

Objetivos:

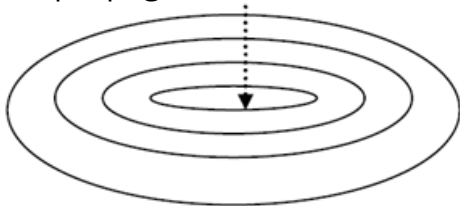
- Compreender o conceito de onda;
- Identificar e distinguir diferentes tipos de ondas, levando em consideração a direcção da vibração, a natureza das vibrações e o grau de liberdade para a propagação.
- Relacionar os conceitos de ondas com exemplos do quotidiano, como ondas sonoras, ondas em cordas e ondas sísmicas.
- Discutir as características das ondas mecânicas e sua necessidade de um meio material para propagação

Competências:

- O aluno será capaz de identificar e classificar diferentes tipos de ondas com base em suas propriedades (direcção da vibração, natureza da vibração e grau de liberdade).
- O aluno será capaz de relacionar o conceito de ondas com fenómenos reais, como som, ondas sísmicas e ondas em superfícies líquidas.
- O aluno será capaz de distinguir as ondas mecânicas das ondas electromagnéticas, compreendendo as condições de propagação de cada tipo.

1.Onda (Revisão)

- **Pulso** é uma perturbação que ocorre em um ponto de um meio e se propaga de forma isolada.



- Uma **onda** é o movimento resultante de uma perturbação que se propaga em um meio, transportando energia sem transporte de matéria. A energia transportada pela onda é fornecida pelo agente causador da perturbação, permitindo que ela se propague a longas distâncias.
- De modo geral, as ondas necessitam de um meio material para se propagar. No entanto, as ondas electromagnéticas são uma exceção, pois podem se propagar no vácuo.

1.1 Classificação das Ondas

As ondas podem ser classificadas de acordo com três critérios principais:

- Direcção da vibração
- Natureza da vibração
- Grau de liberdade para a propagação

1.1.1 Direcção da Vibração

A classificação das ondas quanto à direcção da vibração considera a relação entre a oscilação das partículas do meio e a direcção de propagação da onda.

- Onda transversal: ocorre quando a vibração das partículas do meio é perpendicular à direcção de propagação da onda.
Exemplo: Ondas em uma corda, como as vibrações em cordas de guitarra.
- Onda longitudinal: ocorre quando a vibração das partículas do meio ocorre na mesma direcção da propagação da onda.
Exemplo: Ondas sonoras, em que as compressões e rarefações se deslocam ao longo do meio.

1.1.2.Natureza da vibração

As ondas podem ser classificadas em dois tipos principais:

1. Ondas Mecânicas

- São ondas que necessitam de um meio material (sólido, líquido ou gasoso) para se propagar.

Ocorrem devido à vibração das partículas do meio.

Exemplos: Ondas sonoras (som se propagando no ar); Ondas em cordas (guitarra, violino); Ondas na água; Ondas sísmicas (terremotos)

2. Ondas Eletromagnéticas

- Não necessitam de um meio material para se propagar, podendo viajar no vácuo.
- São formadas pela oscilação de campos elétrico e magnético perpendiculares entre si.

Exemplos: Luz visível; Ondas de rádio; Raios X; Micro-ondas

1.1.3. Graus de Liberdade para a Propagação das Ondas

As ondas podem se propagar em diferentes dimensões, dependendo do meio e da natureza da perturbação. Dessa forma, classificam-se em:

- **Ondas unidimensionais:** propagam-se ao longo de uma linha, como as ondas em uma corda esticada.
- **Ondas bidimensionais:** propagam-se sobre uma superfície, como as ondas na superfície de um líquido.
- **Ondas tridimensionais:** propagam-se em todas as direções no espaço, como as ondas sonoras no ar.

1.2. Ondas Periódicas

Uma onda periódica é formada por uma sucessão de pulsos idênticos. Essas ondas são de grande interesse tanto pela facilidade de análise quanto por suas aplicações práticas.

Características das Ondas Periódicas

A análise de uma onda periódica envolve os seguintes conceitos:

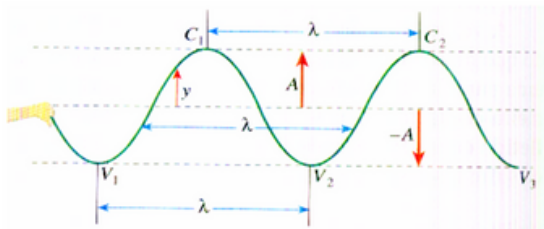
- Amplitude (**A**): é a máxima elongação das partículas do meio em relação à posição de equilíbrio.
- Comprimento de onda (**λ**): é a distância entre dois pontos consecutivos em fase, como duas cristas ou dois vales.
- Período (**T**): é o tempo necessário para que a onda percorra um comprimento de onda completo.
- Velocidade de propagação (**v**): a relação entre o comprimento de onda e o período da onda é dada por:

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

Frequência (f): a frequência de uma onda é o número de oscilações completas por segundo e está relacionada ao período pela equação:

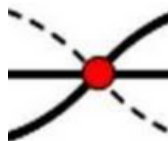
$$f = \frac{1}{T}$$

A frequência de uma onda é sempre igual à frequência da fonte que a emitiu



A amplitude do movimento está representada por “A” e o comprimento de onda por λ . O comprimento de onda λ é igual à distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos. Portanto, o comprimento de onda λ é percorrido pela onda no período T

Nó de uma onda é um ponto onde a amplitude da onda é sempre zero. Em outras palavras, é um ponto que não se move, mesmo quando a onda passa por ele.

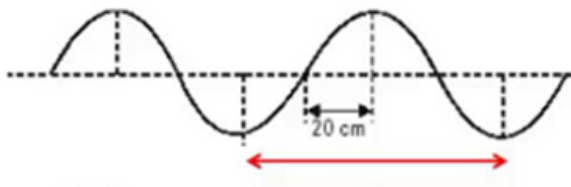


Os nós ocorrem em ondas estacionárias, que são ondas formadas pela interferência de duas ondas progressivas que se propagam em sentidos opostos. Nos nós, as duas ondas se cancelam, resultando em um ponto de deslocamento zero.

Os nós são importantes porque eles determinam o padrão de vibração de uma onda estacionária. Por exemplo, em uma corda vibrante, os nós são os pontos onde a corda está presa ou onde ela não se move. A distância entre dois nós consecutivos é sempre metade do comprimento de onda.

Em ondas sonoras, os nós são os pontos de silêncio, onde não há variação na pressão do ar. Em ondas luminosas, os nós são os pontos de escuridão, onde não há intensidade luminosa.

Exercício: na figura esta representada a configuração de uma onda mecânica que se propaga com velocidade de 20m/s. Qual a frequência da onda e o período.



Dados

λ

$$v = 20 \text{ m/s}$$

$$v = \lambda f$$

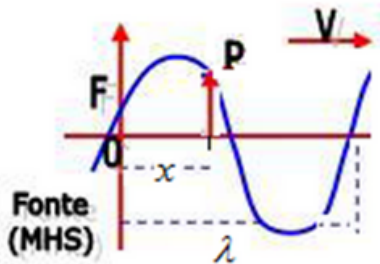
$$\frac{\lambda}{4} = 20 \text{ cm}$$

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

$$\lambda = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$$

1.3. Equação de propagação de onda progressiva

Dada uma corda elástica esticada, se for o instante em que uma das extremidade da corda no ponto "O" começa a vibrar, então o ponto "O" executa um M.H.S de amplitude "A", dado que o ponto "P" 'e o ponto da corda escolhida arbitrariamente conforme a figura



Desta forma a elongação de "O" no instante será dado pela equação:

$$y_0 = A \sin(\omega t) \text{ mas } \omega = \frac{2\pi}{T} \text{ logo } y_0 = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right).$$

A perturbação originada no ponto "O" leva o intervalo de tempo para atingir o ponto "P". O ponto "P" repetirá identicamente a oscilação do ponto "O" com ao mesmo atraso de proporcional a distância . Logo para o ponto P tem se *

como se sabe

$$y_p = A \sin\left[\frac{2\pi}{T}(t - \Delta t)\right] \quad v = \text{const}, v = \frac{x}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{x}{v},$$

substituindo na equação * temos:

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

Como pode se ver a equação da onda contém três variáveis: duas independentes (x, t) e uma dependente y, ou seja

$$y_p = f(x, t).$$

Recorrendo à equação fundamental da onda, pode-se generalizar a equação para qualquer partícula, considerando

$$vT = \lambda \quad \text{assim tem-se:}$$

$$y_p = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right).$$

Define-se o número de onda k como a distância pelo número de comprimento de onda, ou seja

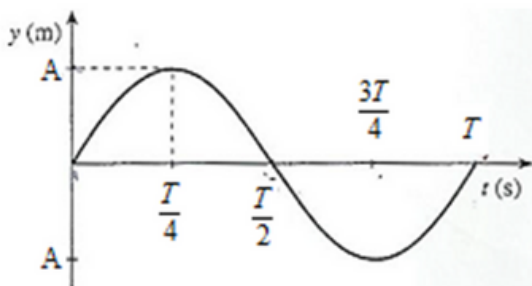
$$k = \frac{2\pi}{\lambda}.$$

Dado que $\frac{2\pi}{T} = w$, a equação da onda toma a forma:

$$y_{(x,t)} = A \sin(wt - kx)$$

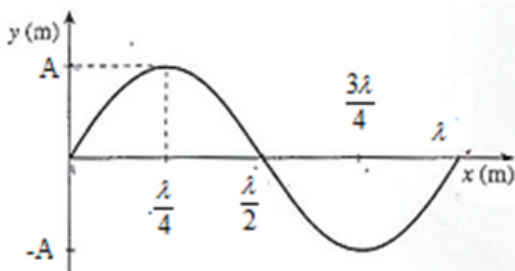
Para $x = \text{const}$, a elongação y é função periódica do tempo, dado pela equação

$$y_{(t)} = A \sin(wt - kx)$$



Para $t = \text{const}$, a elongação é função periódica de x (posição), dado pela equação

$$y_{(x)} = A \sin(kx - wt)$$



Exercícios

1. Uma onda propaga-se de acordo com a seguinte equação

$$y = 4\text{sen}(100\pi t - 8\pi x) \text{ no SI. Calcule:}$$

- a) A velocidade de propagação da onda.
- b) A frequência de onda.
- c) O comprimento de onda.
- d) Ao fim de quanto tempo começarão a vibrar as partículas que estejam a 10m da fonte.

Resolução

dados

$$\begin{array}{llll} \text{a)} & y = 4\text{sen}(100\pi t - 8\pi x) & w = \frac{2\pi}{T} \Leftrightarrow 100\pi = \frac{2\pi}{T} & k = \frac{2\pi}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = \frac{2\pi}{k} & v = \frac{\lambda}{T} = 12,5 \text{ m/s} \\ & w = 100\pi & T = \frac{1}{50} \text{ s} & \lambda = \frac{2\pi}{8\pi} = \frac{1}{4} & \\ & k = 10\pi & & & \end{array}$$

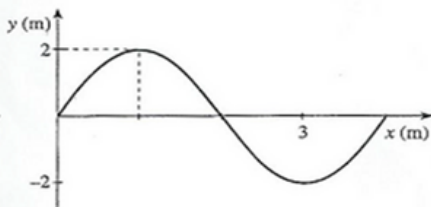
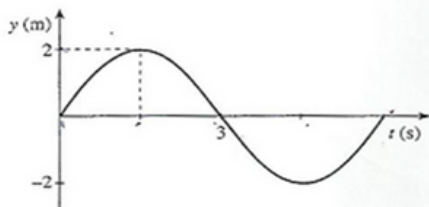
$$\text{b)} \quad T = \frac{1}{50} \text{ s} \quad \text{logo} \quad f = \frac{1}{T} = 50 \text{ Hz}$$

$$\text{c)} \quad \lambda = 0,25 \text{ m}$$

$$v = \text{const}$$

$$\text{d)} \quad v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{10}{12,5} = 0,8 \text{ s}$$

2. Os gráficos representam a elongação, em função do tempo e da posição, de uma onda progressiva



- Determine o período e o comprimento da onda.
- Calcule a velocidade de propagação da onda.
- Escreva a equação da elongação em função da posição e do tempo da onda.

Resolução

$$\text{a) } \frac{T}{2} = 3 \Leftrightarrow T = 6\text{ s}$$

$$\frac{3\lambda}{4} = 3 \Leftrightarrow \lambda = 4\text{ m}$$

$$\text{b) } v = \frac{\lambda}{T} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3} \text{ m/s}$$

$$\text{c) } w = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

$$k = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{6} = \frac{\pi}{3} \text{ rad/s}$$

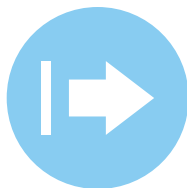
Equação da elongação em função da posição:

$$y_{(x)} = 2\text{sen}\left(\frac{\pi}{2}x - \frac{\pi}{3}t\right) \text{SI}$$

Equação da elongação em função do tempo

$$y_{(x)} = 2\text{sen}\left(\frac{\pi}{3}t - \frac{\pi}{2}x\right) \text{SI}$$

***Ficha de
Exercício***



https://drive.google.com/file/d/1WVxCnDmzPNv7floQESGtExHmg0aRwFRM/view?usp=drive_link