



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL

EM ENSINO DE FÍSICA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**O USO DE RECURSOS DA PLATAFORMA MOODLE NO ENSINO DE
ONDULATÓRIA E ACÚSTICA A TURMAS DA SEGUNDA SÉRIE DO ENSINO
MÉDIO – PRODUTO EDUCACIONAL**

Laelton Lima dos Santos

BRASÍLIA – DF

2016

LISTA DE IMAGENS

Figura 1: Equações de Frequência e Período de uma onda	10
Figura 2: Onda em uma corda (Wave On a String - (PHET)).....	11
Figura 3: Mapa conceitual - Introdução à ondulatória	12
Figura 4: Onda transversal em uma mola (PROF2000)	13
Figura 14: Onda longitudinal em uma mola (FERRARO).....	13
Figura 6: Simulador de ondas: Long Wave (SBFÍSICA).....	14
Figura 7: Onda numa corda	15
Figura 8: Ondas na superfície da água (PIXABAY)	15
Figura 9: Ondas sonoras (CAVALCANTE)	16
Figura 10: Mapa conceitual - Classificação das ondas.....	17
Figura 11: Amplitude de uma onda (SÓ BIOLOGIA)	18
Figura 12: Comprimento de onda.....	19
Figura 13:Equação. Velocidade da onda	19
Figura 14:Reflexão regular em uma superfície polida	23
Figura 15: Reflexão difusa	24
Figura 16: Refração da luz na água	25
Figura 17: Difração (MARQUES)	26
Figura 18: Simulador: Standing waves (SBFÍSICA)	26
Figura 19: Polarização vertical da luz (TAROGRAME, 2014)	27
Figura 20: Óculos 3D (CENTRO DE EXCELENCIA EM OFTALMOLOGIA).....	27
Figura 21: Ouvido Humano (WIKIPÉDIA)	31
Figura 22:Equação da Velocidade Média.....	35
Figura 23: Resultado de um exame de Ecografia (LEWIS, 2013)	37
Figura 24: Ecolocalização (NAUKA 21)	37
Figura 25: Efeito Doppler (WOOD).....	38
Figura 26: Equação da Frequência Aparente.....	38
Figura 27: Simulador: Doppler (SBFÍSICA).....	39
Figura 28: Simulador: Doppler Wave Fronts (SBFÍSICA)	40
Figura 29: Mapa Conceitual - Acústica.....	41
Figura 30: Violão (WIKIPÉDIA)	42
Figura 31: Equação de Taylor	45
Figura 32: Modos de vibração de uma corda (ETHAN)	46

Figura 33: Comprimento de onda numa corda	46
Figura 43: Tubos sonoros (FERRARO)	47
Figura 35: Tubo Aberto (SÓ FÍSICA).....	48
Figura 36: Comprimento de onda em tubos abertos.....	48
Figura 37: Tubos Fechados (SÓ FÍSICA)	49
Figura 38: Comprimento de onda de um tubo fechado	49

SUMÁRIO

Apresentação	5
1 PRODUTO EDUCACIONAL	6
1.1 Questões do Pré-Teste.....	6
1.2 Questões do Pós-Teste	7
1.3 Lições de Acústica	8
Módulo 01- Ondulatória	8
Ondas	8
Classificação das ondas.....	12
Características da onda	17
Questionário final de ondulatória.....	20
Módulo 02 - Fenômenos ondulatórios.....	23
Questionário final de Fenômenos Ondulatórios	28
Módulo 03 - Bioacústica.....	31
Audição Humana	31
Módulo 04 - Acústica	33
Características do Som.....	33
Fenômenos Acústicos	34
Efeito Doppler.....	38
Questionário final de Acústica.....	41
Módulo 05 - Instrumentos Musicais	44
Cordas vibrantes.....	44
Tubos Sonoros	46
Questionário sobre Cordas e Tubos	50
2 Bibliografia.....	54

Apresentação

Este material foi produzido como parte do trabalho final do Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física (MNPEF), sob a orientação do Professor Olavo Leopoldino da Silva, e trata-se do conteúdo elaborado para a plataforma Moodle® do Instituto de Física da Universidade de Brasília e que foi disponibilizado a alunos do segundo ano do Ensino Médio do Centro de Ensino Fundamental Darcy Ribeiro, no Paranoá – DF, e por meio do qual serão ensinados conceitos de Física Ondulatória e Acústica.

Desse modo, todos os textos e mídias abaixo compõe o curso Lições de Acústica, presente no endereço: <https://ifserv.fis.unb.br/moodle/course/view.php?id=534> , e acessível à todos os usuários cadastrados no Ambiente Virtual de Aprendizagem.

1 PRODUTO EDUCACIONAL

1.1 Questões do Pré-Teste

1. O que é, para você, uma onda?
2. Cite alguma situação do cotidiano onde se perceba a presença de uma onda no sentido físico da palavra.
3. Cite uma diferença entre uma onda eletromagnética e uma onda mecânica.
4. Descreva de forma sucinta o que você entende por período de uma onda.
5. Descreva de forma simplificada o que você entende por frequência de uma onda.
6. O que é velocidade? E como este conceito está ligado à ideia de posição?
7. Como podemos descrever a posição de um objeto?
8. É possível ouvir o som de uma explosão em um ambiente onde não há matéria (ar, água ou qualquer outro material)?
9. Descreva de uma forma simplificada o fenômeno do eco. Ele ocorre em qualquer ambiente ou existe alguma condição para que ele aconteça?
10. Que características permitem identificar os sons de dois instrumentos musicais distintos ou a voz de duas pessoas conhecidas?
11. O som da voz de uma pessoa desloca-se em linha reta numa única direção, ou se propaga em todas as direções? Explique.
12. Quando ocorre uma tempestade de raios, o que percebemos primeiro, a luz do relâmpago ou o som do trovão? O que isso tem a ver com a velocidade?
13. Um professor planeja uma aula e precisa decidir qual o melhor lugar para a realização da mesma. Onde é mais fácil para o professor se fazer escutar, em uma sala fechada ou em um ambiente aberto?
14. Às vezes, nas telecomunicações, ocorre o que chamamos de interferência. Esse fenômeno ocorre quando o sinal de uma fonte atrapalha o sinal de outra fonte. Esse fenômeno ocorre apenas com ondas eletromagnéticas ou também se aplica ao som?
15. Sabemos que a reflexão ocorre quando a luz incide sobre certa superfície e retorna para o meio de origem. Isso também ocorre com o som?
16. Você conhece o processo por meio do qual o corpo humano consegue produzir som ao falar? Explique.
17. Existe alguma relação entre o tamanho de um instrumento musical e a faixa de frequência produzida por ele em comparação a um instrumento semelhante? Pense no exemplo do violino e do violoncelo para guiar sua resposta.

1.2 Questões do Pós-Teste

- 01- Descreva com suas palavras o que é uma onda e cite exemplos.
- 02- Descreva com suas palavras a diferença entre uma onda eletromagnética e uma onda mecânica.
- 03- Descreva de forma sucinta o que você entende por período de uma onda.
- 04- Descreva de forma simplificada o que você entende por frequência de uma onda.
- 05- Como podemos descrever a posição de um objeto? Como o conceito de posição está associado ao conceito de velocidade?
- 06- É possível ouvir o som de uma explosão em um ambiente onde não há matéria (ar, água ou qualquer outro material)?
- 07- Descreva de uma forma simplificada o fenômeno do eco. Ele ocorre em qualquer ambiente ou existe alguma condição para que ele aconteça?
- 08- Que características permitem identificar os sons de dois instrumentos musicais distintos ou a voz de duas pessoas conhecidas?
- 09- O som da voz de uma pessoa desloca-se em linha reta numa única direção, ou se propaga em todas as direções? Explique.
- 10- Quando ocorre uma tempestade de raios, o que percebemos primeiro, a luz do relâmpago ou o som do trovão? O que isso tem a ver com a velocidade?
- 11- Um professor planeja uma aula e precisa decidir qual o melhor lugar para a realização da mesma. Onde é mais fácil para o professor se fazer escutar, em uma sala fechada ou em um ambiente aberto? Explique a diferença.
- 12- Às vezes, nas telecomunicações, ocorre o que chamamos de interferência. Esse fenômeno ocorre quando o sinal de uma fonte atrapalha o sinal de outra fonte. Esse fenômeno ocorre apenas com ondas eletromagnéticas ou também se aplica ao som?
- 13- Sabemos que a reflexão ocorre quando a luz incide sobre certa superfície e retorna para o meio de origem. Isso também ocorre com o som?
- 14- Você conhece o processo por meio do qual o corpo humano consegue produzir som ao falar? Explique.
- 15- Existe alguma relação entre o tamanho de um instrumento musical e a faixa de frequência produzida por ele em comparação a um instrumento semelhante? Explique sua resposta pensando no exemplo do violino e do violoncelo.

1.3 Lições de Acústica

Módulo 01- Ondulatória

Ondas

Definições

Perturbação: é qualquer alteração ocorrida em uma das variáveis que compõe o sistema em análise, ou seja, qualquer abalo ocorrido no meio. Deste modo, podemos citar como exemplo de perturbação um recipiente contendo areia no qual deixa-se cair uma pedra. Quando a pedra toca a superfície da areia, ela provoca uma perturbação, pois a forma da superfície se altera com o impacto.

Pulso: consiste numa perturbação com duração definida que se propaga num meio material ou imaterial. O que significa que a alteração não se restringe ao local onde ela ocorreu, ela viaja através do tempo e do espaço. Seguindo o raciocínio já empregado anteriormente, temos como exemplo de pulso, um recipiente cheio de água no qual deixamos cair uma pedra, o impacto na superfície altera o formato desta superfície, porém esta alteração não se restringe ao local atingido, ela se propaga para além desta distância.

Oscilação: Uma oscilação é um movimento de vai e vem que se repete diversas vezes ao longo do tempo, é o que ocorre por exemplo com a corda de um violão quando perturbada de modo que cada ponto esteja oscilando.

Onda: é uma propagação de energia de um ponto a outro do espaço sem que haja transporte de matéria, ou simplesmente uma oscilação que se propaga no espaço e no tempo.

Onda periódica: é constituída por um conjunto de pulsos que são emitidos em intervalos regulares gerando oscilações ao longo do tempo.

Questão

De acordo com as definições estudadas acerca do que é uma onda. Escolha a alternativa que melhor descreve uma onda periódica.

A - Uma onda consiste num conjunto de oscilações que se propaga no espaço sem que haja transporte de matéria ou de energia.

B - Uma onda periódica consiste num conjunto de perturbações emitidas em intervalos de tempo regulares e que transportam energia através do espaço sem que haja arrasto de matéria.

C - Ondas periódicas são aquelas que possuem uma frequência variável e se propagam no espaço transportando energia.

D - Uma onda periódica consiste num conjunto de oscilações que se propagam num meio transportando matéria e energia através do espaço e do tempo.

Período e Frequência

Período é o tempo gasto para que uma oscilação seja completada, ou seja, tempo gasto para que o sistema oscilante volte ao estado inicial; por ser o tempo que o processo oscilatório leva para acontecer, o período é medido em unidades de tempo, frequentemente em segundos.

Já a Frequência corresponde ao número de oscilações completadas em uma unidade de tempo.

Como exemplos fora do contexto da ondulatória podemos citar o fato de que as aulas regulares do Ensino Médio ocorrem com frequência de 5 dias letivos por semana, ou com a frequência de 6 aulas por dia, sendo o período de duração de uma aula igual a 45 min aproximadamente.

A unidade de Frequência no SI (Sistema Internacional de Unidades) é o Hertz (Hz), nome dado em homenagem a Heinrich Hertz, que demonstrou a existência das ondas de rádio. 1 hertz equivale a uma oscilação por segundo. Outra unidade muito usada para frequência é o rpm (rotações por minuto), dessa forma, como 1 minuto possui 60 s, temos que 1 hertz equivale a 60 rpm.

Como se pode observar pelas definições acima, período e frequência são grandezas inversas, ou seja, a frequência é o inverso matemático do período, da mesma forma que o período é o inverso matemático da frequência.

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

Onde

f é a frequência; e

T é o período

Figura 1: Equações de Frequência e Período de uma onda

Assim, também há equivalência inversa entre suas unidades de medida.

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$$

Questão

Uma corda esticada recebe 30 pulsos a cada minuto em uma de suas extremidades.

Sabendo disso, podemos afirmar que:

A frequência da onda será de 2 Hz e o período será de 30 s.

A onda gerada na corda possui frequência de 0,5 s e período de 2 Hz.

A onda gerada na corda possui 0,5 Hz de frequência e 2 s de período

A onda gerada na corda possui 2 Hz de frequência e 0,5 s de período

Questão

Sabendo que 1 Hz (uma oscilação por segundo) equivale a 60 rpm (sessenta rotações por minuto). Em qual dos casos abaixo a conversão de unidades de frequência está correta?

20 Hz equivale a 120 rpm

900 rpm equivale a 20 Hz.

20 rpm são 0,5 Hz.

720 rpm equivalem 12 Hz.

Onda numa corda

Nesta sessão será desenvolvida uma atividade experimental simulada e é recomendado que você tenha em mãos um caderno para a realização de anotações sobre os resultados do experimento.

Nesta simulação temos uma corda esticada que pode ter sua extremidade fixa, solta ou infinita (painel na parte superior direita). Ao iniciar a simulação as oscilações poderão ser emitidas manualmente com o uso do mouse ou do toque na tela, conforme o dispositivo utilizado.

Abaixo da simulação seguem algumas atividades propostas, utilizando o simulador, que deve permanecer aberto em outra aba. Anote todos os resultados que julgar importantes.

Para visualizar o simulador, clique no link abaixo.

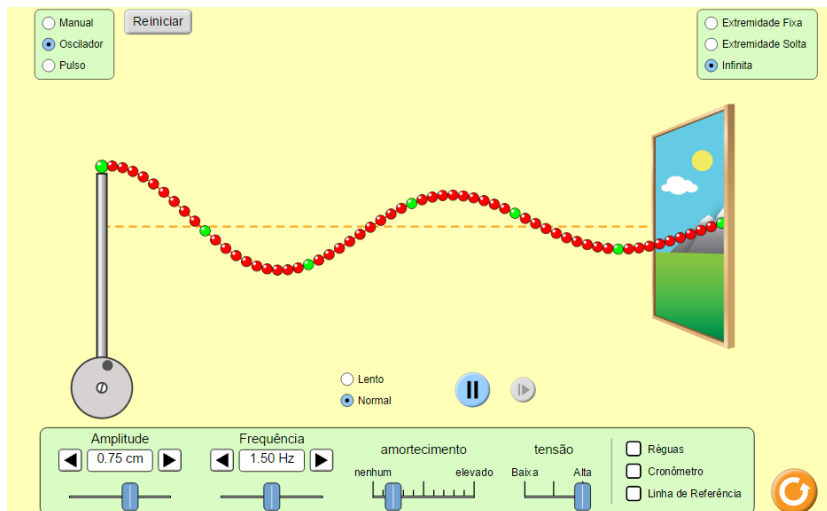


Figura 2: Onda em uma corda (Wave On a String - (PHET))

1) No modo Manual, emita pulsos consecutivos e observe o comportamento da corda em três casos: com a corda presa, com a corda solta e com a corda infinita. Quais as diferenças observadas entre os três casos?

2) Passe para o modo oscilador (canto superior esquerdo da tela). Altere a amplitude e a frequência da onda no painel inferior e observe como a corda se comporta conforme estas variáveis se alteram. Anote os resultados.

3) Ainda no modo oscilador, observe e anote o que acontece com o comprimento de onda quando alteramos a tensão da corda, que consiste na força responsável por esticar a corda.

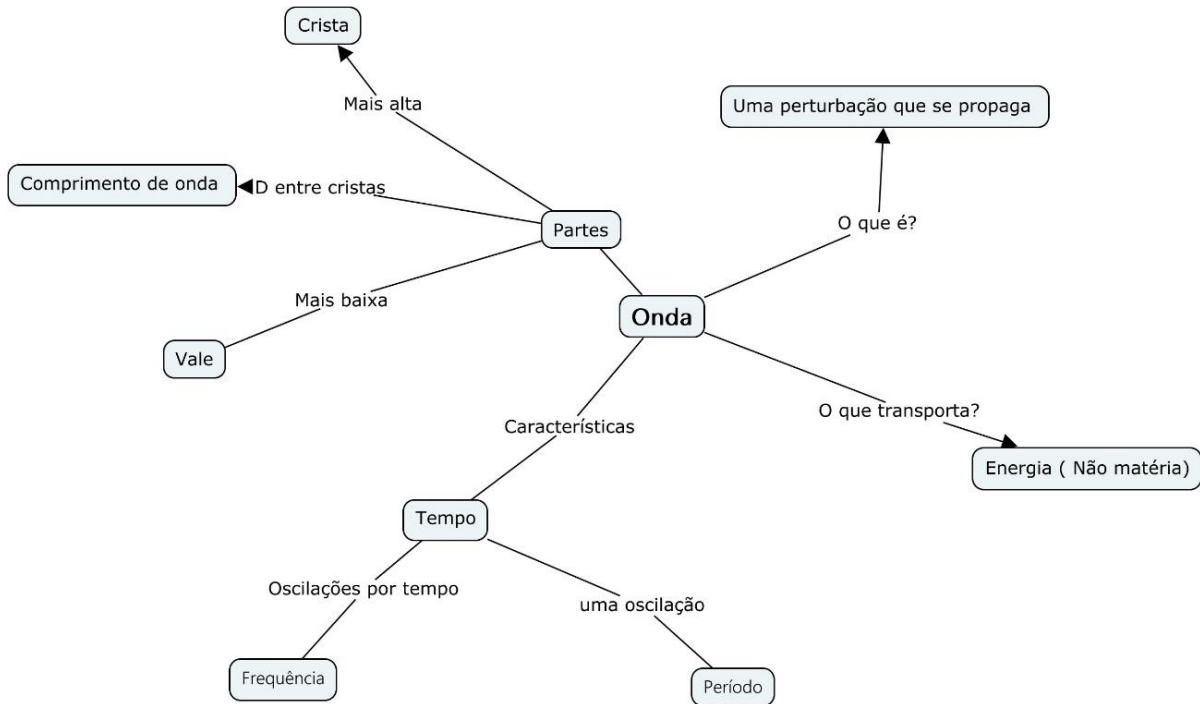


Figura 3: Mapa conceitual - Introdução à ondulatória

Classificação das ondas

A Natureza das ondas

ONDA MECÂNICA: é aquela que apenas se propaga em meios materiais, ou seja, na presença de matéria, como ar, água ou rochas. Como exemplos temos ondas em cordas, o som, os terremotos além de outros.

As ondas mecânicas são formadas quando uma partícula sofre uma perturbação em um meio com características elásticas que permitam a propagação da energia.

ONDA ELETROMAGNÉTICA: consiste numa oscilação dos campos elétrico e magnético e, portanto, não depende da presença de matéria para se propagar. Como exemplo podemos citar a luz as ondas de rádio, o raio x entre outros.

As ondas eletromagnéticas se formam quando uma carga elétrica é acelerada, de modo que esta oscilação crie uma oscilação de campo magnético e uma oscilação de campo elétrico.

Oscilação

A Oscilação: neste critério de classificação são avaliadas as direções de oscilação e de propagação.

ONDAS TRANSVERSAIS: oscilam numa direção perpendicular (que forma um ângulo de 90°) à propagação da onda, o que significa que as partículas oscilam numa direção e a onda se propaga em outra direção.

Na figura abaixo, temos uma onda transversal em uma mola, notem que os trechos da mola se deslocam para cima e para baixo enquanto energia da oscilação se propaga para a frente.

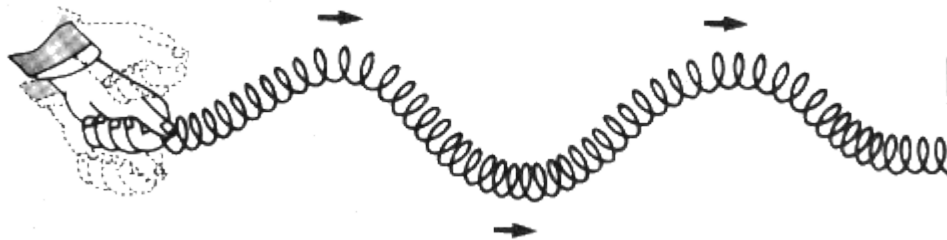


Figura 4: Onda transversal em uma mola (PROF2000)

ONDAS LONGITUDINAIS: as oscilações ocorrem na mesma direção em que a onda se propaga, ou seja, o movimento de vai e vem das partículas está sempre alinhado à direção de oscilação.

Na figura abaixo temos uma oscilação longitudinal em uma mola, notem que os movimentos dos trechos da mola devem ocorrer na mesma direção em que a onda se propaga, porém, hora no mesmo sentido, hora no sentido oposto.

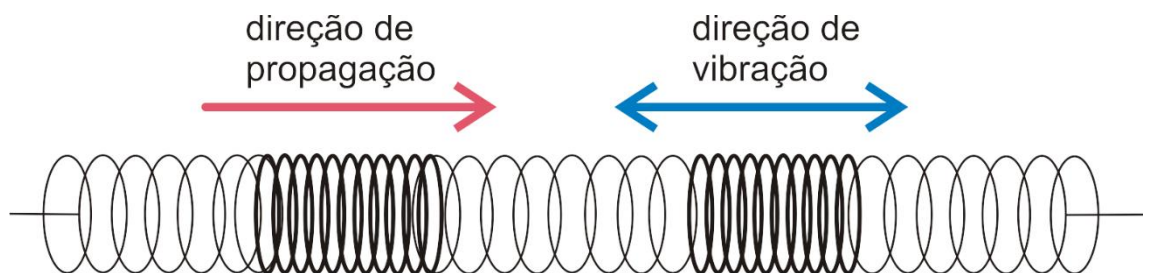


Figura 5: Onda longitudinal em uma mola (FERRARO)

Abaixo há um simulador de ondas.

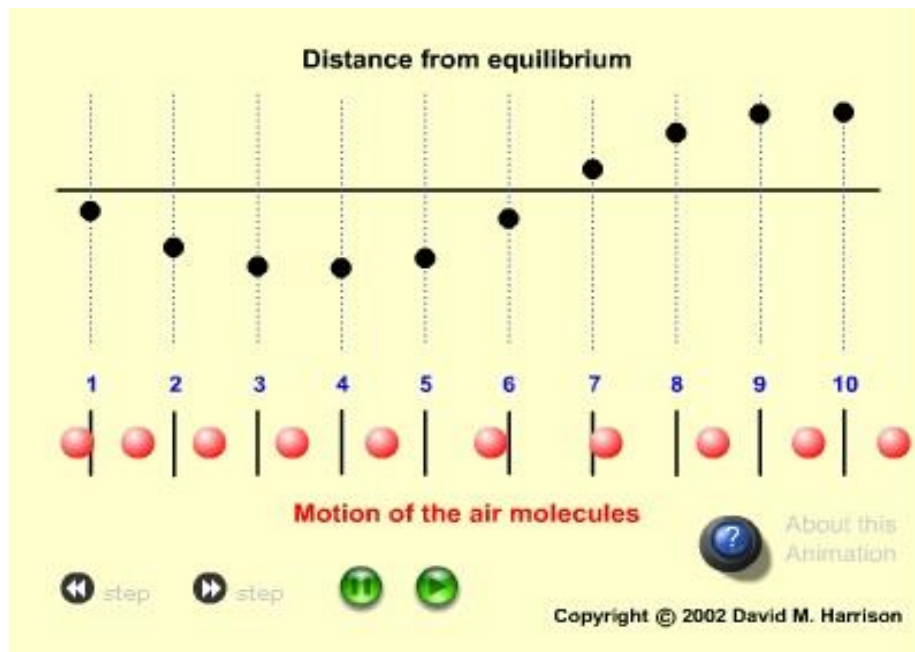


Figura 6: Simulador de ondas: Long Wave (SBFÍSICA)

Existem ainda as oscilações mistas, nas quais ocorrem vibrações transversais e longitudinais ao mesmo tempo. Temos como exemplo as ondas na superfície da água.

Propagação

Propagação: refere-se ao número de dimensões em que a onda se propaga.

ONDAS UNIDIMENSIONAIS: propagam-se em apenas uma dimensão, o que significa que os pulsos se movem apenas em uma direção.

Ex: ondas em cordas.



Figura 7: Onda numa corda

ONDAS BIDIMENSIONAIS: propagam-se em duas dimensões, o que significa que os pulsos têm a sua propagação restrita a um único plano. Esse tipo de onda possui frentes de onda circulares.

Ex: ondas na superfície da água.



Figura 8: Ondas na superfície da água (PIXABAY)

ONDAS TRIDIMENSIONAIS: propagam-se em três dimensões. Esse tipo de onda possui frentes de onda esféricas.

Ex: ondas sonoras.



Figura 9: Ondas sonoras (CAVALCANTE)

Questão - Em relação às ondas sonoras, podemos classificá-las corretamente como.

- a) Ondas eletromagnéticas, transversais e unidimensionais.
- b) Ondas mecânicas, transversais e bidimensionais.
- c) Ondas eletromagnéticas, transversais e longitudinais.
- d) Ondas mecânicas, longitudinais e tridimensionais.

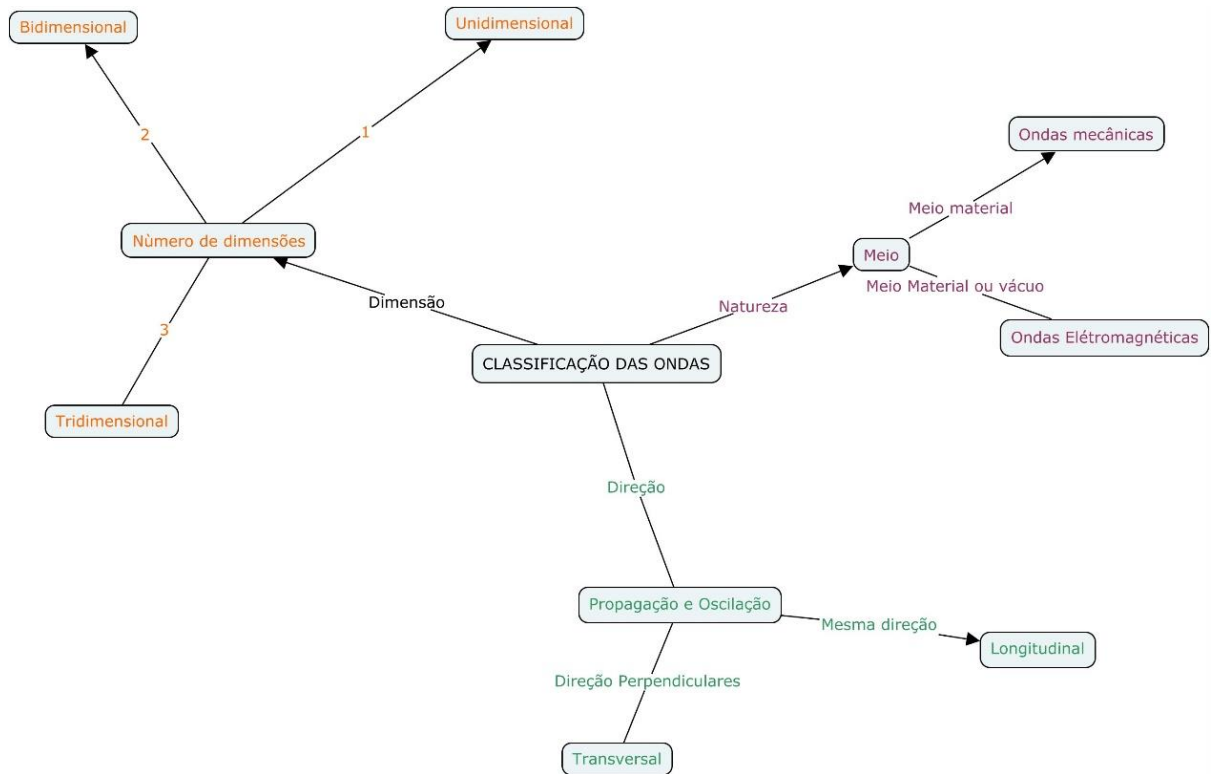


Figura 10: Mapa conceitual - Classificação das ondas

Características da onda

Amplitude da Oscilação

A amplitude de uma oscilação é determinada pela maior distância entre um ponto oscilante e sua posição de repouso. Quanto maior for a amplitude de uma onda, maior será a quantidade de energia por ela transportada.

Na figura abaixo é possível observar a amplitude de uma onda transversal aplicada a uma corda.

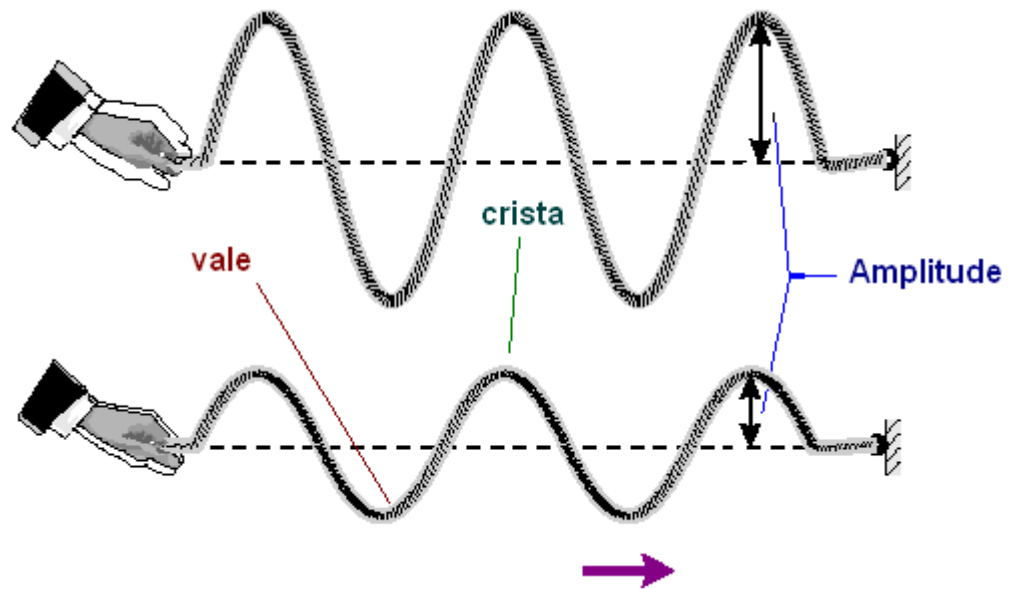


Figura 11: Amplitude de uma onda (SÓ BIOLOGIA)

Para este tipo de oscilação, nomeamos crista o ponto mais alto da oscilação, da mesma forma que o vale é o ponto mais baixo da mesma. Assim, a amplitude pode ser entendida como a distância do centro da oscilação à crista ou ao vale.

O vídeo abaixo mostra o comportamento da amplitude de uma onda longitudinal.

Vídeo: Amplitude de uma onda longitudinal (DIOGO)

Comprimento de Onda

Para entender bem o conceito de comprimento de onda, é necessário compreender o conceito de fase de uma onda. Fase é a posição de um dado ponto na oscilação, ou seja, dois pontos que estão em mesma fase são pontos que em qualquer momento analisado estarão oscilando juntos, de modo que quando um ponto estiver no vale da onda, outro ponto em mesma fase também estará.

Em contrapartida, dois pontos em oposição de fase estão sempre em posições opostas dentro da oscilação, o que significa que quando um deles estiver na crista, o outro estará no vale. A distância entre pontos consecutivos em oposição de fase é metade do comprimento de onda.

Comprimento de onda é a distância entre dois pontos consecutivos em mesma fase. Pode ser encontrado facilmente como a distância entre duas cristas ou entre dois vales. Na imagem abaixo é possível observar três formas de visualizar o comprimento de onda de uma onda longitudinal.

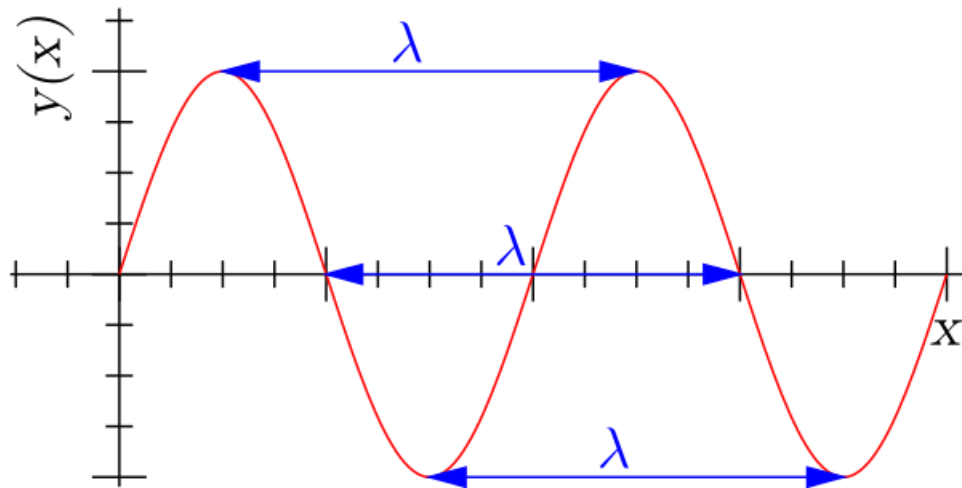


Figura 12: Comprimento de onda

Velocidade de propagação

A velocidade com que uma onda se propaga em um dado meio depende apenas das características do meio no qual ela está inserida, de modo que a velocidade sofrerá mudança sempre que houver uma mudança no meio.

Embora a velocidade de propagação não esteja atrelada à frequência ou ao comprimento de onda, podemos utilizar estes elementos para determinar a velocidade, já que estas grandezas variam junto com a velocidade. De modo que:

$$v = \lambda \cdot f$$

Onde:

v é a velocidade de propagação;

λ é o comprimento de onda; e

f é a frequência da onda.

Figura 13: Equação. Velocidade da onda

Questão - Uma corda é colocada para oscilar com uma frequência de 60 Hz, de modo que a amplitude desta oscilação é de 25 cm e o comprimento de onda mede 50 cm. A velocidade de propagação da onda é:

- a) 30 m/s
- b) 10 m/s
- c) 40 cm
- d) 20 m/s

Questionário final de ondulatória

Questão 1 - Sabendo que a velocidade do som no ar é de aproximadamente 340 m/s, determine o comprimento de onda associado à frequência de 20 Hz, que é a menor frequência que o sistema auditivo humano é capaz de perceber.

Questão 2 - O Tsunami é comumente conhecido como onda gigante, e ocorre quando uma grande quantidade de água se desloca pela superfície do oceano, podendo inclusive atingir as cidades costeiras causando grande destruição. Em virtude destas características, é possível concluir que um tsunami é uma onda segundo a definição física da palavra.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 3 - Quando alguns corpos são aquecidos acima de determinada temperatura, eles passam a emitir um brilho, que começa avermelhado e se altera com a temperatura. Este brilho se deve à radiação térmica dos corpos, que pode ser visível ou não visível. A radiação térmica é uma onda eletromagnética, e para corpos em temperatura ambiente ela não é visível, estando na faixa do espectro infravermelho.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 4 - Uma corda é colocada para vibrar de modo que a distância entre duas cristas consecutivas seja igual a 20 cm e a distância entre uma crista e o centro da oscilação é 10 cm. Com essas informações podemos concluir que:

Escolha uma opção:

- a) O comprimento de onda é 20 cm e a amplitude é 10 cm.
- b) A amplitude é de 40 cm e o comprimento de onda é 20 cm.
- c) Tanto a amplitude como o comprimento de onda valem 20 cm.
- d) A amplitude desta onda é de 20 cm e seu comprimento de onda é igual a 10 cm.

Questão 5 - Um terremoto ocorre quando há uma perturbação abaixo da superfície da Terra, de modo que uma grande quantidade de energia viaja através das rochas chegando à superfície, onde causam oscilações.

Acerca dos terremotos, é correto afirmar que;

Escolha uma opção:

- a) O terremoto não é uma onda, pois não é capaz de transportar energia através do espaço.
- b) O terremoto não é uma onda, já que transporta apenas energia através do espaço.
- c) O Terremoto é uma onda eletromagnética, já que não precisa de matéria para se propagar
- d) O terremoto é uma onda mecânica, pois se propaga apenas em meio material.

Questão 6 - Como sabemos, a velocidade de propagação de uma onda pode ser calculada como o produto entre o comprimento de onda e a frequência. Podemos concluir então que se a frequência de uma onda sonora for alterada, sem que o meio seja alterado, sua velocidade de propagação também irá se alterar.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 7 - Escolha dentre as opções abaixo àquela que não preenche os requisitos para ser classificada como onda mecânica.

Escolha uma opção:

- a) Radiação gama.
- b) Ondas na superfície da água.
- c) Som.
- d) Ondas em cordas.

Questão 8

As ondas de rádio consistem em ondas eletromagnéticas através das quais é possível associar um sinal de telecomunicação. Todas as ondas eletromagnéticas se propagam a aproximadamente 300000000 m/s. com essa informação calcule o comprimento de onda correspondente à frequência da rádio CBN, que em Brasília, transmite em $95,3$ MHz. (1 MHz = 1000000 Hz)

Escolha uma opção:

- a) O comprimento de onda é de exatamente 14 m.
- b) O comprimento de onda é de aproximadamente 30 cm.
- c) O comprimento de onda é de aproximadamente $3,15$ m.
- d) Com estas informações não é possível descobrir o comprimento de onda.

Questão 9 - Quando um objeto cai na superfície da água, gera uma onda mecânica e bidimensional, em que as partículas executam uma oscilação mista, ou seja, parte transversal e parte longitudinal.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Módulo 02 - Fenômenos ondulatórios

Reflexão

O fenômeno da reflexão ocorre quando uma onda incide sobre a superfície de separação entre dois meios distintos e volta ao meio de origem. Isso ocorre nos espelhos, assim como em todos os objetos que são visíveis sem que sejam fontes primárias de luz.

Existem dois tipos de fontes de luz: as fontes primárias e as fontes secundárias. As fontes primárias de luz são aquelas que possuem luz própria, ou seja, não dependem de nenhum outro objeto para brilhar. Alguns exemplos presentes no cotidiano que qualquer pessoa são o Sol, as demais estrelas, e as lâmpadas usadas em residências e edifícios. Já as fontes secundárias não apresentam luz própria, de modo que só são visíveis porque refletem a luz que chega até elas. As fontes secundárias só são visíveis na presença de uma fonte primária.

A reflexão que ocorre nos espelhos, são capazes de refletir a luz de forma regular, ou seja, os raios de luz que chegam ao espelho juntos são refletidos juntos.

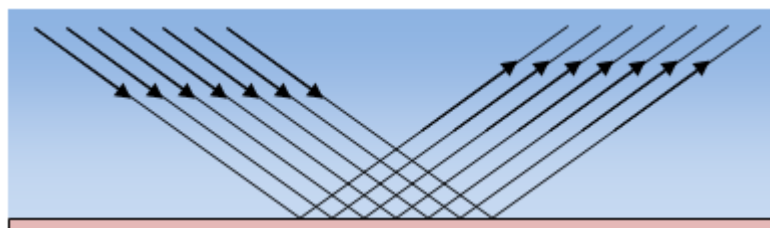


Figura 14: Reflexão regular em uma superfície polida

A reflexão difusa ocorre quando os raios de luz não são refletidos de forma igualitárias, cada raio toma uma direção independente dos demais. Esse tipo de reflexão ocorre com a maioria dos materiais e faz com que os objetos sejam visíveis, porém que não seja possível ver a imagem refletida em sua superfície.

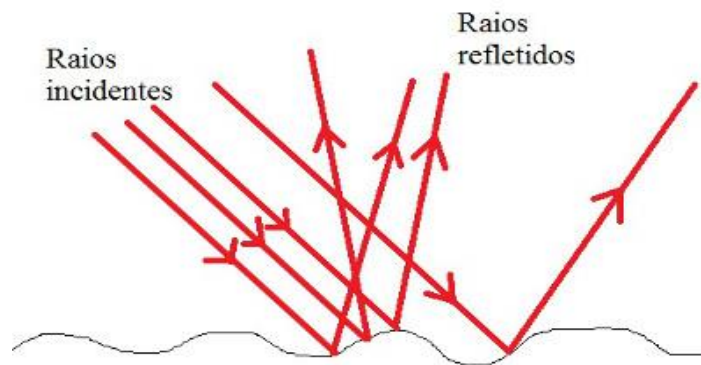


Figura 15: Reflexão difusa

Refração

No fenômeno da refração a velocidade de propagação de uma onda se altera quando a onda passa de um meio para outro. Vale lembrar que com a mudança do meio ocorre uma mudança no comprimento de onda, porém, sem alterar a frequência, já que a frequência de propagação de uma onda depende apenas da fonte.

Outro fato relevante é que a velocidade de propagação de uma onda sonora depende apenas do meio onde ela está inserida, de modo que em um meio como o ar, por exemplo, todas as ondas sonoras terão a mesma velocidade.

Com a alteração na velocidade de propagação e no comprimento de onda, pode haver uma mudança na direção de propagação, caso a incidência da onda com a superfície se dê de forma oblíqua. É fácil observar a ocorrência da refração da luz quando ela passa da água para o ar.

Na imagem abaixo é possível visualizar o desvio na trajetória da luz através das características da imagem, em que o urso parece não ter a cabeça conectada ao corpo.



Figura 16: Refração da luz na água

Difração

O fenômeno da difração ocorre quando uma onda contorna um obstáculo cujas dimensões são da mesma ordem de grandeza de seu comprimento de onda. Percebemos um exemplo de difração quando duas pessoas conversam estando uma delas em cada lado de um muro, e ainda assim conseguem se ouvir mutuamente, ou quando uma pequena abertura num ambiente sem qualquer fonte de luz é capaz de iluminar boa parte do lugar, ou quando passa por uma pequena abertura e se espalha como se a onda tivesse começado naquele ponto.

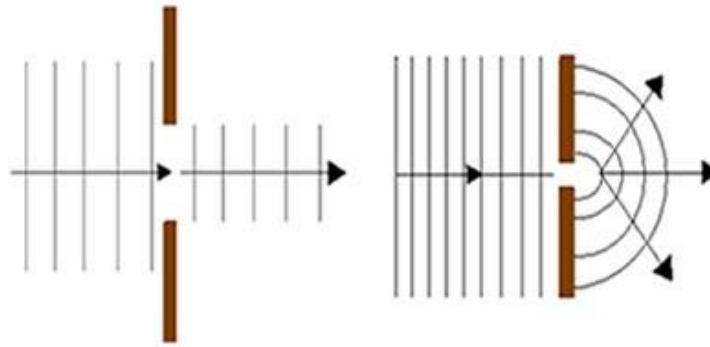


Figura 17: Difração (MARQUES)

Interferência

Acontece quando duas ondas ocupam o mesmo lugar no espaço. A interferência pode ser construtiva, quando os pulsos se somam; ou destrutiva, quando os pulsos se subtraem. Quando duas ondas de mesma amplitude interferem destrutivamente, ocorre o que chamamos de interferência destrutiva total.

Ondas estacionárias: em algumas situações a interferência entre ondas gera, devido à reflexão, pontos em que a interferência que ocorre é sempre destrutiva, estes pontos são chamados de nós, enquanto os pontos em que a interferência é construtiva são chamados de ventres.

Vídeo: Corda vibrante e Onda estacionária (CASTILLODELASCS, 2011)

Abaixo temos um simulador onde é possível observar a superposição de duas ondas senoidais formando uma onda estacionária por meio da interferência.

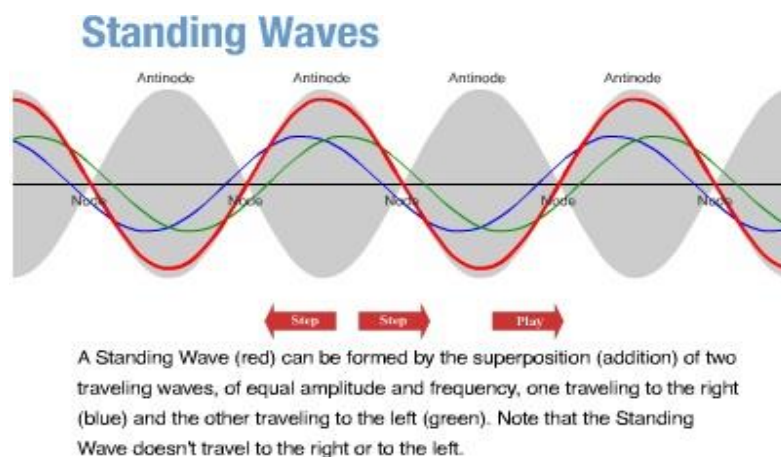


Figura 18: Simulador: Standing waves (SBFÍSICA)

Polarização

Este fenômeno ocorre apenas com ondas transversais e consiste na limitação da direção de oscilação de uma onda. Assim, uma onda que oscila em todas as direções pode ter sua oscilação limitada a uma direção por um polarizador.

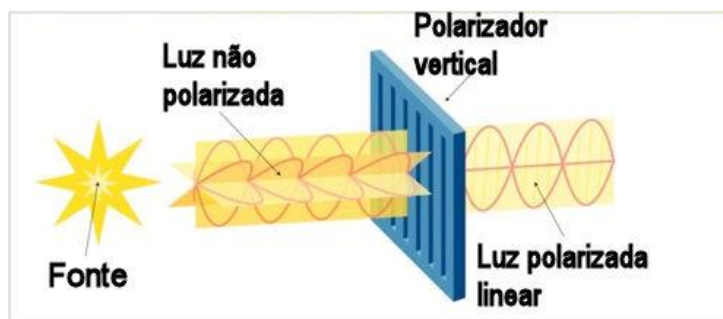


Figura 19: Polarização vertical da luz (TAROGRAME, 2014)

A polarização da luz é utilizada em óculos de sol para limitar a quantidade de luz que chega aos olhos. Outra aplicação ocorre no cinema 3D, onde a tela produz duas imagens, uma polarizada horizontalmente e outra polarizada verticalmente, sendo cada lente um polarizador que só permite a visualização de uma das imagens. Desta forma, quando cada olho vê uma imagem, o cérebro interpreta que a imagem na tela possui profundidade.

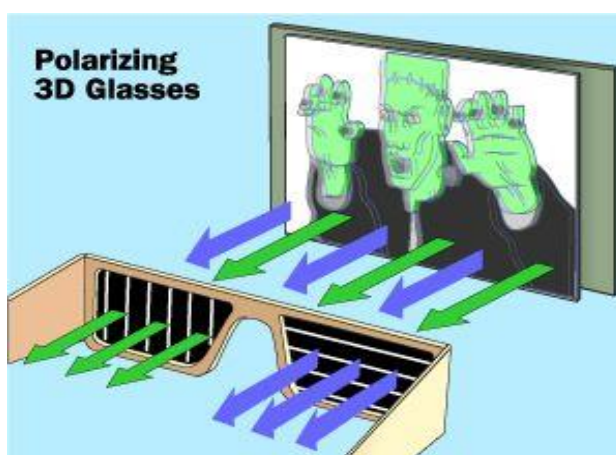


Figura 20: Óculos 3D (CENTRO DE EXCELENCIA EM OFTALMOLOGIA)

Questionário final de Fenômenos Ondulatórios

Questão 01 - Os fenômenos da reflexão e da refração têm em comum o fato de pressupor a existência de dois meios distintos, sendo que na reflexão a onda transita entre os meios e na refração a onda incide e retorna ao meio de origem.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 02 - Qual dos eventos abaixo não é consequência da reflexão de uma onda?

Escolha uma opção:

- a) Ao olhar diretamente para um espelho plano, uma pessoa pode ver a sua imagem no espelho.
- b) Em alguns ambientes, após ouvir um som emitido, é possível escutar este se repetindo uma ou mais vezes.
- c) É possível ouvir a voz de uma pessoa do outro lado de uma parede pois as ondas sonoras podem contornar alguns obstáculos.
- d) Quando uma corda é colocada para vibrar, os pulsos passam por ela de uma extremidade à outras repetidas vezes.

Questão 3 - A interferência entre ondas eletromagnéticas pode causar problemas nas telecomunicações, já que um sinal pode sofrer interferência de inúmeros outros.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 4 - Qual das opções abaixo não descreve um fenômeno que pode ocorrer quando uma onda incide sobre a superfície de separação entre dois meios.

Escolha uma opção:

- a) Uma onda que passa de um meio para o outro poderá sofrer uma mudança em sua velocidade de propagação e como consequência uma mudança em sua frequência.
- b) Ao incidir sobre a superfície de separação entre dois meios, a onda pode retornar ao meio de origem, o que caracteriza a reflexão.
- c) Ao passar de um meio para o outro, a onda poderá sofrer reflexão e refração ao mesmo tempo.
- d) Uma onda que passa de um meio para o outro poderá sofrer uma mudança em sua velocidade de propagação e como consequência uma mudança em seu comprimento de onda.

Questão 5 - O fenômeno da difração acontece porque cada ponto da onda carrega a informação da vibração, sendo capaz de dar início a uma nova onda completa.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 6 - O fenômeno da polarização permite que um ambiente fechado e desprovido de fontes luminosas seja parcialmente iluminado caso haja uma pequena abertura na parede.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 7 - A reflexão da luz só ocorre em superfícies perfeitamente lisas.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 8 - Qual dos fenômenos ondulatórios listados abaixo é responsável por permitir que o ser humano seja capaz de ver objetos que não produzem luz.

Escolha uma opção:

- a) Difração
- b) Refração
- c) Reflexão
- d) Interferência
- e) Polarização

Questão 9 - A respeito do fenômeno da refração, é correto afirmar que:

Escolha uma opção:

- a) Acontece quando uma onda passa de um meio para o outro, tendo sua frequência alterada.
- b) Ocorre quando uma onda altera sua frequência.
- c) Sempre irá ocasionar desvio na trajetória da onda.
- d) Ocorre quando uma onda passa de um meio para o outro, alterando sua velocidade de propagação.

Questão 10 - A polarização limita a direção de oscilação em uma onda e, portanto, só pode acontecer em ondas transversais.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Módulo 03 - Bioacústica

Audição Humana

Ouvido humano

O ouvido humano é um órgão capaz de converter os estímulos de uma onda sonora provenientes do meio em estímulos nervosos. O ouvido é formado pelo ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno.

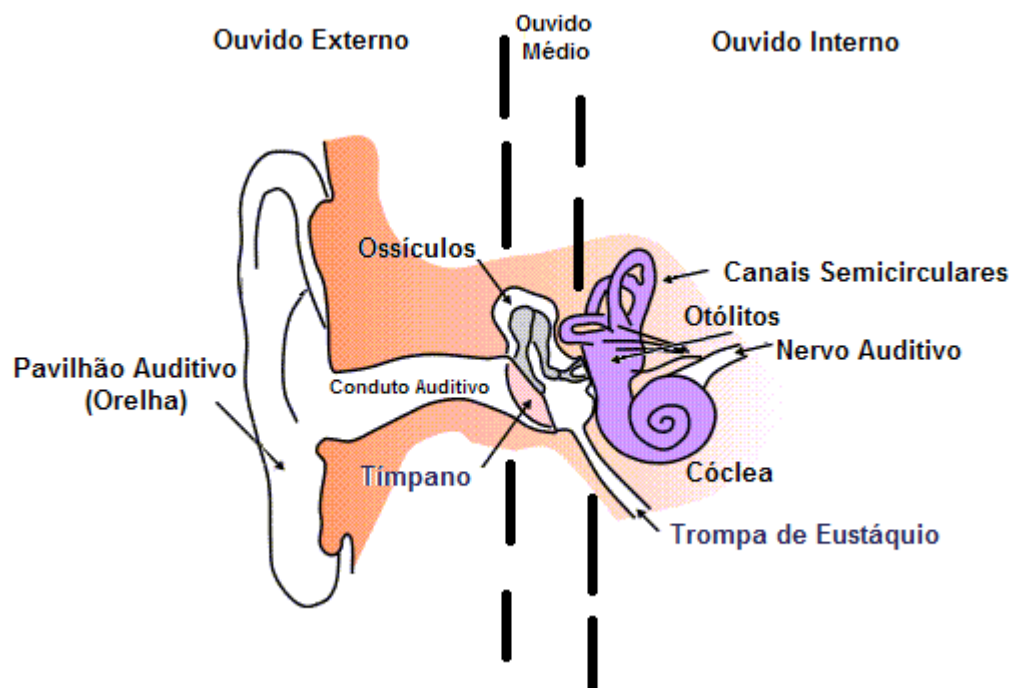


Figura 21: Ouvido Humano (WIKIPÉDIA)

O ouvido externo possui a função de coletar os sons advindos do ambiente e encaminhá-los até o ouvido médio, o canal auditivo tem cerca de 7 mm de diâmetro e 25 mm de profundidade, terminando na membrana timpânica. As características do canal auditivo permitem uma ampliação considerável para sinais de 2.000 Hz até 6.000 Hz. Outra função do ouvido externo é proteger a membrana timpânica e manter a umidade necessária à manutenção das suas características elásticas.

O ouvido médio inicia-se com a membrana timpânica e é preenchido por ar, além de conter um sistema de três pequenos ossos em contato direto com o tímpano, que são o martelo, em contato com o tímpano, a bigorna e o estribo, este último em contato com a cóclea. Desse

modo, as vibrações chegam à membrana timpânica fazendo-a se mover, esse movimento é transmitido ao conjunto de ossos, passando pelo martelo, pela bigorna e chegando ao estribo, que tem a função de transmitir a energia do movimento à cóclea, no ouvido interno.

O ouvido interno converte os estímulos mecânicos em um sinal elétrico que será levado ao córtex auditivo. A cóclea constitui o labirinto anterior, e é constituído por três tubos paralelos que estão dispostos de forma espiral. O órgão de Corti tem a função de transformar o sinal que chega até ele em sinais elétricos que podem ser interpretados pelo sistema nervoso central.

Recepção e transmissão pelo ouvido

Inicialmente o estímulo sonoro chega à membrana timpânica através do canal auditivo, fazendo-a vibrar, de modo que com isso, o sistema de ossículos também vibre amplificando o estímulo e transmitindo-o para a cóclea, passando pela janela oval.

Na próxima etapa o estímulo segue para a membrana basilar, que levará o estímulo ao órgão de Corti, onde a energia da onda sonora será transformada em impulsos nervosos e transmitido ao nervo auditivo.

Vídeo: Como funciona o ouvido humano: Animação (HENRIQUE, 2013)

Características da audição humana

O ouvido humano é capaz de perceber sons no intervalo de frequência entre 20 Hz e 20000 Hz, porém esses valores se alteram ao longo da vida, de modo que os limites superior e inferior se aproximam conforme a idade avança.

No vídeo abaixo são emitidas todas as frequências no intervalo de 20 Hz até 20 kHz, recomenda-se que se escute o mesmo com fones de ouvido e em um volume não muito elevado, pois algumas frequências podem causar incomodo quando em alta intensidade.

Vídeo com a faixa de frequências audíveis: Hearing Test Hd (ADMINOFTHISSITE'S CHANEL, 2012)

Pelas características elásticas do sistema auditivo, a membrana timpânica permanece vibrando durante um certo intervalo de tempo após receber um estímulo, este intervalo é chamado de tempo de persistência auditiva, e no caso dos seres humanos é de aproximadamente 0,1 s. Sons dentro deste intervalo podem ser interpretados como um único som ou como sons simultâneos.

Tendo por base o vídeo exibido na página anterior, escreva abaixo quais são os limites mínimo e máximo das frequências que você conseguiu ouvir. Caso seja necessário, assista novamente ao vídeo.

Vídeo com a faixa de frequências audíveis: Hearing Test Hd (ADMINOFTHISSITE'S CHANNEL, 2012)

Lembrando que os limites de 20 Hz e 20000 Hz são gerais, e que cada pessoa possui limites diferentes.

Módulo 04 - Acústica

Características do Som

Timbre

TIMBRE: característica que permite identificar a fonte do som. Pode ser descrito como a voz de uma pessoa ou de um instrumento musical.

Quando um instrumento musical emite uma nota, a frequência desta nota não é a única a ser emitida, mas o que se escuta é o conjunto de várias frequências emitidas simultaneamente. A frequência mais grave é chamada de fundamental, as outras são os harmônicos da primeira. O conjunto de harmônicos de uma nota emitida por um instrumento determina o seu timbre.

Abaixo temos dois vídeos onde uma mesma obra de J.S. Bach é executada em um violoncelo e em um contrabaixo elétrico. Observem que embora ambos os vídeos mostrem a mesma música, o instrumento utilizado na execução nos permite observar diferenças.

Vídeo: Inbal Segev performs Bach's Cello Suite No. 1 in G major: Prelude (SEGEV, 2015)

Vídeo: Patitucci - Bach (BOTTONI, 2009)

Questão - A banda Helloween, de Heavy Metal, possui em sua formação um vocalista, um baixista, um baterista, e dois guitarristas. Além do fato de que cada guitarrista toca um arranjo diferente dentro de cada canção, há alguma forma de diferenciar o som destas guitarras?

- a) O fato de que cada guitarra nesta banda ser fabricada com materiais diferentes, faz com que o som de cada uma possua características específicas que possibilitam diferenciar o timbre das guitarras, mesmo que ambas estejam tocando a mesma nota musical.
- b) Apenas será possível diferenciar os sons das guitarras caso os guitarristas usem a mesma guitarra.
- c) Não há como diferenciar o som das guitarras, mesmo que estejam tocando notas diferentes.
- d) Mesmo que as guitarras tenham um timbre diferente, é impossível diferenciar os sons caso ambas toquem a mesma nota.

Fenômenos Acústicos

Ressonância

Vibrações forçadas

Acontece quando um objeto é colocado para vibrar em uma dada frequência em virtude de uma perturbação constante em qualquer frequência, assim há um corpo ou onda transmitindo energia continuamente ao objeto, fazendo-o oscilar.

Frequência natural

Todo corpo possui um conjunto de frequências naturais de vibração, de modo que em função do material de que é feito e do formato que possui, cada objeto irá vibrar de uma forma diferente quando sofre uma perturbação. É essa característica que nos permite diferenciar o som de dois objetos diferentes caindo no chão, um objeto metálico por exemplo, irá apresentar uma gama de frequências diferente de um objeto de madeira na mesma situação.

Ressonância

Ocorre quando um corpo recebe uma vibração forçada com uma frequência igual à sua frequência fundamental de vibração, o que faz com que a amplitude de sua vibração aumente a

cada período. Quando a ressonância acontece as vibrações do corpo tornam-se maiores a cada ciclo, acumulando mais energia até que se alcance o limite elástico do material.

Questão - Uma forma comum de afinar um violão é comparar os sons produzidos pelas suas cordas. Dessa forma, quando a corda mais grave é tocada na quinta casa do instrumento, o som produzido deve ser igual ao som da segunda corda mais grave. Quando o violão está perfeitamente afinado, é comum que a corda Lá (segunda mais grave) comece a vibrar quando a corda Mi (mais grave) é tocada na quinta casa, este fenômeno ocorre porque:

- a) A corda Lá começa a vibrar em virtude das sucessivas reflexões do som no ambiente.
- b) A vibração da corda Lá, faz com que a corda Mi entre em ressonância, fazendo-a vibrar também.
- c) É impossível que o fenômeno descrito no texto acima aconteça.
- d) A corda Lá entra em ressonância com a corda Mi, pois quando esta é tocada, emite um som cuja frequência coincide com a frequência natural de corda Lá.

Reflexão de ondas sonoras

Tempo de persistência auditiva

É o tempo que a membrana timpânica permanece vibrando após receber um estímulo, ou seja, o tempo que o som permanece nos ouvidos de uma pessoa, mesmo após cessado o estímulo. No caso dos seres humanos, o tempo de persistência auditiva é de aproximadamente 0,10 s, podendo variar entre a população em virtude de diversos fatores, tais como, idade e predisposição genética.

Lembrando que a velocidade é definida como a razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Figura 22:Equação da Velocidade Média

Reforço

Ocorre quando o intervalo de tempo entre a audição do som original e o seu reflexo é praticamente nulo, gerando a sensação de que o sinal é mais forte do que parece na realidade. Este fenômeno é observado quando, por exemplo, um professor ministra uma aula num ambiente fechado, como a sala de aula, que favorece a percepção do que está sendo dito ou quando; e em seguida tenta usar o mesmo volume de voz em um ambiente aberto, como uma quadra de esportes, onde geralmente o som é mais difícil de se ouvir.

Reverberação

Acontece quando o tempo de retorno do som é inferior ao tempo de persistência auditiva, porém não pode ser desprezado, neste caso o ouvinte percebe o reflexo de um sinal sonoro como uma espécie de prolongamento do som.

Alguns músicos simulam digitalmente este fenômeno com o objetivo de simular determinado ambiente e aparentar determinadas condições de acústica.

Eco

Ocorre quando o tempo de retorno do som é superior ao tempo de persistência auditiva, de modo que o reflexo é interpretado como um outro som idêntico ao primeiro, neste caso o ouvinte percebe o estímulo original, e depois de certo intervalo de tempo percebe-o novamente como um outro som idêntico ao primeiro.

Questão - Sabendo que o tempo de persistência auditiva do ser humano é de aproximadamente 0,1 s e que a velocidade do som no ar é de aproximadamente 340 m/s, determine a menor distância a partir da qual a presença de um obstáculo que cause a reflexão do som pode gerar eco.

- a) 19m
- b) 17m
- c) 15m
- d) 13m

Exemplos da reflexão do som

A reflexão de ondas sonoras é utilizada na medicina nos exames de ecografia, onde um aparelho gera ondas com frequência acima da região audível, essas ondas são refletidas pelos órgãos internos e retornam ao aparelho de modo que pelo tempo de retorno é possível mapear o interior do corpo.



Figura 23: Resultado de um exame de Ecografia (LEWIS, 2013)

Um outro exemplo interessante na natureza são os sistemas de eco localização, que é a forma como alguns animais se orientam no espaço. O morcego por exemplo, emite um som de alta frequência que é refletido e retorna para ele, possibilitando que o ambiente seja mapeado, e que seja possível distinguir obstáculos.

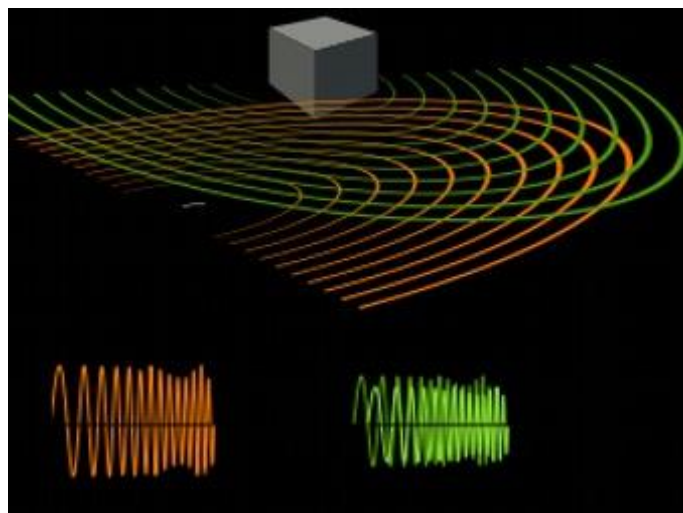


Figura 24: Ecolocalização (NAUKA 21)

Efeito Doppler

O Efeito Doppler consiste numa alteração na frequência observada, em virtude do movimento relativo entre o observador e a fonte sonora, o som percebido possui uma frequência diferente do som emitido pela fonte sonora, assim, se observador e fonte estiverem se aproximando, o som percebido será mais agudo que o emitido pela fonte, porém se eles estiverem se afastando, o som percebido será mais grave que o emitido pela fonte.

Na imagem abaixo é possível observar o efeito do movimento de um carro que se aproxima do observador A e se afasta do observador B. A consequência do movimento é que A escutará um som mais agudo que o som emitido, caracterizado pelo encurtamento do comprimento de onda, enquanto B escutará um som mais grave que o emitido, caracterizado pelo alongamento do comprimento de onda.

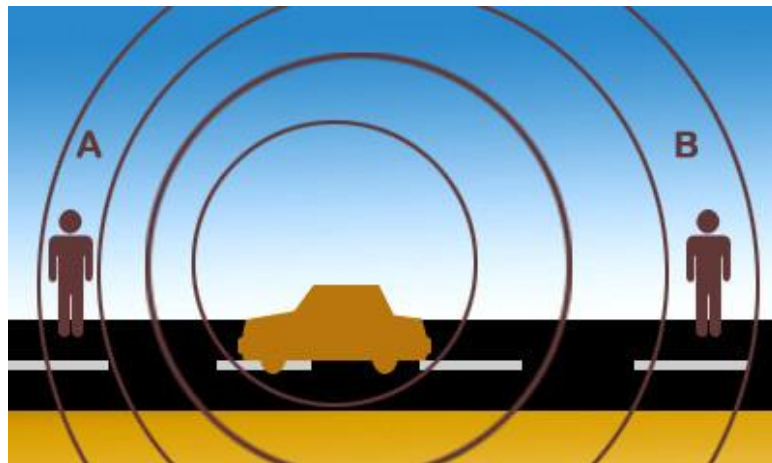


Figura 25: Efeito Doppler (WOOD)

Segue abaixo a equação que relaciona a frequência percebida pelo observador em função dos elementos da onda.

$$\frac{f_o}{f_f} = \frac{v_s \pm v_o}{v_s \pm v_f}$$

Onde:

f_o é a frequência observada;

f_f é a frequência emitida pela fonte;

v_o é a velocidade do observador;

v_f é a velocidade da fonte sonora; e

v_s é a velocidade do som no meio.

Figura 26: Equação da Frequência Aparente

Cabe destacar que o sentido considerado positivo será do observador para a fonte sonora, o que determina os sinais na equação. Desse modo, quando o observador se aproximar da fonte, sua velocidade será positiva, quando se afastar, sua velocidade será negativa; quando a fonte se aproximar do observador, terá velocidade negativa, e quando se afastar terá velocidade positiva.

No simulador abaixo é possível visualizar a ocorrência do Efeito Doppler com o movimento do observador, de modo que o número de comprimentos de ondas que chega ao ouvido por unidade de tempo aumenta quando o observador se aproxima e diminui quando ele se afasta.

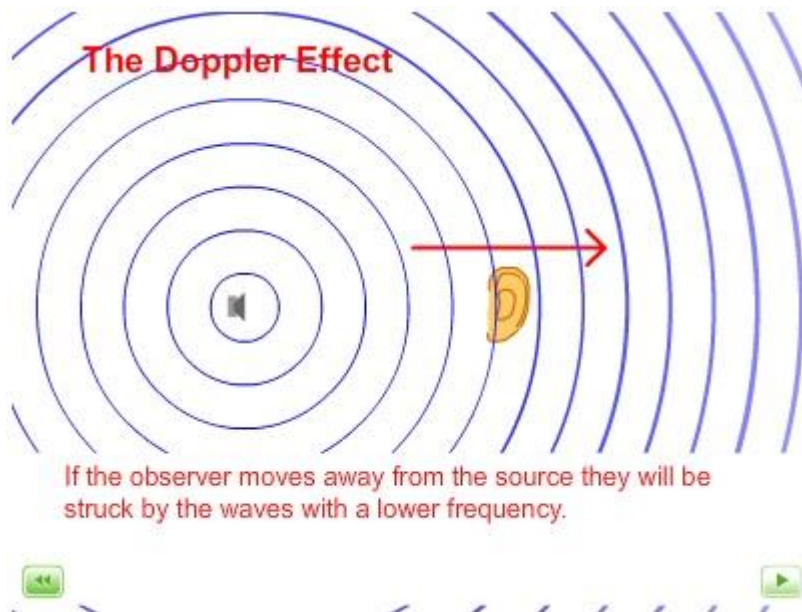


Figura 27: Simulador: Doppler (SBFÍSICA)

No segundo simulador temos o efeito gerado pelo movimento da fonte sonora no comprimento de onda.

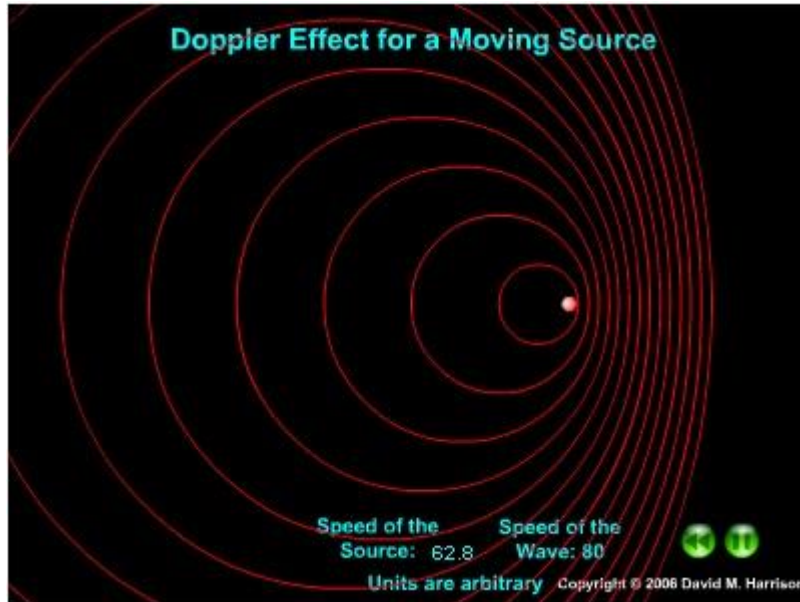


Figura 28: Simulador: Doppler Wave Fronts (SBFÍSICA)

Questão - Em eventos automobilísticos, é comum se observar que o som de um veículo sofre pequenas alterações quando ele está se aproximando ou se afastando, este fato se deve ao fenômeno do efeito doppler. Qual das alternativas abaixo melhor explica essa alteração no som.

- a) Em virtude do Efeito Doppler, o som do automóvel parece mais agudo ao observador na plateia quando ele está se aproximando e mais grave quando está se afastando, porém, para o piloto do veículo, o som permanece inalterado em todas as situações.
- b) Em virtude do Efeito Doppler, o som do automóvel parece mais agudo para seu condutor quando se aproxima do público e mais grave quando se afasta.
- c) Em virtude do Efeito Doppler, o som do veículo parece mais grave quando ele se aproxima e mais agudo quando ele se afasta.
- d) Em virtude do Efeito Doppler, o som do automóvel parece ser mais intenso quando o veículo se aproxima e menos intenso quando se afasta.

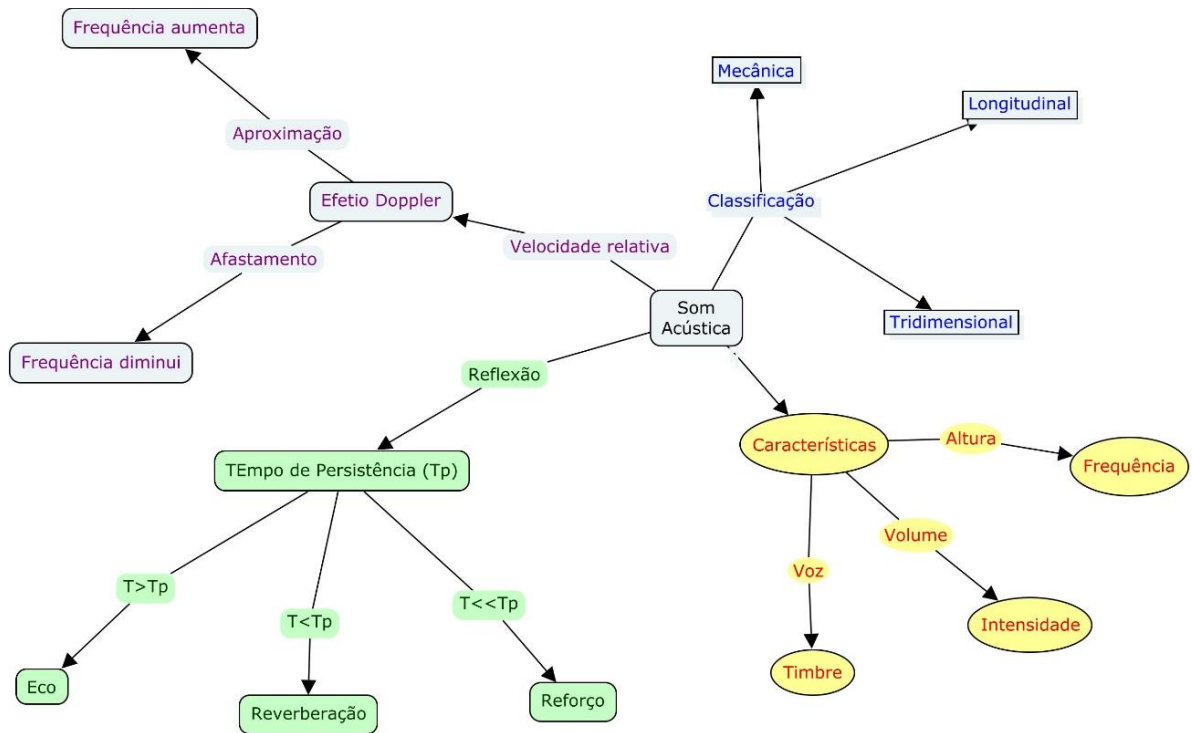


Figura 29: Mapa Conceitual - Acústica

Questionário final de Acústica

Questão 1 - Para que ocorra o fenômeno do eco, é necessário que haja uma superfície na qual o som possa refletir para retornar ao ouvinte.

Escolha uma opção:

- Verdadeiro
- Falso

Questão 2 - Um professor prepara uma aula sobre acústica para um grupo de 30 alunos, e precisa escolher o melhor ambiente para a mesma. Sabendo que ele não possui equipamento de som, e que suas opções são uma sala de aula comum, com capacidade para 50 alunos, e uma quadra de esportes ao ar livre, qual deve ser sua opção para que os alunos possam ouvi-lo com mais facilidade.

Escolha uma opção:

- O professor deverá escolher a quadra de esportes, pois em um ambiente mais aberto os alunos poderão ficar mais à vontade, criando um melhor ambiente de ensino e facilitado a audição de sua voz.
- O professor deverá escolher a sala de aula, pois as paredes facilitam a reflexão do som, gerando um eco que facilitará a compreensão da aula.
- O professor deverá optar pela sala de aula, pois a reflexão do som de sua voz nas paredes da sala causará um reforço no som.
- O professor deverá escolher a quadra de esportes, pois as sucessivas reflexões do som que poderiam acontecer na sala de aula poderiam fazer com que os alunos tivessem dificuldade de escutar o professor.

Questão 3 - O efeito doppler ocorre quando a fonte sonora se aproxima do ouvinte, de modo este, percebe um som mais grave que o originalmente emitido.

Escolha uma opção:

- Verdadeiro
- Falso

Questão 4 - Um violão é composto de várias partes, como mostra a imagem abaixo.



Figura 30: Violão (WIKIPÉDIA)

O corpo do violão também é chamado de caixa de ressonância, o que explica o fato de ser possível ouvir o som do violão sem a necessidade de uma caixa de som.

Assinale a opção que melhor explica o funcionamento do violão.

- a) Quando uma corda é posta para vibrar, o corpo do violão entra em ressonância com ela, de modo que este passe a vibrar na mesma frequência, aumentando assim a intensidade do som produzido no instrumento.
- b) O corpo do violão não é capaz de aumentar ou diminuir a intensidade do som produzido na corda.
- c) Quando uma corda é colocada para vibrar, o corpo do violão entra em ressonância com ela, o que diminui a intensidade do som produzido pela corda.
- d) Quando uma corda é colocada para vibrar, o corpo do violão exerce uma resistência à vibração, impedindo que a corda fique em movimento por muito tempo.

Questão 5 - O fenômeno do efeito doppler altera a frequência percebida de um som, não mudando a frequência original do som, que apenas pode ser alterada na fonte sonora.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 6 - Um efeito muito utilizado por músicos é o reverb, que consiste numa simulação das reverberações geradas por um determinado ambiente. Deste modo, um instrumentista é capaz de simular um ambiente no qual não se encontra, reproduzindo suas características acústicas. Dentre as opções abaixo, marque aquela que melhor descreve o funcionamento deste tipo de efeito.

- a) Uma reverberação pode ser simulada se o som original for gravado e repetido num intervalo de tempo pequeno, de modo que para o ouvinte, o efeito será igual ao do fenômeno.
- b) Uma reverberação pode ser simulada se o som original for gravado e repetido num intervalo de tempo muito longo, de modo que para o ouvinte, o efeito será igual ao do fenômeno.

- c) Uma reverberação pode ser simulada se o som original for gravado e for repetido várias vezes consecutivas.
- d) Uma reverberação pode ser simulada se o som original for gravado e repetido num intervalo de tempo superior a 10 s, de modo que para o ouvinte, o efeito será igual ao do fenômeno.

Questão 7 - Caso uma pessoa grite em uma sala de 25 m^2 (5 m de comprimento e 5 m de largura) será possível escutar o eco do som da sua voz após 2 s.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Módulo 05 - Instrumentos Musicais

Cordas vibrantes

Quando uma corda é colocada para vibrar entre duas extremidades fixas, como em um instrumento musical por exemplo, as sucessivas reflexões dos pulsos nestas extremidades podem dar origem à ondas estacionárias, que são ondas nas quais há pontos em que a interferência entre os diversos pulsos refletidos sempre será destrutiva total.

É possível encontrar diversos exemplos de instrumentos musicais que se utilizam de cordas vibrantes para produzir som. O violino, o violoncelo e o violão são instrumentos acústicos, ou seja, produzem sons audíveis sem a necessidade a amplificação do mesmo, já a guitarra e o baixo elétrico necessitam de um sistema de amplificação para funcionar.

Velocidade de ondas em cordas

Como sabemos, a velocidade com que uma onda se propaga depende apenas das características do meio no qual ela está inserida, assim, as características da corda irão afetar a velocidade com que a onda se propaga.

Tendo em vista que o comprimento de onda está diretamente ligado ao comprimento da corda, chegamos à conclusão de que quanto maior for a velocidade da onda maior será a frequência.

A equação abaixo descreve a velocidade de uma onda em uma corda.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Onde :

v é a velocidade da onda na corda;

F é a força de tração na corda; e

μ é a densidade linear da corda.

$$\mu = \frac{\text{massa}}{\text{comprimento}}$$

Figura 31: Equação de Taylor

Observando a equação acima, vemos que um aumento na força de tensão na corda faz aumentar a velocidade da onda, porém, não de forma direta. Isso nos faz perceber que para obter um som mais agudo é necessário que a força aplicada para esticar a corda deverá ser maior.

Da mesma forma, a densidade da corda também irá influenciar a velocidade, porém, quando a densidade linear aumenta, a velocidade cai, o que traz a conclusão de que para obter sons mais graves é necessário que as cordas de um instrumento sejam mais grossas.

Segue abaixo um vídeo da Tv Cifra Club, no qual se ensina a afinar um violão.

Vídeo: Como afinar seu violão (CIFRA CLUB, 2010)

Observe, nos 6 primeiros minutos, que quando se quer aumentar a frequência de uma corda, aumenta-se a força de tração, e que quanto mais fina for a corda, maior será a sua frequência de afinação.

Modos de Vibração

Quando uma corda é colocada para vibrar entre duas extremidades fixas, como em um instrumento musical por exemplo, as sucessivas reflexões dos pulsos nestas extremidades dão origem à ondas estacionárias. Pelas características do sistema, as extremidades da corda oscilante serão sempre nós, já que a corda estará presa nestes pontos.

A imagem abaixo mostra os diversos harmônicos de uma onda numa corda vibrante.

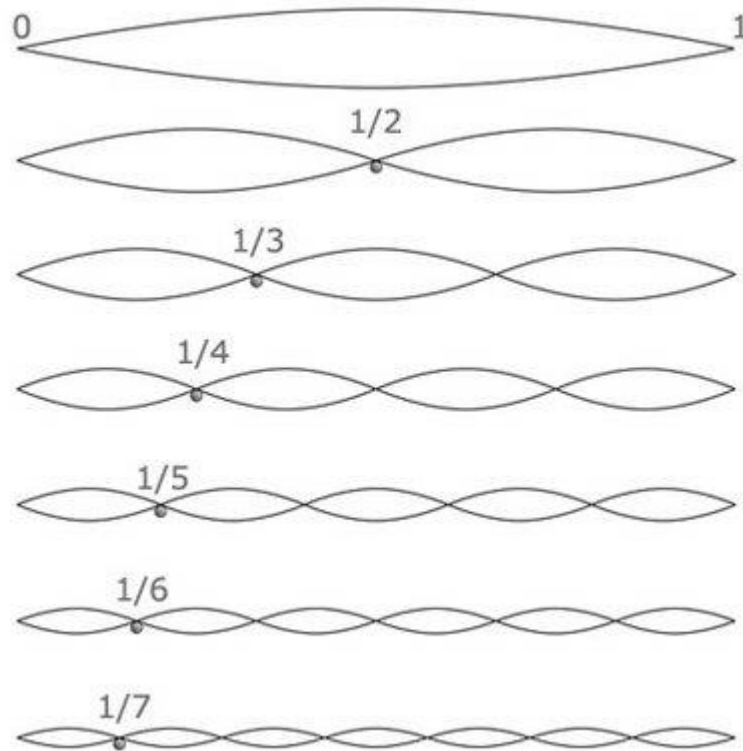


Figura 32: Modos de vibração de uma corda (ETHAN)

É possível notar que o comprimento de onda está diretamente ligado ao modo de vibração e ao comprimento de onda, de modo que a relação entre estas grandezas é dada por.

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

Onde:

λ é o comprimento de onda;

L é o comprimento da corda; e

n é o número de ventres.

Figura 33: Comprimento de onda numa corda

Tubos Sonoros

O ar vibrando dentro de uma flauta por exemplo, gera pontos de pressão e de rarefação dentro do tubo, o que define a frequência sonora que será emitida pelo instrumento. Neste caso, também observamos o aparecimento de nós e de ventres dentro do tubo, o que define o modo de vibração da onda estacionária.

Tubos abertos



Tubos fechados



Figura 34: Tubos sonoros (FERRARO)

Como observamos na imagem acima podemos ter instrumentos musicais de tubo aberto, nos quais os dois lados do tubo estão abertos, como a flauta doce por exemplo; e instrumentos de tubo fechado, nos quais um dos lados do tubo é fechado, como a flauta transversal por exemplo.

Tubos Abertos

Nos instrumentos de tubo aberto temos o uma simetria semelhante à que ocorre nas cordas vibrantes, com a diferença que nas extremidades do tubo temos a formação de ventres, e não nós.

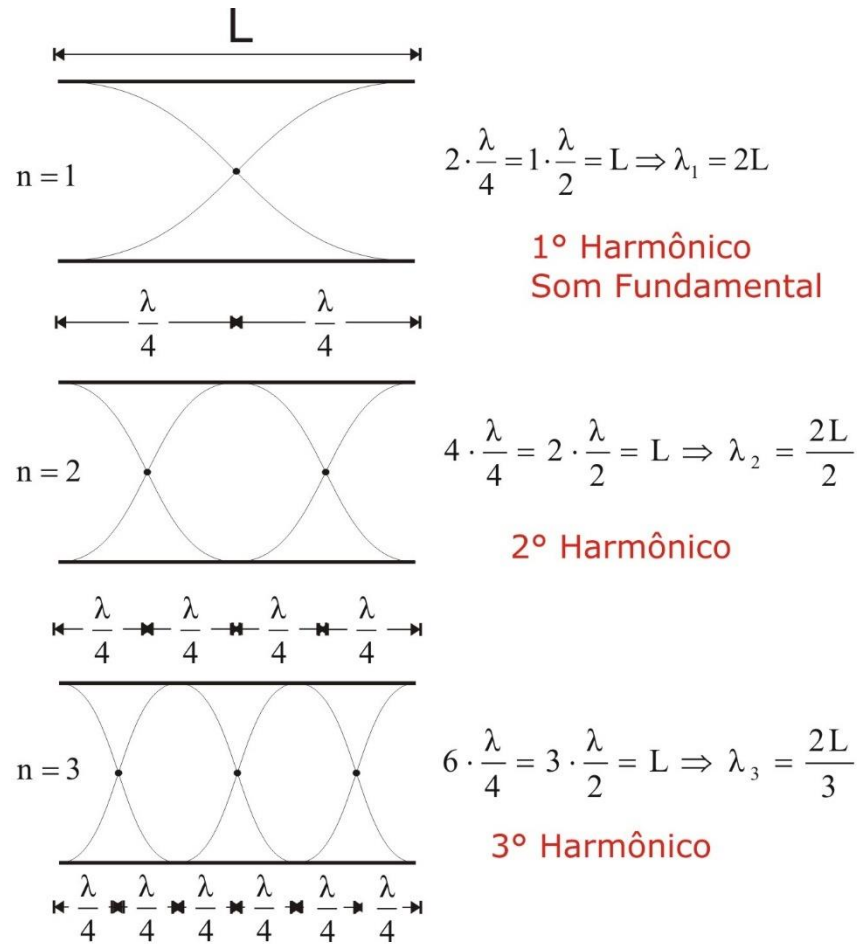


Figura 35: Tubo Aberto (SÓ FÍSICA)

De modo que podemos concluir que:

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

Onde:

λ é o comprimento de onda;

L é o comprimento do tubo; e

n é o número de nós.

Figura 36: Comprimento de onda em tubos abertos

Tubo Fechado

A assimetria do tubo fechado se deve ao fato de que um dos lados é aberto e o outro lado é fechado, o que faz com que em um dos lados se tenha um nó, e no outro lado se tenha

um ventre. Esta assimetria faz com que o comportamento matemático deste tipo instrumentos seja diferente dos instrumentos de tubo aberto.

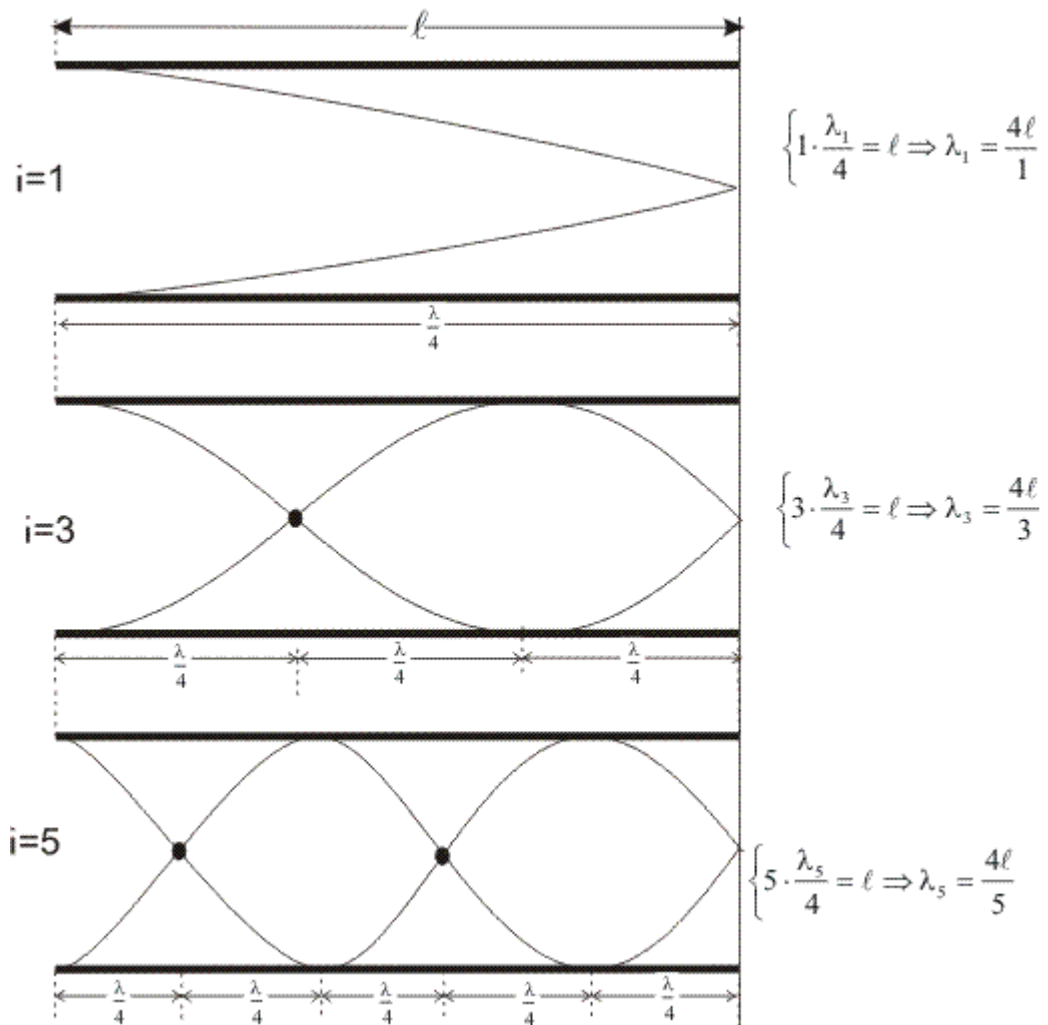


Figura 37: Tubos Fechados (SÓ FÍSICA)

De modo que:

$$\lambda = \frac{4.L}{2.n-1}$$

Onde:

λ é o comprimento de onda;

L é o comprimento do tubo; e

n é o número de nós.

Figura 38: Comprimento de onda de um tubo fechado

Questionário sobre Cordas e Tubos

Questão 1 - O modo fundamental de vibração de uma corda, também chamado de primeiro harmônico, e ocorre quando, em sua vibração, a corda apresenta apenas um nó e um ventre.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 2 - A flauta doce é considerada um instrumento de tubo aberto, já que as duas extremidades do tubo estão abertas.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 3 - A flauta transversal, é considerada um instrumento de tubo aberto, pois uma de suas extremidades é aberta e a outra fechada.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 4 - Quando uma corda é colocada para vibrar em seu segundo modo de vibração, o comprimento de onda equivale ao comprimento da corda.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 5 - Em uma corda que vibra em seu estado fundamental (1º modo), o comprimento de onda é igual ao dobro do comprimento da corda.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Questão 6 - Em um tubo sonoro, a frequência emitida é controlada a partir da manipulação das aberturas laterais do instrumento. Sabendo que uma flauta doce apresenta um som mais grave quando todas as aberturas estão fechadas pelos dedos, e um som mais agudo quando todas elas estão livres, escolha dentre as opções abaixo a que melhor descreve o funcionamento deste instrumento.

Escolha uma opção:

- a) O instrumento é formado por um tubo aberto nas duas extremidades, de modo que o instrumentista possa soprar de um lado para que o som saia do outro lado. Quando as aberturas laterais estão livres para a passagem do ar, isso cria nós naqueles pontos, manipulando assim o comprimento de onda, e com todas fechadas, teremos o primeiro modo de vibração, com maior comprimento de onda, e portanto, frequência maior.
- b) O instrumento é formado por um tubo aberto nas duas extremidades, de modo que o instrumentista possa soprar de um lado para que o som saia do outro lado. Quando as aberturas laterais estão livres para a passagem do ar, isso cria naqueles pontos nós, manipulando assim o comprimento do tubo, e com todas fechadas, teremos o primeiro modo de vibração, com maior comprimento do tubo, e portanto, frequência maior.
- c) O instrumento é formado por um tubo aberto nas duas extremidades, de modo que o instrumentista possa soprar de um lado para que o som saia do outro lado. Quando as aberturas laterais estão livres para a passagem do ar, isso cria naqueles pontos nós, manipulando assim a velocidade de propagação da onda, e com todas fechadas, teremos o primeiro modo de vibração, com maior velocidade de propagação, e portanto, frequência menor.

- d) O instrumento é formado por um tubo aberto nas duas extremidades, de modo que o instrumentista possa soprar de um lado para que o som saia do outro lado. Quando as aberturas laterais estão livres para a passagem do ar, isso cria nós naqueles pontos, manipulando assim o comprimento de onda, e com todas fechadas, teremos o primeiro modo de vibração, com maior comprimento de onda, e portanto, frequência menor.
- e) O instrumento é formado por um tubo aberto nas duas extremidades, de modo que o instrumentista possa soprar de um lado para que o som saia do outro lado. Quando as aberturas laterais estão livres para a passagem do ar, isso cria ventres naqueles pontos, manipulando assim o comprimento de onda, e com todas fechadas, teremos o primeiro modo de vibração, com maior comprimento de onda, e portanto, frequência maior.

Questão 7 - Os instrumentos de cordas, como o violão, o violino e o violoncelo são tocados de modo que uma das mãos pressiona a corda contra o braço do instrumento, enquanto a outra mão é responsável por fazer a corda vibrar. A respeito deste assunto, marque a alternativa correta.

- a) Em um instrumento de cordas vibrantes, a frequência emitida pelo instrumento é controlada através da pressão exercida nas cordas por uma das mãos, fazendo variar o comprimento da corda e, por consequência, a frequência que ela emite. Assim, quanto maior a porção vibrante da corda, maior será a frequência emitida.
- b) Em um instrumento de cordas vibrantes, a frequência emitida pelo instrumento é controlada através da pressão exercida nas cordas por uma das mãos, de modo que quanto maior a porção de corda que oscila, menor será o comprimento de onda, e por consequência, maior a frequência.
- c) Em um instrumento de cordas vibrantes, a frequência emitida pelo instrumento é controlada através da pressão exercida nas cordas por uma das mãos, fazendo variar a força de tração na da corda e, por consequência, a frequência que ela emite.
- d) Em um instrumento de cordas vibrantes, a frequência emitida pelo instrumento é controlada através da pressão exercida nas cordas por uma das mãos, de modo que quanto maior a porção de corda que oscila, maior será o comprimento de onda, e por consequência, menor a frequência.

Questão 8 - Em uma corda de 90 cm que vibra em seu terceiro modo de vibração, o comprimento de onda será igual a 60 cm.

Escolha uma opção:

- a) Verdadeiro
- b) Falso

2 Bibliografia

ABEGG, I.; BASTOS, P. Ensino de Física Colaborativo mediado pelo Wiki do Moodle: Descrição e Análise de casos de Estudos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Maria - RS, v. 29, n. Especial 2, p. 729-757, Outubro 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp2p729/23063>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

ADMINOFTHISSITE'S CHANEL. Hearing Test HD. **Youtube**, 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=H-iCZELJ8m0>>. Acesso em: 17 Março 2016.

ARAUJO, S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Modelos computacionais no ensino-aprendizagem de Física: Um referencial de trabalho. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre - RS, 17(2), 2012. 341-366. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID295/v17_n2_a2012.pdf>. Acesso em: 6 abril 2016.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimento**: Uma perspectiva cognitiva. 1º Edição PT. ed. Lisboa , Portugal: Paralelo Editora, LDA, 2003. 227 p.

BOTTONE, B. Patitucci - Bach. **YouTube**, 2009. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=jx9Tp8oRu9w>>. Acesso em: 17 março 2016.

CASTILLODELASCS. Experimento: Cuerda vibrante, onda estacionaria 4. **YouTube**, 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ttAfd7atV7Q>>. Acesso em: 17 Março 2015.

CAUDURO, J. et al. Velocidade do som no ar e Efeito Doppler em um único experimento. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, Santa Maria, RS, v. 34, Fevereiro 2012. ISSN ISSN 1806-1117. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v34n1/v34n1a17.pdf>>. Acesso em: 15 Fevereiro 2016.

CAVALCANTE, A.; PEÇANHA, R.; TEIXEIRA, A. D. C. Ondas estacionárias em cordas e determinação de densidade linear de um fio. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, Setembro 2013.

CAVALCANTE, K. G. Som, Infrassom e Ultrassom. **Mundo Educação**. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/som-infrassom-ultrassom.htm>>. Acesso em: 17 dezembro 2015.

CENTRO DE EXCELENCIA EM OFTALMOLOGIA. Como funciona um óculos 3D. **Ceo - Porto Alegre**. Disponível em: <<http://www.ceoportoaalegre.com.br/como-funcionam-os-oculos-3d/>>. Acesso em: 17 dez. 2015.

CIFRA CLUB. Como Afinar Seu Violão. **Youtube**, 2010. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=fUi2jhuhXsw>>. Acesso em: 18 março 2016.

DIOGO, R. C. Amplitude de uma onda longitudinal. **Youtube**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=CZ2x67FyHhY>>. Acesso em: 15 Janeiro 2016.

ERROBIDART, H. A. et al. Ouvido Mecânico: um dispositivo experimental para o estudo da propagação e transmissão de uma onda sonora. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, Março 2014.

ETHAN. Tuning the quantum guitar. **The Ethan Hein Blog**. Disponível em: <<http://www.ethanhein.com/wp/2009/tuning-the-quantum-guitar/>>. Acesso em: 17 dezembro 2015.

FERNANDES, G. W. R.; RODRIGUES, A. M.; FERREIRA, C. A. Módulos temáticos virtuais: Uma proposta pedagógica para o ensino de Ciências e o uso das TICs. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Lisboa - Portugal, v. 32, n.3, p. 934-962, Dezembro 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n3p934/30783>>. Acesso em: 15 Janeiro 2016.

FERRACIOLI, L. et al. Ambientes de Modelagem computacional no aprendizado exploratório de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Vitória - ES, v. 29 Especial 2, p. 679 - 707, Outubro 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp2p679/23061>>. Acesso em: 12 Dezembro 2015.

FERRARO, G. Conceito de onda. Natureza das ondas. Tipos de ondas. **Os Fundamentos da Física**. Disponível em: <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/11/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas_19.html>. Acesso em: 17 dezembro 2015.

FERRARO, G.; SOARES, P. A. D. T.; RAMALHO, F. **Física: Os Fundamentos da Física**. 10^a. ed. São Paulo: Moderna, v. 2, 2009.

FERRARO, N. G. Cordas vibrantes / Tubos sonoros. **Fundamentos da Física**. Disponível em: <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/12/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas_17.html>. Acesso em: 18 dezembro 2015.

GUEDES, A. G. Estudo de ondas estacionárias em uma corda com a utilização de um aplicativo gratuito para smartphones. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo - SP, v. 37, n. 2, Abril 2015. ISSN 1806-9126. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n2/0102-4744-rbef-37-02-2502.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 8^a. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2008.

HENRIQUE, J. Como Funciona o Ouvido Humano. **Youtube**, 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=hV_ZRq4f_0M>. Acesso em: 17 Março 2016.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9^a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

LACERDA, A. L.; SILVA, T. Possibilidades pedagógicas na perspectiva de uma educação online. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis - SC, v. 32, n.1, p. 157-179, Abril 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n1p157/29041>>. Acesso em: 15 Janeiro 2016.

LAGO, B. L. A guitarra como um instrumento para o ensino de física e ondulatória. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo -Sp, Março 2015. ISSN 1806-9126. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n1/0102-4744-rbef-37-01-1504.pdf>>. Acesso em: 07 Março 2016.

LEWIS, T. 5 Fascinating Facts About Fetal Ultrasounds. **Live Science**, 2013. Disponível em: <<http://www.livescience.com/32071-history-of-fetal-ultrasound.html>>. Acesso em: 17 dezembro 2015.

MARQUES, D. Difração de ondas. **Brasil Escola**. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/difracao-ondas.htm>>. Acesso em: 16 dez. 2015.

MATIAS, R.; FRATTEZI, A. **Física Geral para o Ensino Médio**. 2^a. ed. São Paulo: Harbra, v. Único, 2011.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 3^a. ed. São Paulo: EPU, 1999. 195 p.

NAUKA 21. Эхолокация скоро дойдет до смартфонов. **Nauka 21**. Disponível em: <<http://nauka21vek.ru/archives/50434>>. Acesso em: 15 janeiro 2016.

NEVES , U. M. D. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v. 25, Fevereiro 2013.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 1ª. ed. São Paulo - SP: Edgard Blücher LTDA, v. 2, 1997.

NUSSENZVEIG, M. **Física Básica**. 4ª. ed. São Paulo - SP: Editora Edgard Blücher Ltda, v. 2, 2002.

PHET. Wave on a String. **phet**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_p>. Acesso em: 2 março 2016.

PIXABAY. Pixabay. Disponível em: <<https://pixabay.com/en/wave-concentric-waves-circles-water-64170/>>. Acesso em: 12 out. 2015.

PROF2000. Tipos de ondas. **Prof2000**. Disponível em: <<http://www.prof2000.pt/users/mrsd/8ano/ondas.htm>>. Acesso em: 15 dezembro 2015.

RAMALHO, F. J.; FERRARO, G.; TOLEDO, P.. **Os Fundamentos da Física**. 10ª. ed. São Paulo - SP: Moderna, v. 2, 2009.

REGO, T. C. **Vygotsky: Uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 1ª. ed. Petropolis, RJ: Vozes, 1995. 138 p.

RUI, R. Física na Audição Humana. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, 2007. ISSN 1807/2763. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tapf/v18n1_Rui.pdf>. Acesso em: 8 Março 2016.

SANTANA, M. D. F.; CARLOS , J. Regularidades e dispersões no discurso da aprendizagem significativa em David Ausubel e Paulo Freire. **Aprendizagem significativa em revista**, João Pessoa, v. 3, p. 12-22, Dezembro 2013. ISSN 2.

SBFÍSICA. Doppler. **Pion.sbfísica**. Disponível em: <<http://www.pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/content/download/4523/27963/Doppler.swf>>. Acesso em: 17 março 2016.

SBFÍSICA. Doppler Wave Fronts. **Pion.sbfisica**. Disponível em: <<http://www.pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/content/download/1583/10750/DopplerWaveFronts.swf>>. Acesso em: 18 março 2016.

SBFÍSICA. Long Waves - Modelo computacional. **Pion.SbFísica**. Disponível em: <http://www.pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/content/download/1597/10832/long_wave.swf>. Acesso em: 10 dezembro 2015.

SBFÍSICA. Standing Waves. **Pion.SbFísica**. Disponível em: <<http://www.pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/content/download/4308/26842/standingwaves.swf>>. Acesso em: 8 julho 2015.

SEGEV, I. Inbal Segev performs Bach's Cello Suite No. 1 in G major: Prelude. **YouTube**, 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=jpFj-h1sKvs>>. Acesso em: 17 Março 2016.

SILVA, C. D. et al. Produção de conhecimento sobre ensino de Física: Tendências, Lacunas, Novas questões. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis - SC, v. 29, p. 708 - 728, Outubro 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp2p708/23062>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

SILVA, R. S. D. **Moodle para autores e tutores**. 3^a. ed. São Paulo: Novatec, 2013.

SÓ BIOLOGIA. Só **Biologia**. Disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/Ondas2.php>. Acesso em: 17 dez. 2012.

SÓ FÍSICA. Tubos fechados. Só **Física**. Disponível em: <<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/tubos2.php>>. Acesso em: 8 abril 2015.

SÓ FÍSICA. Tubos Sonoro. Só **Física**. Disponível em: <<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/tubos.php>>. Acesso em: 12 Abril 2015.

SOUZA, P. A. L. et al. Estudo sobre a ação mediada no Ensino de Física em Ambiente Virtual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Goiania - GO, v. 29 Especial 1, p. 420 - 447,

Setembro 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp1p420/22929>>. Acesso em: 28 nov. 2015.

TAROGRAME. Polarisation de lumière. **Tarogramme**, 2014. Disponível em: <<https://tarogramme.wordpress.com/2014/03/30/polarisation-de-lumiere/>>. Acesso em: 17 dez. 2015.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 4ª Edição Brasileira. ed. São Paulo - SP: Livraria Martins Fontes Editora Ltda, 1991. 90 p. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/vygotsky-a-formac3a7c3a3o-social-da-mente.pdf>>. Acesso em: 12 Julho 2015.

WIKIPÉDIA. Ficheiro:Ear-anatomy-text-portuguese.PNG. **Wikipédia**. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ear-anatomy-text-portuguese.PNG>>. Acesso em: 12 outubro 2015.

WIKIPÉDIA. Partes de una guitarra. **Wikipédia**. Disponível em: <https://es.wikiversity.org/wiki/Partes_de_una_guitarra>. Acesso em: 17 dezembro 2015.

WOOD, D. What is Doppler Radar? **Study.com**. Disponível em: <<http://study.com/academy/lesson/what-is-doppler-radar-definition-uses.html>>. Acesso em: 17 dezembro 2015.