

FRENTE: FÍSICA II

PROFESSOR(A): CARLOS EDUARDO

ASSUNTO: ONDULATÓRIA

## EAD – ITA/IME

### AULAS 30-32



### Resumo Teórico

#### Noções básicas de ondas

Quando conversamos com um amigo, passamos horas e horas nos divertindo e nem percebemos quanta física existe neste processo. Um exemplo disso é a propagação de ondas sonoras. Quando falamos, vibramos nossas cordas vocais e esta vibração provoca uma perturbação no ar, que se propaga até o ouvido do colega e este capta, por ressonância, a frequência que emitimos e o cérebro codifica a mensagem. Isso se deve ao fato de que ondas sonoras se propagam em meios materiais, pois são ondas mecânicas. No espaço, por exemplo, a onda sonora não consegue se propagar (por isso não escutamos as explosões solares e outros fenômenos). Entretanto, ondas eletromagnéticas têm o poder de se propagar até mesmo no vácuo (estas ondas não precisam de um meio material para existir).

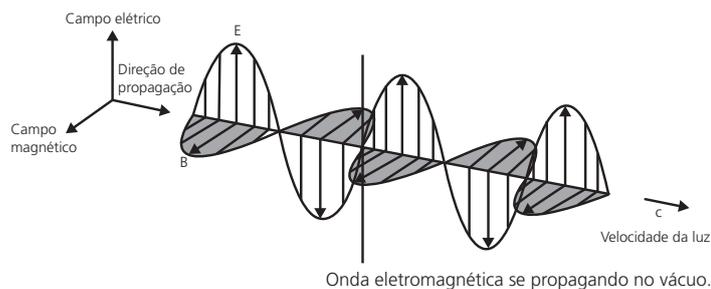
Embora o mecanismo físico possa ser diferente para cada um dos fenômenos citados acima, todos eles têm um aspecto em comum. São situações físicas produzidas em um ponto do espaço, propagadas através dele, e percebidas um instante depois em outro local.

Todos nós temos noção do que é uma onda! Lembramos logo das ondas do mar, correto? Pois bem, aquelas ondas são ondas bem complicadas e discutiremos sobre o assunto posteriormente. Primeiramente, vamos entender os princípios básicos e conhecer os elementos que caracterizam uma onda.

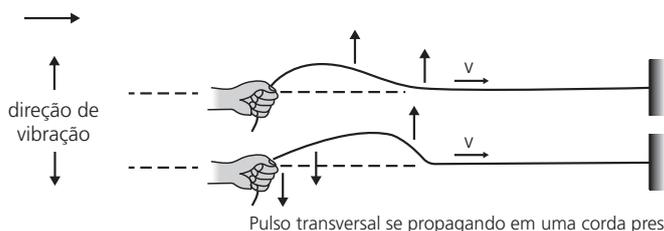
#### Definição:

Qualquer tipo de sinal (com velocidade finita) que transporta energia e quantidade de movimento é classificado como onda.

Como citado na introdução, eis alguns exemplos:

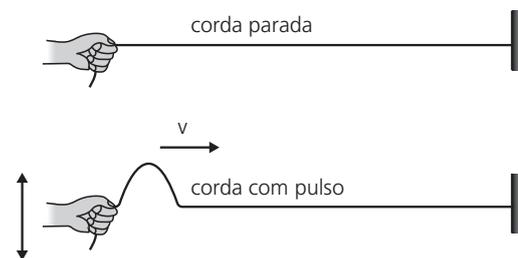


direção de propagação



#### Pulso e trem de ondas

Um pulso de onda é a propagação de uma (apenas uma) perturbação no meio.



O trem de ondas é um conjunto de pulsos. Se as perturbações são periódicas, pode-se dizer que todas as partículas do meio vibram com o mesmo período. Por exemplo, uma onda harmônica.

#### Classificação das ondas

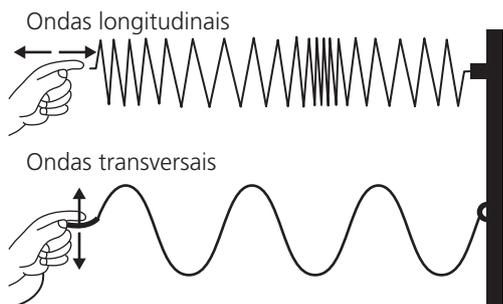
A classificação das ondas pode ser referente à sua dimensão de propagação, direção de vibração e natureza. Listamos aqui algumas delas.

#### Dimensão de propagação

- Unidimensional;
- Bidimensional;
- Tridimensional.

#### Direção de vibração

- Transversal: vibra na direção perpendicular à propagação. Ex: Ondas eletromagnéticas, ondas em cordas.
- Longitudinal: vibra no mesmo sentido de propagação. Ex: Ondas sonoras, onda se propagando sobre uma mola.



De fato, essa classificação será extremamente importante quando formos estudar polarização.

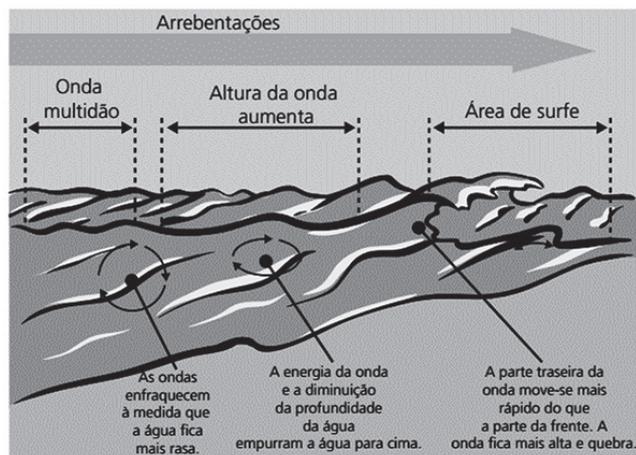
## Ondas Mecânicas

Podemos definir ondas mecânicas em poucas palavras.

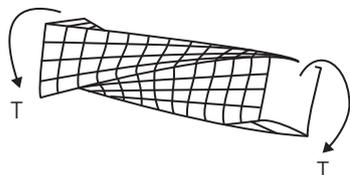
### Definição:

É uma perturbação no meio material (elástico), a qual se propaga, através desse, transportando energia e momento linear.

As ondas na superfície da água não são transversais nem longitudinais. Para águas profundas, em comparação com a amplitude de perturbação, as trajetórias são circunferências. Se a profundidade for pequena em relação à amplitude, serão elípticas.



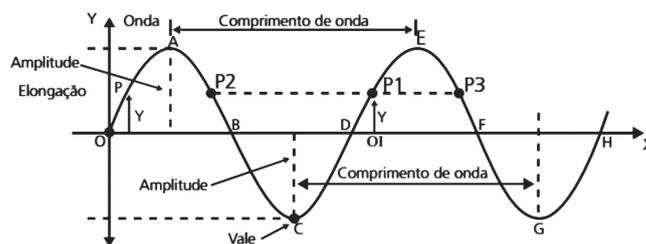
Outro tipo de onda, que não é transversal nem longitudinal, é a onda de torção:



**Obs.:** Normalmente, ondas transversais só se propagam em sólidos. Isso se deve a forças de interação. No caso das ondas sobre superfícies de líquidos, é a gravidade que é responsável pela interação.

## Ondas periódicas

### Elementos de uma onda periódica



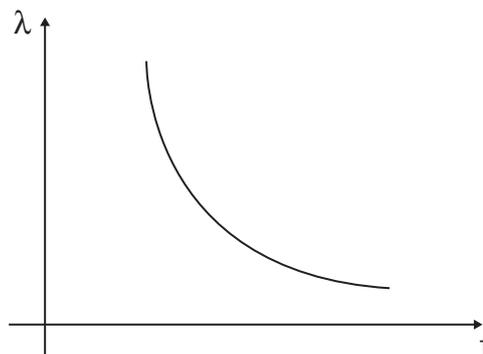
- **Amplitude:** por amplitude de uma onda entendemos a altura de sua crista em relação ao nível médio, isto é, a maior distância através da qual se mova a onda.
- **Frequência:** supondo que você esteja em uma canoa amarrada a um cais e que as ondas elevem e abaixem a canoa rapidamente, a frequência é o número de ondas que passam pela canoa a cada segundo.
- **Comprimento de onda:** representa a distância entre duas cristas ou dois vales (ou dois pontos consecutivos  $PP_1$  e  $P_2P_3$ ) de uma onda que vibra em fase.
- **Período:** intervalo de tempo necessário para que um perfil de onda completo passe diante do observador (ou do referencial escolhido). É o tempo de uma oscilação completa.

Daí, temos a seguinte relação:

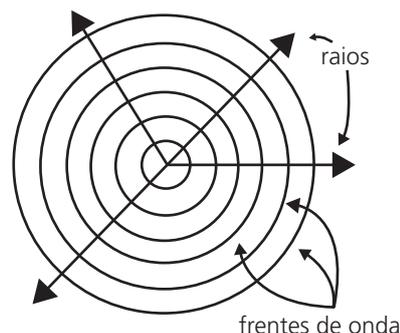
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T}$$

$$v = \lambda f$$

A velocidade de propagação depende do meio.



Para as ondas bi e tridimensional, temos:



Para representar a direção e o sentido de propagação de uma onda, costumam-se usar linhas orientadas, denominadas raios de onda. Chamamos de frente de onda a superfície (ou linha, em alguns casos) de onda que separa a região já perturbada da região não perturbada.

### Observações:

- Em meios homogêneo e isotrópico, os raios são perpendiculares às superfícies de onda e são retos.
- Em meios isotrópicos, mas não homogêneos, os raios podem ser curvados, mas ainda são perpendiculares às superfícies de onda.
- Em meios anisotrópicos, os raios podem não ser perpendiculares à superfícies de onda.



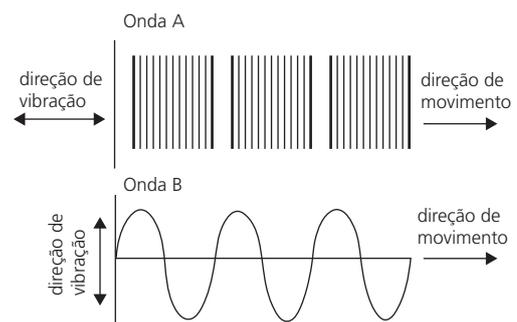
## Exercícios

- 01.** Em qual dos fenômenos abaixo as ondas são longitudinais?
- Luz de *laser*.
  - Raios X.
  - Raios gama.
  - Vibração de corda de piano.
  - Propagação sonora em um gás.
- 02.** Em qual das alternativas abaixo as radiações eletromagnéticas mencionadas encontram-se em ordem crescente de suas frequências?
- Luz visível, raios X e infravermelho.
  - Raios X, infravermelho e ondas de rádio.
  - Raios  $\gamma$ , luz visível e micro-ondas.
  - Raios  $\gamma$ , micro-ondas e raios X.
  - Ondas de rádio, luz visível e raios X.
- 03.** Um professor de Física, que ministrava a primeira aula sobre ondas, dava exemplos de ondas eletromagnéticas. Ele dizia: "são exemplos de ondas eletromagnéticas: as ondas de rádio, a luz, as ondas de radar, os raios X, os raios  $\gamma$ ". Um aluno entusiasmado completou a lista de exemplos, dizendo: "raios  $\alpha$ , raios  $\beta$  e raios catódicos". Pode-se afirmar que:
- pelo menos um exemplo citado pelo professor está errado.
  - todos os exemplos citados pelo professor e pelo aluno estão corretos.
  - apenas um exemplo citado pelo aluno está errado.
  - os três exemplos citados pelo aluno estão errados.
  - há erros tanto nos exemplos do professor quanto nos do aluno.
- 04.** (ITA) Considere os seguintes fenômenos ondulatórios:
- Luz;
  - Som;
  - Perturbação propagando-se numa mola helicoidal esticada.

Podemos afirmar que:

- I, II e III necessitam de um suporte material para propagar-se.
- I é transversal, II é longitudinal e III tanto pode ser transversal como longitudinal.
- I é transversal, II é longitudinal e III é longitudinal.
- I e III podem ser longitudinais.
- somente III é longitudinal.

- 05.** (ITA) Uma luz monocromática, propagando-se no vácuo com um comprimento de onda de  $6000 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ), incide sobre um vidro de índice de refração  $n = 1,5$  para este comprimento de onda. (Considere a velocidade da luz no vácuo como sendo de  $300.000 \text{ km/s}$ ). No interior deste vidro, esta luz:
- irá se propagar com seu comprimento de onda inalterado, porém com uma nova frequência  $f = 3,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ .
  - irá se propagar com um novo comprimento de onda  $= 4000 \text{ \AA}$ , bem como uma nova frequência  $f = 3,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ .
  - irá se propagar com uma nova velocidade  $v = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ , bem como com uma nova frequência  $f = 3,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ .
  - irá se propagar com uma nova frequência  $f = 3,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ , e um novo comprimento de onda  $= 4000 \text{ \AA}$ , bem como com uma nova velocidade  $v = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .
  - irá se propagar com a mesma frequência  $f = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ , com um novo comprimento de onda  $= 4000 \text{ \AA}$ , e com uma nova velocidade  $v = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .
- 06.** (Aman) Em um forno de micro-ondas, o processo de aquecimento é feito por ondas eletromagnéticas que atingem o alimento ali colocado, incidindo assim nas moléculas de água nele presentes. Tais ondas, de frequência  $2,45 \text{ GHz}$ , atingem aquelas moléculas, que, por possuírem esta mesma frequência natural, passam a vibrar cada vez mais intensamente. Desse modo, podemos afirmar que o aquecimento descrito é decorrente do seguinte fenômeno ondulatório:
- batimento.
  - ressonância.
  - refração.
  - difração.
  - interferência.
- 07.** Um banhista, parado em relação à Terra, conta, em uma praia, a passagem de 21 cristas de onda equiespaçadas pelo seu corpo. O intervalo de tempo decorrido no evento é de  $80 \text{ s}$ . Conhecendo a velocidade de propagação das ondas ( $1,0 \text{ m/s}$ ), determine o comprimento de onda das ondas do mar nesse local.
- 4 m
  - 5 m
  - 6 m
  - 7 m
  - 8 m
- 08.** E um lago, o vento produz ondas periódicas que se propagam a uma velocidade de  $2 \text{ m/s}$ . O comprimento de onda é de  $10 \text{ m}$ . Determine a frequência de oscilações de um barco:
- quando ancorado nesse lado;
  - quando se movimenta em sentido contrário ao da propagação das ondas, a uma velocidade de  $8 \text{ m/s}$ .
- 09.** (ITA) Considere as seguintes afirmações relativas às formas de ondas mostradas na figura:

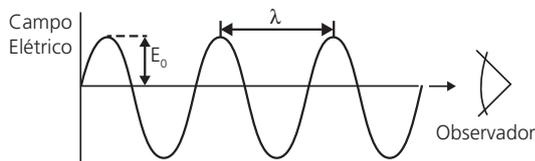


- I. A onda A é conhecida como onda longitudinal e seu comprimento de onda é igual à metade do comprimento de onda da onda B;
- II. Uma onda sonora propagando-se no ar é melhor descrita pela onda A, onde as regiões escuras são chamadas de regiões de compressão e as regiões claras, de regiões de rarefação;
- III. Se as velocidades das ondas A e B são iguais e permanecem constantes e, ainda, se o comprimento de onda da onda B é duplicado, então o período da onda A é igual ao período da onda B.

Então, pode-se concluir que:

- a) somente II é correta.
  - b) I e II são corretas.
  - c) todas são corretas.
  - d) II e III são corretas.
  - e) I e III são corretas.
10. (ITA) Uma onda eletromagnética com um campo elétrico de amplitude  $E_0$ , frequência  $f$ , comprimento de onda igual a 550 nm é vista por um observador, como mostra a figura. Considere as seguintes proposições:
- I. Se a amplitude do campo elétrico  $E_0$  for dobrada, o observador perceberá um aumento do brilho da onda eletromagnética;
  - II. Se a frequência da onda for quadruplicada, o observador não distinguirá qualquer variação do brilho da onda eletromagnética;
  - III. Se a amplitude do campo elétrico for dobrada, e a frequência da onda for quadruplicada, então o observador deixará de visualizar a onda eletromagnética.

Lembrando que a faixa de comprimento de ondas em que a onda eletromagnética é perceptível ao olho humano compreende valores de 400 nm a 700 nm, pode-se afirmar que:



- a) apenas II é correta.
  - b) somente I e II são corretas.
  - c) todas são corretas.
  - d) somente II e III são corretas.
  - e) somente I e III são corretas.
11. Analise as afirmativas:
- I. Toda onda mecânica é sonora;
  - II. As ondas de rádio, na faixa de FM (Frequência Modulada), são transversais;
  - III. Abalos sísmicos são ondas mecânicas;
  - IV. O som é sempre uma onda mecânica, em qualquer meio;
  - V. As ondas de rádio AM (Amplitude Modulada) são ondas mecânicas.

São verdadeiras:

- a) I, II e III
- b) I, III e V
- c) II, III e IV
- d) III, IV e V
- e) I, IV e V

12. Os modernos fornos de micro-ondas, usados em residências, utilizam radiação eletromagnética de pequeno comprimento de onda para cozinhar os alimentos. A frequência da radiação utilizada é de aproximadamente 2 500 MHz. Sendo 300 000 km/s a velocidade da luz no vácuo, qual é, em centímetros, o valor aproximado do comprimento de onda das radiações utilizadas no forno de micro-ondas?

- a) 12 cm
- b) 22 cm
- c) 32 cm
- d) 42 cm
- e) 52 cm

13. Antenas para emissoras de rádio AM (Amplitude Modulada) são frequentemente construídas de modo que a torre emissora tenha uma altura igual a  $\frac{1}{4}$  do comprimento de onda das ondas a serem emitidas. Com base nisso, determine a altura, em metros, da torre de uma emissora que emite na frequência de 1 000 kHz. Considere a velocidade da luz igual a  $3,0 \cdot 10^8$  m/s.

- a) 12 m
- b) 21 m
- c) 30 m
- d) 56 m
- e) 75 m

14. (ITA) A faixa de emissão de rádio em frequência modulada, no Brasil, vai de, aproximadamente, 88 MHz a 108 MHz. A razão entre o maior e o menor comprimento de onda desta faixa é:

- a) 1,2
- b) 15
- c) 0,63
- d) 0,81
- e) impossível calcular não sendo dada a velocidade de propagação da onda

15. No dia 12 de agosto de 2000, um sábado, uma tragédia abateu-se acima do Círculo Polar Ártico, no mar gelado de Barents, ao norte da Rússia. O submarino nuclear russo Kursk, em treinamento militar, afundou com 118 tripulantes a bordo, que tiveram suas vidas ceifadas sem oportunidade de socorro. O gigantesco Kursk, de 154 metros de comprimento, 18,2 metros de largura e 9 metros de altura, foi localizado com exatidão por embarcações de resgate equipadas com sonares. Esses aparelhos emitiram ultrassons com frequência próxima de 25 000 Hz que se propagaram na água com velocidade de cerca de 1 500 m/s, sendo refletidos pelo submarino e captados de volta. Com base nos dados do enunciado e sabendo que o intervalo de tempo transcorrido entre a emissão dos ultrassons e a recepção do "eco" determinado pelo Kursk foi de 0,16 s, calcule:

- a) a profundidade em que foi localizada a embarcação considerando-se que o barco e o submarino estão na mesma vertical.
- b) o comprimento de onda dos ultrassons utilizados.

GABARITOS							
01	02	03	04	05	06	07	08
E	E	D	B	E	B	A	*
<b>09</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	
A	E	C	A	E	A	*	

\*08. A)  $f = 0,2 \text{ Hz}$  B)  $f = 1 \text{ Hz}$

15. A) 120 m B) 6,0 cm