Física

Licenciatura em Engenharia Informática

Susana Sério

Aula 10

Sumário

Movimento ondulatório

- ✓ Ondas mecânicas.
- ✓ Equação de propagação de uma onda.
- ✓ Ondas longitudinais e ondas transversais.
- ✓ Ondas estacionárias.

Movimento Ondulatório

Uma onda é o movimento de uma perturbação

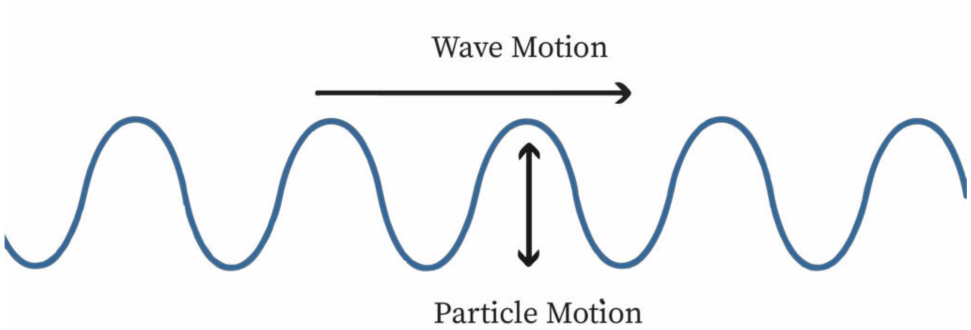
As ondas mecânicas requerem:

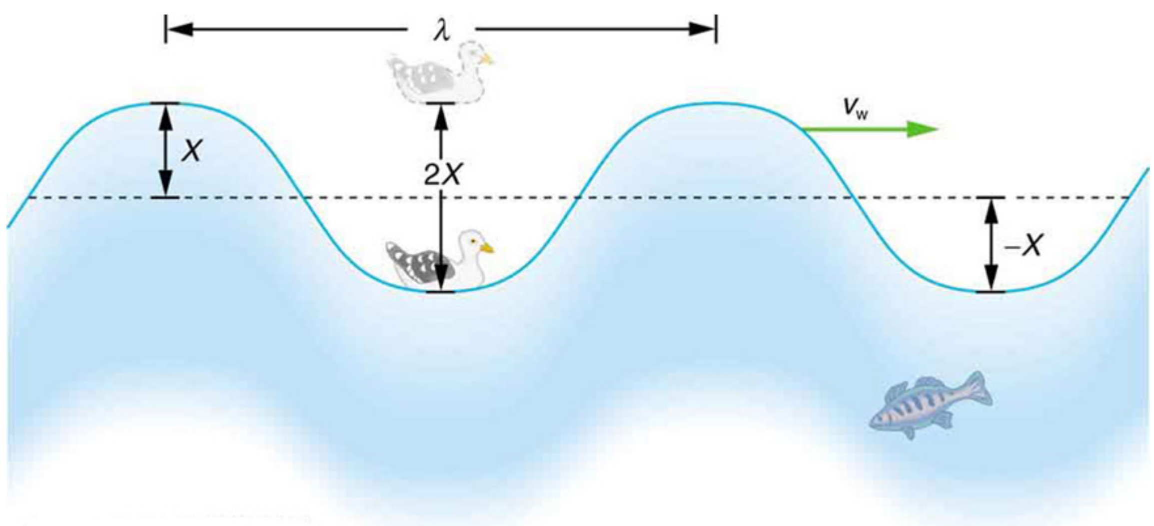
- ✓ Uma fonte da perturbação
- ✓ Um meio que é perturbado
- ✓ Um mecanismo pelo qual porções adjacentes do meio transmitem a perturbação aos restantes

Todas as ondas transportam momento e energia

Exemplos de ondas

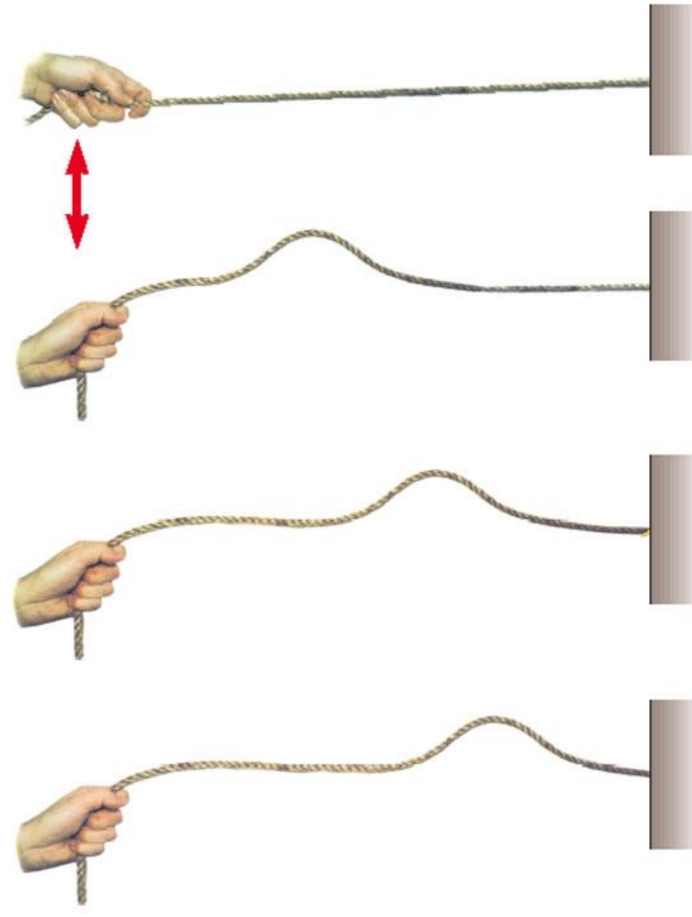

Movimento Ondulatório





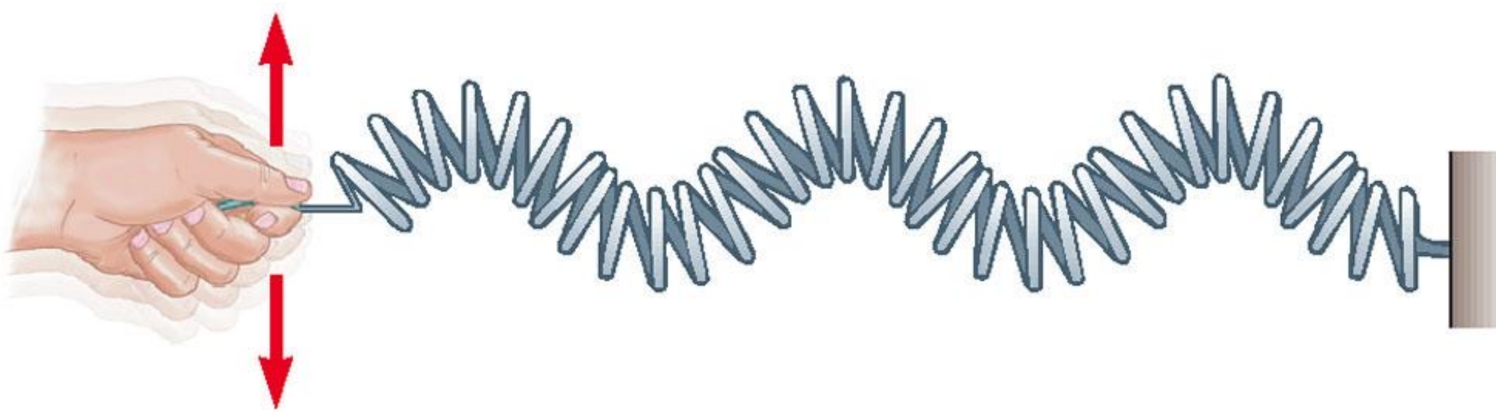
Ondas Progressivas

- ✓ Propagação numa corda esticada
- ✓ O impulso desloca-se com uma determinada velocidade
- ✓ A perturbação é chamada **onda progressiva**



Ondas Transversais

Numa onda transversal o movimento das partículas do meio que é perturbado é transversal à direcção de propagação da onda

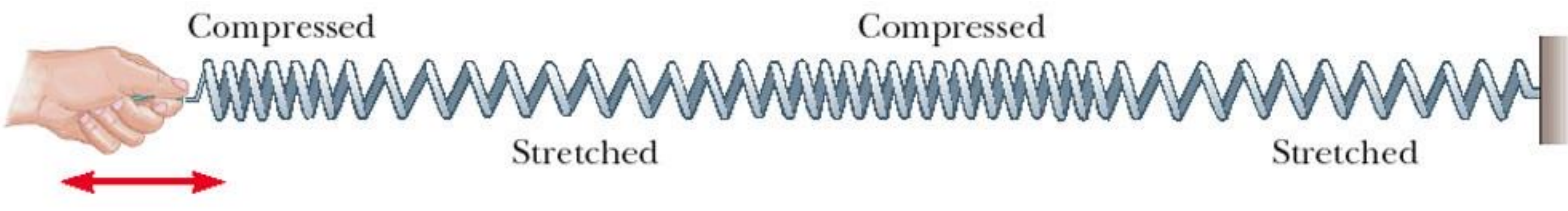


(a) Transverse wave

Ondas Longitudinais

- Numa onda longitudinal o movimento das partículas do meio que é perturbado é paralelo à direcção de propagação da onda

- As ondas longitudinais são ondas de compressão e expansão



(b) Longitudinal wave

Onda viajando segundo a direcção positiva

y=f(x-vt)

A amplitude é uma função combinada do espaço e tempo.

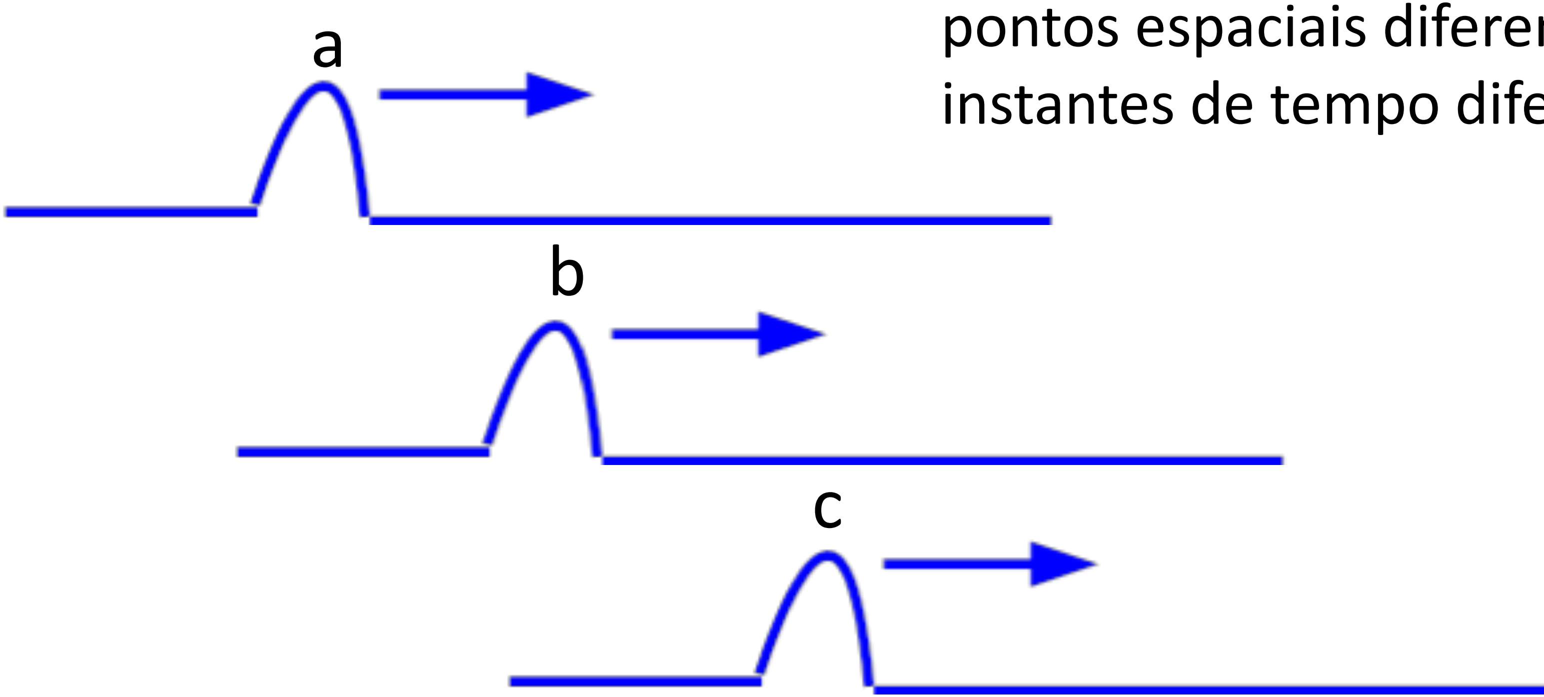
Onda viajando segundo a direcção negativa

y=f(x+vt)

A função f pode ser qualquer   x±vt é a fase da onda

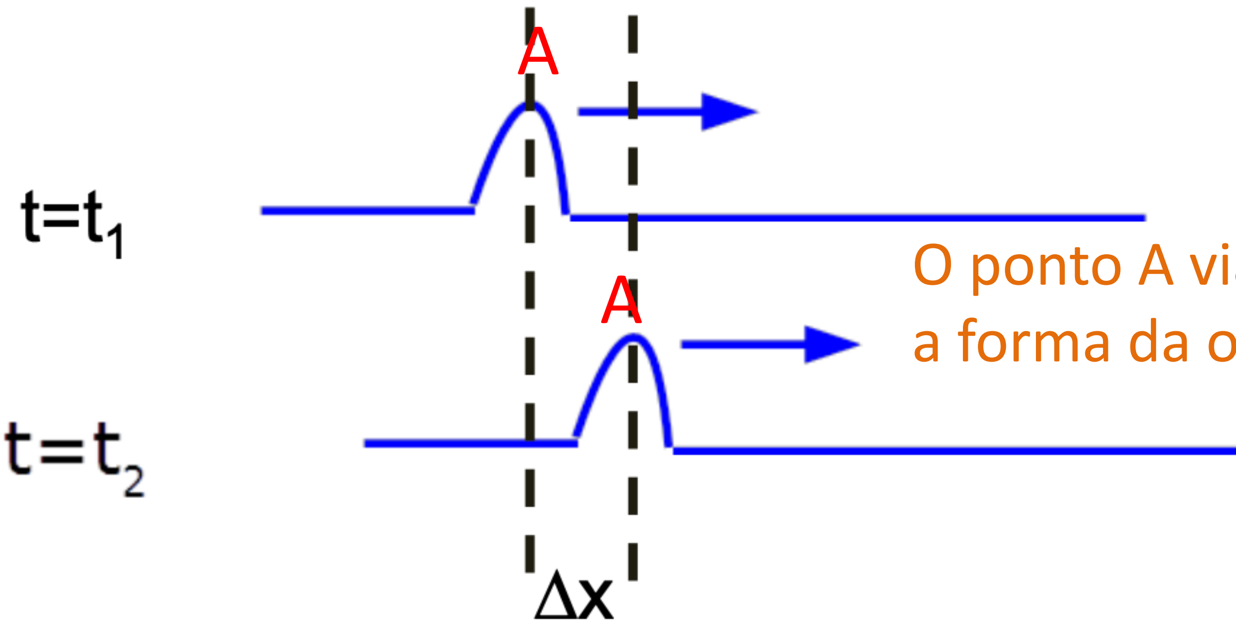
Pontos com a mesma fase têm a mesma amplitude.

Os pontos a, b, c têm a mesma fase mas correspondem a pontos espaciais diferentes e instantes de tempo diferentes



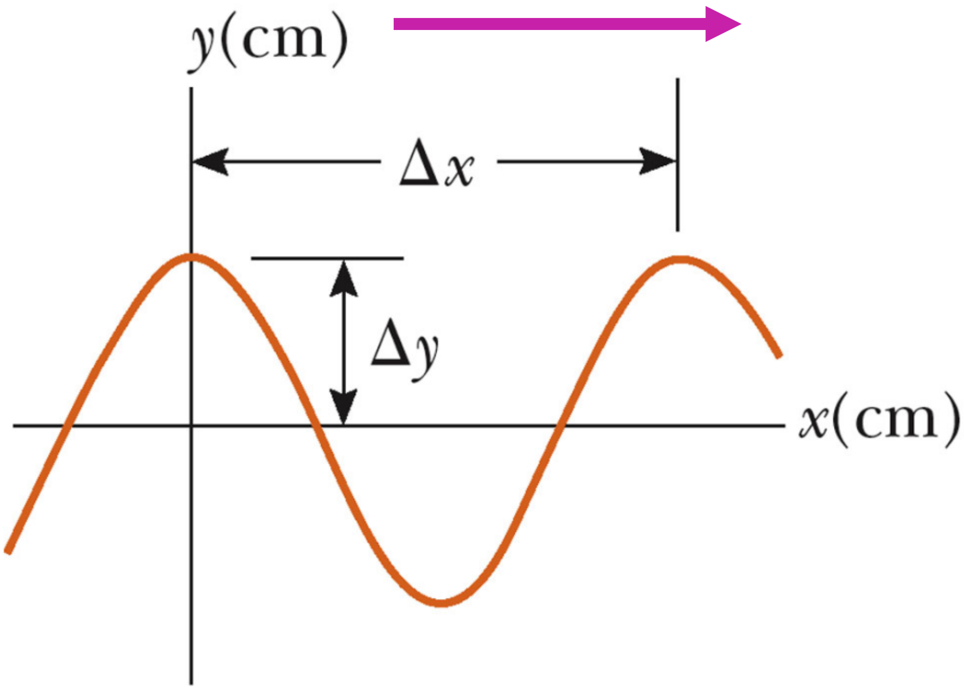
Podemos definir a velocidade a que a perturbação se desloca como sendo:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$



O ponto A viaja com a forma da onda

Ondas periódicas sinusoidais



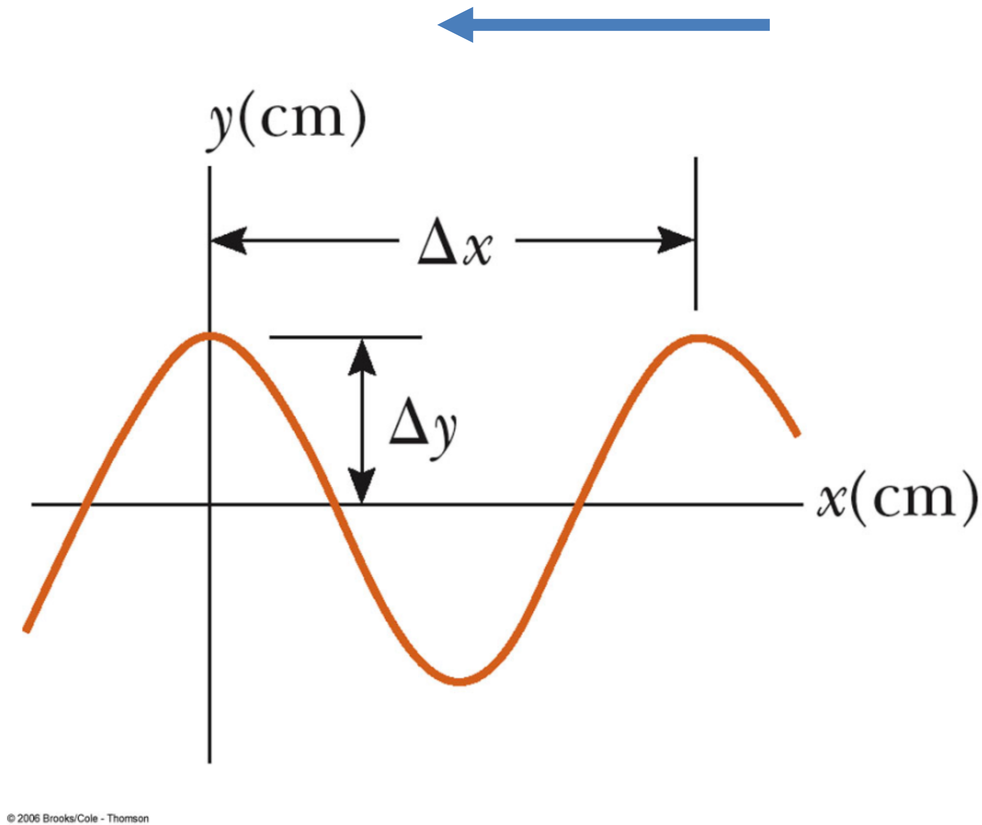
Onda viajando segundo a direcção positiva

$$y = A\sin(kx - \omega t)$$

ω frequência angular

k número de onda

Ondas periódicas sinusoidais



Onda viajando segundo a direcção negativa

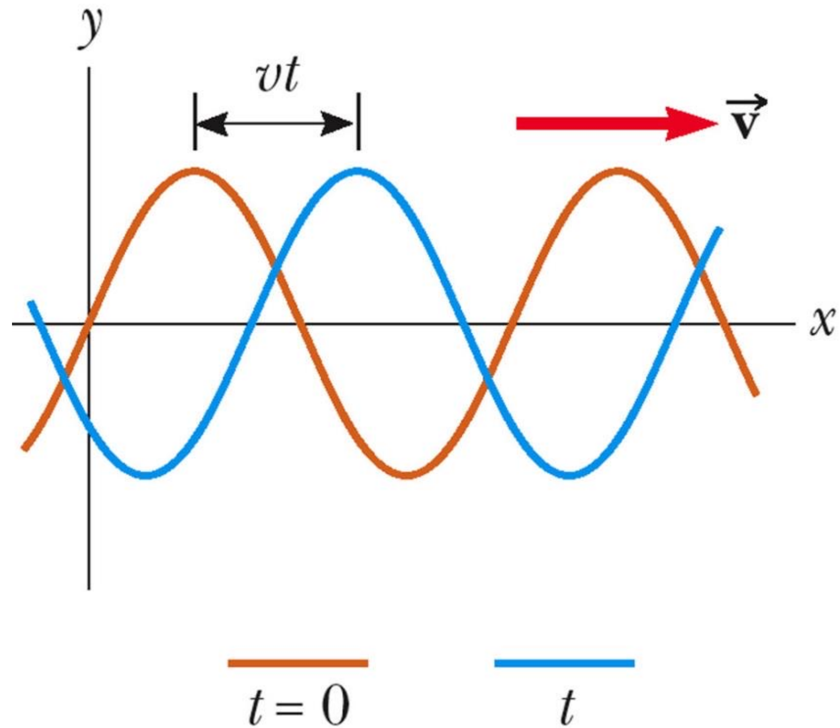
$$y = A\sin(kx + \omega\, t)$$

ω frequência angular

k número de onda

Ondas periódicas sinusoidais

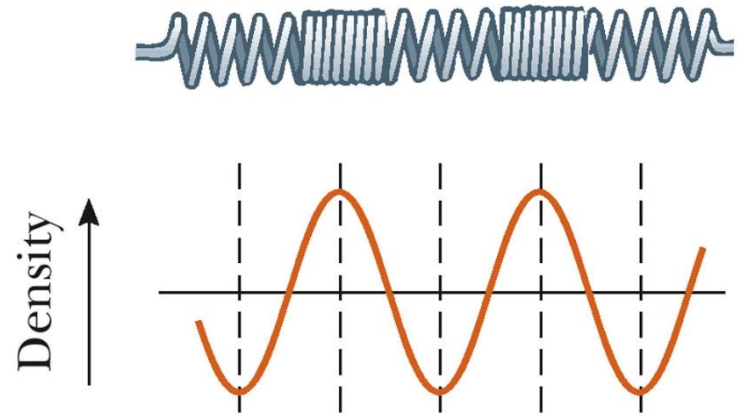
- A curva laranja representa a onda a t=0
- A curva azul representa a onda num instante de tempo posterior
- Os pontos altos são as cristas
- Os pontos baixos são os vales



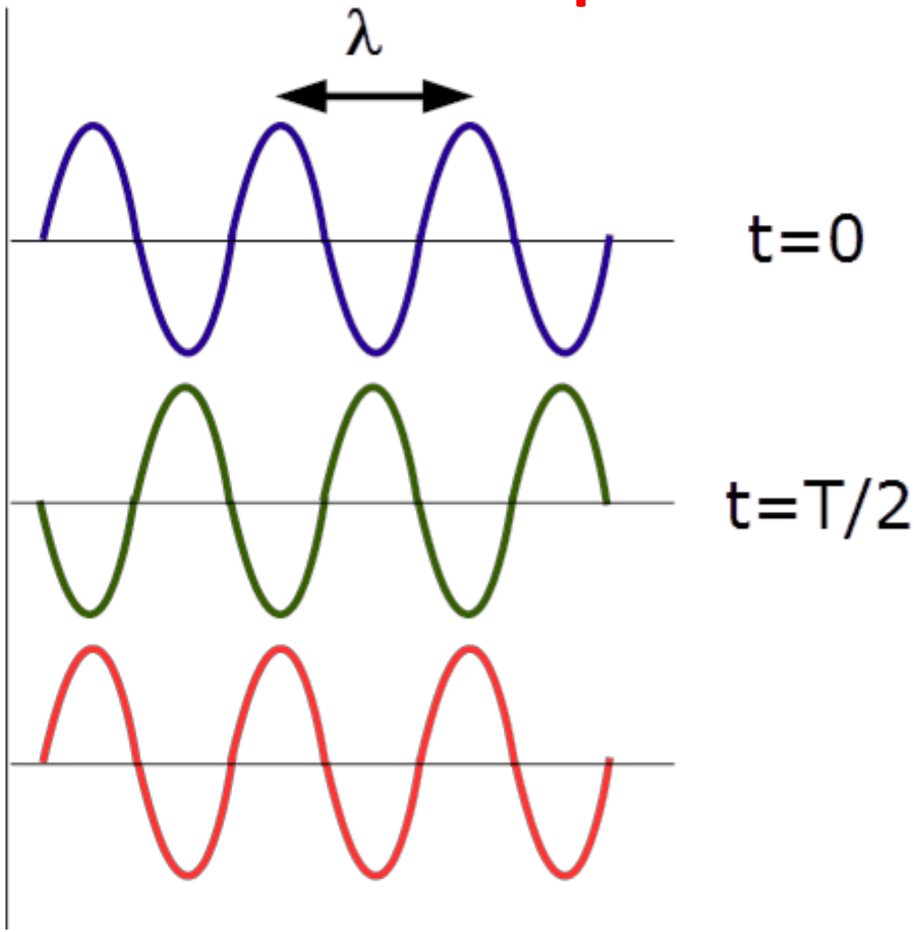
Onda sinusoidal viajando para a direita com uma velocidade v.

Ondas periódicas sinusoidais

- ✓ As ondas longitudinais também se podem representar por curvas sinusoidais
- ✓ As compressões correspondem às cristas e os alongamentos aos vales
- ✓ Estas ondas também são chamadas ondas de pressão ou densidade



Comprimento de onda



Período

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Frequência

$$\omega = 2\pi f$$

Comprimento de onda

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}; \lambda = \frac{2\pi}{k}; \lambda = \frac{v}{f}; \lambda = vT$$

Equações da onda

$$y = A\sin(kx - \omega t) = A\sin\left[2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right]$$

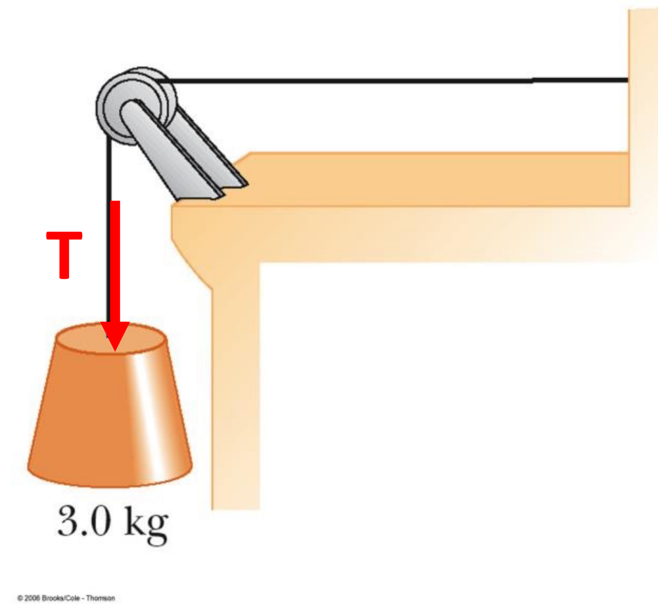
$$y = A\sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}\left(x - \frac{\lambda}{T}t\right)\right]$$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k}$$ Velocidade de fase

Velocidade de uma onda numa corda esticada

Velocidade de uma onda numa corda sob uma tensão T

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \text{em que} \quad \mu = \frac{m}{L}$$



- µ é a densidade linear

Princípio de sobreposição

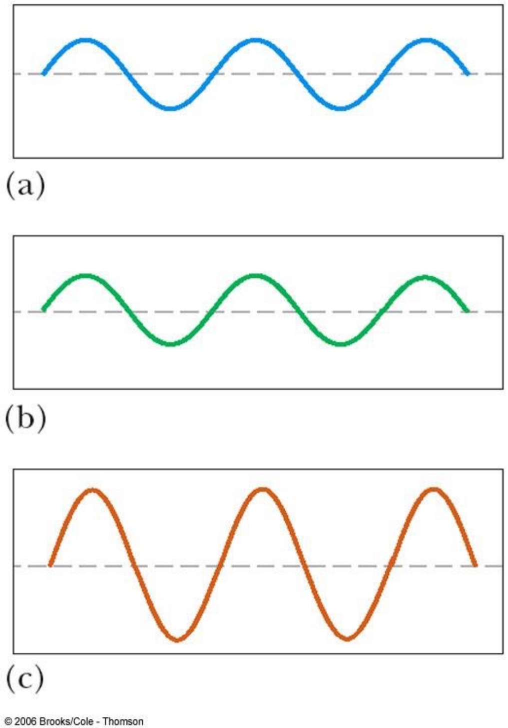
- ✓ Duas ondas podem encontrar-se e passar uma pela outra sem se destruírem

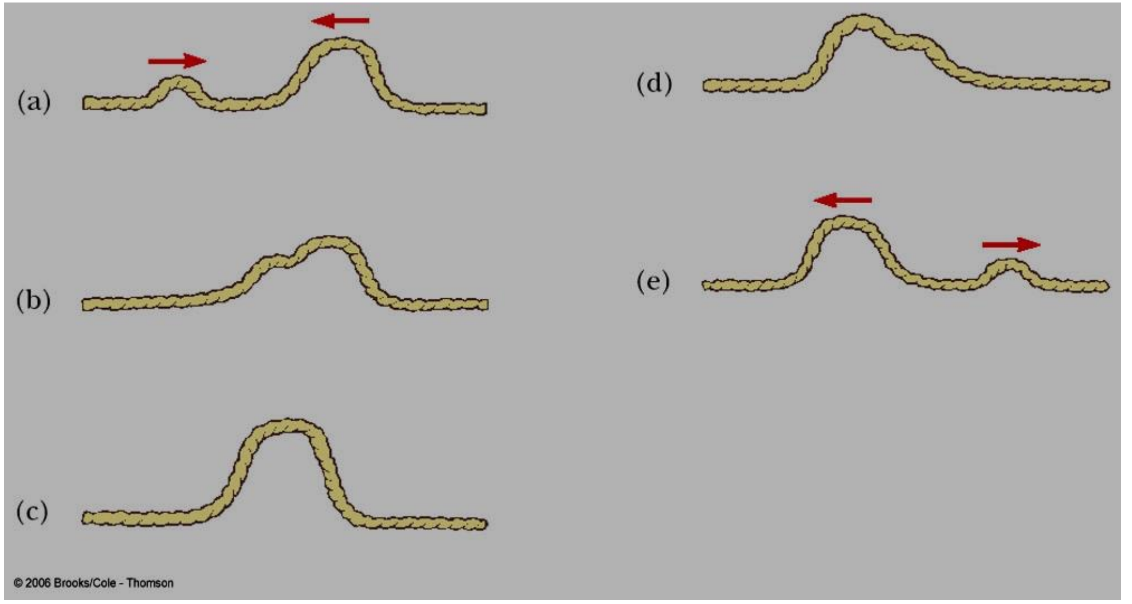
- ✓ As ondas obedecem ao princípio da sobreposição

Quando duas ondas se encontram a amplitude da onda resultante, em cada ponto, corresponde à soma algébrica das amplitudes de cada onda nesse ponto

Interferência construtiva

Duas ondas em fase

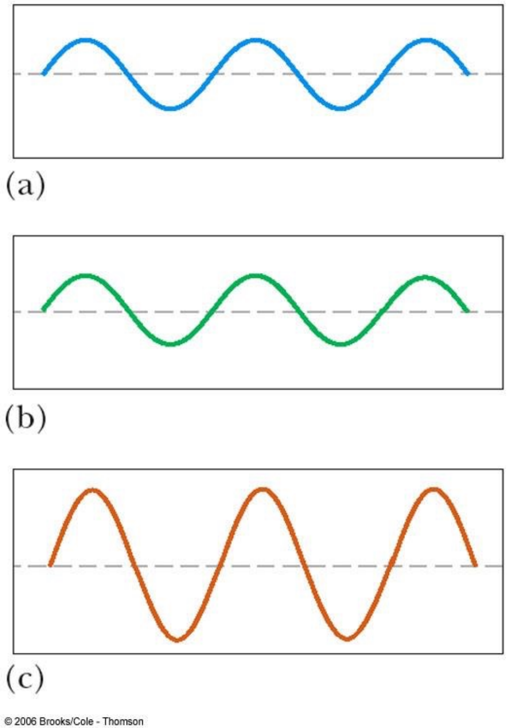


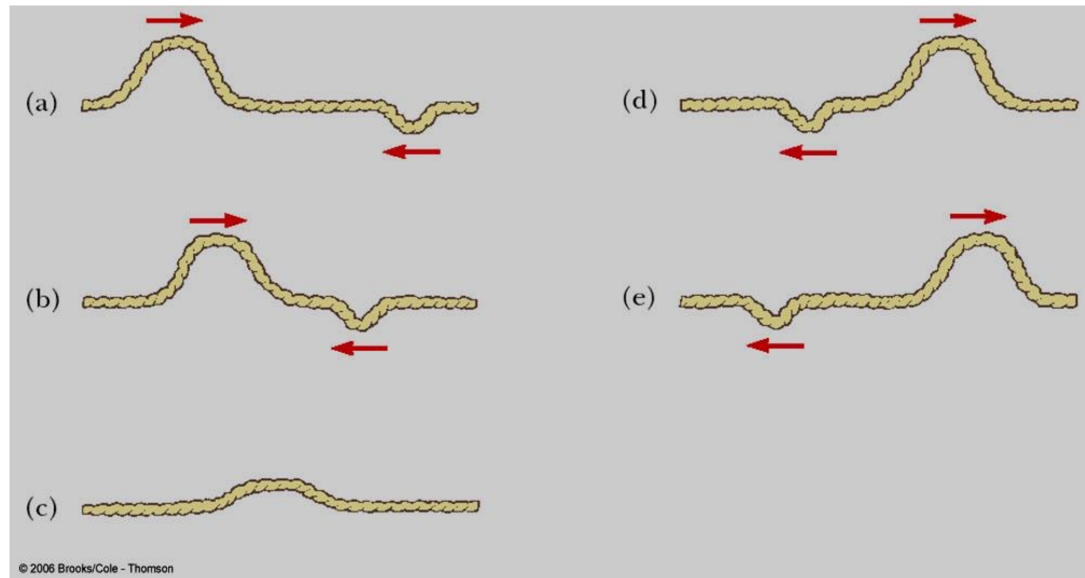


- ✓ Os dois impulsos viajam em sentidos opostos
- ✓ Os impulsos mantêm-se inalterados após a interferência
- ✓ Se ϕ=0, as ondas têm fases iguais - interferência construtiva

Interferência destrutiva

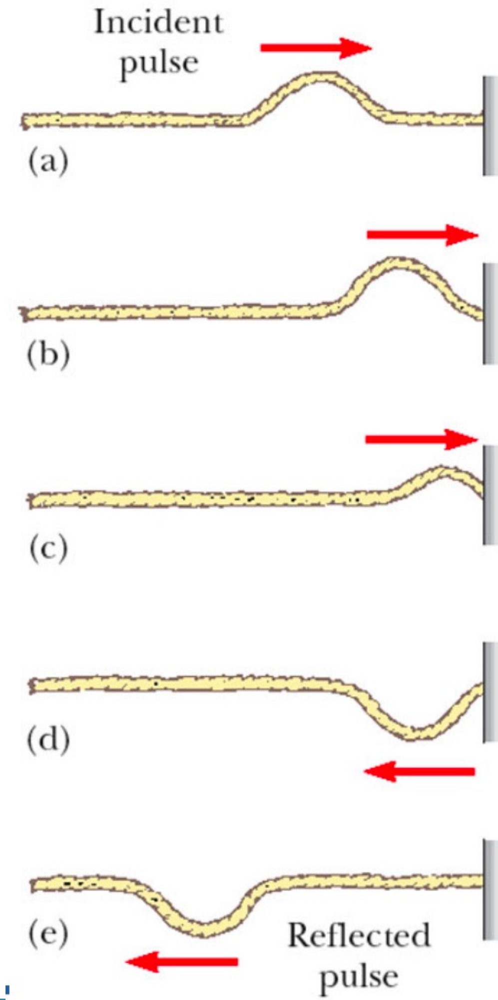
Ondas em oposição de fase





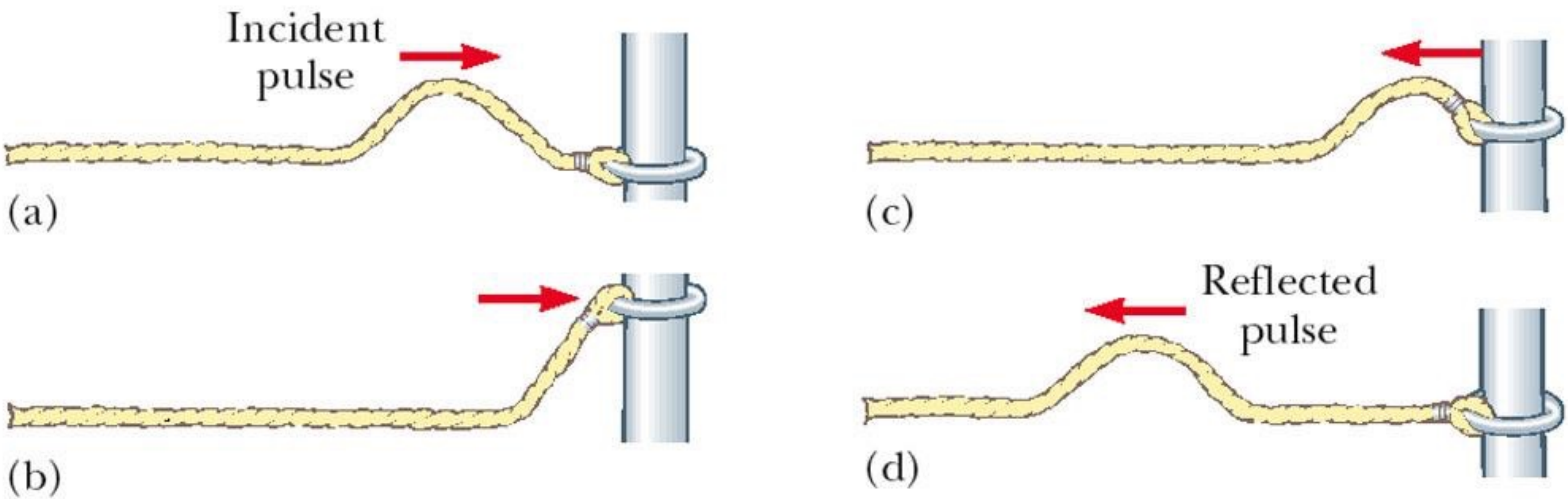
- ✓ Os dois impulsos viajam em sentidos opostos
- ✓ Os impulsos alteram após a interferência
- ✓ Se ϕ=π, as ondas têm fases opostas - interferência destrutiva

Reflexão de ondas



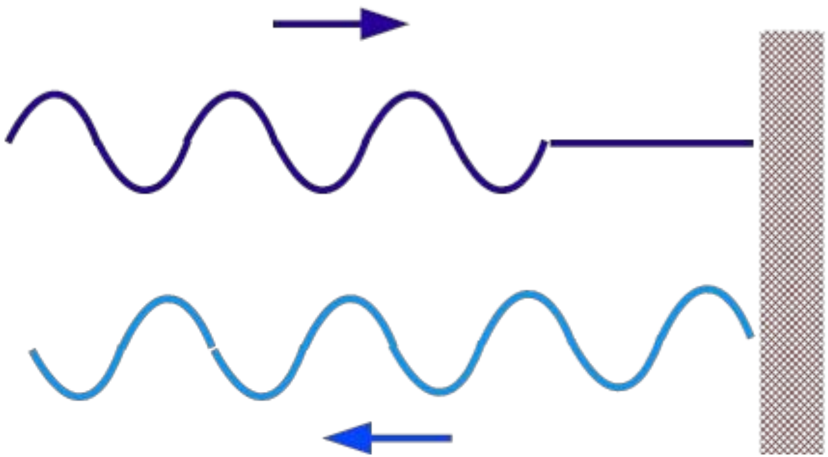
- ✓ Quando a onda atinge uma fronteira pode ser reflectida
- ✓ Quando a onda é reflectida por uma interface fixa a sua amplitude é invertida
- ✓ a forma mantém-se

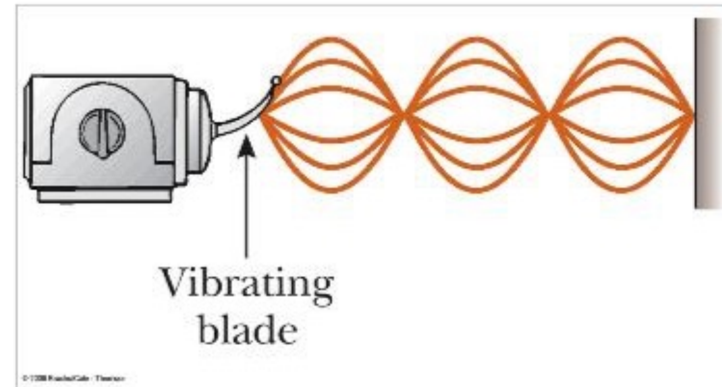
Reflexão numa extremidade livre



✓ Neste caso a amplitude da onda reflectida não se inverte

Ondas estacionárias



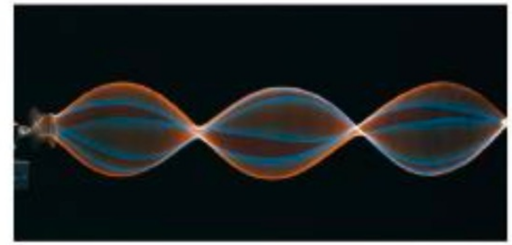


- ✓ A onda incidente e reflectida têm a mesma amplitude mas estão em oposição de fase de tal forma que a fronteira constitui um **nodo (ponto fixo)- deslocamento nulo y=0 ou antinodo;**
- ✓ no ponto médio entre nodos vizinhos estão os **antinodos- amplitude mámima $y= y_m$**
- ✓ **Ondas estacionárias-** forma da onda não se altera

Ondas estacionárias

$$y = A\sin(kx-\omega t) + A\sin(kx+\omega t)$$

onda incidente   onda reflectida



Relações trignométricas

sin(a+b)= sin a cos b + cos a sin b

sin(a-b)= sin a cos b - cos a sin b

$$y = A\sin(kx)\cos(\omega t) - \cancel{A\cos(kx)\sin(\omega t)} + A\sin(kx)\cos(\omega t) + \cancel{A\cos(kx)\sin(\omega t}$$

$$\boxed{y = 2A\sin(kx)\cos(\omega t)}$$

x e t são variáveis separáveis

Nodos- x= n(λ/2), em que n = 0, 1, 2, …

Antinodos- x= (n+1/2)(λ/2), em que n = 0, 1, 2, …