

CIÊNCIAS DA NATUREZA

E SUAS TECNOLOGIAS

Nossa Equipe

Título da obra:

ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio

- Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Autora:

Janaína Lopes Oliveira

Gestão de Conteúdos

Emanuela Amaral de Souza

Diagramação/Editoração Eletrônica

Elaine Cristina

Igor de Oliveira

Camila Lopes

Thais Regis

Produção Editorial

Suelen Domenica Pereira

Capa

Joel Ferreira dos Santos

Sumário

MATRIZ DE REFERÊNCIA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

Competência de área 1 –Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade01

H1 –Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.

H2 –Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

H3 –Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

H4 –Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

Competência de área 2 –Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.....34

H5 –Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

H6 –Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.

H7 –Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

Competência de área 3 –Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.....74

H8 –Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.

H9 –Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

H10 –Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e/ou destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

H11 –Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.

H12 –Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

Competência de área 4 –Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.105

Biologia

H13 –Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

H14 –Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

H15 –Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

H16 –Compreender o papel da evolução na produção de padrões e processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

Sumário

Competência de área 5 –Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.....198

H17 –Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

H18 –Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

H19 –Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

Competência de área 6 –Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.237

Física

H20 –Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

H21 –Utilizar leis físicas e/ou químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e/ou do eletromagnetismo.

H22 –Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

H23 –Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

Competência de área 7 –Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas299

Química

H24 –Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

H25 –Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

H26 –Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.

H27 –Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios.

Competência de área 8 –Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.....451

H28 –Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

H29 –Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.

H30 –Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

COMPETÊNCIA DE ÁREA 1 –COMPREENDER AS CIÊNCIAS NATURAIS E AS TECNOLOGIAS A ELAS ASSOCIADAS COMO CONSTRUÇÕES HUMANAS, PERCEBENDO SEUS PAPÉIS NOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL DA HUMANIDADE

H1 –Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.

H2 –Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

H3 –Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

H4 –Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

Caro(a) candidato(a) para aprimorar seus estudos seguem os conteúdo abaixo:

Ondulatória

Ondulatória é a parte da Física que estuda as ondas. Qualquer onda pode ser estudada aqui, seja a onda do mar, ou ondas eletromagnéticas, como a luz. A definição de onda é qualquer perturbação (pulso) que se propaga em um meio.

Ex.: uma pedra jogada em uma piscina (a fonte), provocará ondas na água, pois houve uma perturbação. Essa onda se propagará para todos os lados, quando vemos as perturbações partindo do local da queda da pedra, até ir na borda. Uma sequência de pulsos formam as ondas.

Chamamos de Fonte qualquer objeto que possa criar ondas. A onda é somente energia, pois ela só faz a transferência de energia cinética da fonte, para o meio. Portanto, qualquer tipo de onda, não transporta matéria. As ondas podem ser classificadas seguindo três critérios:

Classificação das ondas segundo a sua Natureza

Quanto a natureza, as ondas podem ser divididas em dois tipos:

- Ondas mecânicas: são todas as ondas que precisam de um meio material para se propagar. Por exemplo: ondas no mar, ondas sonoras, ondas em uma corda, etc.

- Ondas eletromagnéticas: são ondas que não precisam de um meio material para se propagar. Elas também podem se propagar em meios materiais. Exemplos: luz, raio-X, sinais de rádio, etc.

Classificação em relação à direção de propagação

As ondas podem ser divididas em três tipos, segundo as direções em que se propaga:

- Ondas unidimensionais: só se propagam em uma direção (uma dimensão), como uma onda em uma corda.

- Ondas bidimensionais: se propagam em duas direções (x e y do plano cartesiano), como a onda provocada pela queda de um objeto na superfície da água.

- Ondas tridimensionais: se propagam em todas as direções possíveis, como ondas sonoras, a luz, etc.

E também podem ser classificadas em:

- Ondas longitudinais: são as ondas onde a vibração da fonte é paralela ao deslocamento da onda. Exemplos de ondas longitudinais são as ondas sonoras (o alto falante vibra no eixo x, e as ondas seguem essa mesma direção), etc.

- Ondas transversais: a vibração é perpendicular à propagação da onda. Ex.: ondas eletromagnéticas, ondas em uma corda (você balança a mão para cima e para baixo para gerar as ondas na corda).

Características das ondas

Todas as ondas possuem algumas grandezas físicas, que são:

- Frequência: é o número de oscilações da onda, por certo período de tempo. A unidade de frequência do Sistema Internacional (SI), é o hertz (Hz), que equivale a 1 segundo, e é representada pela letra f. Então, quando dizemos que uma onda vibra a 60Hz, significa que ela oscila 60 vezes por segundo. A frequência de uma onda só muda quando houver alterações na fonte.

-Período: é o tempo necessário para a fonte produzir uma onda completa. No SI, é representado pela letra T, e é medido em segundos.

É possível criar uma equação relacionando a frequência e o período de uma onda:

$$f = 1/T \text{ ou } T = 1/f$$

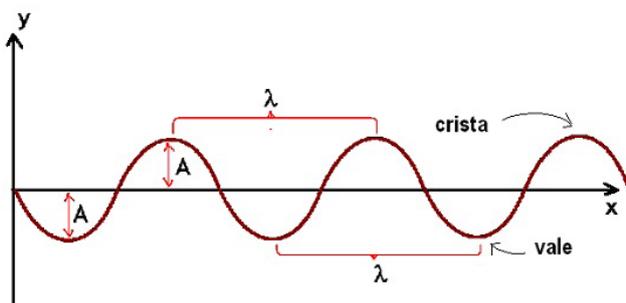
- Comprimento de onda: é o tamanho de uma onda, que pode ser medida em três pontos diferentes: de crista a crista, do início ao final de um período ou de vale a vale. Crista é a parte alta da onda, vale, a parte baixa. É representada no SI pela letra grega lambda (λ)

- Velocidade: todas as ondas possuem uma velocidade, que sempre é determinada pela distância percorrida, sobre o tempo gasto. Nas ondas, essa equação fica:

$$v = \lambda / T \text{ ou } v = \lambda \cdot f \text{ ou ainda } v = \lambda \cdot f$$

- Amplitude: é a "altura" da onda, é a distância entre o eixo da onda até a crista. Quanto maior for a amplitude, maior será a quantidade de energia transportada.

2



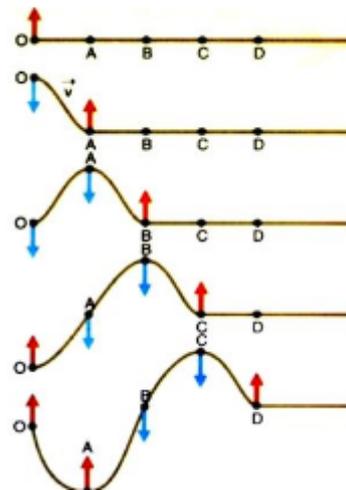
Velocidade de Propagação de uma Onda Unidimensional

Considere uma corda de massa m e comprimento ℓ , sob a ação de uma força de tração \vec{F} .



Suponha que a mão de uma pessoa, agindo na extremidade livre da corda, realiza um movimento vertical, periódico, de sobe-e-desce. Uma onda passa a se propagar horizontalmente com velocidade \vec{v} .

Cada ponto da corda sobe e desce. Assim que o ponto A começa seu movimento (quando O sobe), B inicia seu movimento (quando O se encontra na posição inicial), movendo-se para baixo. O ponto D inicia seu movimento quando o ponto O descreveu um ciclo completo (subiu, baixou e voltou a subir e regressou à posição inicial). Se continuarmos a movimentar o ponto O, chegará o instante em que todos os pontos da corda estarão em vibração. A velocidade de propagação da onda depende da densidade linear da corda e da intensidade da força de tração \vec{F} , e é dada por:



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

Em que: F = a força de tração na corda $\mu = \frac{m}{\ell}$, a densidade linear da corda

Aplicação: Uma corda de comprimento 3 m e massa 60 g é mantida tensa sob ação de uma força de intensidade 800 N. Determine a velocidade de propagação de um pulso nessa corda.

Resolução:

Dados: $\begin{cases} \ell = 3 \text{ m} \\ m = 60 \text{ g} = 0,06 \text{ kg} \\ T = 800 \text{ N} \end{cases}$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{T}{\frac{m}{\ell}}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{800}{\frac{0,06}{3}}} \rightarrow v = 200 \text{ m/s}$$

Resposta: 200 m/s

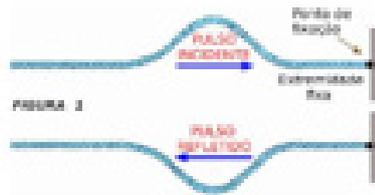
Reflexão de um pulso numa corda

Quando um pulso, propagando-se numa corda, atinge sua extremidade, pode retornar para o meio em que estava se propagando. Esse fenômeno é denominado *reflexão*.

Essa reflexão pode ocorrer de duas formas:

Extremidade fixa: se a extremidade é fixa, o pulso sofre reflexão com inversão de fase, mantendo todas as outras características.

▪ **Extremidade fixa**



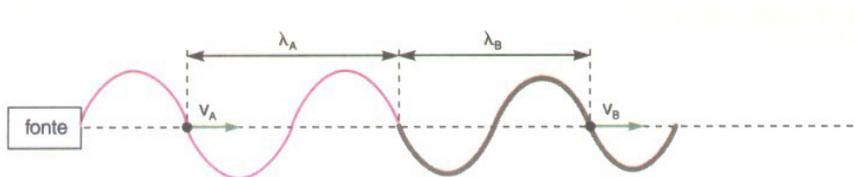
Extremidade livre: se a extremidade é livre, o pulso sofre reflexão e volta ao mesmo semiplano, isto é, ocorre inversão de fase.

▪ **Extremidade móvel (livre)**



Refração de um pulso numa corda

Se, propagando-se numa corda de menor densidade, um pulso passa para outra de maior densidade, dizemos que sofreu uma *refração*.



A experiência mostra que a frequência não se modifica quando um pulso passa de um meio para outro.

$$f_A = f_B \rightarrow \frac{v_A}{\lambda_A} = \frac{v_B}{\lambda_B}$$

Essa fórmula é válida também para a refração de ondas bidimensionais e tridimensionais. Observe que o comprimento de onda e a velocidade de propagação variam com a mudança do meio de propagação.

Aplicação: Uma onda periódica propaga-se em uma corda A, com velocidade de 40 cm/s e comprimento de onda 5 cm. Ao passar para uma corda B, sua velocidade passa a ser 30 cm/s. Determine:

- o comprimento de onda no meio B
- a frequência da onda

Resolução:

a)

$$\text{Dados: } \begin{cases} v_A = 40 \text{ cm/s} \\ \lambda_A = 5 \text{ cm} \\ v_B = 30 \text{ cm/s} \end{cases}$$

$$\frac{v_A}{\lambda_A} = \frac{v_B}{\lambda_B} \rightarrow \frac{40}{5} = \frac{30}{\lambda_B} \rightarrow \lambda_B = 3,75 \text{ cm}$$

b) Como a frequência é a mesma nos meios A e B, temos :

$$v_A = \lambda_A f_A \rightarrow 40 = 5 f_A \rightarrow f_A = 8 \text{ Hz}$$

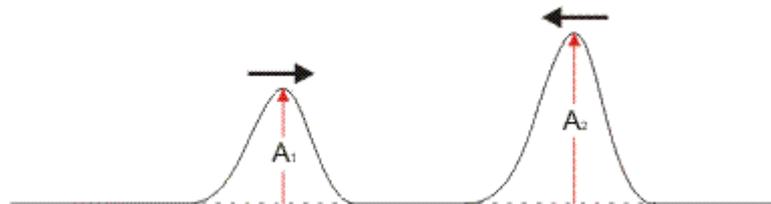
Respostas: a) 3,75 cm; b) 8 Hz

Superposição de ondas

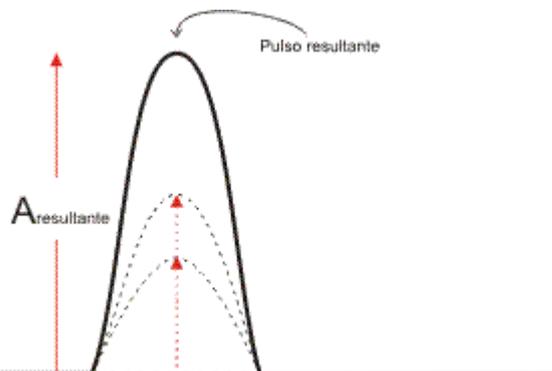
A superposição, também chamada interferência em alguns casos, é o fenômeno que ocorre quando duas ou mais ondas se encontram, gerando uma onda resultante igual à soma algébrica das perturbações de cada onda.

Imagine uma corda esticada na posição horizontal, ao serem produzidos pulsos de mesma largura, mas de diferentes amplitudes, nas pontas da corda, poderá acontecer uma superposição de duas formas:

Situação 1: os pulsos são dados em fase.



No momento em que os pulsos se encontram, suas elongações em cada ponto da corda se somam algebricamente, sendo sua amplitude (elongação máxima) a soma das duas amplitudes:

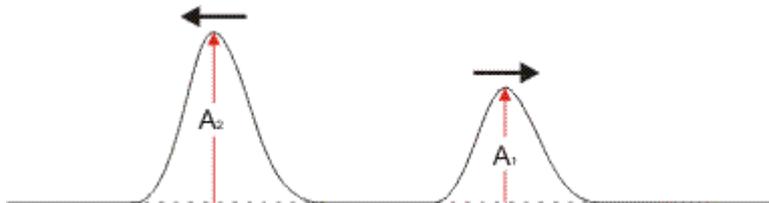


$$A = A_1 + A_2$$

Numericamente:

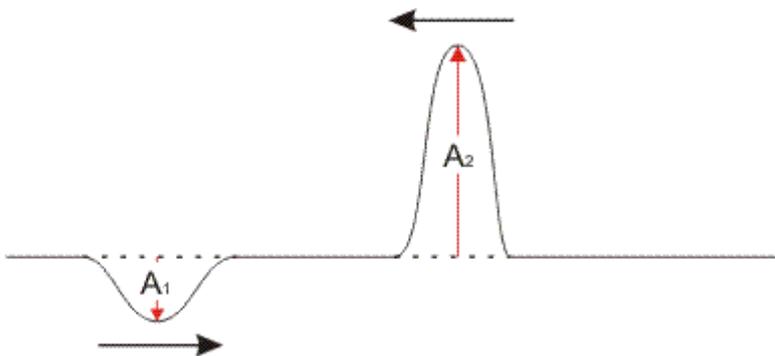
$$x = x_1 + x_2$$

Após este encontro, cada um segue na sua direção inicial, com suas características iniciais conservadas.

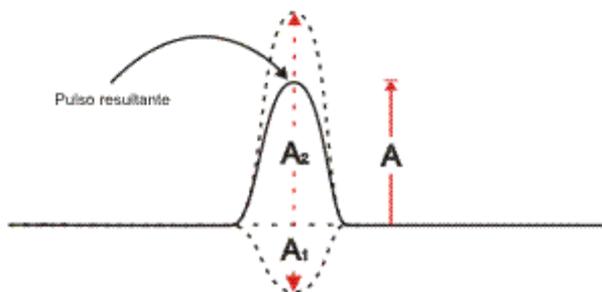


Este tipo de superposição é chamado interferência construtiva, já que a superposição faz com que a amplitude seja momentaneamente aumentada em módulo.

Situação 2: os pulsos são dados em oposição de fase.

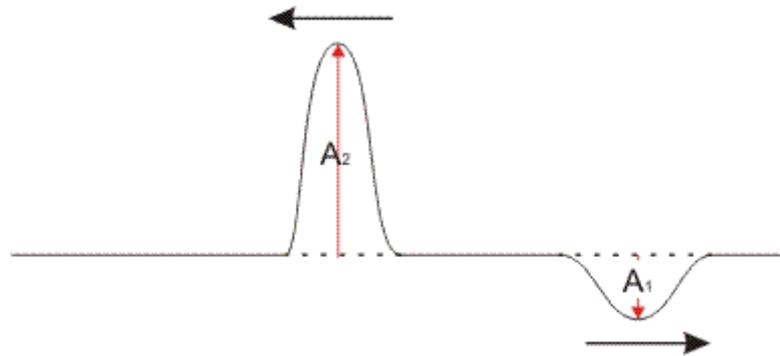


Novamente, ao se encontrarem as ondas, suas amplitudes serão somadas, mas podemos observar que o sentido da onda de amplitude A_1 é negativo em relação ao eixo vertical, portanto $A_1 < 0$. Logo, o pulso resultante terá amplitude igual a diferença entre as duas amplitudes:



Numericamente: $A = -A_1 + A_2$
 $x = -x_1 + x_2$

Sendo que o sinal negativo está ligado à amplitude e elongação da onda no sentido negativo. Após o encontro, cada um segue na sua direção inicial, com suas características iniciais conservadas.

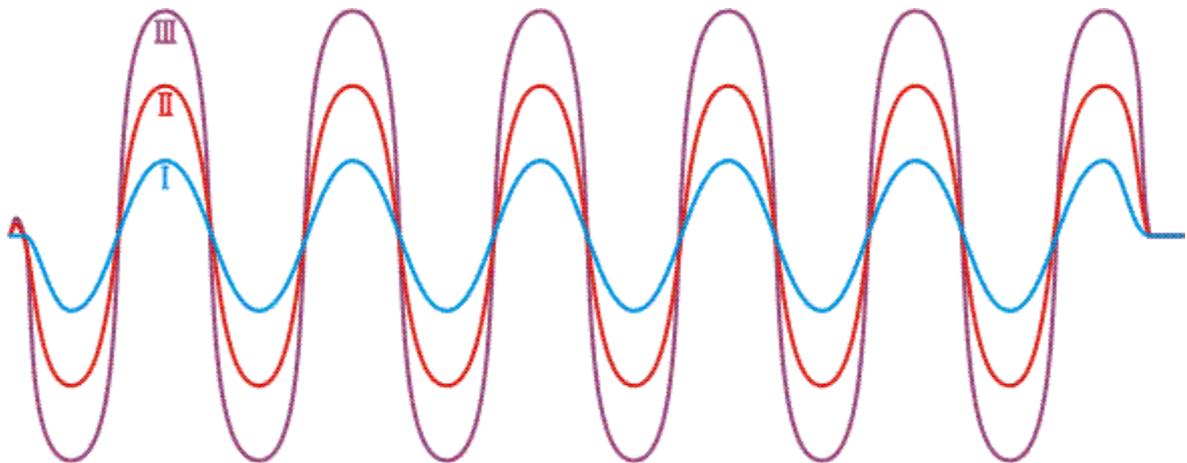


Este tipo de superposição é chamado interferência destrutiva, já que a superposição faz com que a amplitude seja momentaneamente reduzida em módulo.

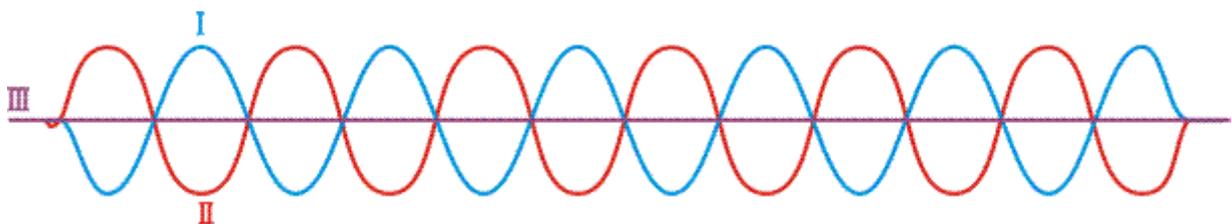
Superposição de ondas periódicas

A superposição de duas ondas periódicas ocorre de maneira análoga à superposição de pulsos. Causando uma onda resultante, com pontos de elongação equivalentes à soma algébrica dos pontos das ondas sobrepostas.

6



A figura acima mostra a sobreposição de duas ondas com períodos iguais e amplitudes diferentes (I e II), que, ao serem sobrepostas, resultam em uma onda com amplitude equivalente às suas ondas (III). Este é um exemplo de interferência construtiva.

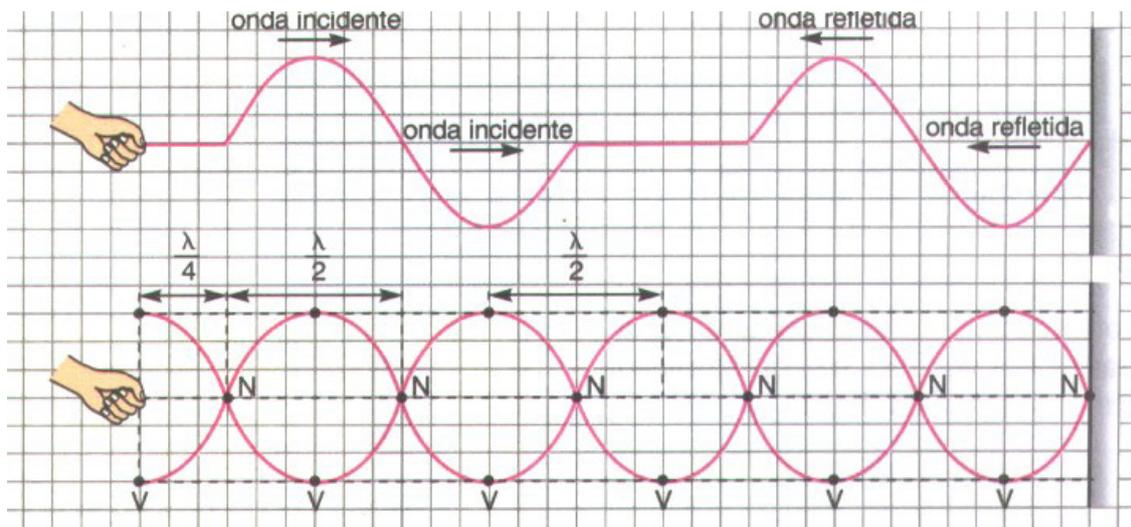


Já este outro exemplo, mostra uma interferência destrutiva de duas ondas com mesma frequência e mesma amplitude, mas em oposição de fase (I e II) que ao serem sobrepostas resultam em uma onda com amplitude nula (III).

Os principais exemplos de ondas sobrepostas são os fenômenos ondulatórios de batimento e ondas estacionárias.

- **Batimento:** Ocorre quando duas ondas periódicas de frequência diferente e mesma amplitude são sobrepostas, resultando em uma onda com variadas amplitudes dependentes do soma de amplitudes em cada crista resultante.

- **Ondas estacionárias:** É o fenômeno que ocorre quando são sobrepostas duas ondas com mesma frequência, velocidade e comprimento de onda, na mesma direção, mas em sentidos opostos.



Em que: N = nós ou nodos e V= ventres.

Ao atingirem a extremidade fixa, elas se refletem, retornando com sentido de deslocamento contrário ao anterior. Dessa forma, as perturbações se superpõem às outras que estão chegando à parede, originando o fenômeno das *ondas estacionárias*.

Uma onda estacionária se caracteriza pela amplitude variável de ponto para ponto, isto é, há pontos da corda que não se movimentam (amplitude nula), chamados nós (ou nodos), e pontos que vibram com amplitude máxima, chamados ventres. É evidente que, entre nós, os pontos da corda vibram com a mesma frequência, mas com amplitudes diferentes.

Observe que: Como os nós estão em repouso, não pode haver passagem de energia por eles, não havendo, então, em uma corda estacionária o transporte $\frac{\lambda}{2}$ de energia.

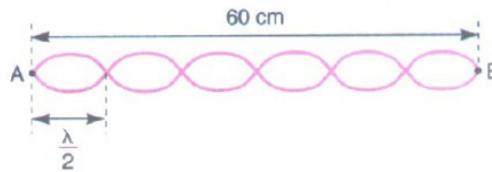
A distância entre dois nós consecutivos vale $\frac{\lambda}{2}$.

A distância entre dois ventres consecutivos vale $\frac{\lambda}{2}$.

A distância entre um nó e um ventre consecutivo vale $\frac{\lambda}{4}$.

Aplicação: Uma onda estacionária de frequência 8 Hz se estabelece numa linha fixada entre dois pontos distantes 60 cm. Incluindo os extremos, contam-se 7 nodos. Calcule a velocidade da onda progressiva que deu origem à onda estacionária.

Resolução:



Da figura, temos:

$$6 \cdot \frac{\lambda}{2} = \overline{AB} \rightarrow 6 \cdot \frac{\lambda}{2} = 60 \rightarrow \lambda = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$v = \lambda f \rightarrow v = 20 \cdot 8 \rightarrow \boxed{v = 160 \text{ cm/s}} \text{ ou } \boxed{v = 1,6 \text{ m/s}}$$

Resposta: 1,6 m/s

Ondas Sonoras

Som é uma onda que se propaga em meio material, água, ar, etc. O som não se propaga no vácuo, não se percebe o som sem um meio material. A intensidade do som é tanto quanto maior que a amplitude da onda sonora.

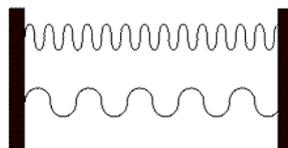
Velocidade de propagação das ondas:

- Quanto mais tracionado o material, mais rápido o pulso se propagará.
- O pulso se propaga mais rápido em um meio de menor massa.
- O pulso se propaga mais rápido quando o comprimento é grande.
- Equação da velocidade:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\frac{m}{L}}}$$

ou ainda pode ser $V = \lambda \cdot f$

A equação acima nos mostra que quanto mais rápida for a onda maior será a frequência e mais energia ela tem. Porém, a frequência é o inverso do comprimento de onda (λ), isto quer dizer que ondas com alta frequência têm λ pequenos. Ondas de baixa frequência têm λ grandes.



Som

O som é uma onda (perturbação) longitudinal e tridimensional, produzida por um corpo vibrante sendo de cunho mecânico.

Fonte sonora: qualquer corpo capaz de produzir vibrações. Estas vibrações são transmitidas às moléculas do meio, que por sua vez, transmitem a outras e a outras, e assim por diante. Uma molécula pressiona a outra passando energia sonora.

Não causa aquecimento: As ondas sonoras se propagam em expansões e contrações adiabáticas. Ou seja, cada expansão e cada contração, não retira nem cede calor ao meio.

Velocidade do som no ar: 343m/s

Nível sonoro: o mínimo que o ouvido de um ser humano normal consegue captar é de 20Hz, ou seja, qualquer corpo que vibre em 20 ciclos por segundo. O máximo da sensação auditiva, para o ser humano é de 20.000Hz (20.000 ciclos por segundo). Este mínimo é acompanhado de muita dor, por isso também é conhecido como o limiar da dor.

Há outra medida de intensidade de som, que chamada de Bell. Inicialmente os valores eram medidos em Béis, mas tornaram-se muito grandes numericamente. Então, introduziram o valor dez vezes menor, o deciBell, dB. Esta medida foi uma homenagem a Alexander Graham Bell. Eis a medida de alguns sons familiares:

Fonte sonora ou dB Intensidade - descrição de ruído em $W.m^{-2}$

Limiar da dor	120	1
Rebitamento	95	$3,2 \cdot 10^{-3}$
Trem elevado	90	10^{-3}
Tráfego urbano pesado	70	10^{-5}
Conversa	65	$3,2 \cdot 10^{-6}$
Automóvel silencioso	50	10^{-7}
Rádio moderado	40	10^{-8}
Sussurro médio	20	10^{-10}
Roçar de folhas	10	10^{-11}
Limite de audição	0	10^{-12}

A audição humana considerada normal consegue captar freqüências de onda sonoras que variam entre aproximadamente 20Hz e 20000Hz. São denominadas ondas de infra-som, as ondas que tem freqüência menor que 20Hz, e ultra-som as que possuem freqüência acima de 20000Hz.

De maneira que:



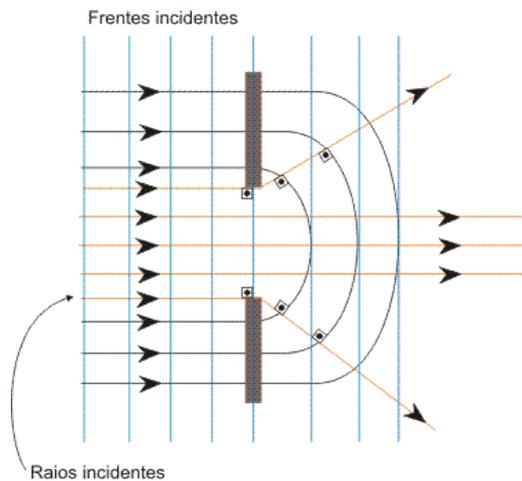
A velocidade do som na água é aproximadamente igual a 1450m/s e no ar, à 20°C é 343m/s.

Timbre

O Timbre é a “cor” do som. Aquilo que distingue a qualidade do tom ou voz de um instrumento ou cantor, por exemplo, a flauta do clarinete, o soprano do tenor. Cada objeto ou material possui um timbre que é único, assim como cada pessoa possui um timbre próprio de voz.

Já que sabemos o que é o som, nada mais justo do que entender como o som se comporta. Vamos então explorar um pouco os fenômenos sonoros. Na propagação do som observam-se os fenômenos gerais da propagação ondulatória. Devido à sua natureza longitudinal, o som não pode ser polarizado; sofre, entretanto, os demais fenômenos, a saber: difração, reflexão, refração, interferência e efeito Doppler.

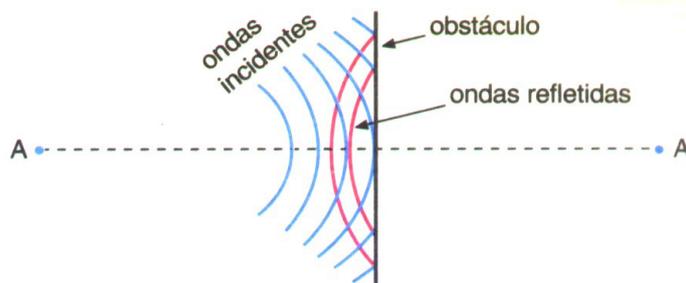
A **difração** é a propriedade de contornar obstáculos. Ao encontrar obstáculos à sua frente, a onda sonora continua a provocar compressões e rarefações no meio em que está se propagando e ao redor de obstáculos envolvidos pelo mesmo meio (uma pedra envolta por ar, por exemplo). Desta forma, consegue contorná-los. A difração depende do comprimento de onda. Como o comprimento de onda - das ondas sonoras é muito grande - enorme quando comparado com o comprimento de onda da luz - a difração sonora é intensa.



Fonte: www.sofisica.com.br

A **reflexão** do som obedece às leis da reflexão ondulatória nos meios materiais elásticos. Simplificando, quando uma onda sonora encontra um obstáculo que não possa ser contornado, ela "bate e volta". É importante notar que a reflexão do som ocorre bem em superfícies cuja extensão seja grande em comparação com seu comprimento de onda. A reflexão, por sua vez, determina novos fenômenos conhecidos como reforço, reverberação e eco. Esses fenômenos se devem ao fato de que o ouvido humano só é capaz de discernir duas excitações breves e sucessivas se o intervalo de tempo que as separa for maior ou igual a 1/10 do segundo. Este décimo de segundo é a chamada persistência auditiva.

10



Suponhamos que uma fonte emita um som breve que siga dois raios sonoros. Um dos raios vai diretamente ao receptor (o ouvido, por exemplo) e outro, que incide num anteparo, reflete-se e dirige-se para ao mesmo receptor. Dependendo do intervalo de tempo (Δt) com que esses sons breves (Direto e Refletido) atingem o ouvido, podemos ter uma das três sensações distintas já citadas: reforço, reverberação e eco.

Quando o som breve direto atinge o tímpano dos nossos ouvidos, ele o excita. A excitação completa ocorre em 0,1 segundo. Se o som refletido chegar ao tímpano antes do décimo de segundo, o som refletido reforça a excitação do tímpano e reforça a ação do som direto. É o fenômeno do reforço.

Na reverberação, o som breve refletido chega ao ouvido antes que o tímpano, já excitado pelo som direto, tenha tempo de se recuperar da excitação (fase de persistência auditiva). Desta forma, começa a ser excitado novamente, combinando duas excitações diferentes. Isso ocorre quando o intervalo de tempo entre o ramo direto e o ramo refletido é maior ou igual a zero, porém menor que 0,1 segundo. O resultado é uma 'confusão' auditiva, o que prejudica o discernimento tanto do som direto quanto do refletido. É a chamada continuidade sonora e o que ocorre em auditórios acusticamente mal planejados.

No eco, o som breve refletido chega ao tímpano após este ter sido excitado pelo som direto e ter-se recuperado dessa excitação. Depois de ter voltado completamente ao seu estado natural (completou a fase de persistência auditiva), começa a ser excitado novamente pelo som breve refletido. Isto permite discernir perfeitamente as duas excitações.

Ainda derivado do fenômeno da reflexão do som, é preciso considerar a formação de ondas estacionárias nos campos ondulatórios limitados, como é o caso de colunas gasosas aprisionadas em tubos. O tubo de Kundt, abaixo ilustrado, permite visualizar através de montículos de pó de cortiça a localização de nós (regiões isentas de vibração e de som) no sistema de ondas estacionárias que se estabelece como resultado da superposição da onda sonora direta e da onda sonora refletida.

A **refração** do som obedece às leis da refração ondulatória. Este fenômeno caracteriza o desvio sofrido pela frente da onda quando ela passa de um meio para outro, cuja elasticidade (ou compressibilidade, para as ondas longitudinais) seja diferente. Um exemplo seria a onda sonora passar do ar para a água.

Quando uma onda sonora sofre refração, ocorre uma mudança no seu comprimento de onda e na sua velocidade de propagação. Sua frequência, que depende apenas da fonte emissora, se mantém inalterada.

Como já vimos, o som é uma onda mecânica e transporta apenas energia mecânica. Para se deslocar no ar, a onda sonora precisa ter energia suficiente para fazer vibrar as partículas do ar. Para se deslocar na água, precisa de energia suficiente para fazer vibrar as partículas da água. Todo meio material elástico oferece certa "resistência" à transmissão de ondas sonoras: é a chamada impedância. A impedância acústica de um sistema vibratório ou meio de propagação, é a oposição que este oferece à passagem da onda sonora, em função de sua frequência e velocidade.

A impedância acústica (Z) é composta por duas grandezas: a resistência e a reatância. As vibrações produzidas por uma onda sonora não continuam indefinidamente, pois são amortecidas pela resistência que o meio material lhes oferece. Essa resistência acústica (R) é função da densidade do meio ρ e, conseqüentemente, da velocidade de propagação do som neste meio. A resistência é a parte da impedância que não depende da frequência. É medida em ohms acústicos. A reatância acústica (X) é a parte da impedância que está relacionada com a frequência do movimento resultante (onda sonora que se propaga). É proveniente do efeito produzido pela massa e elasticidade do meio material sobre o movimento ondulatório.

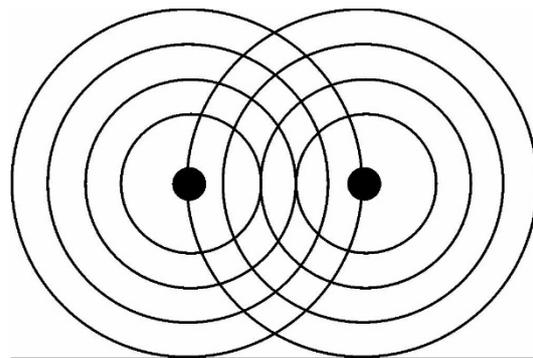
Se existe a impedância, uma oposição à onda sonora, podemos também falar em admitância, uma facilitação à passagem da onda sonora. A admitância acústica (Y) é a recíproca da impedância e define a facilitação que o meio elástico oferece ao movimento vibratório. Quanto maior for a impedância, menor será a admitância e vice-versa. É medida em mho acústico (contrário de ohm acústico). A impedância também pode ser expressa em unidades rayls (homenagem a Rayleigh). A impedância característica do ar é de 420 rayles, o que significa que há necessidade de uma pressão de 420 N/m² para se obter o deslocamento de 1 metro, em cada segundo, nas partículas do meio.

Para o som, o ar é mais refringente que a água, pois a impedância do ar é maior. Tanto é verdade que a onda sonora se desloca com maior velocidade na água do que no ar porque encontra uma resistência menor. Quando uma onda sonora passa do ar para a água, ela tende a se horizontalizar, ou seja, se afasta da normal, a linha marcada em verde. O ângulo de incidência em relação à água é importante porque, se não for suficiente, a onda sonora não consegue "entrar" na água e acaba sendo refletida.

Refração da água para o ar

A refração, portanto, muda a direção da onda sonora (mas não muda o seu sentido). A refração pode ocorrer num mesmo meio, por exemplo, no ar. Camadas de ar de temperaturas diferentes possuem impedâncias diferentes e o som sofre refrações a cada camada que encontra. Da água para o ar, o som se aproxima da normal. O som passa da água para o ar, qualquer que seja o ângulo de incidência. Dada a grande importância da impedância, tratada aqui apenas para explicar o fenômeno da refração, ela possui um módulo próprio. É um assunto relevante na geração e na transmissão de sons.

A **interferência** é a consequência da superposição de ondas sonoras. Quando duas fontes sonoras produzem, ao mesmo tempo e num mesmo ponto, ondas concordantes, seus efeitos se somam; mas se essas ondas estão em discordância, isto é, se a primeira produz uma compressão num ponto em que a segunda produz uma rarefação, seus efeitos se neutralizam e a combinação desses dois sons provoca o silêncio.



Trombone de Quincke

O trombone de Quincke é um dispositivo que permite constatar o fenômeno da interferência sonora além de permitir a determinação do comprimento de onda. O processo consiste em encaminhar um som simples produzido por uma dada fonte (diapasão, por exemplo) por duas vias diferentes (denominados 'caminhos de marcha') e depois reuni-los novamente em um receptor analisador (que pode ser o próprio ouvido).

Percebe-se que o som emitido pela fonte percorre dois caminhos: o da esquerda (amarelo), mais longo, e o da direita (laranja), mais curto. As ondas entram no interior do trombone formando ondas estacionárias dentro do tubo. Como o meio no tubo é um só e as ondas sonoras são provenientes de uma mesma fonte, é óbvio que as que percorrem o caminho mais curto cheguem primeiro ao receptor. Depois de um determinado período de tempo, chegam as ondas do caminho mais longo e se misturam às do caminho mais curto: é a interferência. De acordo com as fases em que se encontram as ondas do caminho mais longo e as ondas do caminho mais curto, o efeito pode ser totalmente diverso.

Se as ondas amarelas chegarem em concordância de fase com as ondas laranja, ocorre uma interferência construtiva e, o que se ouve, é um aumento na intensidade do som.

Se as ondas amarelas chegarem em oposição de fase com as ondas laranja, ocorre uma interferência destrutiva, o que determina o anulamento ou extinção delas. O resultado é o silêncio.

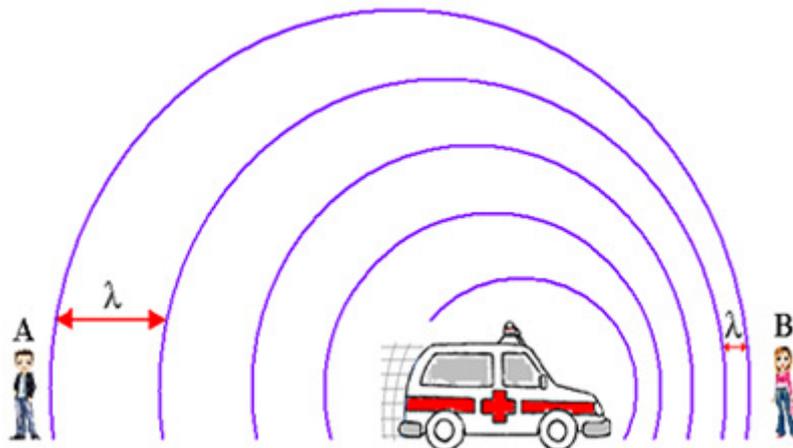
Dois sons de alturas iguais, ou seja, de frequências iguais, se reforçam ou se extinguem permanentemente conforme se superponham em concordância ou em oposição de fase.

Batimento

Se suas frequências não forem rigorosamente iguais, ora eles se superpõem em concordância de fase, ora em oposição de fase, ocorrendo isso a intervalos de tempo iguais, isto é, periodicamente se reforçam e se extinguem. É o fenômeno de batimento e o intervalo de tempo é denominado período do batimento. Distingue-se um som forte de um som fraco pela intensidade. Distingue-se um som agudo de um som grave pela altura. Distingue-se o som de um violino do som de uma flauta pelo timbre.

Efeito Doppler

O **Efeito Doppler** é consequência do movimento relativo entre o observador e a fonte sonora, o que determina uma modificação aparente na altura do som recebido pelo observador.



O efeito doppler ocorre quando um som é gerado ou refletido por um objeto em movimento. Um efeito doppler ao extremo causa o chamado estrondo sônico.

A seguir, veja um exemplo para explicar o efeito doppler. Imagine-se parado numa calçada. Em sua direção vem um automóvel tocando a buzina, a uma velocidade de 60 km/h. Você vai ouvir a buzina tocando uma "nota" enquanto o carro se aproxima, porém, quando ele passar por você, o som da buzina repentinamente desce para uma "nota" mais baixa - o som passa de mais agudo para mais grave. Esta mudança na percepção do som se deve ao efeito doppler.

A velocidade do som através do ar é fixa. Para simplificar, digamos que seja de 300 m/s. Se o carro estiver parado a uma distância de 1.500 metros e tocar a buzina durante 1 minuto, você ouvirá o som da buzina após 5 segundos pelo tempo de 1 minuto. Porém, se o carro estiver em movimento, vindo em sua direção a 90 km/h, o som ainda será ouvido com um atraso de 5 segundos, mas você só ouvirá o som por 55 segundos (ao invés de 1 minuto). O que ocorre é que, após 1 minuto o carro estará ao seu lado (90 km/h = 1.500 m/min) e o som, ao fim de 1 minuto, chega até você instantaneamente. Da sua perspectiva, a buzina de 1 minuto foi "empacotada" em 55 segundos, ou seja, o mesmo número de ondas sonoras foi comprimida num menor espaço de tempo. Isto significa que a frequência foi aumentada e você percebe o som da buzina como mais agudo.

Quando o automóvel passa por você e se distancia, ocorre o processo inverso - o som é expandido para preencher um tempo maior. Mesmo número de ondas num espaço de tempo maior significa uma frequência menor e um som mais grave.

Velocidade do som

A propagação do som não é instantânea. Podemos verificar esse fato durante as tempestades: o trovão chega aos nossos ouvidos segundos depois do relâmpago, embora ambos os fenômenos (relâmpago e trovão) se formem ao mesmo tempo. (A propagação da luz, neste caso o relâmpago, também não é instantânea, embora sua velocidade seja superior à do som.)

Assim, o som leva algum tempo para percorrer determinada distância. E a velocidade de sua propagação depende do meio em que ele se propaga e da temperatura em que esse meio se encontra. No ar, a temperatura de 15°C a velocidade do som é de cerca de 340m/s. Essa velocidade varia em 55cm/s para cada grau de temperatura acima de zero. A 20°C, a velocidade do som é 342m/s, a 0°C, é de 331m/s. Na água a 20°C, a velocidade do som é de aproximadamente 1130m/s. Nos sólidos, a velocidade depende da natureza das substâncias.

Qualidades fisiológicas do som

A todo instante distinguimos os mais diferentes sons. Essas diferenças que nossos ouvidos percebem se devem às qualidades fisiológicas do som: altura, intensidade e timbre.

Altura

Mesmo sem conhecer música, é fácil distinguir o som agudo (ou fino) de um violino do som grave (ou grosso) de um violoncelo. Essa qualidade que permite distinguir um som grave de um som agudo se chama altura. Assim, costuma-se dizer que o som do violino é alto e o do violoncelo é baixo. A altura de um som depende da frequência, isto é, do número de vibrações por segundo. Quanto maior a frequência mais agudo é o som e vice versa. Por sua vez, a frequência depende do comprimento do corpo que vibra e de sua elasticidade; Quanto maior a tração e mais curta for uma corda de violão, por exemplo, mais agudo vai ser o som por ela emitido.

Você pode constatar também a diferença de frequências usando um pente que tenha dentes finos e grossos. Passando os dentes do pente na bosta de um cartão você ouvirá dois tipos de som emitidos pelo cartão: o som agudo, produzido pelos dentes finos (maior frequência), e o som grave, produzido pelos dentes mais grossos (menor frequência).

Intensidade

É a qualidade que permite distinguir um som forte de um som fraco. Ele depende da amplitude de vibração: quanto maior a amplitude mais forte é o som e vice versa.

Na prática não se usa unidades de intensidade sonora, mas de nível de intensidade sonora, uma grandeza relacionada à intensidade sonora e à forma como o nosso ouvido reage a essa intensidade. Essas unidades são o bel e o seu submúltiplo o decibel (dB), que vale 1 décimo do bel. O ouvido humano é capaz de suportar sons de até 120dB, como é o da buzina estridente de um carro. O ruído produzido por um motor de avião a jato a poucos metros do observador produz um som de cerca de 140dB, capaz de causar estímulos dolorosos ao ouvido humano. A agitação das grandes cidades provocam a chamada poluição sonora composta dos mais variados ruídos: motores e buzinas de automóveis, martelos de ar comprimido, rádios, televisores e etc. Já foi comprovado que uma exposição prolongada a níveis maiores que 80dB pode causar dano permanente ao ouvido. A intensidade diminui à medida que o som se propaga ou seja, quanto mais distante da fonte, menos intenso é o som.

Infrassom e Ultrassom.

Infrassons são ondas sonoras extremamente graves, com frequências abaixo dos 20 Hz, portanto abaixo da faixa audível do ouvido humano que é de 20 Hz a 20.000 Hz. Ondas infrassônicas podem se propagar por longas distâncias, pois são menos sujeitas às perturbações ou interferências que as de frequências mais altas. Infrassons podem ser produzidos pelo vento e por alguns tipos de terremotos. Os elefantes são capazes de emitir infrassons que podem ser detectados a uma distância de 2 km. É comprovado que os tigres têm a mais forte capacidade de identificar infrassons. Seu rugido emite ondas infrassônicas tão poderosas que são capazes de paralisar suas presas e até pessoas. Há mais de 50 anos é estudada uma forma de usar o infrassom em armas de guerra, já que sua potência pode destruir construções e até mesmo estourar órgãos humanos.

Ultrassom é um som a uma frequência superior àquela que o ouvido do ser humano pode perceber, aproximadamente 20.000 Hz. Alguns animais, como o cão, golfinho e o morcego, têm um limite de percepção sonora superior ao do ouvido humano e podem, assim, ouvir ultrassons. Existem "apitos" especiais nessas frequências que servem a estes princípios. Um som é caracterizado por vibrações (variação de pressão) no ar. O ser humano normal médio consegue distinguir, ou ouvir, sons na faixa de frequência que se estende de 20Hz a 20.000Hz aproximadamente. Acima deste intervalo, os sinais são conhecidos como *ultrassons* e abaixo dele, *infrassons*.

O emissor de som, em aparelhos de som, é o alto-falante. Um cone de papelão movido por uma bobina imersa em um campo magnético, produzido por um ímã permanente. Este cone pode "vibrar" a frequências de áudio e com isto impulsionar o ar promovendo ondas de pressão que ao atingirem o ouvido humano, são interpretados como sons audíveis. Porém, à medida que a frequência das vibrações aumenta, a amplitude das vibrações vai se reduzindo. Para gerar sons de alta-frequência e ultrassons geralmente são utilizados cerâmicas ou cristais piezoelétricos, os quais produzem oscilações mecânicas em resposta a impulsos elétricos.

Hidrostática

A hidrostática, também chamada estática dos fluidos ou fluidostática (hidrostática refere-se a água, que foi o primeiro fluido a ser estudado, assim por razões históricas mantém-se o nome) é a parte da física que estuda as forças exercidas por e sobre fluidos (líquidos ou gases) em repouso. A massa específica (μ) de uma substância é a razão entre a massa (m) de uma quantidade da substância e o volume (V) correspondente:

$$\mu = \frac{m}{V}$$

14

Uma unidade muito usual para a massa específica é o g/cm^3 , mas no SI a unidade é o kg/m^3 . A relação entre elas é a seguinte:

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{10^{-3} \text{kg}}{10^{-6} \text{m}^3} = 10^3 \text{kg/m}^3$$

Assim, para transformar uma massa específica de g/cm^3 para kg/m^3 , devemos multiplicá-la por 1.000. Na tabela a seguir estão relacionadas às massas específicas de algumas substâncias.

Substância	$\mu(\text{g/cm}^3)$	$\mu(\text{kg/m}^3)$
Água	1,0	1.000
Gelo	0,92	920
Álcool	0,79	790
Ferro	7,8	7.800
Chumbo	11,2	11.200
Mercúrio	13,6	13.600

Observação: É comum encontrarmos o termo densidade (d) em lugar de massa específica (μ). Usa-se "densidade" para representar a razão entre a massa e o volume de objetos sólidos (ocós ou maciços), e "massa específica" para líquidos e substâncias.

A densidade absoluta de uma substância é definida como a relação entre a sua massa e o seu volume. A densidade relativa é a relação entre a densidade absoluta de um material e a densidade absoluta de uma substância estabelecida como padrão.

A massa específica (μ) de uma substância é a razão entre a massa (m) de uma quantidade da substância e o volume (V) correspondente, ou seja, é representado pelo mesmo cálculo da densidade.

Obviamente, é comum o termo densidade (d) em lugar de massa específica (μ)... Uma explicação que encontrei seria que se usaria "densidade" para representar a razão entre a massa e o volume de objetos sólidos (ocós ou maciços), e "massa específica" para líquidos e soluções. Mas se assim fosse, não poderíamos falar densidade da água, mas somente massa específica. Curiosamente já encontrei também massa específica se referindo a solo, que não é líquido. Em termos gerais, a principal diferença observada que densidade é um conceito mais usado na química e massa específica na física (hidrostática).

Definições:

Pressão: força sobre uma área

$$P = \frac{F}{A}$$

Pressão Atmosférica: pressão exercida pela atmosfera terrestre e varia de acordo com a altitude, quanto maior altitude menor a pressão.

Pressão Manométrica: pressão que se acrescenta a pressão atmosférica.

Pressão Absoluta: soma da pressão atmosférica e manométrica.

Instrumentos para medir pressão

Barômetro: utilizado para medir pressão atmosférica.

