{(x - 3t)^2 + 1}$$

$$f(x') = \frac{a}{(x')^2 + b}$$



Cinemática das ondas em 1D

Ondas senoidais

- Parâmetros das ondas senoidais:

$$u(x,t) = A \cos(kx \mp \omega t + \delta)$$

- Amplitude: A

(tem a dimensão do distúrbio descrito)

- $\cos(\phi)$: função com valor real (número puro)

- Fase: $\phi = kx - \omega t + \delta$

(número puro, adimensional)

- Vetor de onda: $\mathbf{k} = k \hat{x}$

(k tem dimensão de inverso de comprimento)

- Frequência angular: ω

(ω tem dimensão de inverso de tempo)

- Velocidade de fase $v = \omega/k$:

$$\Delta\phi = 0 \Rightarrow \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} = \pm \frac{\omega}{k} = \pm v$$

Cinemática das ondas em 1D

Ondas senoidais

- Ondas senoidais progressivas:

$$u(x,t) = A \cos(kx \mp \omega t + \delta)$$

- Período (temporal):

$$x = \text{constante}, \Delta\phi = 2\pi \Rightarrow \Delta t = \tau = 2\pi/\omega$$

- Comprimento de onda (período espacial):

$$t = \text{constante}, \Delta\phi = 2\pi \Rightarrow \Delta x = \lambda = 2\pi/k$$

- Frequência:

$$\nu = \omega/2\pi$$

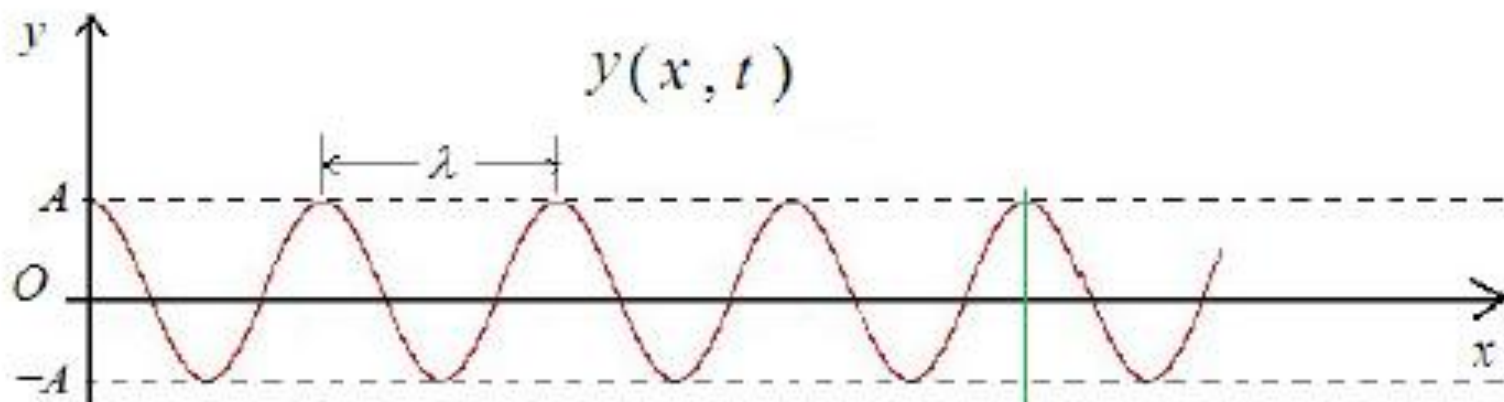
- Número de onda (frequência espacial):

$$\bar{\nu} = 1/\lambda$$

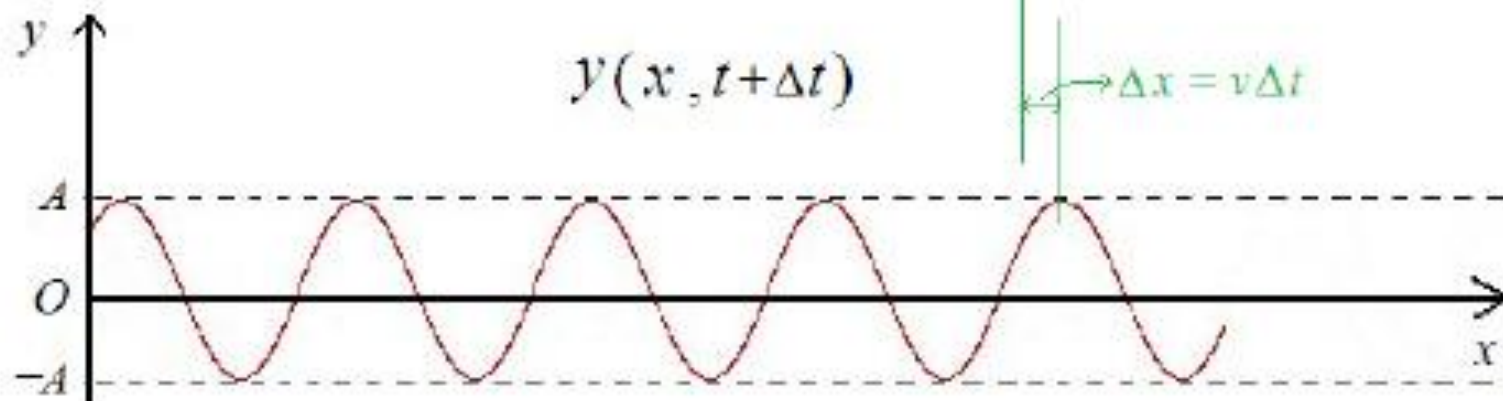
- Velocidade de fase:

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{\lambda}{\tau} = \lambda\nu$$

Comportamento espacial

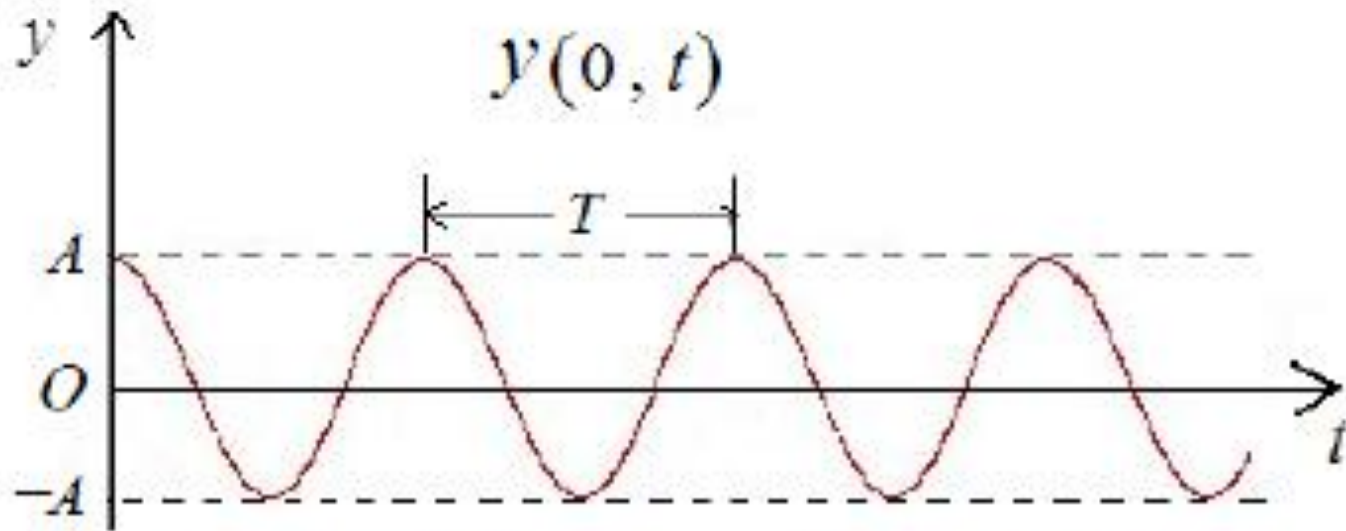


Configuração espacial da onda em um instante de tempo t dado



Configuração espacial da onda no instante de tempo $t + \Delta t$

Comportamento temporal



Comportamento temporal do ponto $x = 0$

- Formas de expressar ondas senoidais progressivas:



$$u(x,t) = A \cos(kx \mp \omega t + \delta)$$



$$u(x,t) = A \cos\left(2\pi \frac{x}{\lambda} \mp 2\pi \frac{t}{\tau} + \delta\right)$$



$$u(x,t) = A \cos\left(2\pi \frac{x}{\lambda} \mp 2\pi \nu t + \delta\right)$$

- Fasores