



Conceitos Básicos de Ondulatória

Joisilany Santos Dos Reis e
Bianca Martins Santos

Slides com audiodescrição de imagens para o ensino presencial ou remoto de alunos com deficiência visual

Novembro de 2021



Estes slides fazem parte do trabalho de dissertação:
**"ENSINO DE ONDAS PARA INCLUSÃO DE
DEFICIENTES VISUAIS E AUDITIVOS"**

Mestranda: Joisilany Santos Dos Reis
(joisilany.santos@gmail.com)

Orientadora: Profa. Dra. Bianca Martins Santos
(bianca.santos@ufac.br)

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física -
MNPEF (Polo 59)
Universidade Federal do Acre - UFAC

Audiodescrição dos slides:

Slides de fundo branco, com letras pretas e títulos com letras maiores. Os links da internet em azul escuro e sublinhado. Nas equações, um contorno preto retangular em volta.

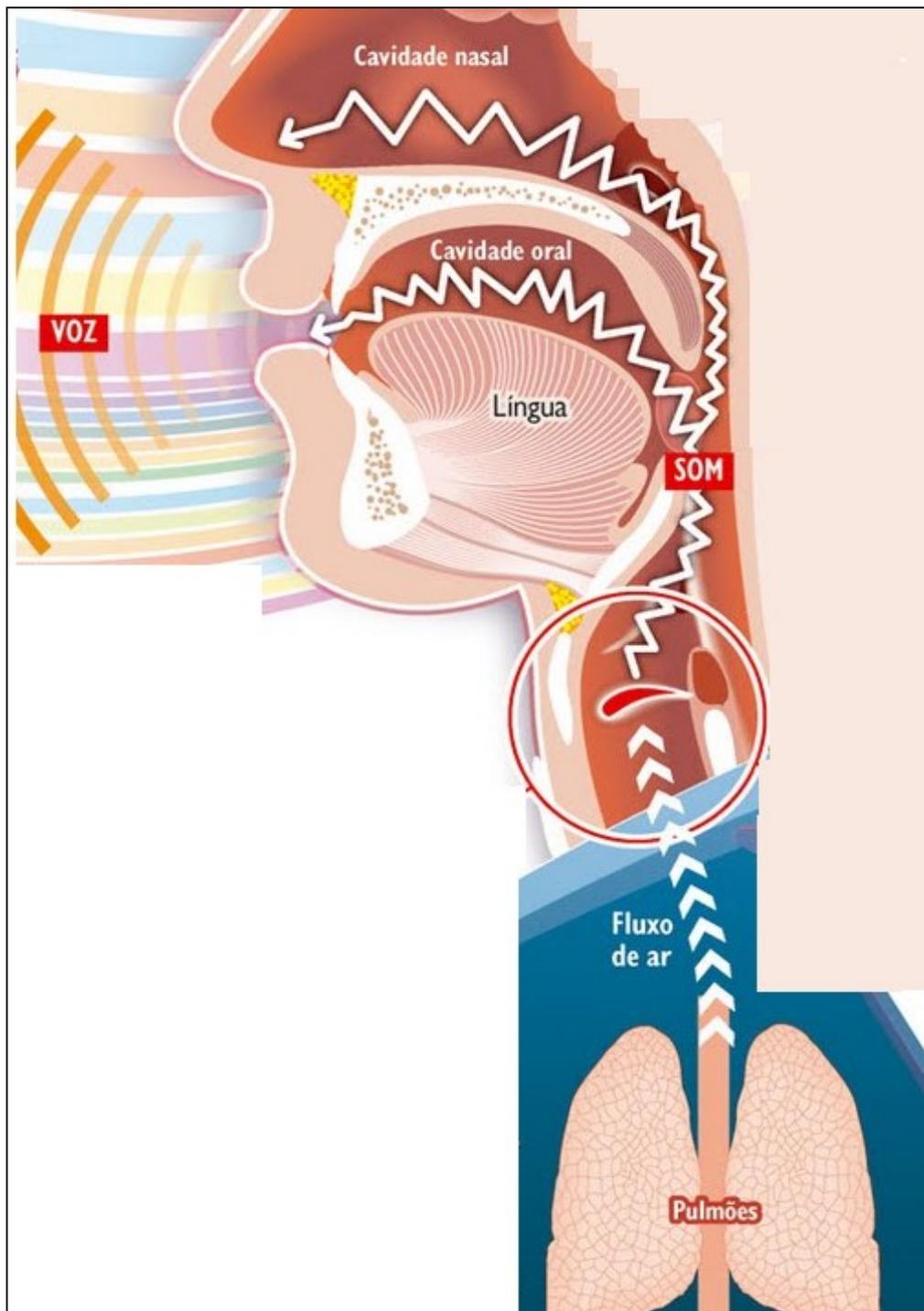
Onda

É qualquer perturbação ocasionada em um determinado espaço tempo, onde não ocorre o transporte de matéria, somente de energia.

Classificação das ondas

Quanto à Natureza:

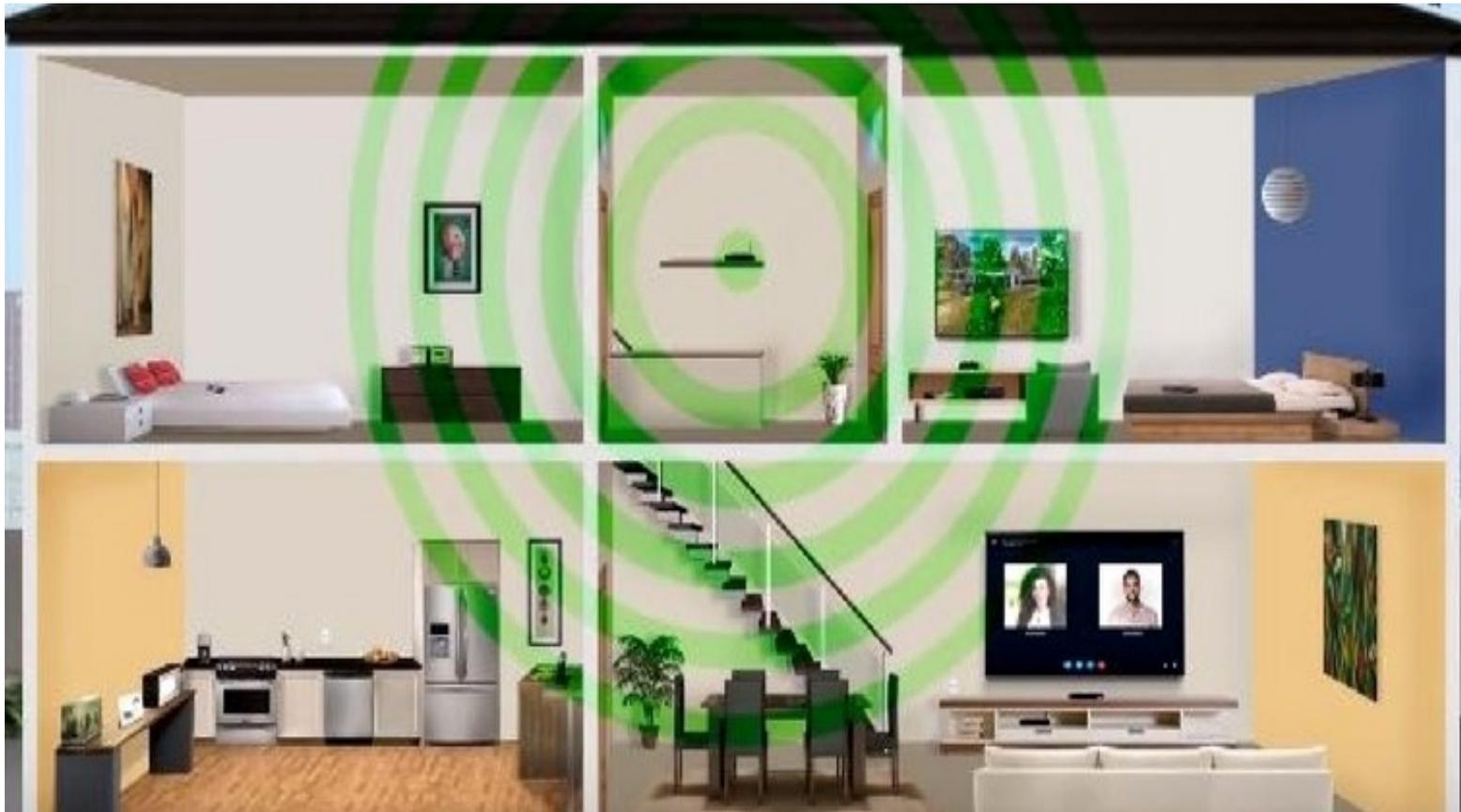
- Ondas mecânicas
 - Exemplo: formação da voz humana
- Ondas eletromagnéticas;
 - Exemplo: sinal de Wi-Fi



Esquema da seção transversal interna (de perfil lateral) do nariz, boca e pescoço.

No topo, a cavidade nasal, abaixo a cavidade oral, abaixo a língua. Na esquerda, de cima para baixo: o nariz, a boca aberta por onde sai a voz e abaixo o queixo. A voz é representada por linhas vermelhas semicirculares igualmente espaçadas, crescentes para esquerda, a partir da boca. Na direita a cavidade nasal encontra a cavidade oral e desce para as pregas vocais (destacadas por um círculo vermelho), por onde o ar sobe ao falarmos.

Abaixo, na direita, os pulmões. Setas brancas indicam o fluxo de ar saindo dos pulmões para a cavidade que sobe pela boca e o nariz. Acima das cordas vocais, escrito som.



Visão esquemática da configuração de uma casa de dois andares. No canto inferior esquerdo a cozinha; ao lado direito após a divisão da parede, sala de jantar conjugada com sala de TV; e ao fundo centralizado, as escadas para o segundo piso. No canto superior esquerdo, um quarto; ao lado, após a divisão da parede, um corredor central com passagem para escadas que dão no primeiro piso; e ao lado direito, após a divisão da parede, um quarto. O aparelho de Wi-Fi localizado no segundo piso no corredor central. E faixas circulares na cor verde claro, a partir do aparelho de Wi-Fi, concêntricas e de forma crescente

Quanto à direção de propagação da onda:

- Onda transversal e
- Onda longitudinal;

Vídeo:

**Onda transversal e longitudinal
com audiodescrição e libras**

<https://www.youtube.com/watch?v=gCE3P2oh1Bw>

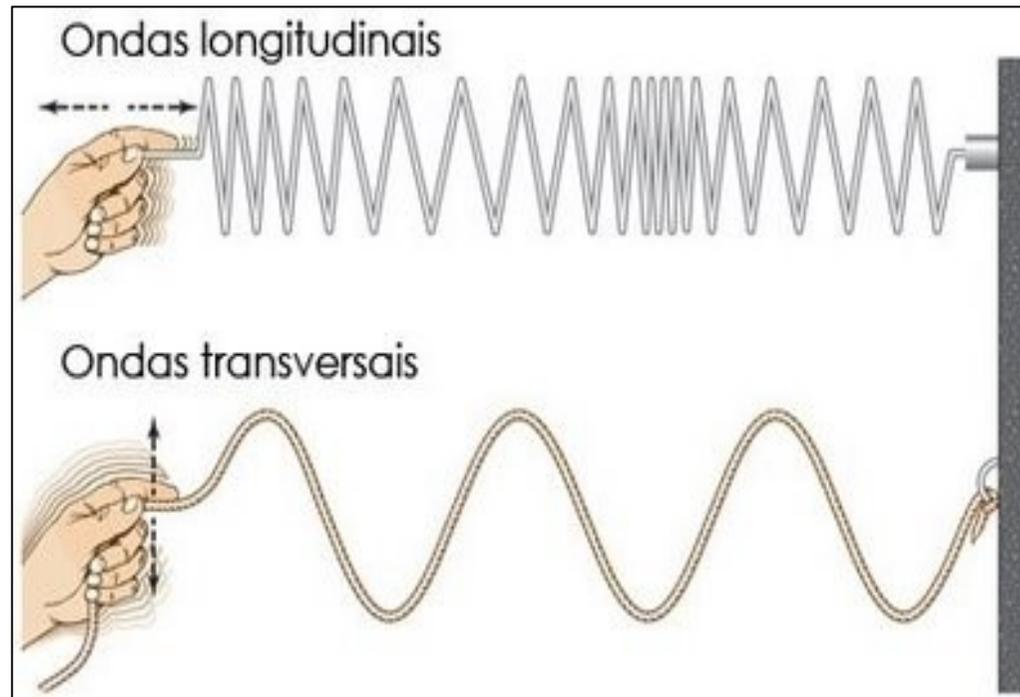


Imagem composta por dois instantes de oscilações, para duas situações físicas de perturbação no meio de origens diferentes. No topo escrito ondas longitudinais. Abaixo, mola esticada na horizontal. Na extremidade esquerda uma mão segura a mola, acima a indicação de uma seta apontando para esquerda e direita. No lado direito da mão, linhas contornando os dedos indicam movimentos para lateral. Na extremidade direita da mola, um suporte cinza por onde ela está presa. A mola é representada por desenho de zig zag com espaçamentos distintos, próximo à mão (na extremidade esquerda) e um pouco depois do centro, o zig zag mais encolhido. E no restante da mola, o zig zag mais espaçado. Abaixo escrito ondas transversais. Abaixo, corda disposta na horizontal com uma ondulação para cima e uma para baixo, e mais duas sequência desta repetida, da esquerda para direita. Na extremidade esquerda uma mão segura a mola, acima a indicação de uma seta apontando para cima e para baixo. Em cima e em baixo da mão, linhas contornando os dedos indicam movimentos para cima e para baixo. Na extremidade direita da corda, um suporte cinza por onde ela está presa.

Quanto ao número de dimensões de propagação de energia:

- Ondas unidimensionais,
- Ondas bidimensionais e
- Ondas tridimensionais.

Grandezas relacionadas

- **Amplitude (A):** deslocamento máximo em relação à posição de equilíbrio e uma crista ou um vale, de uma onda. Quanto maior a amplitude de uma onda mais energia ela transportará, ou seja, amplitude está diretamente relacionada ao transporte de energia.
- **Comprimento de onda (λ):** é a distância entre duas partes idênticas e consecutivas de uma onda, que se encontram na mesma posição. Por exemplo, a distância entre as duas cristas ou vales da onda.

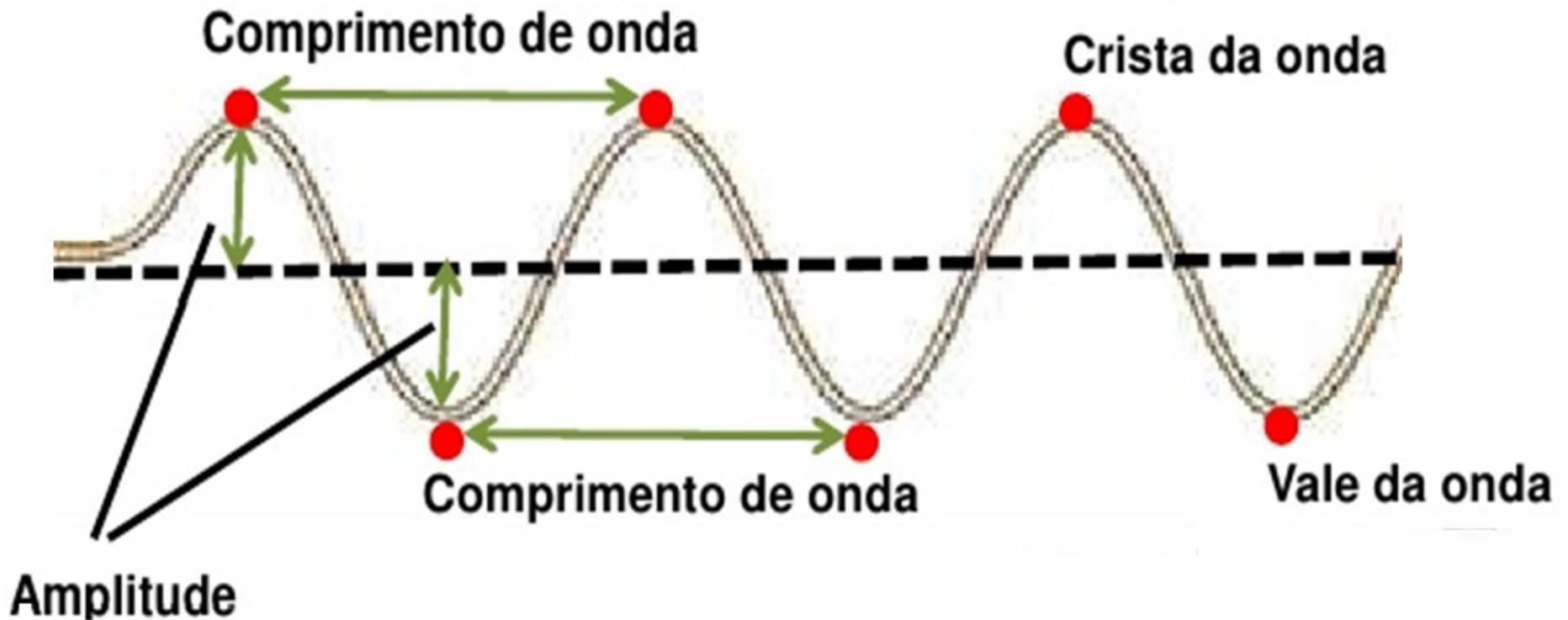


Imagem de um instante da oscilação de uma onda, numa corda cinza. Da esquerda para direita, sequencialmente na horizontal: um pico de oscilação para cima e um para baixo, ao lado duas repetições. Uma reta horizontal tracejada preta cruza a linha central da oscilação. Nos três pontos mais altos da oscilação, um ponto vermelho; e no terceiro, escrito acima “Crista da onda”. Nos três pontos mais baixos da oscilação, um ponto vermelho; e no terceiro, escrito abaixo “Vale da onda”. Uma seta verde na vertical da linha central até a primeira crista e outra seta verde na vertical da linha central até o primeiro vale, com a indicação escrita “Amplitude”. Uma seta verde na horizontal da primeira até a segunda crista, acima escrito “Comprimento de onda”. Outra seta verde na horizontal do primeiro até o segundo vale, abaixo escrito “Comprimento de onda”.

Grandezas relacionadas

- **Período (T):** tempo de duração de uma oscilação completa, isso quer dizer que em um comprimento de onda, teremos o período, que ocorrerá em um intervalo de tempo específico. Por exemplo, o período para Terra realizar uma volta completa em torno do Sol é denominado ano: 365 dias (movimento de Translação). A unidade do período no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o segundo (s).
- **Frequência (f):** grandeza escalar correspondente ao número de vezes em que uma onda se repete por unidade de tempo. Por exemplo, no slide anterior são observados a realização três ciclos (considerando o ponto inicial o ponto mais a esquerda sobre a linha central de propagação), isso significa que a onda se repete três vezes. Se o tempo gasto para isso é 1 s, a frequência é 3 Hz (Hertz, Unidade no SI).

Equações

$$\text{Período: } T = \frac{\Delta t}{n}$$

$$\text{Frequência: } f = \frac{n}{\Delta t}$$

- Onde n é o número de repetições do movimento em um determinado intervalo de tempo (Δt).

- Reescrevendo:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{ou} \quad f = \frac{1}{T}$$

- Frequência (f) e Período (T) são grandezas inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a frequência de uma onda, menor o seu período (e vice-versa).

Velocidade de propagação da onda

É a agilidade com que a onda se propaga em um meio específico, e está relacionada a distância percorrida por intervalo de tempo. É calculada pelo deslocamento em um determinado tempo, dado pelo comprimento de onda λ por período T .

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

Onde:

λ = comprimento de onda em metro (m)

v = frequência em metro por segundo (m/s)

T = período em segundos (s)

Reescrevendo T em função de f , determinamos a **Equação fundamental da onda:**

$$v = \lambda \cdot f$$

Exemplo

Uma pessoa do lado de fora de uma piscina emite uma onda sonora com a frequência igual a 680 Hz. Uma nadadora que está mergulhada na piscina consegue ouvir o som emitido pela pessoa fora dela. (a) Considerando 340 m/s a velocidade do som no ar, determine a distância (comprimento de onda) entre duas frentes de onda no ar. (b) Qual o período dessa onda sonora?

Relações conhecidas:

$$\text{Período: } T = \frac{\Delta t}{n} \text{ ou } T = \frac{1}{f}$$

$$\text{Frequência: } f = \frac{n}{\Delta t} \text{ ou } f = \frac{1}{T}$$

$$\text{Velocidade: } v = \frac{\lambda}{T} \text{ ou } v = \lambda \cdot f$$

a) Temos a velocidade: 340 m/s e a frequência da onda: 680 Hz.

Aplicando a equação fundamental da ondularia, temos:

$$V = \lambda \cdot f \rightarrow 340 = \lambda \times 680$$
$$\frac{340}{680} = \lambda \rightarrow \lambda = 0,5 \text{ m}$$

b) Sabemos que o período é o inverso da frequência :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{680} \cong 0,0015 \text{ s}$$

Relações conhecidas:

Período: $T = \frac{\Delta t}{n}$ ou $T = \frac{1}{f}$

Frequência: $f = \frac{n}{\Delta t}$ ou $f = \frac{1}{T}$

Velocidade: $v = \frac{\lambda}{T}$ ou $v = \lambda \cdot f$

Alguns fenômenos ondulatórios

Reflexão

Fenômeno que ocorre quando uma onda ou pulso incide sobre um obstáculo e retorna ao meio incidente de propagação.

- Reflexão do pulso em uma corda com:
 - Extremidade móvel
 - Extremidade fixa

Extremidade móvel

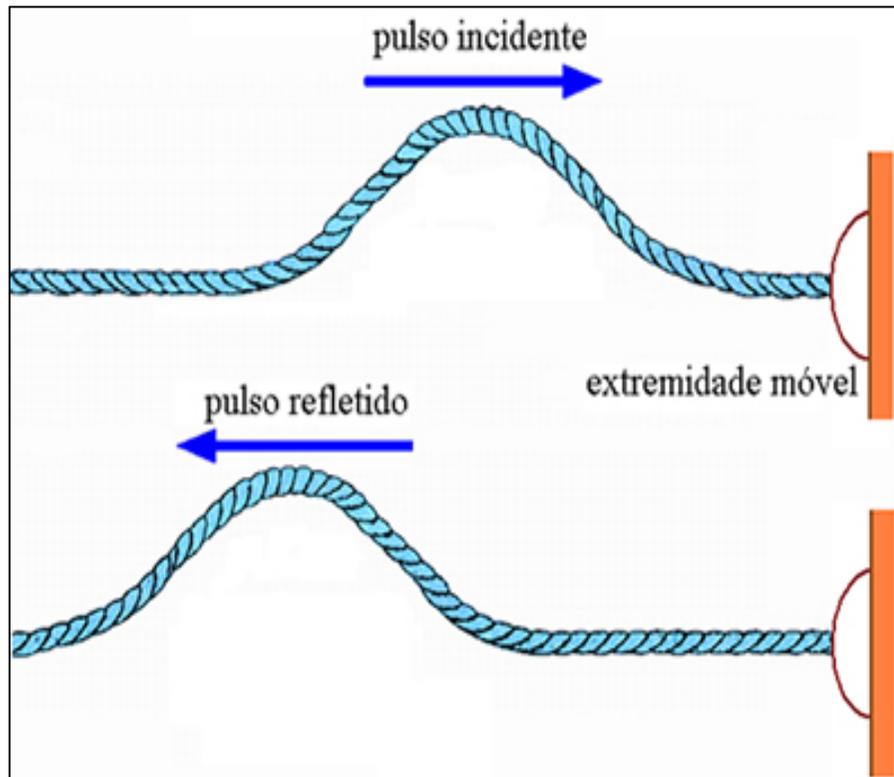


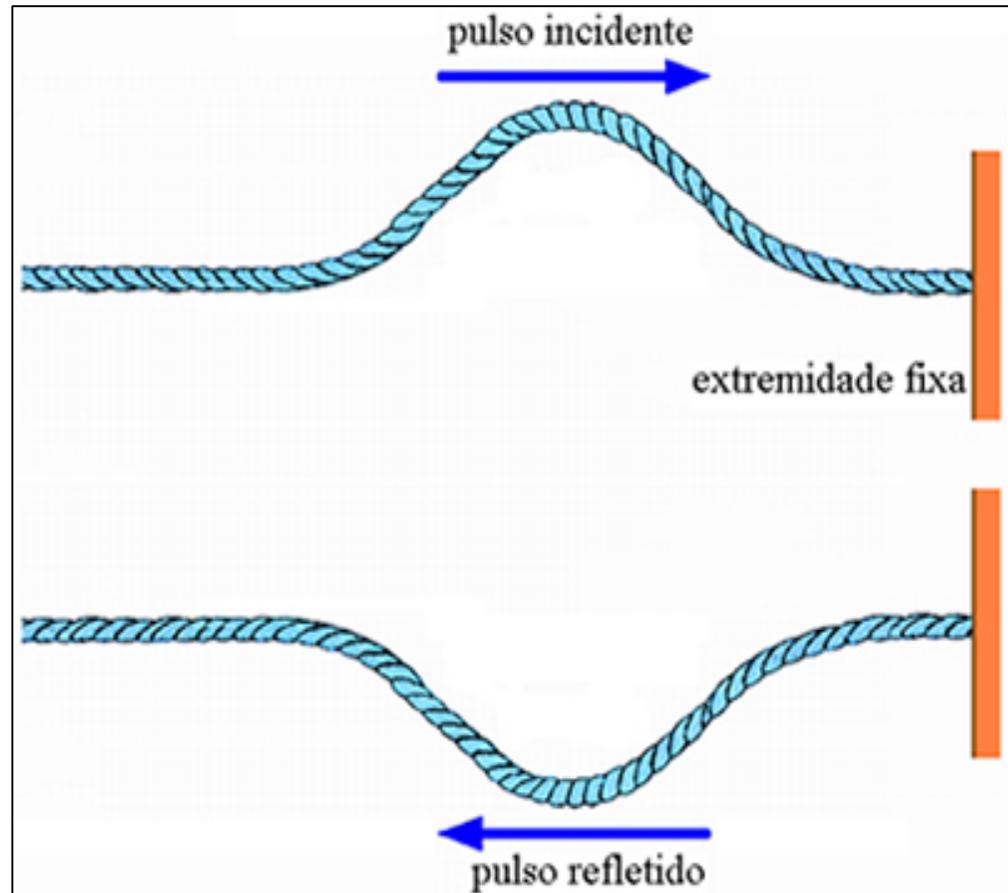
Imagem de uma corda azul esticada na horizontal, com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade esquerda para a direita, onde está presa por uma argola numa base móvel laranja. Uma seta azul escura direcionada para direita, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, a imagem da corda azul esticada na horizontal, com um pulso refletido (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade direita para a esquerda, após ter passado pela base móvel laranja. Uma seta azul escura direcionada para esquerda, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso refletido.

Extremidade fixa

Imagem de uma corda azul esticada na horizontal, com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade esquerda para a direita, onde está presa numa base fixa laranja. Uma seta azul escura direcionada para direita, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, a imagem da corda azul esticada na horizontal, com um pulso refletido (uma ondulação para baixo) se movendo da extremidade direita para a esquerda, após ter passado pela base fixa laranja. Uma seta azul escura direcionada para esquerda, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso refletido.

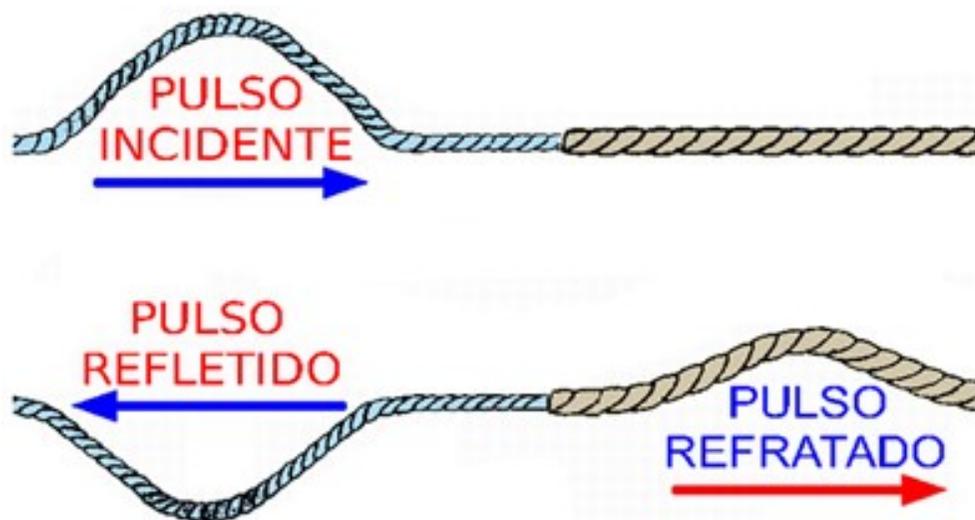


Refração

Fenômeno que ocorre quando uma onda ou pulso que se propaga e se depara com a mudança do meio.

- Refração do pulso ao mudar de:
 - Uma corda menos densa para mais densa
 - Uma corda mais densa para menos densa

Corda menos densa para mais densa



Disposta na horizontal, a imagem de uma corda fina (menos densa) com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da esquerda para a intercessão com uma corda mais grossa (mais densa). Uma seta azul escura direcionada para direita, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, disposta na horizontal, a imagem de um pulso refletido (uma ondulação para baixo) na corda fina, se movendo do ponto de intercessão para esquerda. E um pulso refratado (uma leve ondulação para cima) na corda grossa, se movendo do ponto de intercessão para direita.

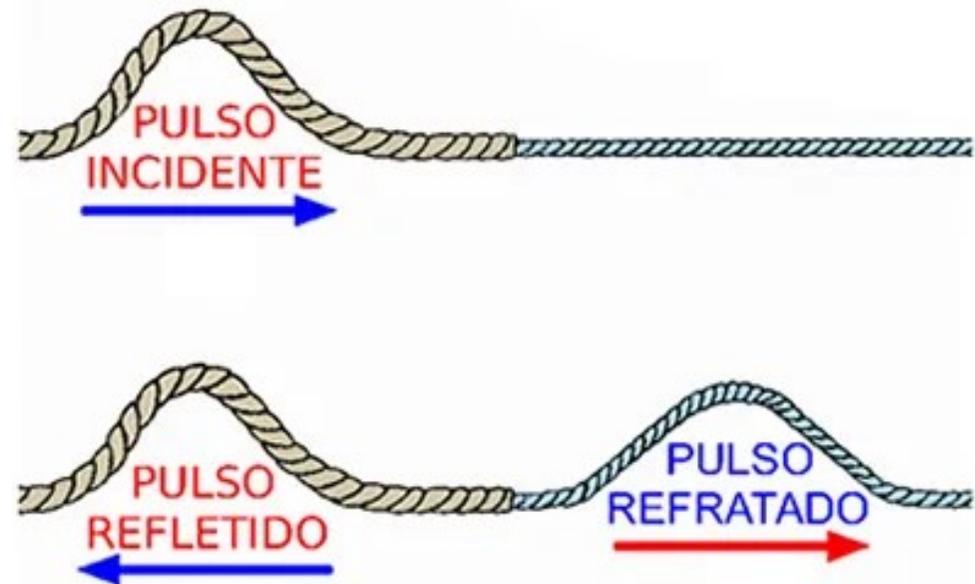
Uma seta azul escura direcionada para esquerda, acima do pulso refletido, indica sua direção da propagação. E uma seta vermelha direcionada para direita, abaixo do pulso refratado, indica sua direção da propagação.

Corda mais densa para menos densa

Disposta na horizontal, a imagem de uma corda mais grossa (mais densa) com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da esquerda para a intercessão com uma corda fina (menos densa). Uma seta azul escura direcionada para direita, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, a imagem de um pulso refletido (uma ondulação para cima) na corda grossa, se movendo do ponto de intercessão para esquerda. E um pulso refratado (uma ondulação para cima) na corda fina, se movendo do ponto de intercessão para direita.

Uma seta azul escura direcionada para esquerda, abaixo do pulso refletido, indica sua direção da propagação. Uma seta vermelha direcionada para direita, abaixo do pulso refratado, indica sua direção da propagação.

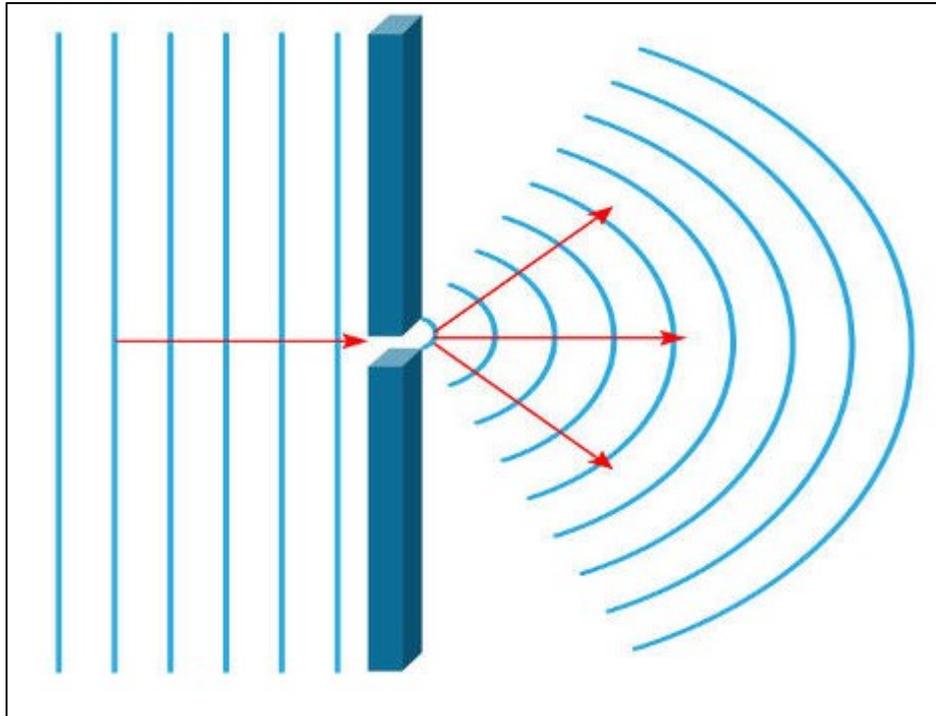


Difração

A capacidade de a onda contornar certo orifício/obstáculo.

- Para que ocorra difração é necessário que o tamanho da fenda ou obstáculo seja **comparável** ao comprimento de onda; porém, se o comprimento do obstáculo for muito maior que o comprimento de onda, **não ocorrerá** difração.
- Portanto, quanto menor o comprimento da onda em relação ao tamanho do objeto ou do obstáculo a ser atingido, menor será a capacidade de contorná-lo.

Comportamento da onda ao passar por uma fenda



□ Representação do Fenômeno de difração

Da esquerda para direita: Linhas azuis na vertical, igualmente espaçadas; Faixa grossa azul escura na vertical (representa uma barreira) com um espaço pequeno no meio (representa uma fenda); Linhas azuis circulares igualmente espaçadas, crescentes a partir da fenda.

Uma seta vermelha na esquerda da fenda, apontando para fenda, indica a direção de propagação da onda incidente.

Três setas vermelhas à direita da fenda: a primeira apontando para o nordeste, a segunda para o leste e a terceira para o sudeste; indicam a direção de propagação das ondas circulares.

Interferência

É o fenômeno que ocorre durante o encontro de duas ou mais ondas de mesma natureza, simultaneamente, que estão se propagando em um mesmo meio.

- Vamos estudar:
 - Interferência construtiva
 - Interferência destrutiva

Interferência construtiva

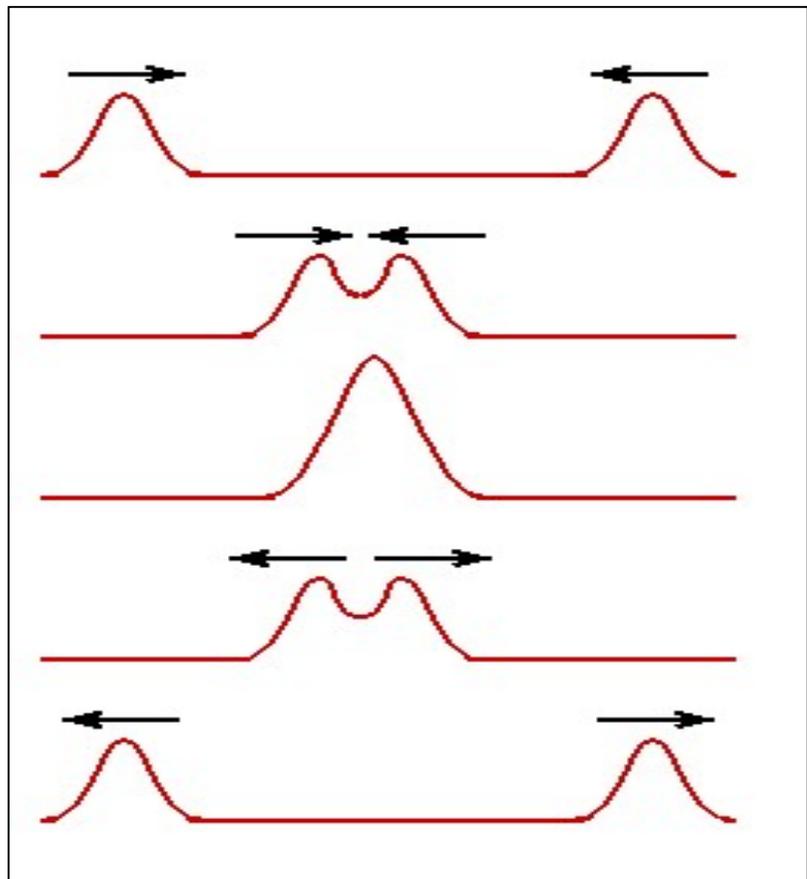


Imagem composta por cinco momentos da propagação de dois pulsos em uma corda vermelha, dispostos um abaixo do outro, sequencialmente.

Na primeira, a corda esticada na horizontal com: um pulso (ondulação para cima) na extremidade esquerda e uma seta acima apontada para direita; e um pulso (ondulação para cima) na extremidade direita e uma seta acima apontada para esquerda.

Abaixo, a mesma configuração de pulsos e setas, posicionados mais próximos do centro da corda.

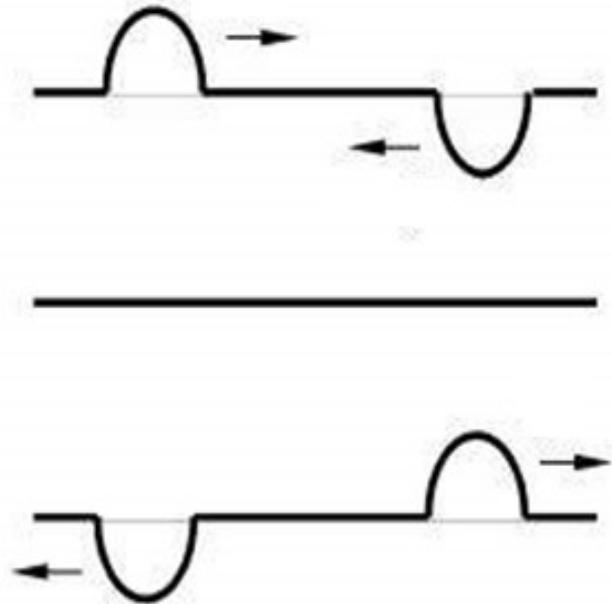
Na terceira imagem, uma corda esticada na horizontal, com um único pulso dobrado (ondulação para cima) no centro, sem a presença de setas.

Na quarta imagem, uma corda esticada na horizontal, com dois pulsos (ondulações para cima) um pouco afastados do centro. Acima do pulso da direita, uma seta preta apontada para direita; e acima do pulso da esquerda, uma seta preta apontada para esquerda.

Abaixo, uma corda esticada na horizontal, com dois pulsos (ondulações para cima), um em cada extremidade. Acima do pulso da direita, uma seta preta apontada para direita; e acima do pulso da esquerda, uma seta preta apontada para esquerda.

Interferência destrutiva

Imagem composta por três momentos da propagação de dois pulsos em uma corda preta, dispostos um abaixo do outro, sequencialmente.



Na primeira, a corda esticada na horizontal com: um pulso (ondulação para cima) na extremidade esquerda e uma seta ao lado apontada para direita; e um pulso (ondulação para baixo) na extremidade direita e uma seta ao lado apontada para esquerda.

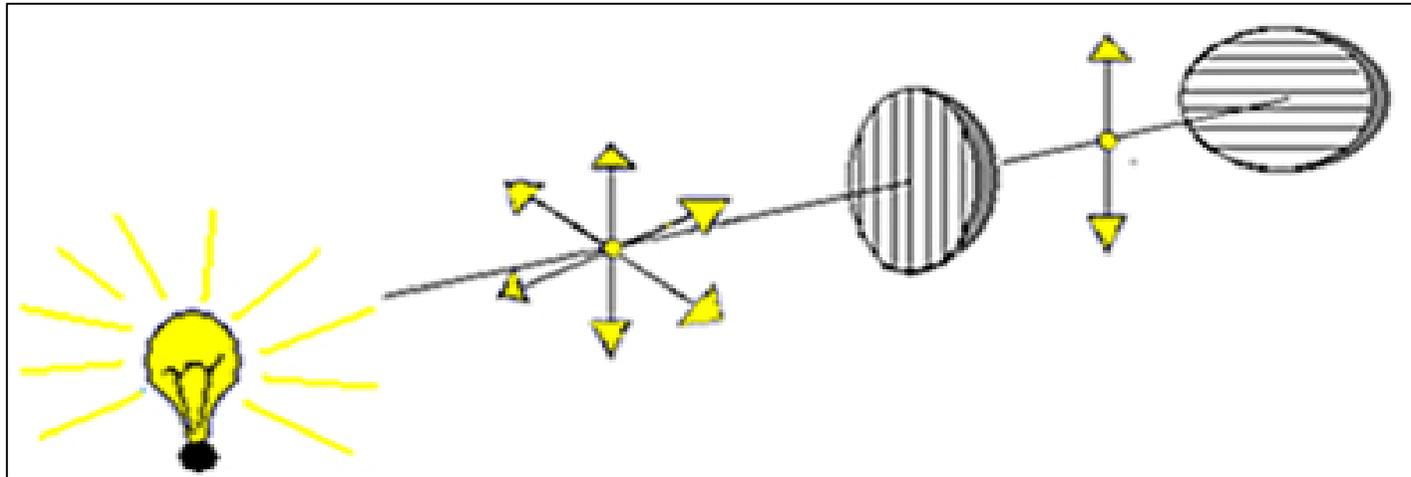
Abaixo, a corda esticada na horizontal, sem a presença de setas.

Na terceira imagem, a corda esticada na horizontal, com: um pulso (ondulação para baixo) na extremidade esquerda e uma seta ao lado apontada para esquerda; e um pulso (ondulação para cima) na extremidade direita e uma seta ao lado apontada para direita.

Polarização

- **Polarizar** uma onda significa orientá-la em uma única direção (fazê-la vibrar em apenas uma direção) ou plano através da passagem em um dado meio, chamado de polarizador.
- A **polarização** é uma característica das ondas transversais, pois como foi estudado sabe-se que uma onda transversal é aquela que possui várias direções transversais de vibração, relativamente à direção da propagação;

❑ Exemplo do uso de polarizadores



Na esquerda, desenho de lâmpada acesa de cor amarela, com retas saindo dela para todas as direções.

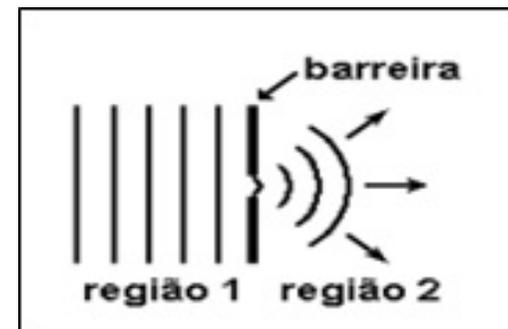
Ao lado direito sobre uma linha reta cinza, levemente inclinada para o nordeste, quatro desenhos dispostos em sequência: Primeiro, setas amarelas radiais partem do ponto central para todas as direções, representa a luz não polarizada; Segundo, na cor cinza, círculo com retas na vertical no interior, igualmente espaçadas, representa o polarizador na direção vertical; Terceiro, uma seta amarela parte do ponto central e aponta para cima e para baixo, representa a luz polarizada na vertical; Por último, na cor cinza, círculo com retas na horizontal no interior, igualmente espaçadas, representa o polarizador na direção horizontal.

Vamos testar
nossos conhecimentos...?

Questão 1

(Unesp 2004) A figura abaixo representa esquematicamente as frentes de onda de uma onda reta na superfície da água, propagando-se da região 1 para a região 2. Essas regiões são idênticas e separadas por uma barreira com abertura. A configuração das frentes de onda observada na região 2, que mostra o que aconteceu com a onda incidente ao passar pela abertura, caracteriza o fenômeno da?

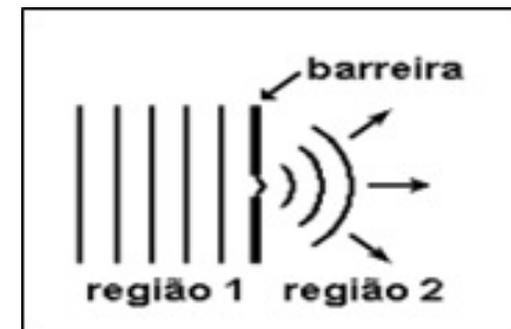
- absorção.
- difração.
- polarização.
- refração.



Questão 1

(Unesp 2004) A figura abaixo representa esquematicamente as frentes de onda de uma onda reta na superfície da água, propagando-se da região 1 para a região 2. Essas regiões são idênticas e separadas por uma barreira com abertura. A configuração das frentes de onda observada na região 2, que mostra o que aconteceu com a onda incidente ao passar pela abertura, caracteriza o fenômeno da?

- absorção.
- difração.
- polarização.
- refração.



Questão 2

(UEMG/2013) Jonas estava na sala de sua casa, que ficava perto de uma escola. Ao ouvir sons vindos da escola, ele concluiu que as ondas sonoras que vinham pelo ar, atingindo e atravessando o vidro, propagavam-se novamente pelo ar até atingir os seus tímpanos. Na passagem do ar para o vidro e do vidro para o ar, as ondas sonoras vindas da escola certamente não sofreram alteração de:

- frequência.
- velocidade.
- comprimento de onda.
- amplitude.

Questão 2

(UEMG/2013) Jonas estava na sala de sua casa, que ficava perto de uma escola. Ao ouvir sons vindos da escola, ele concluiu que as ondas sonoras que vinham pelo ar, atingindo e atravessando o vidro, propagavam-se novamente pelo ar até atingir os seus tímpanos. Na passagem do ar para o vidro e do vidro para o ar, as ondas sonoras vindas da escola certamente não sofreram alteração de:

- frequência.
- velocidade.
- comprimento de onda.
- amplitude.

Questão 3

(UCS – RS) A velocidade de uma onda na água depende da profundidade da água na região em que ela se encontra: quanto maior a profundidade, maior a velocidade da onda. A mudança de velocidade das ondas devido à mudança de características no meio de propagação é conhecida como

- difração.
- interferência.
- refração.
- batimento.
- timbre.

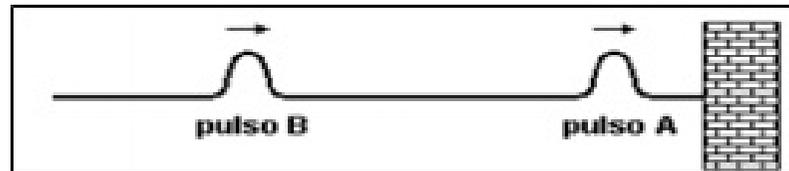
Questão 3

(UCS – RS) A velocidade de uma onda na água depende da profundidade da água na região em que ela se encontra: quanto maior a profundidade, maior a velocidade da onda. A mudança de velocidade das ondas devido à mudança de características no meio de propagação é conhecida como

- difração.
- interferência.
- refração.
- batimento.
- timbre.

Questão 4

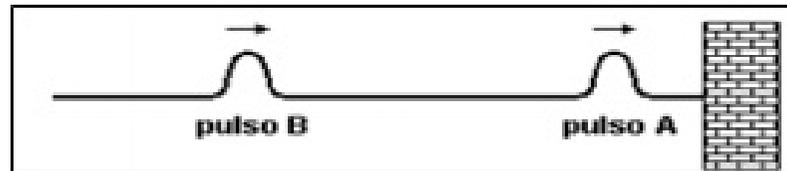
(UFSCAR-SP) Dois pulsos, A e B, são produzidos em uma corda esticada, que tem uma extremidade fixada numa parede, conforme a figura. Quando os dois pulsos se superpuserem, após o pulso A ter sofrido reflexão na parede, ocorrerá interferência:



- construtiva e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- construtiva e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.
- destrutiva e, em seguida, os pulsos deixarão de existir, devido à absorção da energia durante a interação.
- destrutiva e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- destrutiva e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.

Questão 4

(UFSCAR-SP) Dois pulsos, A e B, são produzidos em uma corda esticada, que tem uma extremidade fixada numa parede, conforme a figura. Quando os dois pulsos se superpuserem, após o pulso A ter sofrido reflexão na parede, ocorrerá interferência:



- construtiva e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- construtiva e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.
- destrutiva e, em seguida, os pulsos deixarão de existir, devido à absorção da energia durante a interação.
- destrutiva e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- destrutiva e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.

Questão 5

(UEPB/2011) Em 12 de Janeiro de 2010 aconteceu um grande terremoto catastrófico na região de Porto Príncipe, capital do Haiti. A tragédia causou grandes danos à capital haitiana e a outros locais da região. Sendo a maioria de origem natural, os terremotos ou sismos são tremores causados por choques de placas subterrâneas que, quando se rompem, liberam energia através de ondas sísmicas, que se propagam tanto no interior como na superfície da Terra. Uma onda sísmica pode ser classificada também como longitudinal ou transversal. A respeito dessa classificação, analise as proposições a seguir, e selecione apenas as afirmações verdadeiras.

- Na onda longitudinal, a direção em que ocorre a vibração é igual à direção de propagação da onda.
- Na onda longitudinal, a direção em que ocorre a vibração é diferente da direção de propagação da onda.
- Na onda transversal, a direção em que ocorre a vibração é igual à direção de propagação da onda.
- Na onda transversal, a direção em que ocorre a vibração é diferente da direção de propagação da onda.

Questão 5

(UEPB/2011) Em 12 de Janeiro de 2010 aconteceu um grande terremoto catastrófico na região de Porto Príncipe, capital do Haiti. A tragédia causou grandes danos à capital haitiana e a outros locais da região. Sendo a maioria de origem natural, os terremotos ou sismos são tremores causados por choques de placas subterrâneas que, quando se rompem, liberam energia através de ondas sísmicas, que se propagam tanto no interior como na superfície da Terra. Uma onda sísmica pode ser classificada também como longitudinal ou transversal. A respeito dessa classificação, analise as proposições a seguir, e selecione apenas as afirmações verdadeiras.

- Na onda longitudinal, a direção em que ocorre a vibração é igual à direção de propagação da onda.
- Na onda longitudinal, a direção em que ocorre a vibração é diferente da direção de propagação da onda.
- Na onda transversal, a direção em que ocorre a vibração é igual à direção de propagação da onda.
- Na onda transversal, a direção em que ocorre a vibração é diferente da direção de propagação da onda.

Questão 6

(UFMG/2004) O muro de uma casa separa Laila de sua gatinha. Laila ouve o miado da gata, embora não consiga enxergá-la. Nessa situação, Laila pode ouvir, mas não pode ver sua gata, POR QUE:

- a onda sonora é uma onda longitudinal e a luz é uma onda transversal.
- a velocidade da onda sonora é menor que a velocidade da luz.
- a frequência da onda sonora é maior que a frequência da luz visível.
- o comprimento de onda do som é maior que o comprimento de onda da luz visível.

Questão 6

(UFMG/2004) O muro de uma casa separa Laila de sua gatinha. Laila ouve o miado da gata, embora não consiga enxergá-la. Nessa situação, Laila pode ouvir, mas não pode ver sua gata, POR QUE:

- a onda sonora é uma onda longitudinal e a luz é uma onda transversal.
- a velocidade da onda sonora é menor que a velocidade da luz.
- a frequência da onda sonora é maior que a frequência da luz visível.
- o comprimento de onda do som é maior que o comprimento de onda da luz visível.

Questão 7

Uma onda pode:

- transportar energia
- transportar matéria
- transportar matéria e energia
- nenhuma das alternativas

Questão 7

Uma onda pode:

- transportar energia
- transportar matéria
- transportar matéria e energia
- nenhuma das alternativas

Questão 8

As grandezas relacionadas a uma onda são: frequência, comprimento, velocidade de propagação. Quais das grandezas citadas dependem exclusivamente da fonte emissora?

- amplitude e frequência
- amplitude e velocidade
- amplitude e comprimento de onda
- velocidade e comprimento de onda
- frequência e comprimento de onda

Questão 8

As grandezas relacionadas a uma onda são: frequência, comprimento, velocidade de propagação. Quais das grandezas citadas dependem exclusivamente da fonte emissora?

- amplitude e frequência
- amplitude e velocidade
- amplitude e comprimento de onda
- velocidade e comprimento de onda
- frequência e comprimento de onda

Referências

- ALBERTO, G. Compreendendo a física. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013.
- RAMALHO, F. GILBERTO; N. TOLEDO; P. A. Os fundamentos da Física. 11 ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.
- HALLIDAY, D. Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica. 8ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2008.
- Representação Gráfica da Amplitude (A) e do Comprimento de Onda (λ) de uma onda, adaptada de: <https://image.slidesharecdn.com/ondassite-110827100007-phpapp01/95/ondas-site-5-728.jpg?cb=1314439900>
- SANTOS, Bianca Martins, Vídeo (2 min e 56 s). Onda transversal e longitudinal com audiodescrição e libras. <https://youtu.be/gCE3P2oh1Bw>
- Figura do Esquema sobre a formação da voz humana, adaptado de: <http://francielelorryfonseca.blogspot.com/p/saude-vocal.html>
- Figura de Representação do sinal de wi-fi em uma casa: <https://www.minhaoperadora.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Algar-Wifi.jpg>
- Figura de Ondas Transversais e Longitudinais: <http://www.explicatorium.com/images/cfq-8/ondas-longitudinais-transversais.jpg>

- Figura de reflexão com extremidade móvel:
<https://s1.static.brasescola.uol.com.br/be/conteudo/images/reflexao-sem-inversao-de-fases.jpg>
- Figura de reflexão com extremidade fixa:
<https://s1.static.brasescola.uol.com.br/be/conteudo/images/ffe9f7e566a51a55c18a0983f3bdaeed.jpg>
- Figura de refração em uma corda menos densa para mais densa, adaptado de:
https://static.preparaenem.com/conteudo_legenda/7ee028f25caa2f2e619a519cc7b1f361.jpg
- Figura de refração em uma corda mais densa para menos densa, adaptado de:
<https://static.preparaenem.com/conteudo/images/pulso-refratado.jpg>
- Figura de difração: <https://s5.static.brasescola.uol.com.br/img/2017/09/difracao-fenda-pequena.jpg>
- Figura de interferência construtiva:
<https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas1/Image107.gif>
- Figura de interferência destrutiva, adaptada de:
https://images.educamaisbrasil.com.br/content/banco_de_imagens/guia-de-estudo/D/interferencia.JPG
- Figura de polarização:
<https://s1.static.brasescola.uol.com.br/be/conteudo/images/Onda%20luminosa%20sofrendo%20polarizacao.jpg>