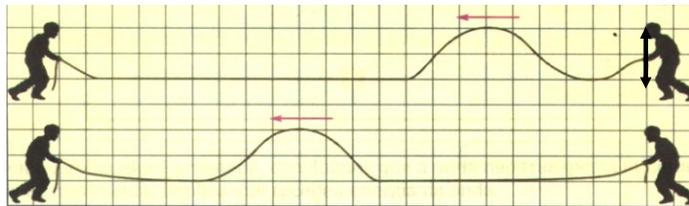


Ondas

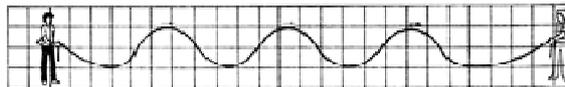
Denomina-se onda ao movimento causado por uma perturbação que se propaga através de um meio.

Considere duas pessoas segurando as extremidades de uma corda. Se uma delas fizer um movimento vertical brusco, para cima e depois para baixo, causará uma perturbação na corda, originando uma sinuosidade que se deslocará ao longo da corda, aproximando-se da outra pessoa, enquanto a extremidade que recebeu o impulso retorna à sua posição inicial, por ser a corda um meio elástico.



- A perturbação denomina-se pulso;
- O movimento do pulso denomina-se onda;
- A mão da pessoa que faz o movimento vertical é a fonte;
- O meio em que a onda se propaga é a corda.

Se provocarmos vários pulsos sucessivos com um movimento de sobe e desce, teremos várias ondas propagando-se na corda, uma atrás da outra, constituindo um trem de ondas.



set 11-10:59

Natureza das Ondas:

As ondas podem ter natureza **mecânica** ou **eletromagnética**.

Ondas Mecânicas: resultam de deformações provocadas em meios materiais elásticos, transportando apenas energia mecânica. Por isso, as ondas mecânicas não se propagam no vácuo, mas apenas na matéria.

Exemplos: Ondas em cordas, ondas na superfície de um líquido, ondas sonoras, etc.



Ondas Eletromagnéticas: resultam de vibrações de cargas elétricas, transportando energia sob a forma de quanta ("pacotes" de energia). Por isso, as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo e, em alguns meios materiais.

Exemplos: Ondas luminosas (luz), ondas de rádio ou TV, microondas, raios X, raios cósmicos etc.



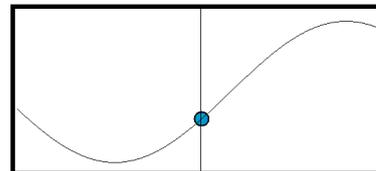
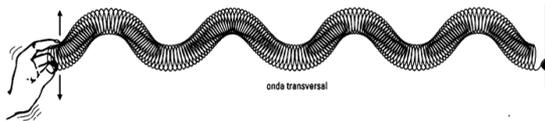
set 11-10:59

Tipos e Classificação das Ondas:

As ondas podem ser do tipo **transversal** ou **longitudinal** dependendo da direção do movimento vibratório das partículas, relativamente à sua direção de propagação.

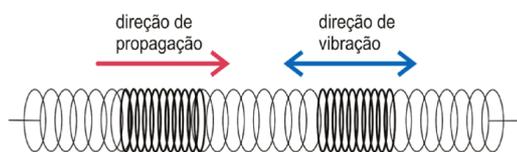
Ondas Transversais: São ondas em que a direção do movimento vibratório é perpendicular à direção de propagação.

Exemplo: Ondas se propagando em uma corda.

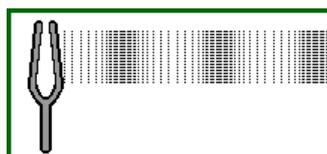
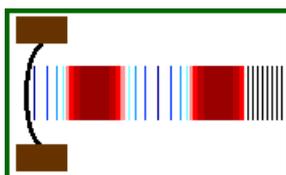
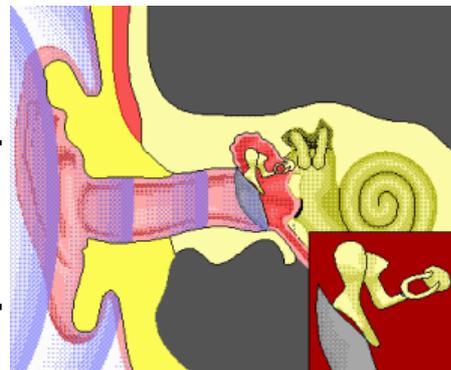
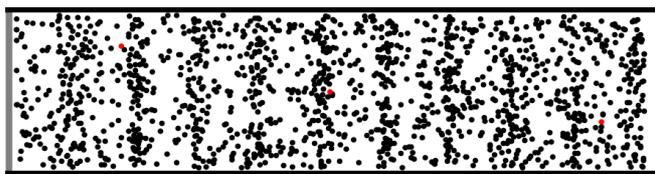


Ondas Longitudinais: São aquelas em que a direção do movimento vibratório coincide com a direção de propagação.

Exemplo: Ondas sonoras propagando-se no ar.



set 11-10:59



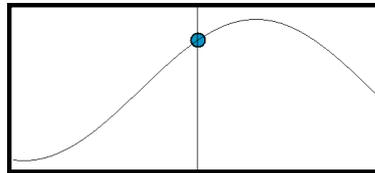
Manual do Mundo - Vitrola de papelão
<https://www.youtube.com/watch?v=Hf2Gv2PXCyw>

set 14-08:35

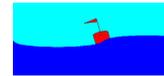
Tipos e Classificação das Ondas:

As ondas também podem ser classificadas quanto ao número de dimensões da propagação de energia em:

Ondas Unidimensionais: a energia propaga-se linearmente, como na corda, que é um meio unidimensional.



A onda não transporta matéria, apenas energia.



Ondas Bidimensionais: a energia propaga-se superficialmente, como na superfície da água, que é um meio bidimensional.



Ondas Tridimensionais: a energia propaga-se no espaço, que é um meio tridimensional, como as ondas sonoras e as ondas luminosas (eletromagnéticas).

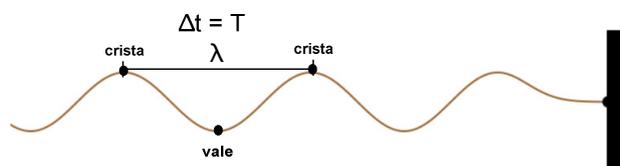


set 11-10:59

Velocidade e Comprimento de Onda:

Considere uma pessoa segurando a extremidade livre de uma corda presa a uma parede. Imagine, agora, que esta pessoa executa um movimento vertical na extremidade livre da corda em intervalos de tempo iguais.

Esses impulsos causarão perturbações que se propagarão ao longo da corda em espaços iguais, pois os impulsos são periódicos.



A parte elevada chama-se crista da onda e a cavidade entre duas cristas chama-se vale.

A distância entre duas cristas consecutivas ou dois vales consecutivos chama-se **comprimento de onda** (λ).

O tempo necessário para que duas cristas consecutivas passem pelo mesmo ponto, chama-se período (T).

A onda se propaga em um meio homogêneo com velocidade constante. Portanto podemos fazer:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow v = \frac{\lambda}{T} \text{ ou } v = \frac{\lambda}{1/f} \rightarrow v = \lambda \cdot f$$

$\left\{ \begin{array}{l} v \rightarrow \text{velocidade de propagação da onda.} \\ \lambda \rightarrow \text{comprimento de onda.} \\ f \rightarrow \text{frequência.} \end{array} \right.$

Eq. Fundamental das ondas

set 11-10:59

Exercício de aprendizagem:

1) Uma onda de frequência 20 Hz propaga-se com uma velocidade de 340 m/s. Determine o comprimento de onda.

set 11-10:59

Exercício de aprendizagem:

1) Uma onda de frequência 20 Hz propaga-se com uma velocidade de 340 m/s. Determine o comprimento de onda.

Solução:

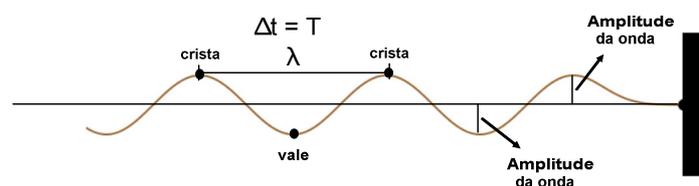
$$v = \lambda \cdot f$$

$$f = 20 \text{ Hz}$$

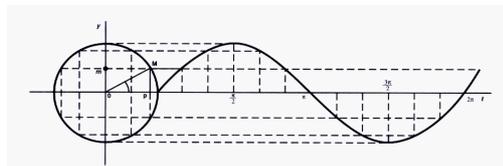
$$v = 340 \text{ m/s}$$

$$\lambda = ?$$

$$\lambda = \frac{340 \text{ m/s}}{20 \text{ Hz}} \longrightarrow \boxed{\lambda = 17 \text{ m}}$$



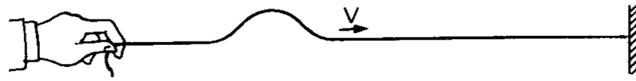
A distância entre o ponto médio e a crista ou o vale da onda é chamado de **amplitude da onda**.



set 11-10:59

Velocidade de propagação de uma onda em uma corda tracionada:

Consideremos um meio unidimensional, como por exemplo, uma corda, onde se propaga uma onda.



Seja ρ , a densidade linear da corda, dada por: $\rho = \frac{m}{L}$ $\left\{ \begin{array}{l} m \rightarrow \text{massa da corda} \\ L \rightarrow \text{comprimento da corda} \end{array} \right.$

A velocidade de propagação da onda em uma corda tracionada por uma força F será dada pela fórmula de Taylor:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho}} \quad \text{Fórmula de Taylor}$$

Se substituirmos a densidade linear na fórmula de Taylor, teremos:

$$v = \sqrt{\frac{F \cdot L}{m}} \quad \left\{ \begin{array}{l} F \rightarrow \text{Força de tração na corda} \\ L \rightarrow \text{comprimento da corda} \\ m \rightarrow \text{massa da corda} \\ v \rightarrow \text{velocidade de propagação da onda} \end{array} \right.$$

set 14-19:16

Exercício de aprendizagem:

2) Um vibrador de frequência 4,0 Hz produz ondas numa corda de 1,0 kg de massa e 10 m de comprimento. Sabendo-se que a força de tração na corda é 6,4N, determine:

- a velocidade de propagação da onda;
- o comprimento de onda.

set 11-10:59

Exercício de aprendizagem:

2) Um vibrador de frequência 4,0 Hz produz ondas numa corda de 1,0 kg de massa e 10 m de comprimento. Sabendo-se que a força de tração na corda é 6,4N, determine:

- a) a velocidade de propagação da onda;
b) o comprimento de onda.

Solução:

$$f = 4,0 \text{ Hz}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$L = 10 \text{ m}$$

$$F = 6,4 \text{ N}$$

$$\text{a) } v = ?$$

$$v = \sqrt{\frac{F \cdot L}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{6,4 \cdot 10}{1}}$$

$$v = \sqrt{64}$$

$$v = 8 \text{ m/s}$$

$$\text{b) } \lambda = ?$$

$$v = \lambda \cdot f$$

$$8 = \lambda \cdot 4$$

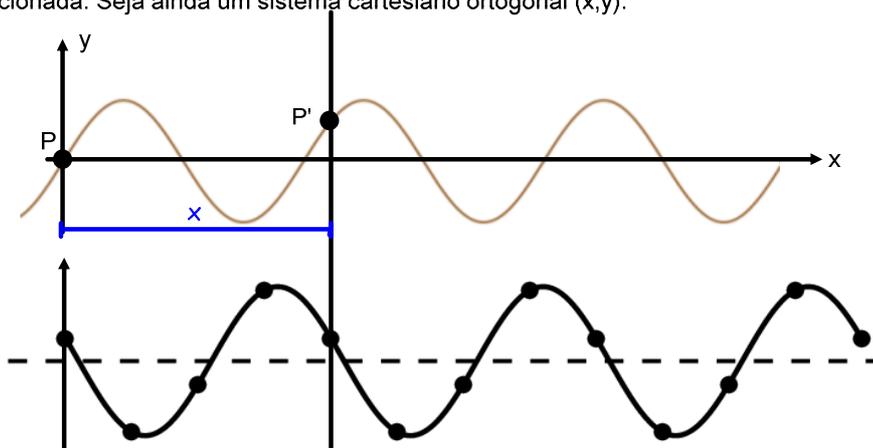
$$\lambda = \frac{8}{4}$$

$$\lambda = 2 \text{ m}$$

set 11-10:59

Função de Onda:

Considere uma onda se propagando a uma velocidade v , por exemplo, numa corda levemente tracionada. Seja ainda um sistema cartesiano ortogonal (x,y) :



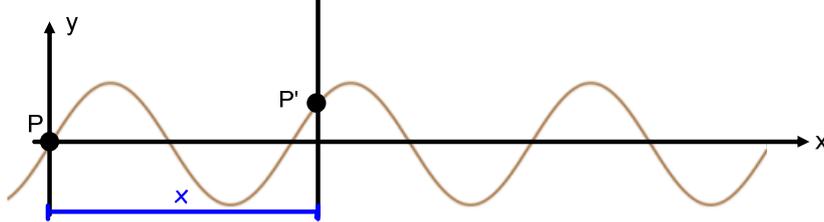
Cada ponto da corda, atingido pela perturbação, executa um movimento harmônico simples. Portanto, para o ponto P vale a função de MHS: $y = A \cdot \cos(\omega t)$ para $\theta_0 = 0$

A função de onda nos dará o valor de y , em um instante t qualquer, para um ponto P' que está a uma distância x do eixo de oscilação de P.

set 15-09:11

Função de Onda:

Considere uma onda se propagando a uma velocidade v , por exemplo, numa corda levemente tracionada. Seja ainda um sistema cartesiano ortogonal (x,y) :



Cada ponto da corda, atingido pela perturbação, executa um movimento harmônico simples. Portanto, para o ponto P vale a função de MHS: $y = A \cdot \cos(\omega t)$ para $\theta_0 = 0$

A função de onda nos dará o valor de y , em um instante t qualquer, para um ponto P' que está a uma distância x do eixo de oscilação de P.

O ponto P' repetirá idênticamente a oscilação do ponto P, porém com um atraso de t' segundos, proporcional à distância x :

$$y = A \cdot \cos \omega \cdot (t - t') \longrightarrow \text{como } x = v \cdot t' \longrightarrow t' = x/v \text{ e sabemos ainda que } v = \lambda/T \text{ e que } \omega = 2\pi/T$$

$$y = A \cdot \cos \left[\frac{2\pi}{T} \cdot \left(t - \frac{x}{v} \right) \right] \longrightarrow y = A \cdot \cos \left[\frac{2\pi}{T} \cdot \left(t - \frac{x}{\lambda/T} \right) \right] \longrightarrow y = A \cdot \cos \left[\frac{2\pi}{T} \cdot \left(t - \frac{x \cdot T}{\lambda} \right) \right]$$

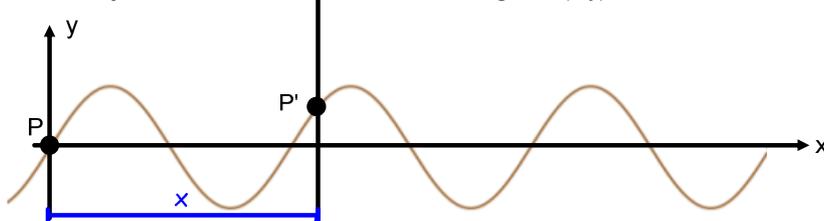
$y = A \cdot \cos \left[2\pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$

Função de onda para $\theta_0 = 0$

set 15-09:11

Função de Onda:

Considere uma onda se propagando a uma velocidade v , por exemplo, numa corda levemente tracionada. Seja ainda um sistema cartesiano ortogonal (x,y) :



Função de onda para $\theta_0 = 0$

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

- A = Amplitude da onda
- t = instante do tempo
- T = período da onda
- x = posição de oscilação do ponto
- λ = comprimento de onda

obs. Foi feito $\theta_0 = 0$ para facilitar a demonstração. Caso $\theta_0 \neq 0$, a função de onda ficará:

$y = A \cdot \cos \left[2\pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) + \theta_0 \right]$

set 15-09:11

Exercício de aprendizagem:

3) A função de uma onda é dado por: $y = 10 \cdot \cos 2\pi(2t - x/5)$, onde y e x são medidos em centímetros e t em segundos.

Determine:

- a amplitude da onda;
- o período da onda;
- o comprimento de onda;
- a velocidade de propagação da onda

set 11-10:59

Exercício de aprendizagem:

3) A função de uma onda é dado por: $y = 10 \cdot \cos 2\pi(2t - x/5)$, onde y e x são medidos em centímetros e t em segundos.

Determine:

- a amplitude da onda;
- o período da onda;
- o comprimento de onda;
- a velocidade de propagação da onda

Solução:

$$y = 10 \cos 2\pi \left(2t - \frac{x}{5} \right)$$

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

a) $A = 10 \text{ cm}$

b) $T = ?$

$$2 \cancel{t} = \frac{\cancel{t}}{T}$$

$$T = \frac{1}{2} \text{ s}$$

c) $\lambda = ?$

$$\frac{x}{\lambda} = \frac{x}{5}$$

$$\lambda = 5 \text{ cm}$$

d) $v = ?$

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$v = \frac{5 \text{ cm}}{\frac{1}{2} \text{ s}}$$

$$v = 10 \text{ cm/s}$$

set 11-10:59

Resumo:

- **Ondas mecânicas** - Precisam de um meio material para se propagar.
- **Ondas eletromagnéticas** - resultam de vibrações de cargas elétricas - Podem se propagar no vácuo.
- **Ondas transversais** - a direção do movimento vibratório é perpendicular à direção de vibração.
- **Ondas longitudinais** - a direção do movimento vibratório coincide com a direção de vibração.
- **Ondas unidimensionais** - a onda se propaga linearmente em uma única direção, como em uma corda.
- **Ondas bidimensionais** - a onda se propaga em uma superfície, como na superfície da água.
- **Ondas tridimensionais** - a onda se propaga no espaço, que é um meio tridimensional. (ondas de rádio). A onda sonora também é tridimensional.
- Lembre-se que a onda só transporta energia. Ela não transporta matéria.
- A velocidade de propagação de uma onda é dada pela equação fundamental das ondas: $v = \lambda \cdot f$

- Quando for pedido velocidade de propagação de uma onda envolvendo tração da corda, use a fórmula de Taylor:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho}} \quad \text{Fórmula de Taylor} \quad \rho = \frac{m}{L} \quad v = \sqrt{\frac{F \cdot L}{m}}$$

- A função de onda nos dá a elongação (y) da onda para um ponto de coordenada x em um instante (t) qualquer.

$$y = A \cdot \cos \left[2\pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) + \theta_0 \right]$$

set 22-06:49