

# Aula 11

## ONDAS SONORAS

### META

- Fazer com que o estudante pense no ensino de ciências como algo “orgânico” que está em profunda transformação;
- Fazer com que os alunos percebam, através de uma atividade lúdica, que podemos ensinar física através de experimentos muito simples, e que física é uma ciência aplicada e que pode ser aprendida através da observação de vários dispositivos do cotidiano;
- Fazer com que os alunos percebam as aplicações da física no cotidiano;
- Mostrar que existem muitas animações virtuais sobre o tema, e que ensinar e aprender física podem ser uma atividade divertida e interessante.

### OBJETIVOS

- Ao final desta aula, o aluno deverá:
  - estar cientes das novas possibilidades e dos desafios que envolvem o ensino de ciências em geral;
  - Que para se ensinar física não precisamos ficar presos ao livro didático;
- Que ensinar física não é ensinar a resolver problemas e que a física é uma mera aplicação da matemática;
- Que ensinar através de exemplos reais (experimentais) pode ser muito mais interessante e divertido;
- Estes devem estar cientes que é possível explorar vários recursos de multimídias e de experimentos de baixo custo em sala de aula;
- Que a acústica é um ramo da ciência que possui muitas aplicações tecnológicas.

### PRÉ-REQUISITOS

- Os alunos deveram ter cursado as disciplinas de Psicologia da Educação, Física A, B e C.

**Vera Lucia Martins de Mello**

### INTRODUÇÃO

Relembramos que o objetivo da disciplina Instrumentação é o de analisar os recursos didáticos e não introduzir conteúdos de física. Assim, nesta aula usaremos o texto produzido para o site da Wikipédia <sup>[1]</sup>, que exemplifica muito bem as diversas aplicações da acústica, e o texto para o site de ensino da Weblab <sup>[2]</sup>, que explica de forma muito sucinta o conteúdo desta disciplina.

Como este tema é muito amplo vamos dividi-lo em duas aulas. Na primeira faremos uma introdução ao tópico “ondas sonoras”. Na próxima aula trataremos das aplicações da física das ondas sonoras: “natureza ondulatória do som”.

Vamos nesta aula tratar do tema sons ou ondas sonoras. Para compreendermos toda a amplitude de aplicações deste tema da física temos que lembrar que nos cursos de engenharia e arquitetura se estuda o som dentro do tema mais amplo denominado de acústica. A acústica é o ramo da física que estuda o som. O som é um fenômeno ondulatório causado pelos mais diversos objetos e se propagam através dos diferentes estados físicos da matéria <sup>[1]</sup>.

Em acústica geralmente podemos dividir entre geradores de som, meios de transmissão, propagação e receptores. A acústica mensura estes meios cria instrumentos, tabelas, etc., de forma a fornecer dados necessários aos mais diversos ramos da ciência para a utilização dos sons, de seus meios de propagação e efeitos.

Na cadeia geração e recepção acústica inclui-se o indivíduo que recebe o efeito sonoro e o evento que dá origem ao fenômeno.

A acústica é considerada uma ciência que abrange diversas disciplinas e por elas é abrangida. Os ramos científicos que estudam as propriedades acústicas, a propagação do som e efeitos são os mais diversos. Entre estes se destacam:

### ENGENHARIA ACÚSTICA <sup>[1]</sup>

A engenharia acústica é o ramo da engenharia que estuda formas de controle e de reprodução de fenômenos acústicos. Isto se aplica a diversas situações práticas como controle de ruído industrial, controle de ruído ambiental, acústica arquitetônica, controle de vibrações em máquinas e equipamentos, reprodução, auralização e síntese de fontes sonoras, e assim por diante. Há hoje no Brasil um único curso oferecido pela Universidade Federal de Santa Maria, no Rio Grande do Sul. No entanto, a pesquisa em engenharia acústica vem sendo conduzida em muitas universidades brasileiras, notadamente nos departamentos de Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica e Física.

## FÍSICA ACÚSTICA <sup>[1]</sup>

A física acústica investiga a forma como a energia sonora se transmite através dos meios materiais de propagação, seus efeitos e interações com os meios: sólido, líquido, gasoso e plasma.

No espaço livre, a intensidade de energia da onda diminui na medida em que ela se afasta da fonte sonora. Quando é dobrada a distância entre a fonte e o receptor, a intensidade do som cai 6 dB em campo livre e considerando uma fonte pontual e 3 dB considerando uma fonte de linha sobre um plano refletor. Uma fonte sonora produz variações de pressão no ar, diminuindo sua densidade, comprimindo-o numa onda progressiva, cujo formato esférico se move à velocidade de 340 m/s.

Numa sala fechada, a onda sonora é refletida várias vezes pelas paredes, teto, soalho e a intensidade fica mais ou menos invariável (exceto, junto da fonte sonora, onde é maior).

Os fenômenos físicos relacionados à acústica são a ressonância e o Efeito Doppler.

## PSICOACÚSTICA

A psicoacústica se preocupa com as sensações auditivas produzidas pelo som audível.

## FENÔMENOS PSICOACÚSTICOS

Os fenômenos psicofísicos (psicoacústicos) relacionados à acústica são o eco, a reverberação, o batimento, o volume sonoro, a intensidade de flutuação, a agudeza, a tonalidade e a roughness.

## ACÚSTICA ARQUITETÔNICA <sup>[1]</sup>

Os especialistas de acústica arquitetônica estudam o comportamento do som em recintos fechados ou semiabertos e a transmissão sonora entre recintos fechados. A absorção do som é importante no caso de se estudar o comportamento do som em recintos fechados ou semiabertos, a fim de garantir boa inteligibilidade da fala ou da música. O isolamento sonoro nas edificações em geral, assim como nos projetos urbanísticos, é importante para minimizar a propagação de sons indesejados e assim minimizar os efeitos negativos dos mesmos. Exemplos da acústica arquitetônica são as conchas acústicas de teatro ao ar livre ou a acústica em igrejas.

### ACÚSTICA AMBIENTAL <sup>[1]</sup>

Os especialistas em acústica ambiental estão preocupados com a proteção do ruído aéreo, rodoviário, ferroviário e ruído gerado pelos equipamentos para os receptores sensíveis ao ruído, tais como habitações, escolas, hospitais, áreas verdes protegidas, etc. Em muitos países (e em muitos municípios) as leis preveem limites de exposição ao ruído destes receptores. Estes limites podem ser absolutos ou relativos ao ruído medido acima da introdução da nova fonte de ruído. O manejo do ruído ambiental é feito através da monitorização do ruído, a modelagem do ruído gerado pela introdução de novas fontes, e determinação das medidas de mitigação em conformidade com os limites da lei (ou pelo menos chegar perto desses limites por todos os meios práticos possíveis). As medidas de mitigação mais eficazes são as fontes, mas nem sempre a mitigação é possível. A segunda alternativa é introduzir barreiras acústicas entre as fontes e os receptores. Se esta alternativa não é praticável, a mitigação deve acontecer no receptor, por exemplo, com a introdução de janelas de painel duplo.

### MÚSICA <sup>[1]</sup>

A observação de que a altura do som produzido por uma corda vibratória varia com o seu comprimento é atribuída a Pitágoras (século VI a.C.) descoberta que o levou à da escala musical, em que ainda se baseia a música ocidental.

Na música, a acústica é importantíssima, pois sem o estudo desta não é possível o desenvolvimento e o processo de criação artística. Sem o estudo do som, suas combinações, harmonia, interações entre as notas musicais não existe.

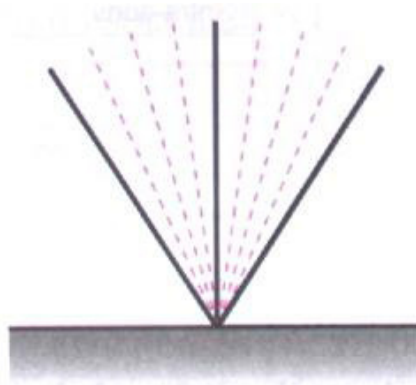
### MEDICINA E FONOAUDIOLOGIA <sup>[1]</sup>

A medicina e a fonoaudiologia são as áreas que mais estudam os efeitos benéficos e maléficos da acústica na fisiologia humana. O interesse é focado nas pregas vocais e no sistema auditivo humano.

Além disso, usam-se diferentes métodos acústicos para alívio de dores, destruição de cálculos, tratamentos dos mais diversos e para o diagnóstico, por exemplo, no caso do estetoscópio ou do ultrassom.

### PRODUÇÃO DO SOM

Fixemos uma lâmina de aço muito fina para que ela possa oscilar conforme indica a figura ao lado [2].



Quando deslocamos a lâmina, sua extremidade livre começa a oscilar para a direita e para a esquerda.

Se a lâmina vibrar com rapidez, produzirá um som sibilante, mostrando que os sons são produzidos pela matéria em vibração.

À medida que a lâmina oscila para a direita, ela realiza trabalho nas moléculas do ar, comprimindo-as, transferindo a elas energia na direção da compressão. Ao mesmo tempo, as moléculas do ar, situadas à esquerda, se expandem e se tornam rarefeitas, o que retira energia delas.

Quando a lâmina se move no sentido inverso, ela transfere energia para as moléculas do ar situadas à esquerda, enquanto as da direita perdem energia.

O efeito combinado de compressão e rarefação simultâneo transfere energia das moléculas do ar da esquerda para a direita, ou da direita para a esquerda na direção do movimento da lâmina, produzindo ondas longitudinais, nas quais as moléculas do ar se movimentam para frente e para trás, recebendo energia das moléculas mais próximas da fonte e transmitindo-a para as moléculas mais afastadas dela, até chegarem ao ouvido.

A figura abaixo mostra, de forma esquemática, o aspecto de uma onda sonora depois de deixar a boca de uma pessoa. Os traços representam moléculas de ar. Em algumas regiões, as moléculas estão mais concentradas; em outras estão mais rarefeitas. São estas regiões de compressão e rarefação que viajam pelo ar e constituem a onda sonora <sup>[4]</sup>.

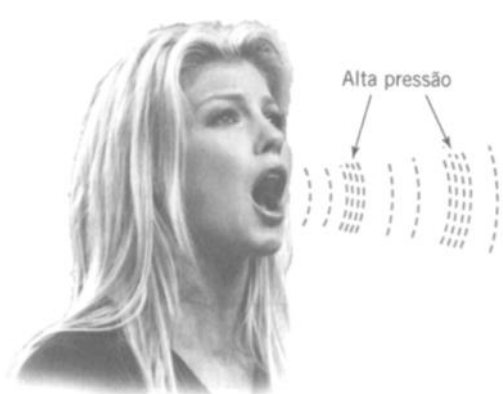


Figura 2 - Mulher cantando. Trefil & Hazen. Física Viva (Editora LTC, 2006).

No ouvido, as ondas atingem uma membrana chamada tímpano. O tímpano passa a vibrar com a mesma frequência das ondas, transmitindo ao cérebro, por impulsos elétricos, a sensação denominada som.

As ondas sonoras são ondas longitudinais, isto é, as moléculas de ar vibram na direção em que o som se propaga, por isso são chamadas ondas longitudinais.

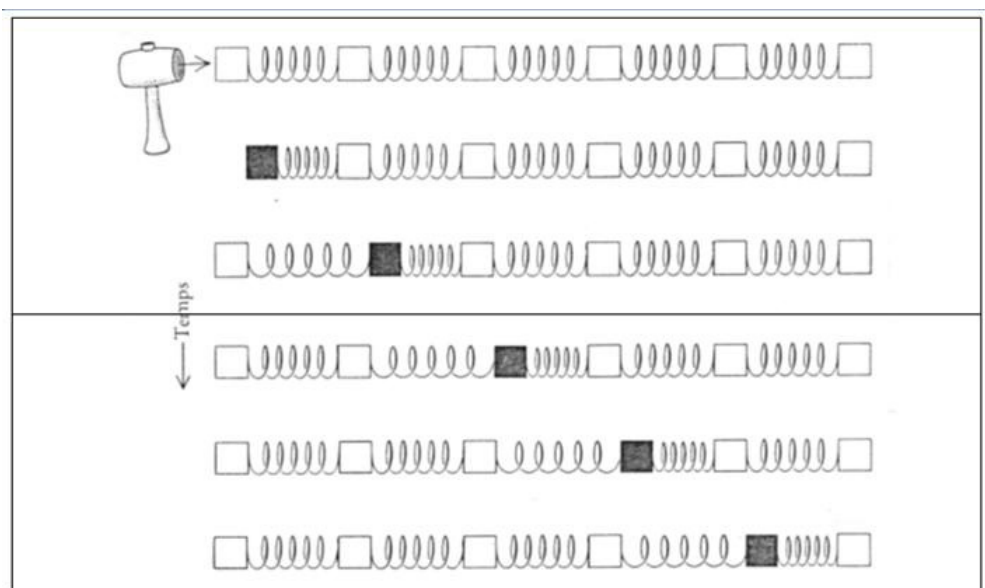
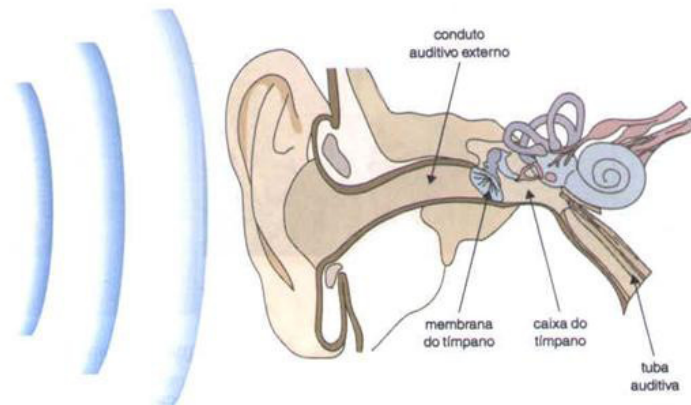


Figura 4 - J. Pierce, Le son musicale (Belin, Paris, 1983)

### PROPAGAÇÃO DA ONDA SONORA [4]

As ondas sonoras se propagam através do ar. As frentes de onda se movem a uma determinada velocidade.

A frequência de uma onda sonora é determinada pela contagem do número de frentes de onda que passam por certo ponto em um determinado tempo.

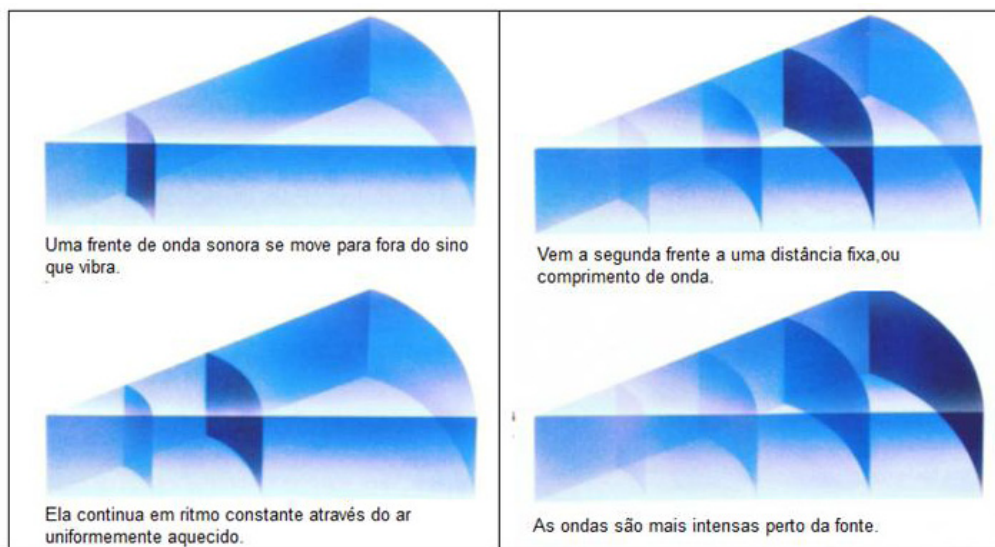
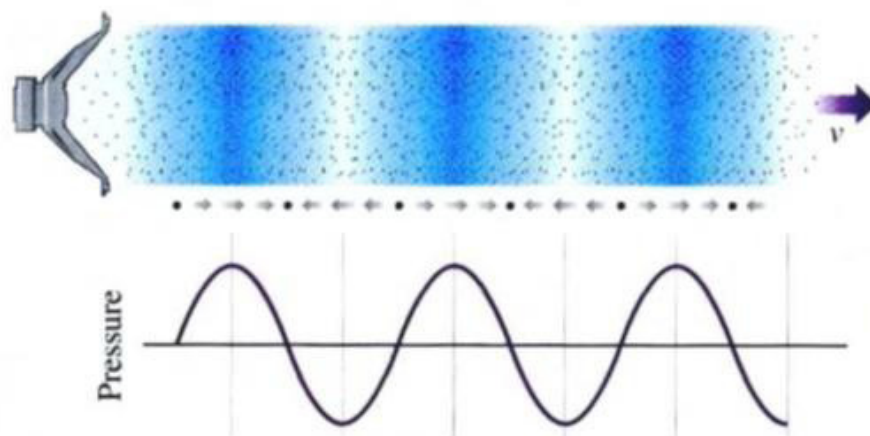


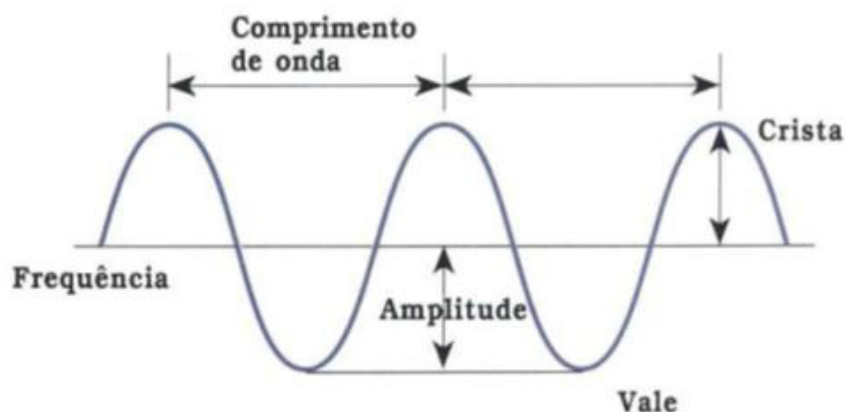
Figura 5 - Coleção Ciência & Natureza: Física; Time – Life e Abril livros (1996).

## ONDAS SONORAS

A onda sonora é caracterizada pela sua frequência ( $f$ ), que corresponde ao número de vibrações por segundo (medida em hertz, Hz), e pelo seu comprimento de onda ( $\lambda$ ), que é a distância entre a crista de uma onda e a da seguinte. A relação entre  $f$ ,  $\lambda$  e a velocidade do som ( $v$ ) é:

$$v = \lambda \cdot f$$





As ondas sonoras podem se propagar com diversas frequências, porém o ouvido humano é sensibilizado somente quando elas chegam a ele com frequência entre 20 Hz e 20.000 Hz, aproximadamente.

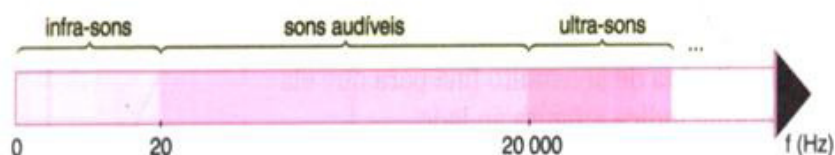


Figura 8

Quando a frequência é maior que 20000 Hz, as ondas são ditas ultrassônicas e menores que 20 Hz, infrassônicas.

As ondas infrassônicas e ultrassônicas não são audíveis pelo ouvido humano. As ondas infrassônicas são produzidas, por exemplo, por um abalo sísmico. Os ultrassons podem ser ouvidos por certos animais como morcego e o cão.

As ondas sonoras audíveis são produzidas por:

- Vibração de cordas;
- Vibração de colunas de ar;
- Vibração de discos e membranas.

O som musical, que provoca sensações agradáveis, é produzido por vibrações periódicas. O ruído, que provoca sensações desagradáveis, é produzido por vibrações aperiódicas.





Podemos caracterizar os sons a partir de sua intensidade, altura ou timbre.

A intensidade está ligada à quantidade de energia transportada pelo som. Desta forma, conforme a intensidade do som, dizemos que ele é mais forte (a onda possui maior amplitude), ou mais fraca (a onda possui menor amplitude).

A altura está relacionada com a frequência do som. Assim, distinguimos os sons mais altos como os de maior frequência (mais agudos) e os mais baixos como os de menor frequência (mais graves). As notas musicais buscam agrupar diferentes frequências sonoras produzidas por um instrumento. A nota mais baixa do piano é o La<sub>0</sub>, de frequência  $f = 27.5$  Hz, e a nota mais alta é o Do<sub>8</sub>, de  $f = 4186$  Hz.

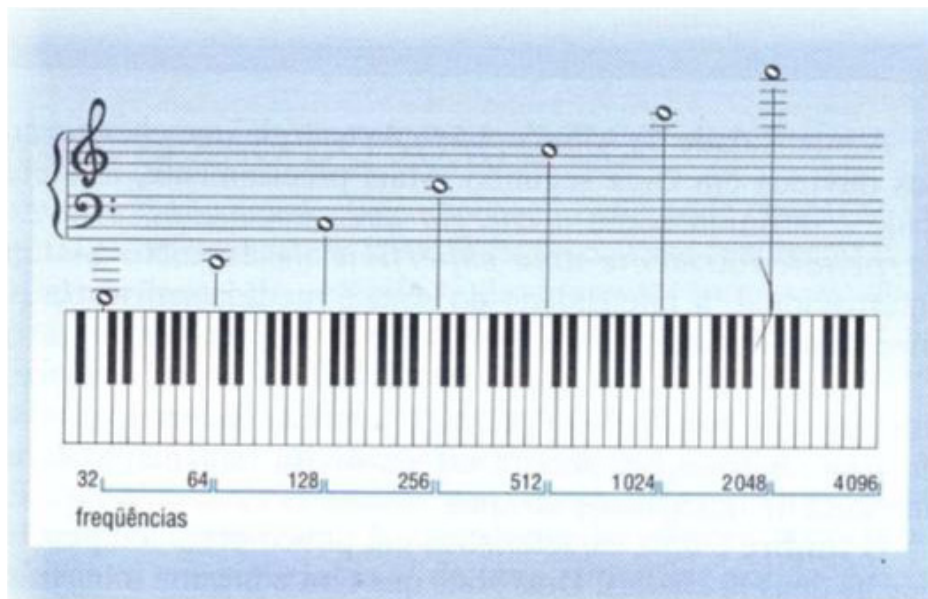


Figura 12 - Escala musical

Timbre: é a qualidade que permite ao ouvido diferenciar sons de mesma altura e intensidade, emitidos por fontes diferentes. Isto é, o timbre corresponde ao conjunto de ondas sonoras que formam um som. O timbre nos permite identificar a voz das pessoas e identificar uma mesma nota musical tocada por diferentes instrumentos. Ele representa uma espécie de “coloração” do som.

O timbre do som de uma nota tocada por um instrumento é determinado pelo valor da frequência do tom fundamental e pelo número e as intensidades dos harmônicos presentes.

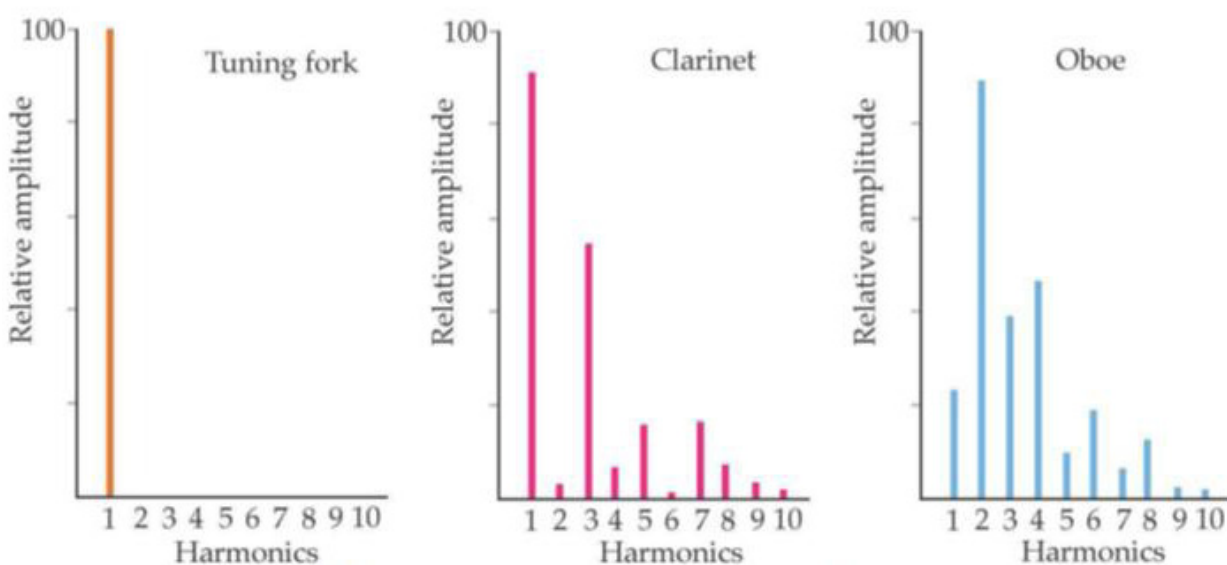
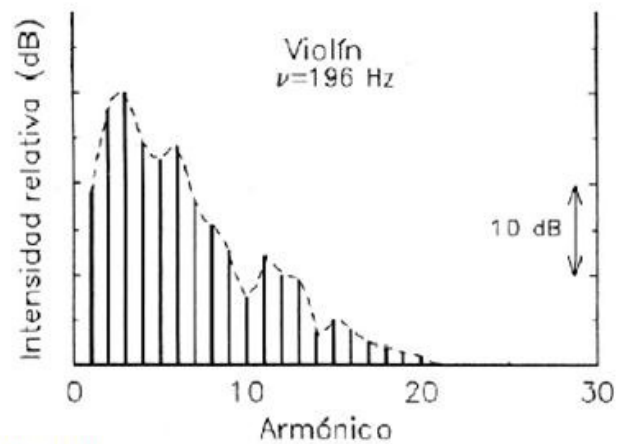


Figura 13 - Intensidade relativa dos harmônicos de um diapasão, a clarineta e o oboé (Física, P.A. Tipler).

## ANÁLISE ESPECTRAL DE UM VIOLINO TOCANDO A CORDA SOL

A figura abaixo mostra a intensidade relativa dos harmônicos obtidos ao tocar a nota Sol (primeira corda do violino). O espectro revela a presença de cerca de 15 harmônicos intensos. Sons com muitos harmônicos soam cheios e musicalmente mais ricos.



## TRANSMISSÃO DO SOM <sup>[2]</sup>

A maioria dos sons chega ao ouvido transmitido pelo ar, que age como meio de transmissão. Nas pequenas altitudes, os sons são bem audíveis, o que não ocorre em altitudes maiores, onde o ar é menos denso. O ar denso é melhor transmissor do som que o ar rarefeito, pois as moléculas gasosas estão mais próximas e transmitem a energia cinética da onda de umas para outras com maior facilidade.

Os sons não se transmitem no vácuo, porque exigem um meio material para sua propagação. De uma maneira geral, os sólidos transmitem o som melhor que os líquidos, e estes, melhor do que os gases.

Observe a tabela que apresenta a velocidade de propagação do som a 25°C.

Meio	Velocidade (m/s)
Ar	346
Água	1498
Ferro	5200
Vidro	4540

### QUALIDADES DO SOM

Se a energia emitida pela fonte é grande, isto é, se o som é muito forte, temos uma sensação desagradável no ouvido, pois a quantidade de energia transmitida exerce sobre o tímpano uma pressão muito forte<sup>[2]</sup>.

Quanto maior a vibração da fonte, maior a energia sonora, logo:  
“Quanto maior a amplitude da onda, maior a intensidade do som”.

Em homenagem ao cientista norte-americano Graham Bell (1847-1922), que estudou o som e inventou o telefone, a intensidade sonora é medida em bel (B) ou decibéis (dB).

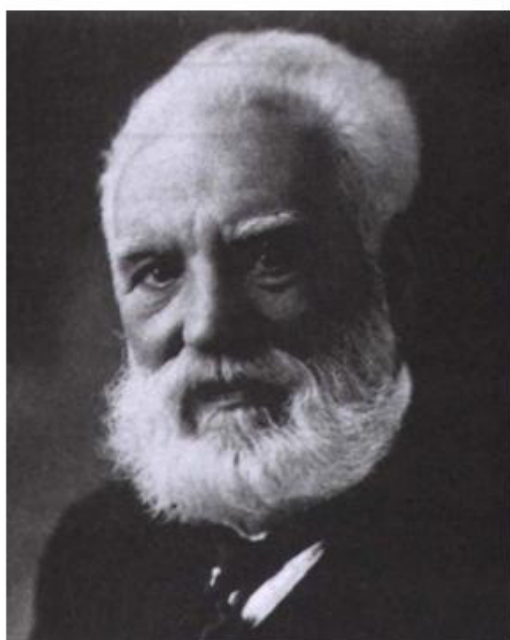


Figura 15 - Graham Bella



Figura 16 - Telefone

Os sons muito intensos são desagradáveis ao ouvido humano. Sons com intensidades acima de 130 dB provocam uma sensação dolorosa e sons acima de 160 dB podem romper o tímpano e causar surdez.

De acordo com a frequência, um som pode ser classificado em agudo ou grave. Essa qualidade é chamada altura do som.



“Sons graves ou baixos têm frequência menor. Sons agudos ou altos têm frequência maior”.

A voz do homem tem frequência que varia entre 100 Hz e 200 Hz e a da mulher, entre 200 Hz e 400 Hz. Portanto, a voz do homem costuma ser grave ou grossa, enquanto a da mulher ser aguda ou fina.

Você Sabia?

O som não pode se propagar no vácuo. Por essa razão, a onda sonora é chamada onda material ou onda mecânica. São também ondas mecânicas as ondas numa corda, na água e numa mola.

Essas ondas precisam de um meio material (sólido, líquido ou gás) para se propagar. Por outro lado, a luz, as ondas de rádio etc., podem se propagar em meios materiais e também no vácuo. Essas ondas são denominadas ondas eletromagnéticas.

As ondas eletromagnéticas são geradas por oscilações de cargas elétricas e se propagam no vácuo com uma velocidade aproximada de 300000 km/s. Os tipos principais de ondas eletromagnéticas são em ordem decrescente de frequência: raios gama, raios X, luz ultravioleta, luz visível, raios infravermelhos, ondas curtas de rádio e ondas largas de rádio.

O conjunto dessas ondas forma o espectro eletromagnético.

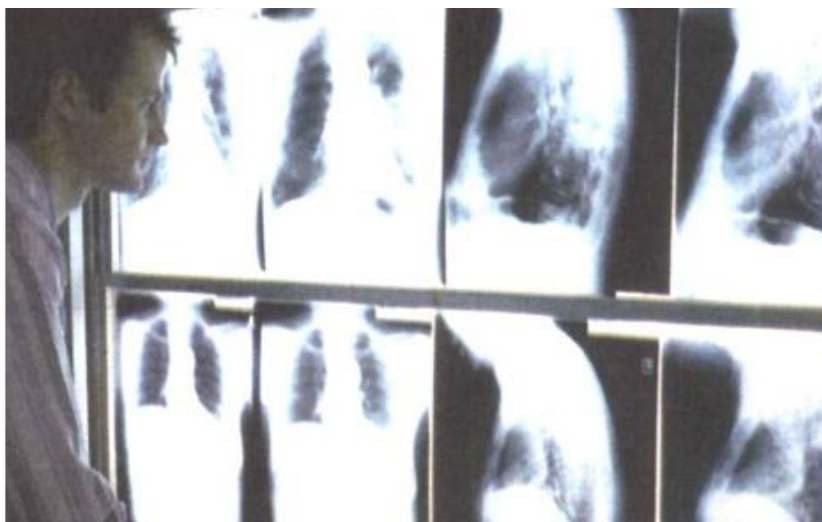


Figura 18 – Raios X

Veja algumas aplicações destes raios:

Raios gama: são emitidos por materiais radioativos e usados no tratamento de câncer e de muitas doenças de pele;

Raios X: ajudam os médicos a tratar e a diagnosticar doenças;

Raios ultravioleta: são usados como desinfetantes;

Raios infravermelhos: são emitidos por corpos aquecidos e usados para secar pinturas;

Ondas de rádio: são usadas pelas emissoras de rádio e televisão.



Experimentos de Baixo Custo

Experimentos com o Som <sup>[3]</sup>:

### 1 - VIBRAÇÕES

Material:

- 1 lata de bolachas grande e circular;
- Folha de plástico fina;
- Elástico resistente;
- Forma de metal;
- Colher de pau;
- Açúcar.



Procedimento:

- Fazer um tambor esticando a folha de plástico de forma que cubra a lata;
- Prender o elástico em volta da borda da lata, mantendo o elástico esticado;
- Polvilhe o açúcar por cima do tambor;
- Segure a forma perto do tambor e bate-lhe com força com a colher de pau.

Observe que o açúcar dança para cima e para baixo em cima do tambor.

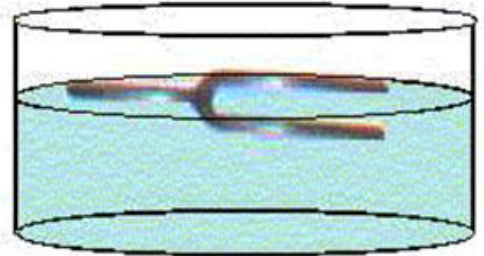
Como funciona:

Quando bate no tabuleiro com a colher, o metal vibra por uma fração de segundos, fazendo vibrar igualmente o ar junto dele. Estas pequenas vibrações do ar (ondas sonoras) rapidamente se espalham pelo ar em todas as direções. Quando atingem o tambor, fazem-no vibrar também e desta forma o açúcar começa a dançar para cima e para baixo. As ondas sonoras que chegam ao ouvido fazem-te ouvir o barulho.

## 2 - O SOM É UMA ONDA

Material:

- Diapasão (de preferência de baixa frequência);
- Tina com uma pequena camada de água no fundo;
- 2 colheres de chá.

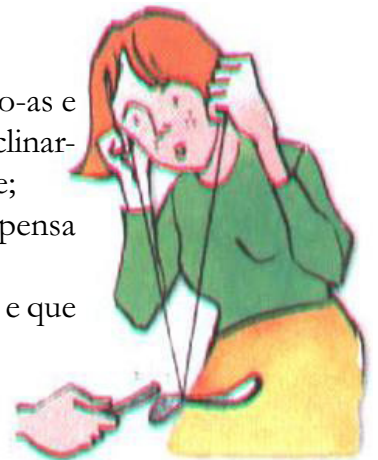


a) Procedimento:

- Percutir o diapasão e observar a respectiva vibração, observando o som que produz;
- Experimentar tocar no diapasão em vibração. Observar e registrar;
- Percutir o diapasão e tocar com uma das suas hastes na superfície da água da tina;
- Registrar o efeito provocado na superfície da água.

b) Procedimento:

- Atar uma das colheres a meio do fio;
- Passar as extremidades do cordão por trás das orelhas, segurando-as e tapando os ouvidos com as pontas dos dedos. Deve, em seguida, inclinar-se para frente para que a colher suspensa possa oscilar livremente;
- Pedir a outro colega para dar uma pequena pancada na colher suspensa com a outra colher;
- Escutar com atenção o som produzido pelo choque das colheres e que foi ouvido através do fio. Registrar as observações.

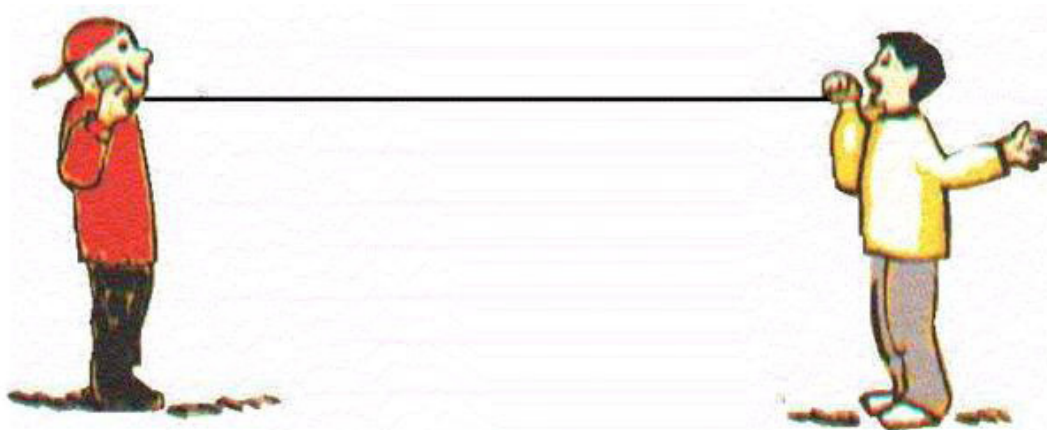


Refletindo...

Ouve-se o som quando o diapasão não vibra? Que meio atravessa o som do diapasão até chegar aos nossos ouvidos?

Os índios norte-americanos detectavam a chegada da cavalaria dos “caras pálidas” encostando o ouvido ao chão. Serás capaz de explicar por quê?

### 3 - TELEFONE DE CORDÃO



Com este pequeno brinquedo, podemos comprovar o fenômeno de transmissão do som através de corpos sólidos.

Construa um telefone de cordão para sentir como o som se propaga através dos sólidos (cordão).

Material:

- 1 cordão de aproximadamente 4 m;
- 2 copos de plástico.

Procedimento:

- Fazer um furo no fundo dos copos de plástico;
- Passar pelos furos um cordão engordurado (a gordura dá consistência ao cordão);

Fazer um nó nas extremidades do cordão de modo a não se soltar dos copos;

Com o cordão esticado pede ao teu amigo para falar dentro do copo e encoste o seu copo junto à orelha.



#### 4 - A VELOCIDADE DO SOM DEPENDE DO MEIO EM QUE ELE SE PROPAGA



O som pode propagar-se noutros meios além do ar. Por exemplo, um nadador consegue ouvir dentro da água alguns dos sons na superfície, ou mesmo o som de uma sineta tocada dentro da água.

A velocidade do som na água é maior do que no ar: é aproximadamente 1500m/s. Num meio sólido, como o cimento, o som ainda se propaga mais depressa: cerca de 5000m/s. Isto acontece porque tanto o ar como a água e o cimento são constituídos por partículas, e estas, no cimento e na água, encontram-se mais próximas do que no ar. As partículas vão transmitindo “sinais” (vibrações) às seguintes e é do movimento de todas elas que resulta o som. Quanto mais próximas estiverem entre si, as partículas vibrantes mais rapidamente se propagam as vibrações.

Uma sineta a tocar numa campânula onde se fez o vácuo não se ouve, pois, o som precisa de um suporte material para se propagar.

#### 7 - XILOFONE

- Colocar 8 garrafas em fila e preencher com água de modo que a altura do ar dentro das garrafas tenha as quantidades representadas na figura abaixo;
- Pode misturar um pouco de corante em cada garrafa para que o xilofone fique mais colorido;
- Agora é só tocar.



Figura 24

8 – Projeto Seara da Ciência. Neste projeto você encontra alguns experimentos mais sofisticados.

a) Medindo a velocidade da luz com um televisor.

<http://www.seara.ufc.br/sugestoes/fisica/onda1.htm>

b) Medindo a velocidade do som com um kit multimídia.

<http://www.seara.ufc.br/sugestoes/fisica/onda2.htm>

c) Medir a velocidade da luz com um forno de micro-ondas.

<http://www.seara.ufc.br/sugestoes/fisica/onda3.htm>

d) Produzindo música com taças ou copos.

<http://www.seara.ufc.br/sugestoes/fisica/som1.htm>

e) Uma marimba de garrafas.

<http://www.seara.ufc.br/sugestoes/fisica/som2.htm>

### APPLETS DE ENSINO

9) Acesse os links dos applets abaixo:

[http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/Introduccion/indiceApplets/indice/indice\\_ondas.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/Introduccion/indiceApplets/indice/indice_ondas.htm)

10) Se você conhece um pouco de inglês vale a pena ver o site: Animações de Acústica e Vibrações.

<http://www.acs.psu.edu/drussell/demos.html>

11) Projeto Physlets. Applet tirado do livro de física de Wolfgang Christian's Physlet.

[http://www.cabrillo.edu/~jmccullough/physlets/sound/sound\\_1.html](http://www.cabrillo.edu/~jmccullough/physlets/sound/sound_1.html)

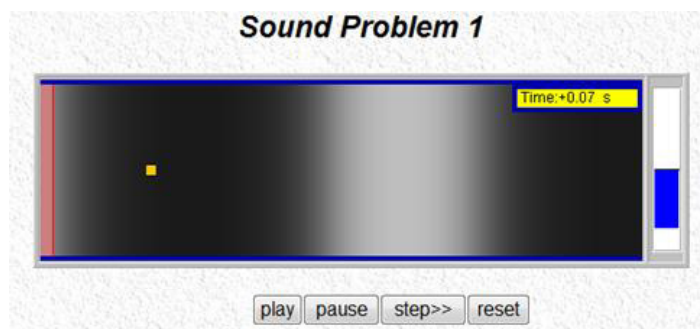
1º Problema

Descrição:

A animação é uma representação em câmara lenta de uma seção cruzada de uma onda sonora se propagando em acrílico. Um detector, quadrado laranja, é colocado no material para medir a pressão (posição em m e tempo em s).

Pergunta:

Qual é a velocidade da onda sonora? Nota: a animação roda durante 0,1s; pressione “reset” para reiniciar a animação.



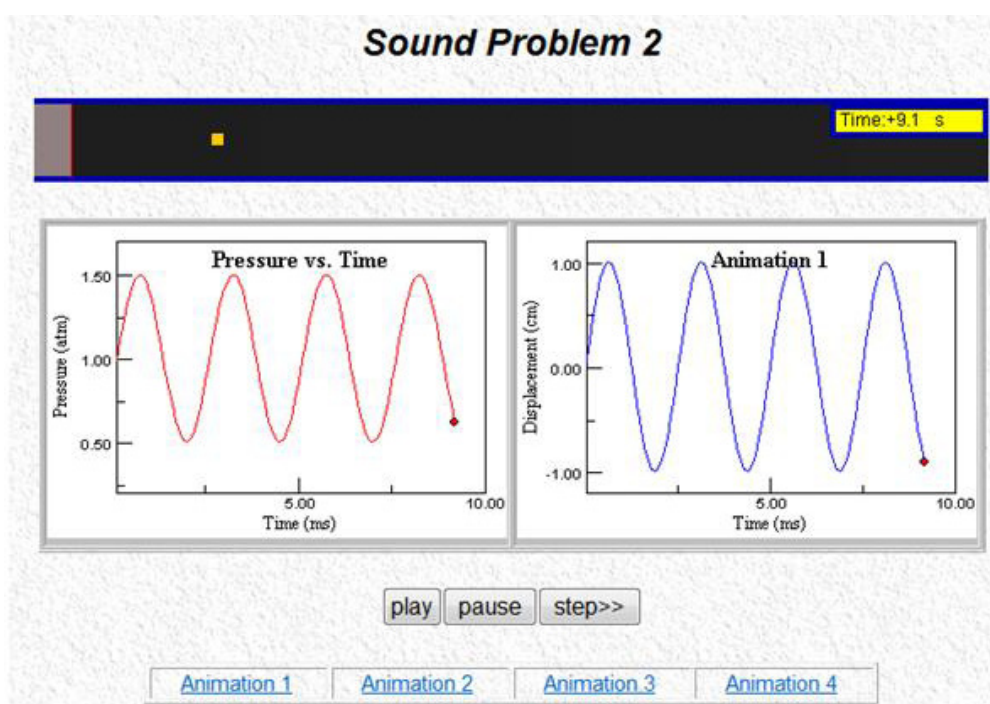
## 2º Problema

## Descrição:

A animação representa uma secção transversal de uma onda de som de propagação em um tubo. Um detector, o quadrado de laranja é colocado no tubo e mede a pressão (posição dada em centímetros e de tempo determinado em milissegundos).

## Pergunta:

Qual dos gráficos adequadamente representa o deslocamento das moléculas de ar no tubo?



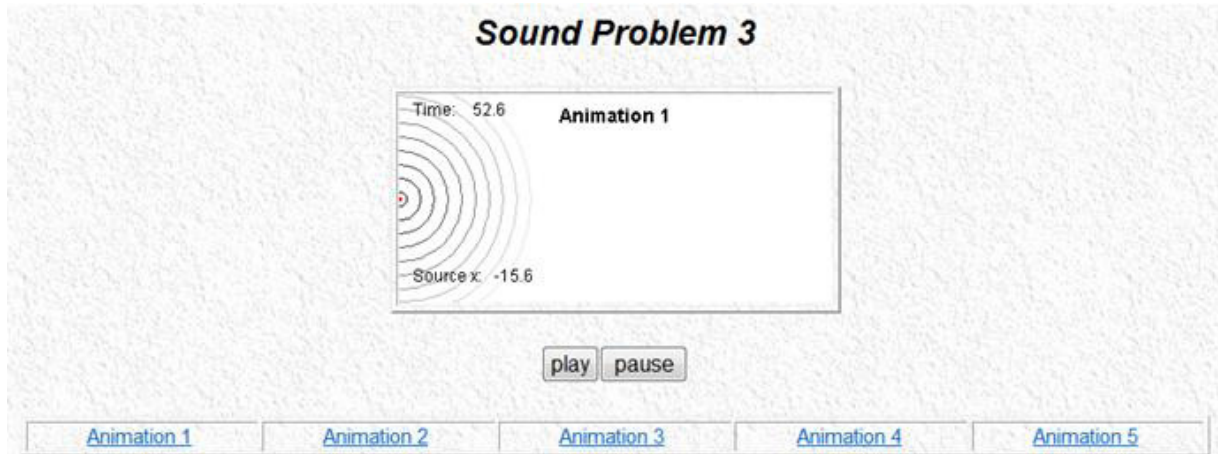
## 3º Problema

## Descrição:

A animação representa uma secção transversal de uma onda de som tridimensional de propagação de distância de uma fonte em movimento.

## Pergunta:

Em qual animação a fonte de viajar é mais lenta do que a velocidade do som?



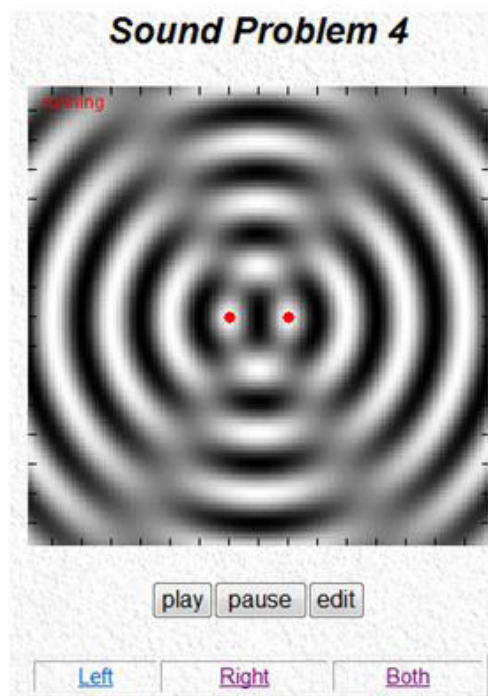
### 4º Problema

#### Descrição:

A animação acima mostra o padrão de onda resultante som de duas fontes, cada uma das quais podem ser ligadas e desligadas.

#### Pergunta:

Por que não há pontos mortos na distribuição do som quando a esquerda ou a direita da fonte está transmitindo, mas existem vários pontos mortos quando ambas as fontes estão transmitindo?

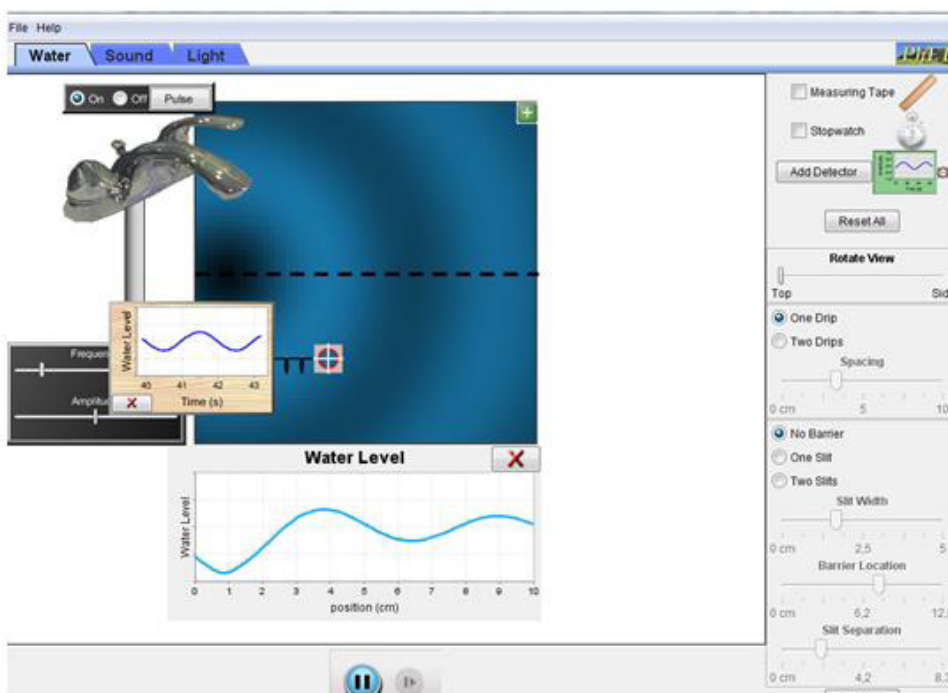


12) Projeto Phet. Universidade do Colorado.

[http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/wave-interference](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-interference)

Este applet permite estudar as ondas, o som e a luz. Podemos produzir ondas pelo pingar de uma torneira, por um alto falante (ou dois), ou por intermédio de um laser (ou dois) e observar como estão relacionadas. Todas podem ser representadas por uma sinusoidal. Para estudar o som, é muito interessante poder ver o movimento das partículas do ar durante a propagação da onda de compressão, confirmando que não ocorre transporte de matéria.

Podemos modificar a frequência e a amplitude e, no caso do som, permite ouvir o sinal produzido. Podemos adicionar obstáculos (paredes e espelhos) para estudar a reflexão. Para estudar fenômenos de interferência e difração, podemos adicionar uma ou duas fendas. Podemos encontrar pontos de interferência destrutiva e construtiva a olho nu, ou usando detectores.



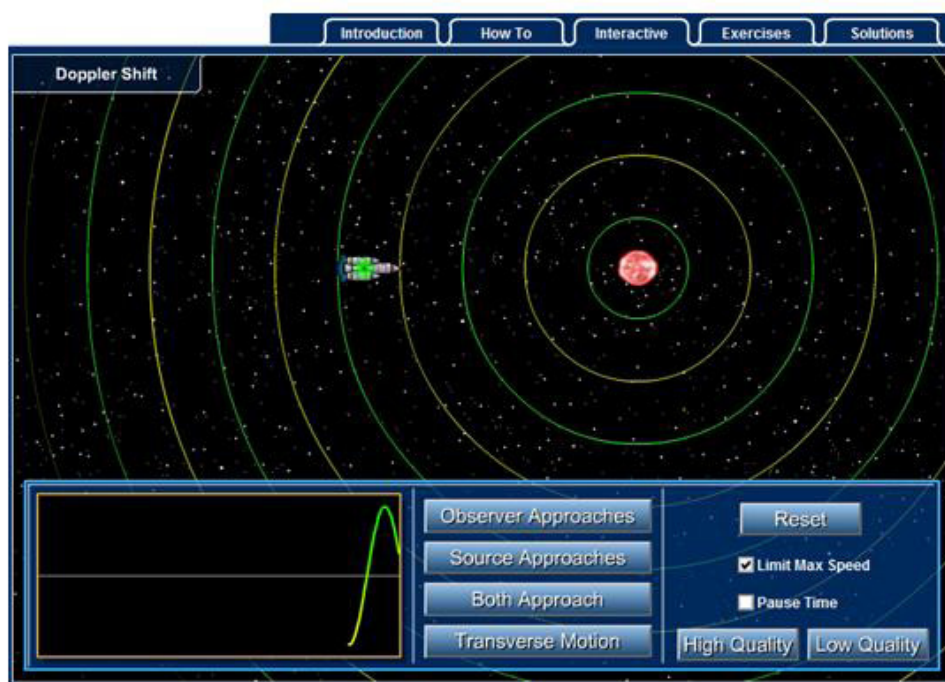
13) Projeto Walter-fendt sobre o efeito Doppler.

[http://www.walter-fendt.de/ph14br/dopplereff\\_br.htm](http://www.walter-fendt.de/ph14br/dopplereff_br.htm)



14) Física Animada sobre o efeito Doppler.

[http://www.fisicanimada.net.br/?q=ondas/doppler\\_nav](http://www.fisicanimada.net.br/?q=ondas/doppler_nav)



### VÍDEO AULAS

15 - Ciências: fenômenos acústicos.

[http://www.youtube.com/watch?v=XTgA\\_B2Igfo](http://www.youtube.com/watch?v=XTgA_B2Igfo)

16 - Filme mostrando estudantes fazendo experimentos.

<http://www.youtube.com/watch?v=fXRknpOkq4o&feature=related>

17 - Novo Telecurso. Aula 30 parte 1 e 2.

<http://www.youtube.com/watch?feature=endscreen&v=tTvI3jvjMKw&NR=1>

<http://www.youtube.com/watch?v=peZ08VsAOVM&feature=relmfu>

18 – Ressonância Acústica.

[http://www.youtube.com/watch?v=qy1c5\\_vYTVo&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=qy1c5_vYTVo&feature=related)

19 - Sua voz é capaz de quebrar uma taça?

<http://www.youtube.com/watch?v=jNeDHUmlTtI&feature=related>

20 – Teatro de Epidauro.

<http://www.youtube.com/watch?v=H7Td1Jk4zlo&feature=related>

## CONCLUSÃO

Uma aula sobre o tema “Sons” ilustra muito bem as aplicações da física nos fenômenos e dispositivos do dia a dia. Pelo que foi visto, o fato do som estar ligado a um dos nossos mais importantes sentidos, o da audição, este possui inúmeras aplicações na nossa vida cotidiana. Este também enriquece o conteúdo da disciplina de física e a torna muito mais atraente. Vimos que há uma ampla variedade de applets, vídeo aulas e experimentos sobre este tema, que facilita muito a execução de uma aula sobre este.



## RESUMO

Do mesmo modo que na aula sobre o tema “Cores”, nesta aula apresentamos um texto preparado para fazer parte do e-livro do e-física. Esta aula está ricamente ilustrada com figuras, vídeo aulas e applets. Nela tratamos da teoria e da percepção das cores. Explicamos as formas mais usuais de composição das cores. Terminamos a aula com uma análise de alguns applets de ensino, experimentos de baixo custo, e vídeo aulas.

## RESPOSTA ÀS QUESTÕES

Experiência 2: Refletindo..

Ouve-se o som quando o diapasão não vibra? Que meio atravessa o som do diapasão até chegar aos nossos ouvidos?

R – Não. O ar.

Os índios norte-americanos detectavam a chegada da cavalaria dos “caras pálidas” encostando o ouvido ao chão. Serás capaz de explicar por quê?

R – Através da propagação das ondas mecânicas, produzidas pelas patas dos cavalos, pelo solo.

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Os applets de ensino e os experimentos sugeridos são de fácil execução, ilustram e enriquecem bem os conceitos abordados. As vídeo aulas estão bem preparadas e mesmo as mais simples ajudam os estudantes à refazer os experimentos de baixo custo.

### REFERÊNCIAS

- 1 – Wikipédia. Acústica. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica#Engenharia\\_Ac.C3.BAstica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica#Engenharia_Ac.C3.BAstica)>. Acesso em 28/08/2012.
- 2 – Projeto Weblab. Traduzido pela Unime. Disponível em: <<http://ww2.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatoria/acustica.htm>>. Acesso em 28/08/2012.
- 3 – Experimentos com o Som. Projeto prof2000. Disponível em: <[http://www.prof2000.pt/users/gracsantos/netmag/exper\\_som.htm](http://www.prof2000.pt/users/gracsantos/netmag/exper_som.htm)>. Acesso em 28/08/2012.
- 4 – DONOSO, J. P. Notas de aula. Som e Acústica, 1ª Parte: Ondas sonoras. Disponível em: <[https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:sHu92guISM0J:www.cce.ufes.br/jair/fisb2/Apres07\\_Som.pdf+DONOSO,+J.+P.+ONDAS+SONORAS&hl=pt-BR&gl=br&pid=bl&srcid=ADGEESgTwBpLBHNte110dsoicWGU0a0y7yJXZnbwo2l3qvsWOb00SXL7-oinw-fYu\\_jmtgX-Bi6swVopuoQDHuifuZZ5lxHDG9GMQswq17PFQ7IK5d-FMEek4kg\\_OQIljfgRsFELCaIhgt&sig=AHIEtbTKFEed5k6IH3jFE4u5yPRL7OOBNw](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:sHu92guISM0J:www.cce.ufes.br/jair/fisb2/Apres07_Som.pdf+DONOSO,+J.+P.+ONDAS+SONORAS&hl=pt-BR&gl=br&pid=bl&srcid=ADGEESgTwBpLBHNte110dsoicWGU0a0y7yJXZnbwo2l3qvsWOb00SXL7-oinw-fYu_jmtgX-Bi6swVopuoQDHuifuZZ5lxHDG9GMQswq17PFQ7IK5d-FMEek4kg_OQIljfgRsFELCaIhgt&sig=AHIEtbTKFEed5k6IH3jFE4u5yPRL7OOBNw)>. Acesso em 09/09/2012.