

Ondas: conceitos básicos

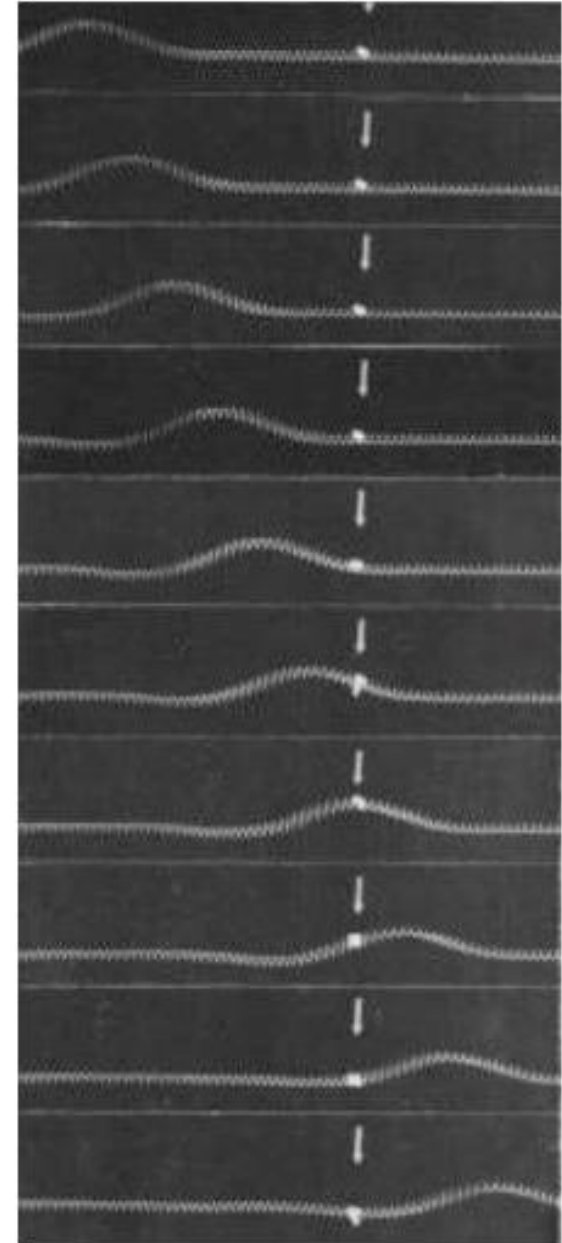


Katsushika Hokusai (1760-1849)

A natureza ondulatória da luz Ondas Eletromagnéticas

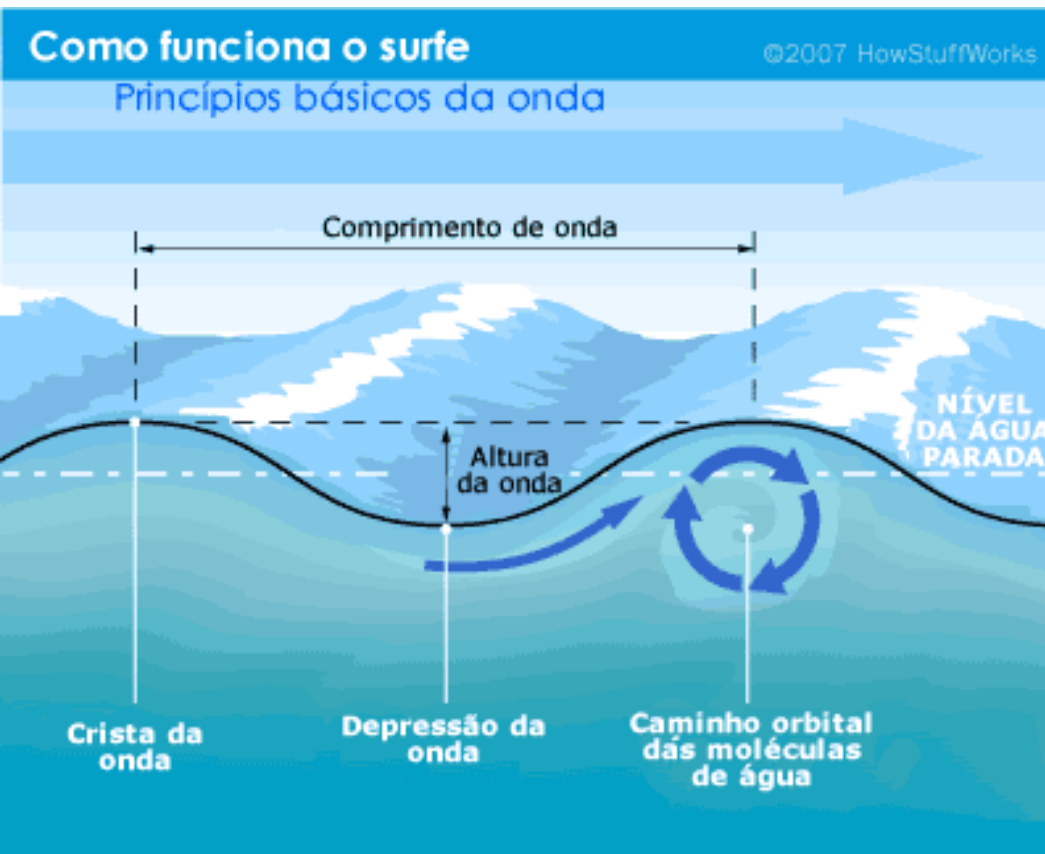
O QUE É UMA ONDA

- Propagação de uma perturbação, sem transporte de matéria
- Na foto: a pequena bolinha presa à mola, oscila apenas verticalmente, enquanto a onda se propaga para a direita.
- Não há deslocamento na direção de propagação da onda

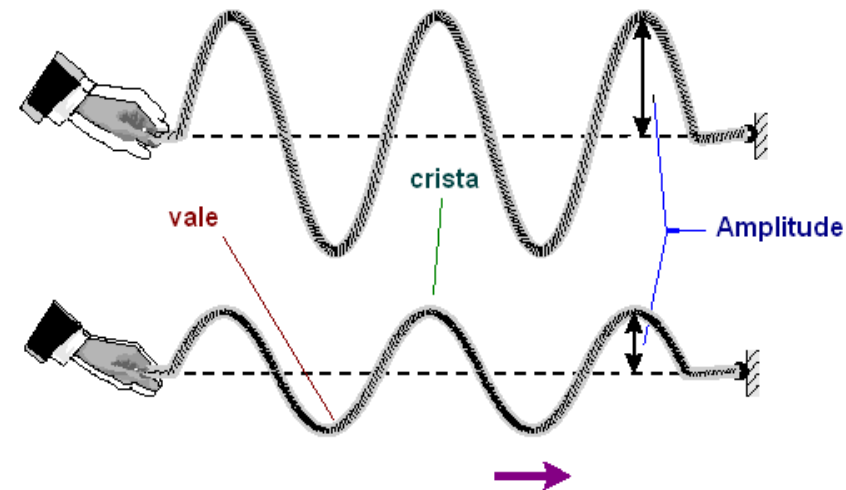


Ondas transversais:

onda no mar



onda na corda

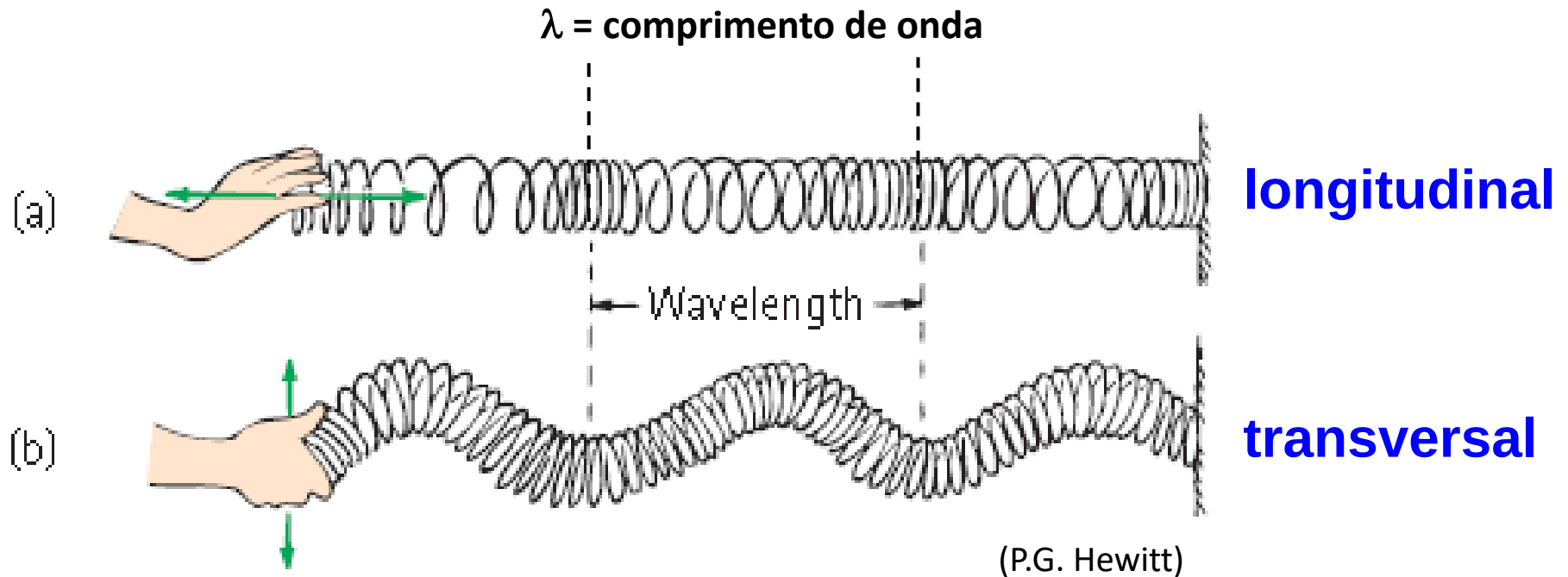


Ondas longitudinais: ondas sonoras



(http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas.htm)

Ondas



Longitudinal: oscilação da partícula na direção de propagação da onda

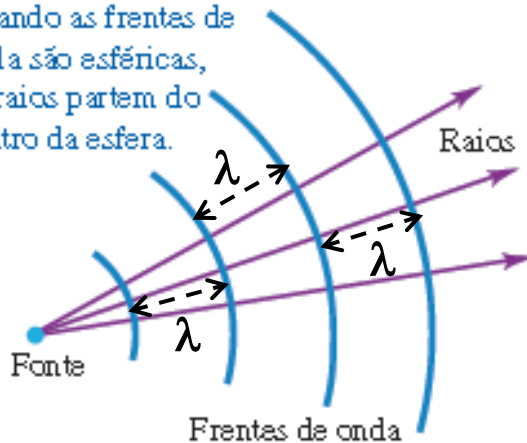
Transversal: oscilação da partícula em direção perpendicular à direção de propagação da onda

O que são “frentes de onda”??

Figura 33.4 Frentes de onda (azuis) e raios (roxos).

(a)

Quando as frentes de onda são esféricas, os raios partem do centro da esfera.



(b)

Quando as frentes de onda são planas, os raios são perpendiculares a elas e paralelos uns aos outros.

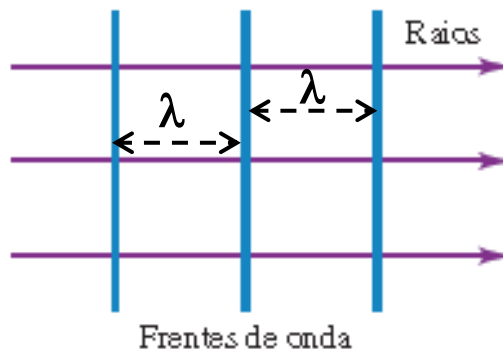
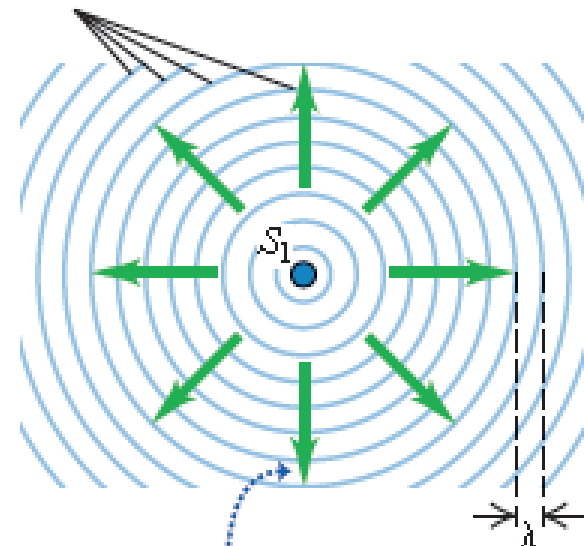


Figura 35.1 Um “instantâneo” de ondas senoidais de frequência f e comprimento de onda λ espalhando-se a partir da fonte S_1 em todas as direções.

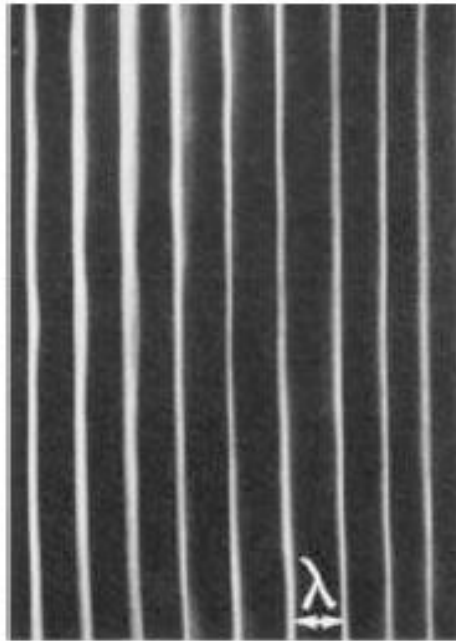
Frentes de onda: cristas de onda (frequência f) distanciadas de um comprimento de onda λ



As frentes de onda se deslocam a partir da fonte S_1 com a velocidade de onda $v = f\lambda$.

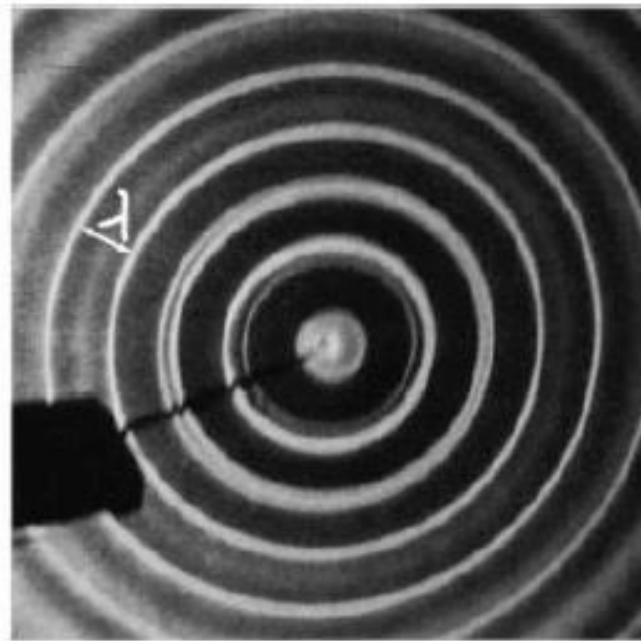
O que são “frentes de onda”??

Ondas
planas



Frentes de onda
são planos, ou
retas em um corte

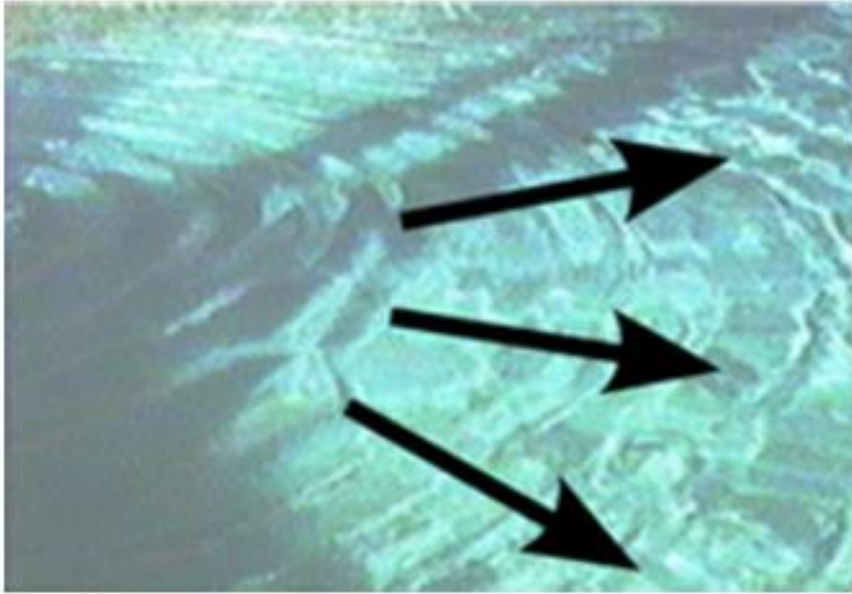
Ondas
circulares



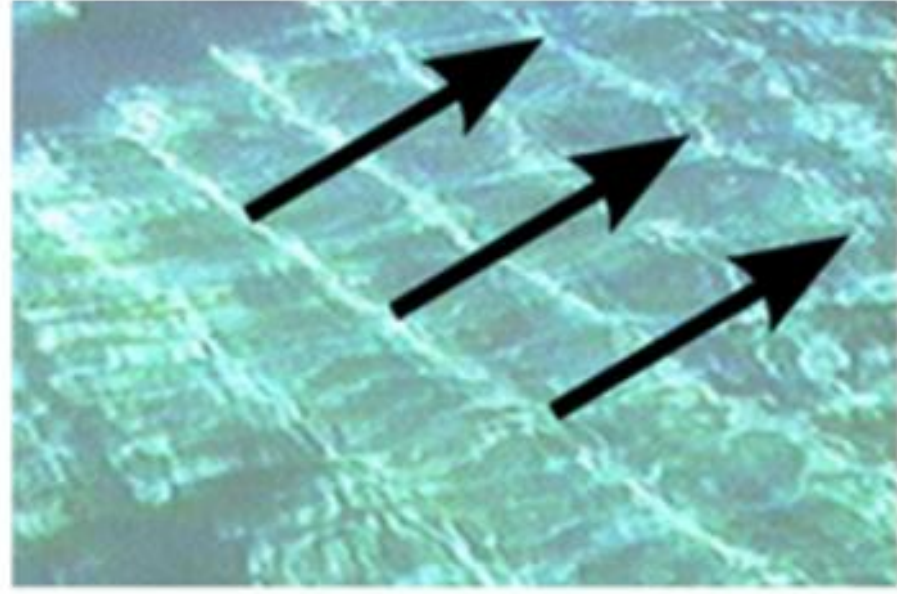
Frentes de onda
são círculos

O que são “frentes de onda”??

Ondas circulares



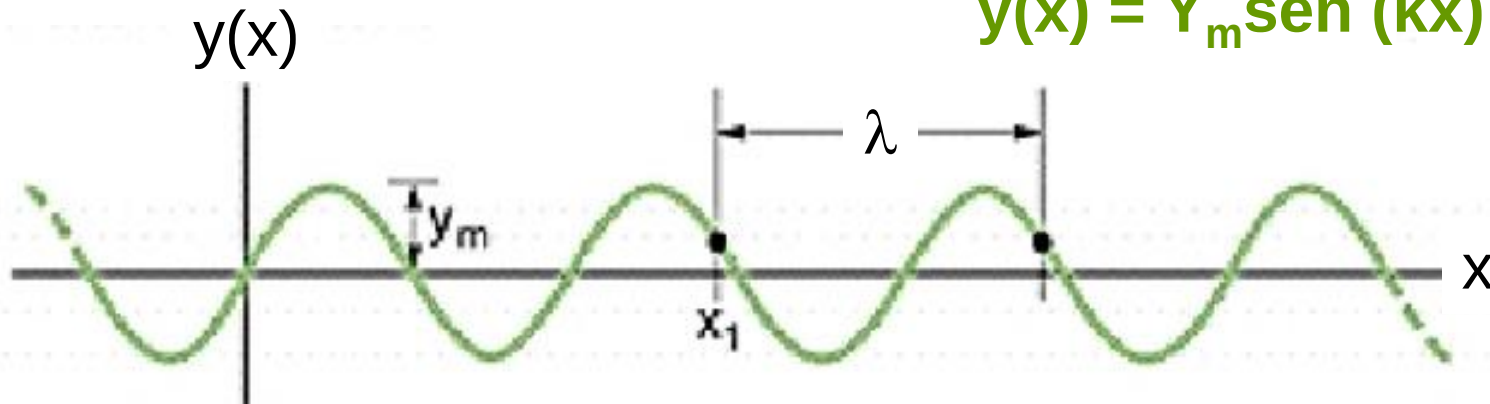
Ondas planas



Ondas senoidais

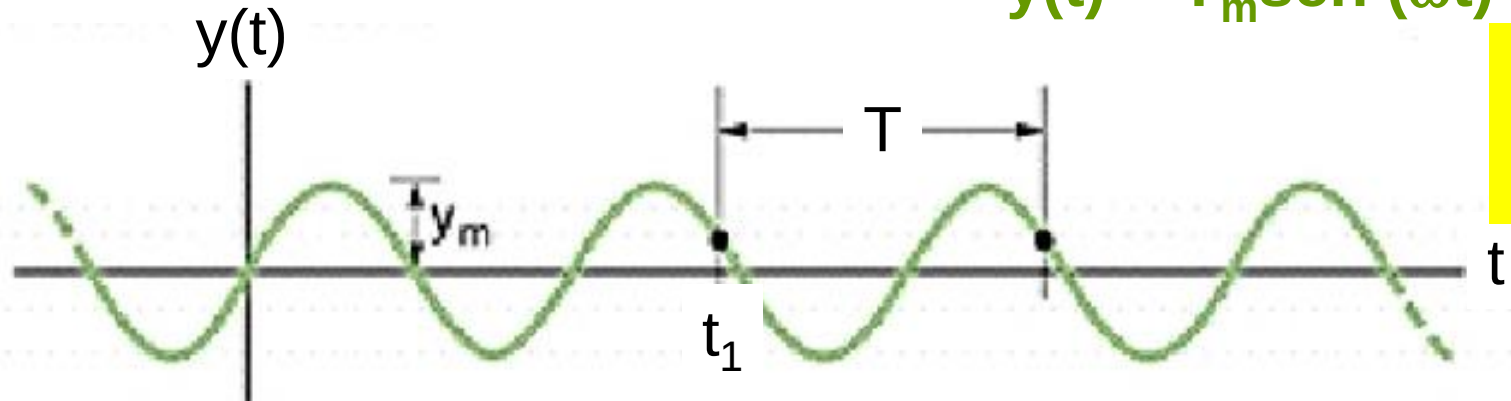
$$y(x) = Y_m \text{sen}(kx)$$

Foto
t fixo



$$y(t) = Y_m \text{sen}(\omega t)$$

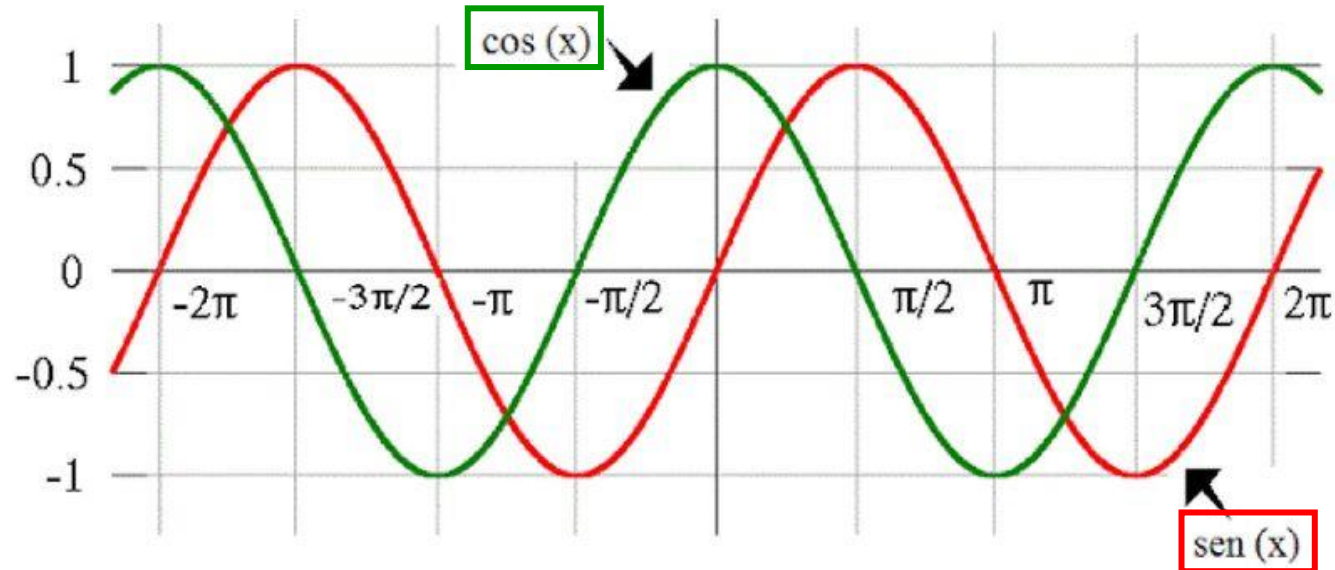
Janela
x fixo



$$y(x,t) = Y_m \text{sen}(kx - \omega t) \quad \text{ou} \quad y(x,t) = Y_m \cos(kx - \omega t)$$

Recordação escola...

Função seno ou cosseno



$$f(x) = A \text{sen} x = A \cos(x + \pi/2)$$

x tem unidade de ângulo (radianos)

$$y(x,t) = Y_m \text{sen} (kx - \omega t) \quad \text{ou} \quad y(x,t) = Y_m \cos (kx - \omega t)$$

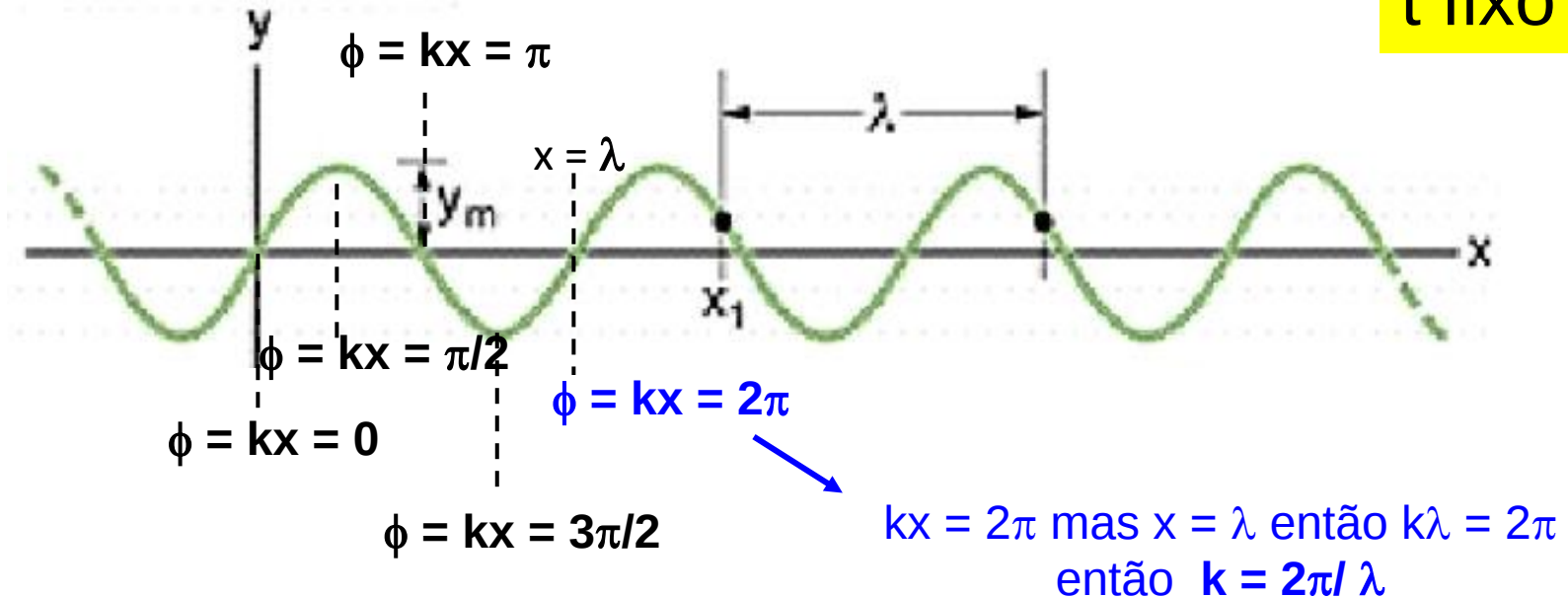
Uma onda senoidal (seno ou cosseno) que se propaga no tempo na direção do eixo x , é uma função de duas variáveis:
 x e t

Se t tem um valor fixo, por exemplo: $t = 0$

$$y(x,t) = y(x) = Y_m \text{sen} (kx)$$

$\phi = kx = \text{fase da onda ou do seno}$

**Foto
 t fixo**

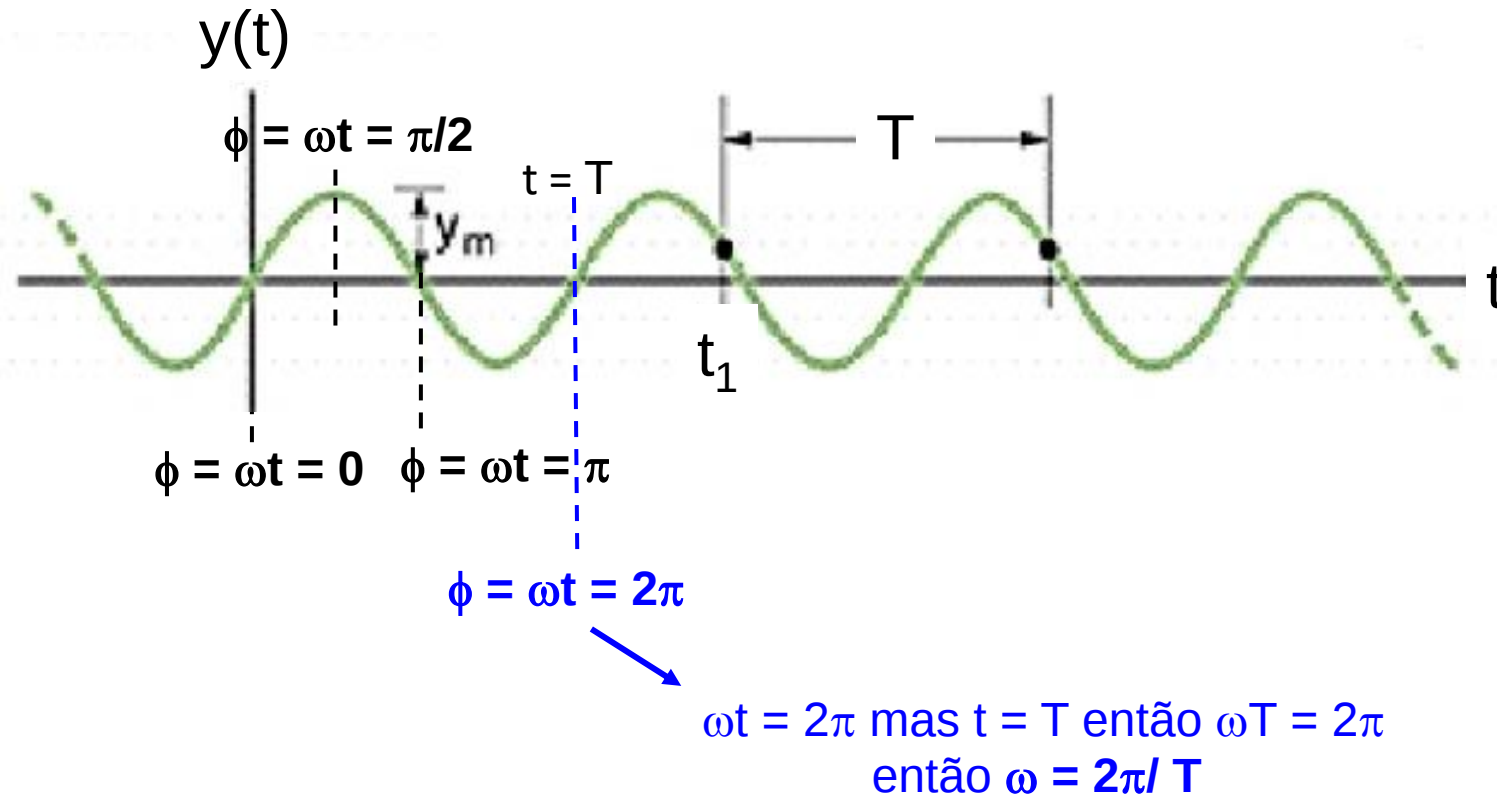


$\lambda = \text{distância entre duas fases iguais} = \text{comprimento de onda}$

$$y(x,t) = Y_m \text{sen} (kx - \omega t) \quad \text{ou} \quad y(x,t) = Y_m \cos (kx - \omega t)$$

Se x tem um valor fixo, por exemplo: $x = 0$
 $y(x,t) = y(t) = Y_m \text{sen}(-\omega t) = Y_m \text{sen}(\omega t)$

Janela
x fixo



T = tempo entre duas fases iguais = período da onda

Velocidade da onda:

$$v = \lambda/T \text{ (m/s)}$$

A onda caminha λ metros em T segundos

1 período corresponde a T segundos

Em 1 segundo qual o número de períodos?

Frequência da onda:

$$f = 1/T = \nu$$

Velocidade da onda:

$$v = \lambda/T$$

$$v = \lambda f = \lambda \nu$$

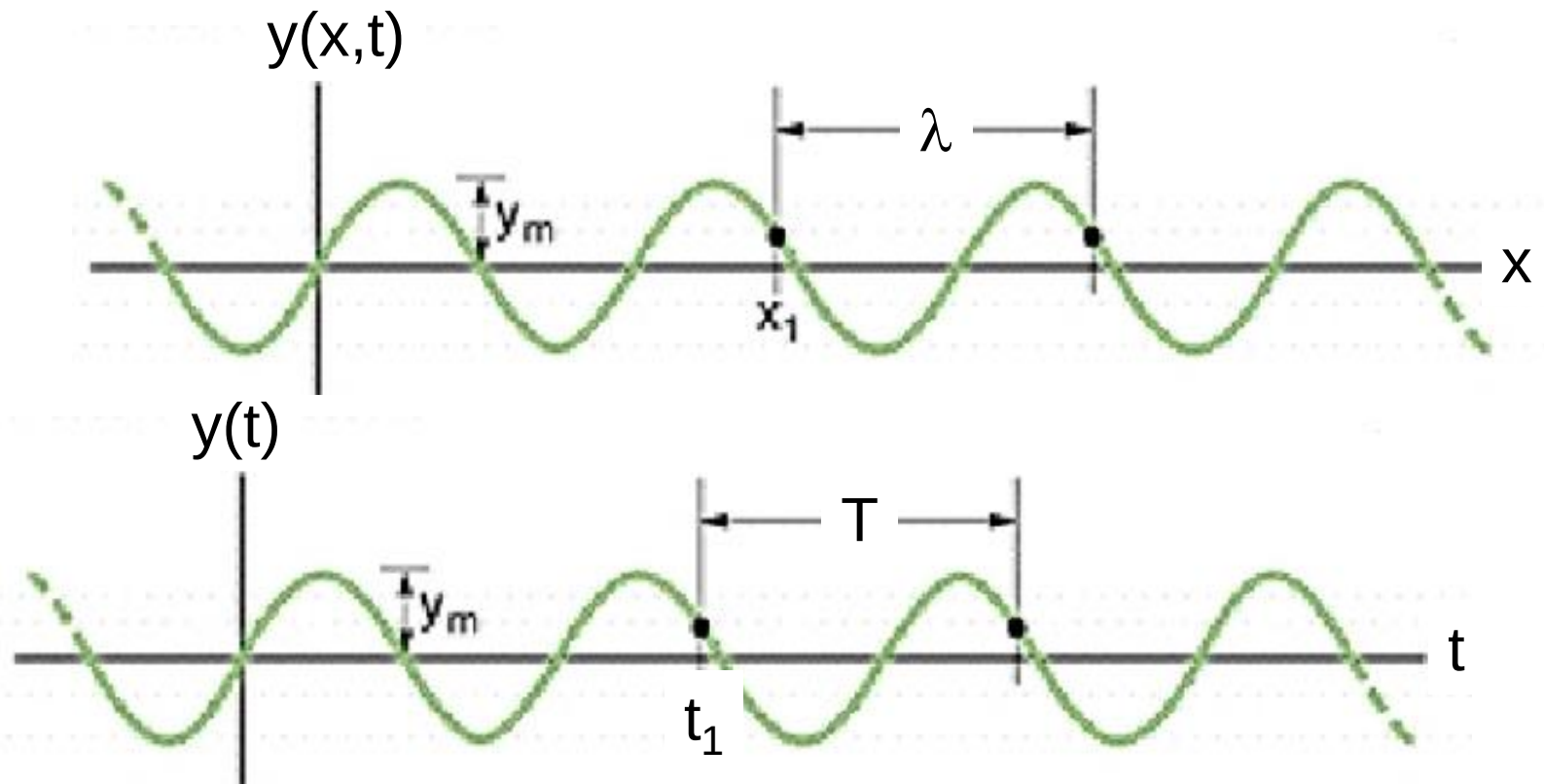
Outras relações...

$$v = \lambda/T$$

$$v = (2\pi/k)/(2\pi/\omega) = \omega/k$$

Equação de uma onda senoidal que se propaga na direção x
e oscila na direção y

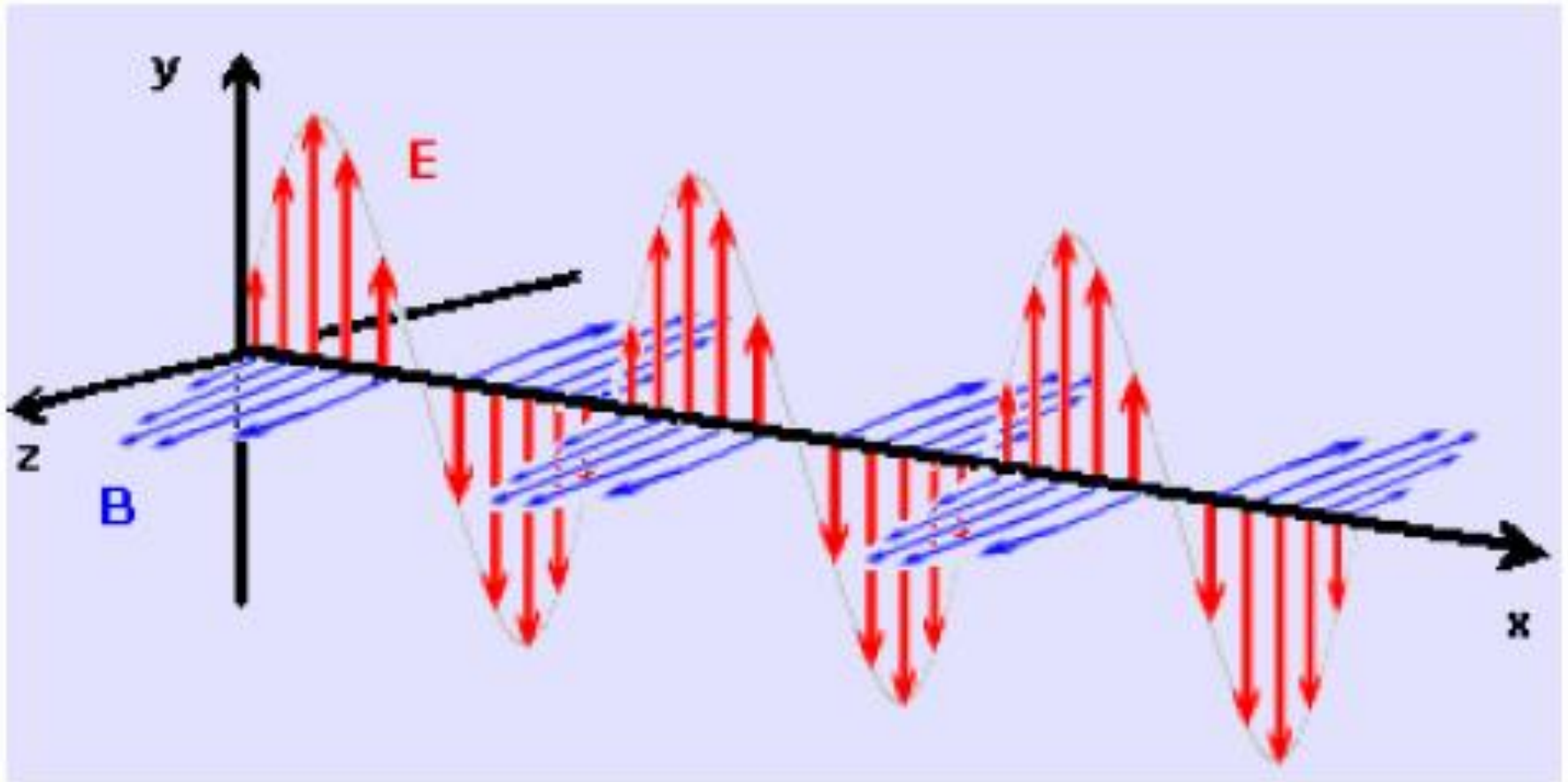
$$y(x,t) = Y_m \text{sen}(kx - \omega t) \quad \text{ou} \quad y(x,t) = Y_m \cos(kx - \omega t)$$



$$y(x,t) = Y_m \text{sen}(kx - \omega t)$$

$(kx - \omega t) = \phi = \text{fase da onda} \Rightarrow \text{depende da posição } x \text{ e do tempo } t$

A luz é uma onda eletromagnética: Onda de campos elétricos e magnéticos

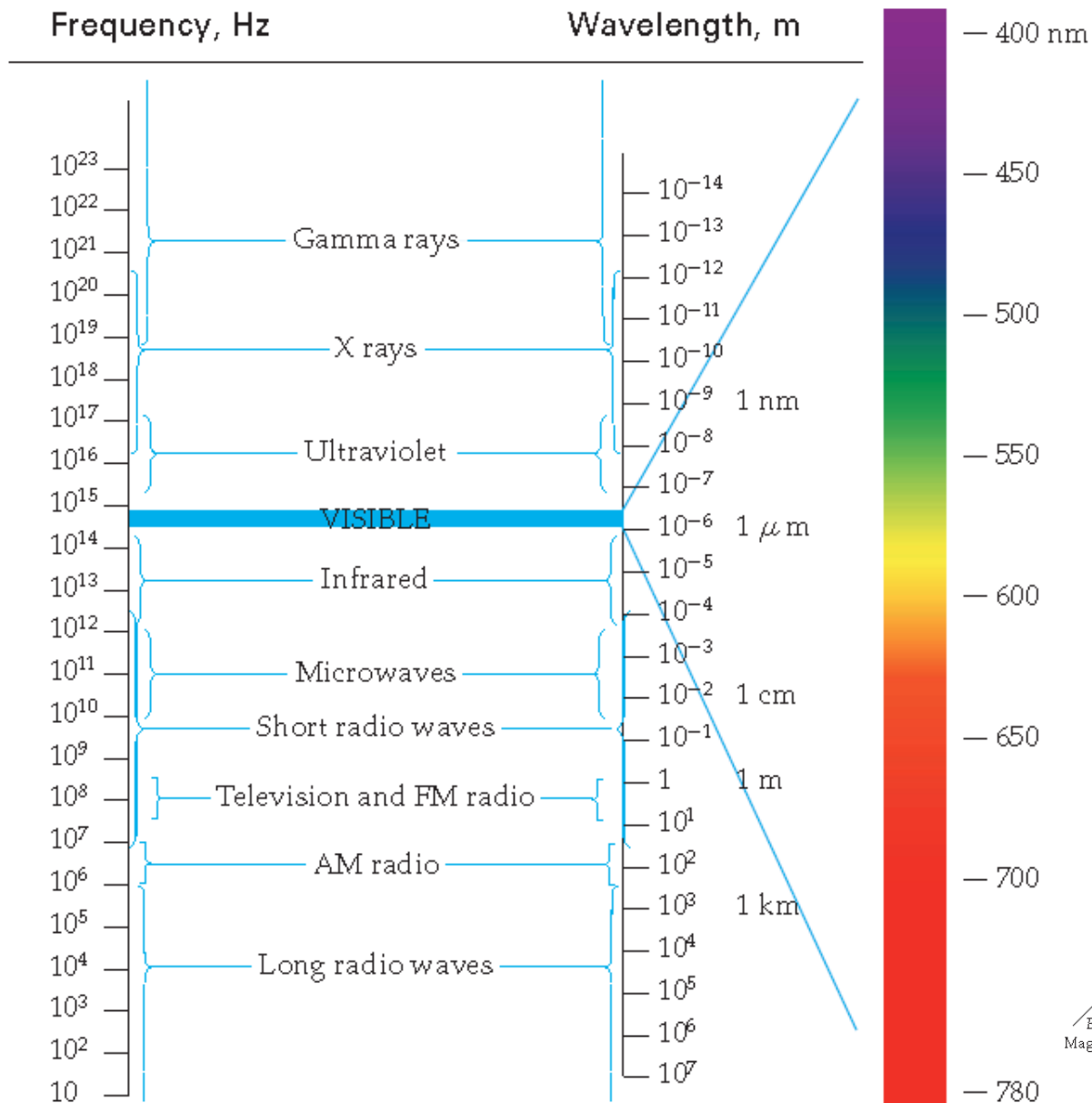


$$\vec{E}(x,t) = E_m \sin(kx - \omega t) \hat{y}$$

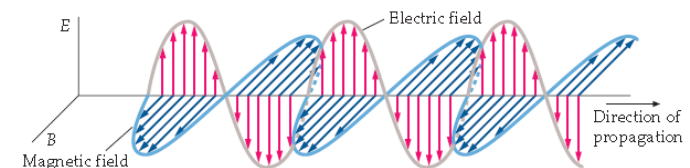
$$\vec{B}(x,t) = B_m \sin(kx - \omega t) \hat{z}$$

Table 30-1

The Electromagnetic Spectrum



Espectro Eletromagnético



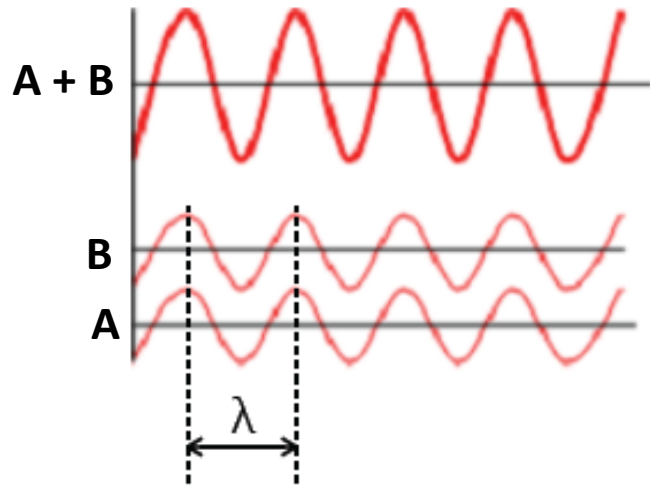
(Tipler, Mosca)

Ondas interferem quando se encontram!

Duas ondas em fase



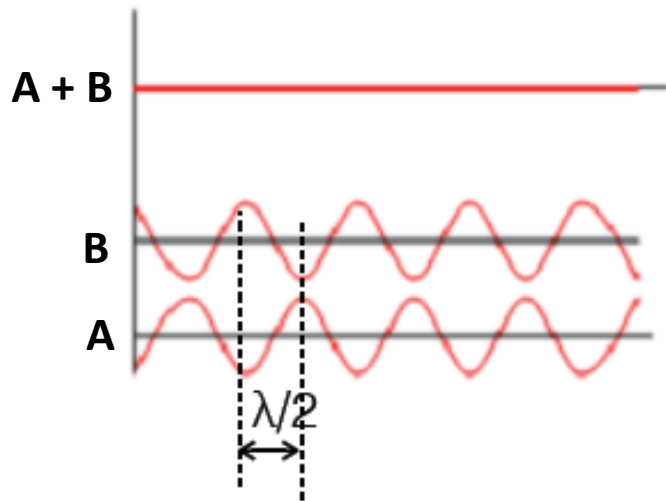
Interferência construtiva



Duas ondas fora de fase



Interferência destrutiva



Experimento com duas fontes iguais, coerentes.

Condições para interferência construtiva e destrutiva

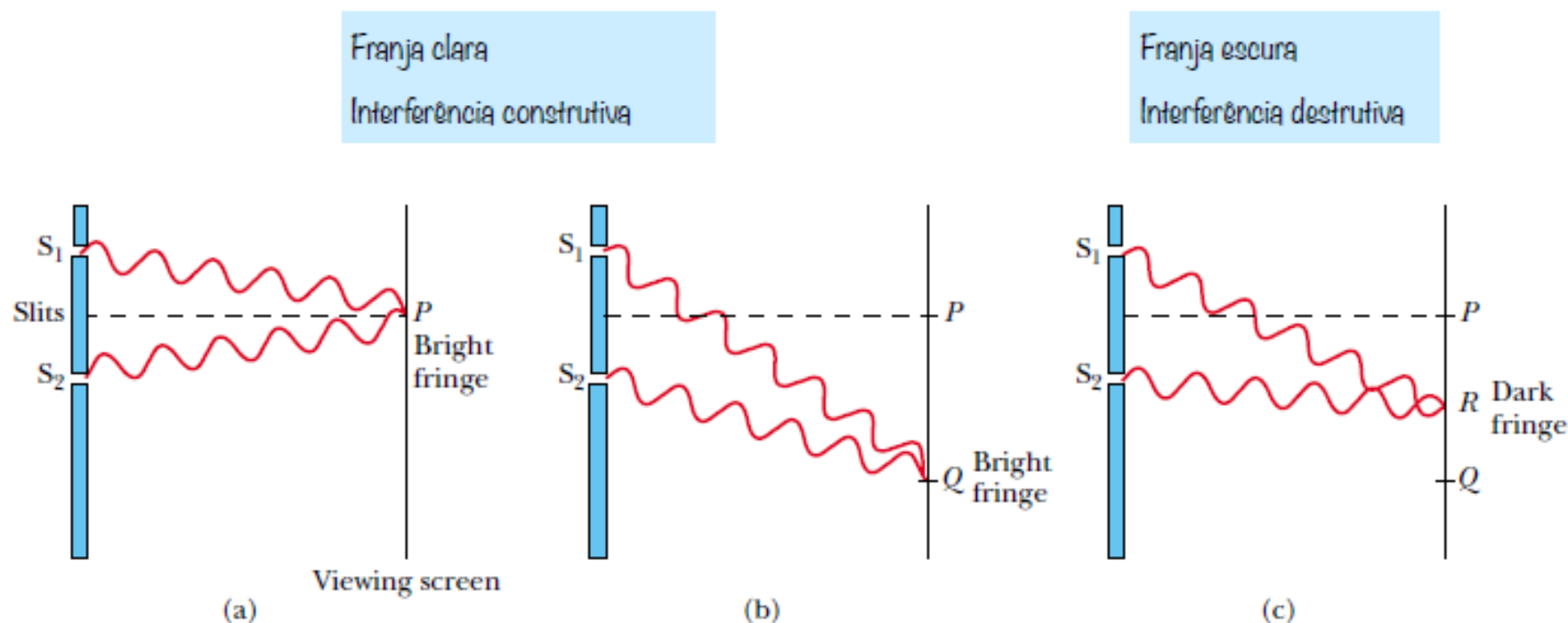
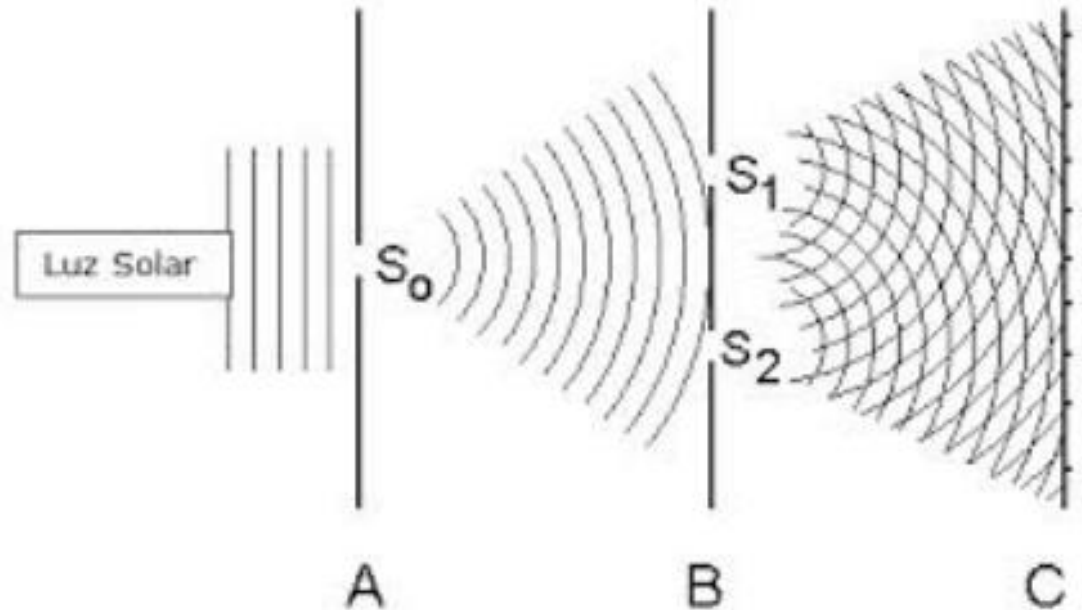


Figure 37.4 (a) Constructive interference occurs at point P when the waves combine. (b) Constructive interference also occurs at point Q . (c) Destructive interference occurs at R when the two waves combine because the upper wave falls half a wavelength behind the lower wave. (All figures not to scale.)

Experimento de Young



Thomas Young
(1773-1829)



Em 1801 Thomas Young concluiu com seu experimento que a luz é uma onda!

(Aula 2) Princípio de Huygens: 1678

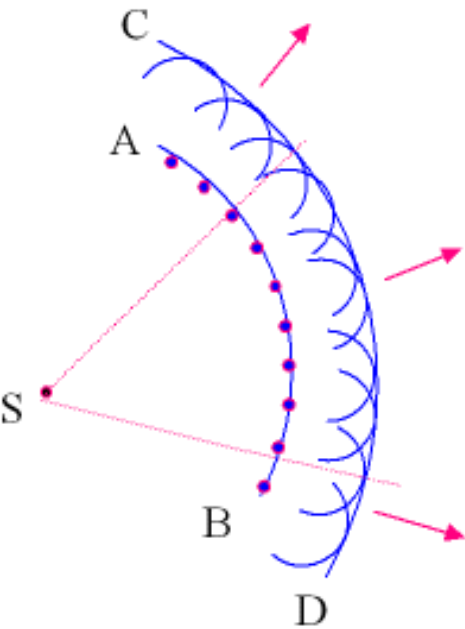
Luz como onda

Todos os pontos em uma frente de onda podem ser considerados como fontes pontuais para a produção de ondas esféricas secundárias.

Após um tempo t , a nova posição de uma frente de onda é a superfície tangente a essas ondas esféricas secundárias.

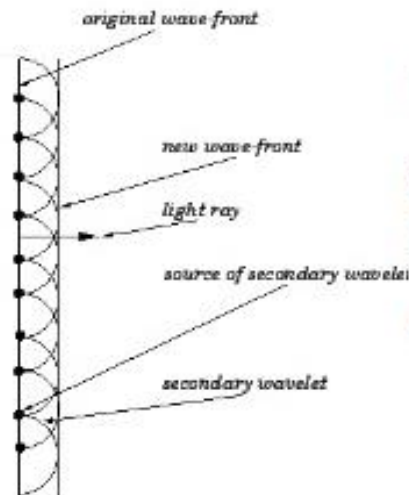
(Aula 2) Princípio de Huygens: 1678

Luz como onda



Huygens' Principle:

Each wavefront is the envelope of the wavelets. Each point on a wavefront acts as an independent source to generate wavelets for the next wavefront. AB and CD are two wavefronts.



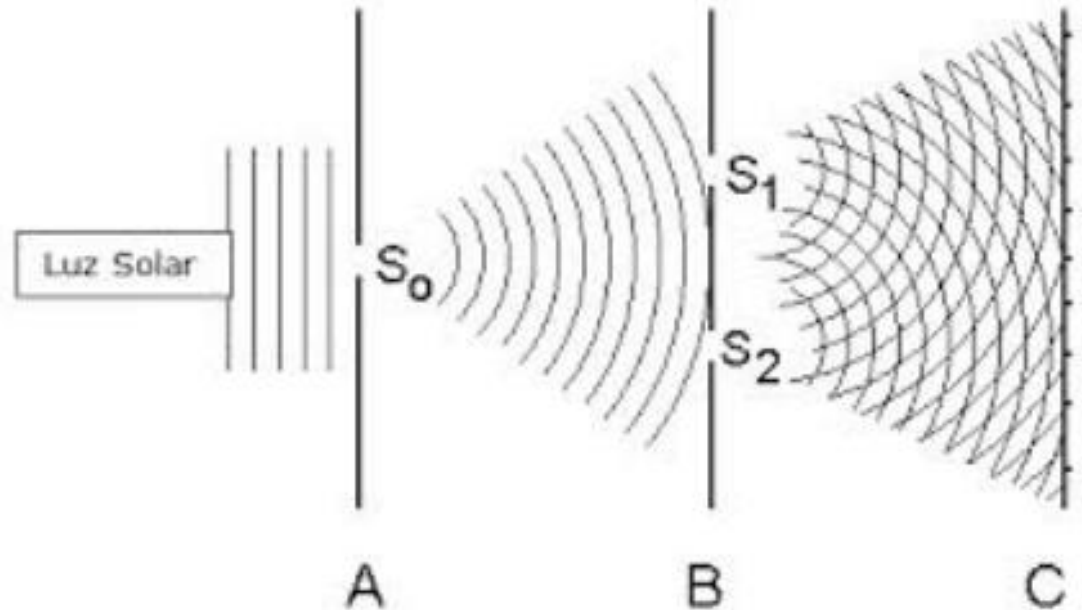
Steps in how to apply:

1. Start anywhere of the original wave-front.
2. Draw a circle with any radius.
3. Repeat for the rest of the points you choose with the same radius.
4. You now have your new wave-front

Experimento de Young

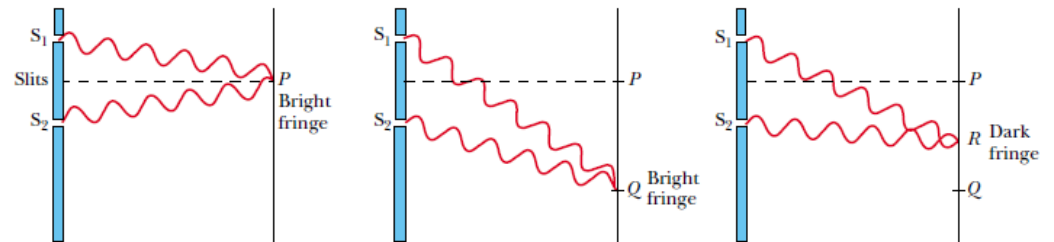
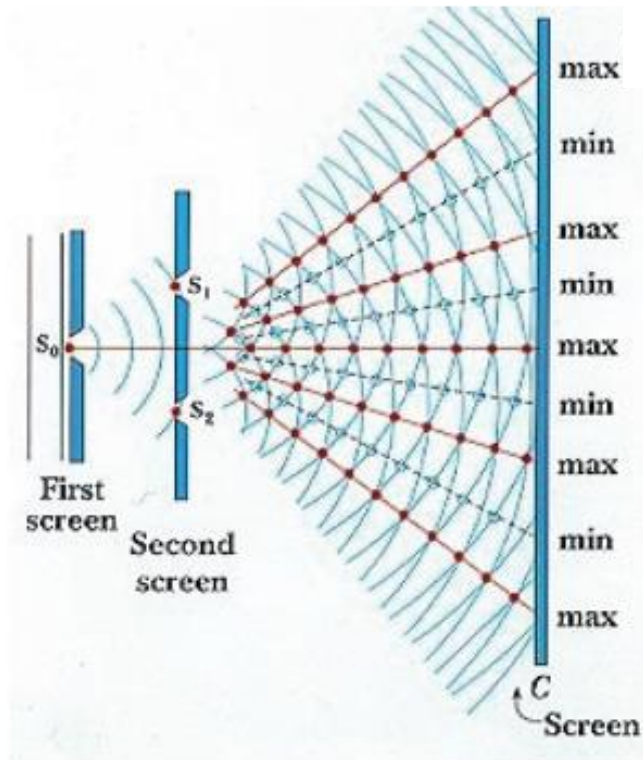


Thomas Young
(1773-1829)

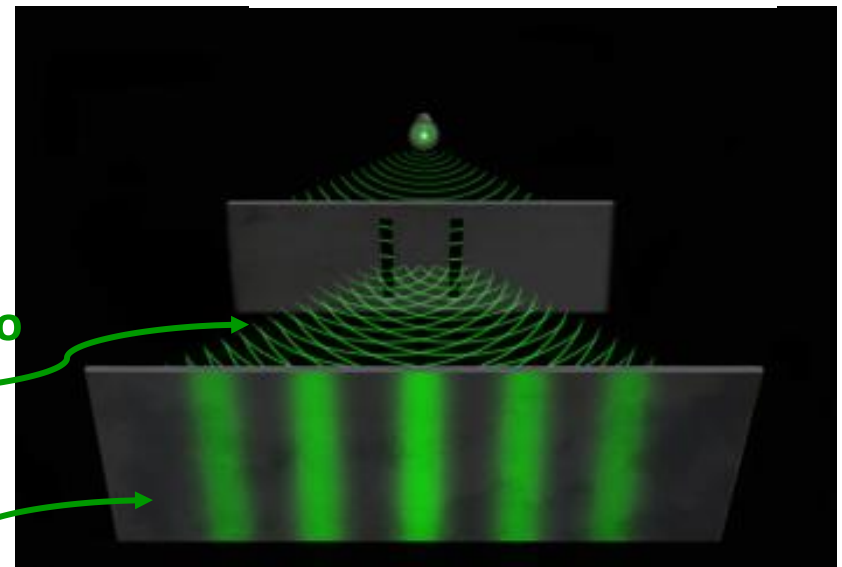


Em 1801 Thomas Young concluiu com seu experimento que a luz é uma onda!

Formação de franjas claras e escuras no experimento da fenda dupla



ilustração



franjas de luz vistas em um anteparo

Ondas interferem quando se encontram!

<https://edisiplinas.usp.br/mod/hvp/view.php?id=1752491>

(em inglês)

Laboratório de Demonstrações do IFUSP

https://midia.atp.usp.br/ensino_novo/oscilacoes_e_ondas/videos/en_fisica_oscilacoes_e_ondas_13_interferencias_exp_cuba_de_ondas_interferencia_de_ondas.mp4

Exercícios

1. Um homem produz ondas balançando um barco na superfície de um lago de águas paradas. Ele observa que o barco apresenta 12 oscilações em 20 segundos, sendo que cada oscilação produz uma onda, e que a crista de uma onda leva 6,0 segundos para alcançar uma praia que se encontra à distância de 12 m. Calcule a velocidade, a frequência e o comprimento de onda desta oscilação.

2. A figura abaixo mostra uma onda senoidal propagando-se para a direita numa corda tensa. A curva cheia representa a configuração da corda no instante $t = 0$ e a curva tracejada no instante $t = 0,15$ s. Determine: **a)** a amplitude (máxima) da onda; **b)** o comprimento de onda; **c)** a velocidade da onda; **d)** a frequência e o período da onda.

