

PROFESSOR DANILO

FOLHA 11

Apostila 6

ÍNDICE

Fenômenos ondulatórios

p. 1

o Lista: Fenômenos ondulatórios

• Acústica

p. 2

o Lista: Acústica



Q. 1 – FAIXA DE FREQUÊNCIAS AUDÍVEIS

Nós humanos somos capazes de ouvir sons que vão de 20 Hz até 20.000 Hz (20 kHz).

Frequência abaixo de 20 Hz é chamado de infrassom.

Frequências acima de 20 kHz é chamado de ultrassom.

Q. 2 – ALTURA DE UM SOM

A altura de um som é uma medida da frequência: quanto maior a frequência, mais alto é o som e, conseqüentemente, mais agudo (ou fino).

Sons de menores alturas são mais graves (menores frequências).

Q. 3 – TIMBRE DE UM SOM

O timbre consiste na forma da onda: um som puro é dito senoidal (como o som de um diapasão, como podemos ver na Figura 1: "Tuning Fork").

Mesmo quando dois instrumentos tocam as mesmas notas, somos capazes de diferenciar as notas, uma vez que esta contém outras ondas de frequências distintas e menor amplitude. Por exemplo, percebemos o som de um violino como constituídos de sons mais agudos do que um violão e chamamos isso de timbre.

É o timbre também que permite diferenciar a fala de duas pessoas diferentes, mesmo que ambas digam as mesmas coisas, até mesmo na mesma frequência.

ACÚSTICA – ENGENHARIA – 26/09/2023

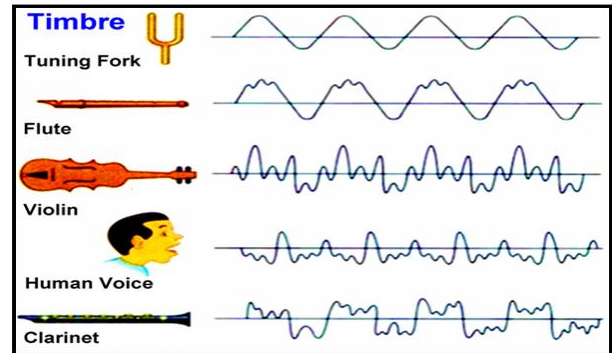


Figura 1: Diversos timbres de diversas fontes de ondas sonoras.

Q. 4– RESSONÂNCIA

Um sistema oscilatório possui uma frequência de oscilação natural, como é o caso de um balanço. Quando aplicamos uma força com a mesma frequência que a frequência natural de vibração, dizemos que o sistema entrou em ressonância.

Como exemplo, ao aplicar uma força com frequência específica em um balanço, podemos fazê-lo oscilar com grande amplitude.

Um exemplo muito conhecido é a quebra da ponte de Takoma, nos EUA.



Q. 5– DIFRAÇÃO

A difração é uma propriedade que toda onda possui que consiste na capacidade de contornar objetos com dimensões menores que o comprimento de onda da onda em questão.

Quando passa por um orifício de dimensões da ordem ou menor que o comprimento de onda, ela se espalha, como podemos ver da Figura 2. Tal propriedade explica porque podemos ouvir alguém falando através de uma porta entreaberta mas não podemos ver a pessoa: o comprimento da onda sonora varia de 0,017 m = 17 mm (para 20 KHz) até 17 m (para 20 Hz) enquanto a luz varia de 380 nm (ou 0,00000038 m para o violeta) até 740 nm (ou 0,00000074 m para o vermelho). Portanto, o som pode difratar em uma porta (de alguns metros), mas a luz não.

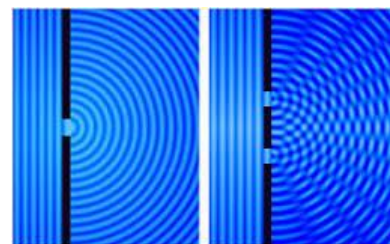


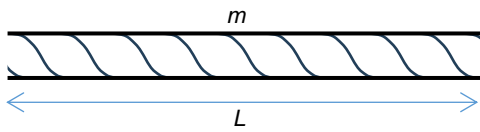
Figura 2: Uma onda sofrendo difração a) em uma única fenda e b) em uma fenda dupla.

PROFESSOR DANILO

ACÚSTICA

VELOCIDADE DE ONDAS MECÂNICAS

Q. 6 – EQUAÇÃO DE TAYLOR



Seja uma corda de massa m e comprimento L . Podemos definir a densidade linear como:

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

Se esta corda for tensionada com uma força F , então uma onda transversal produzida nesta corda terá velocidade dada pela equação de Taylor:

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

Q. 7– VELOCIDADE DE UMA ONDA SE PROPAGANDO NA SUPERFÍCIE DE UM LAGO RASO

Seja um lago de profundidade h em um local onde o campo gravitacional vale g . Sendo a profundidade do lago muito menor que o comprimento de onda da onda, temos:

$$v = \sqrt{g \cdot h}$$

Sendo v a velocidade da onda se propagando na superfície da água.

Q. 8– VELOCIDADE DE UMA ONDA SONORA SE PROPAGANDO EM UM GÁS

Quando falamos de ondas mecânicas se propagando no ar com temperatura T e massa molar M , temos:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}}$$

Sendo R a constante dos gases ideais e γ um coeficiente, conhecido como coeficiente de Poisson, e que vale $5/3$ para gases ideais monoatômicos e $7/5$ para gases ideais diatômicos.

Você não precisa decorar esta equação, no entanto é importante notar que a velocidade v da onda sonora depende da pressão (pois $R \cdot T = p \cdot V/n$), da densidade molar (n/V) e da massa molar M . Sendo dada a fórmula acima, você deve ser capaz de concluir que aumentando a temperatura a velocidade do som aumenta e aumentando-se a massa molar, a velocidade do som diminui.

DIMENSIONALIDADE DAS ONDAS

Q. 9 – ONDA UNIDIMENSIONAL

ACÚSTICA – ENGENHARIA – 26/09/2023

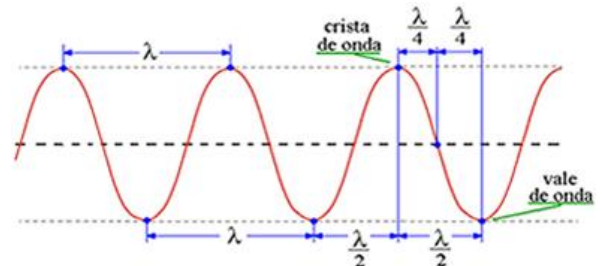


Figura 3: Uma onda se propagando em uma corda: onda unidimensional e seus elementos.

Q. 10 – ONDA BIDIMENSIONAL

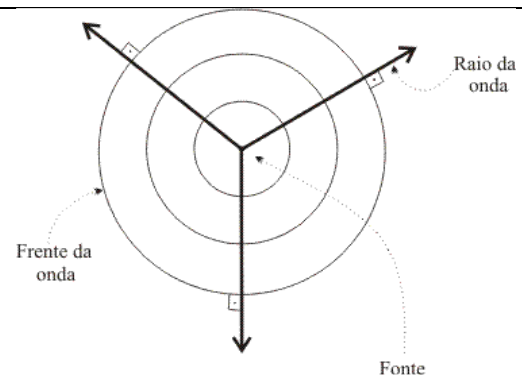
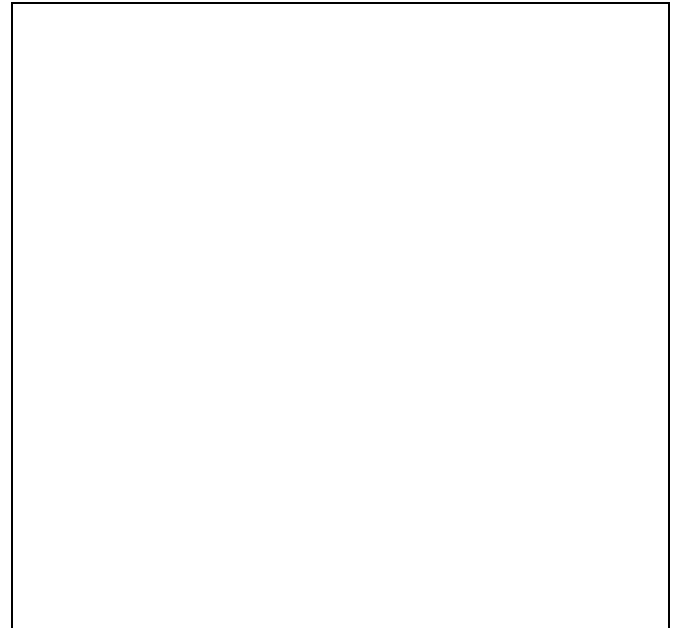


Figura 4: Representação de uma onda bidimensional bem como alguns raios de ondas.

Q. 11 – ONDA TRIDIMENSIONAL



PROFESSOR DANILO

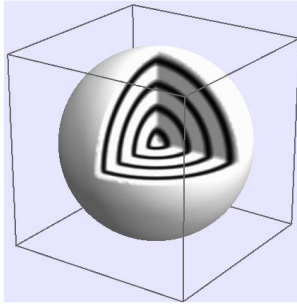


Figura 5: Representação de uma onda tridimensional que emana de uma fonte pontual.

INTENSIDADE DE UMA ONDA

Q. 12 – DEFINIÇÃO DE INTENSIDADE

Q. 13– INTENSIDADE DE UMA ONDA ESFÉRICA

Q. 14 – CONSTANTE SOLAR

- A constante solar é a intensidade da radiação solar à uma distância de uma unidade astronômica do Sol.
- Ou seja, é a intensidade da radiação solar na órbita da Terra.
- Este valor deve ser medido fora da atmosfera da Terra.

$$I_{\text{Solar}} = 1360 \text{ W/m}^2.$$

Com este valor podemos determinar a potência do Sol. Para isso, devemos saber que a distância da Terra ao Sol é de aproximadamente 150.000.000 km. Vamos calcular, com dados no S.I.:

$$I_{\text{Solar}} = \frac{P_{\text{Sol}}}{4\pi d^2} \Rightarrow$$

$$1360 = \frac{P_{\text{Sol}}}{4 \cdot 3,14 \cdot (150 \cdot 10^9)^2} \Rightarrow$$

$$P_{\text{Sol}} = 1360 \cdot 12,56 \cdot 22500 \cdot 10^{18} \Rightarrow$$

$$P_{\text{Sol}} \approx 384 \cdot 10^{24} \text{ W.}$$

ACÚSTICA – ENGENHARIA – 26/09/2023

Apenas por uma questão de comparação, a usina hidrelétrica de Itaipú possui potência total instalada de 14 GW. Se dividirmos a potência do Sol pela potência de Itaipú obtemos:

$$n = \frac{P_{\text{Sol}}}{P_{\text{Itaipú}}} = \frac{384 \cdot 10^{24}}{14 \cdot 10^9} \approx 27 \cdot 10^{15}.$$

Isto é, o Sol possui uma potência 27 quatrilhões de vezes maior que a potência instalada de Itaipú!

NÍVEL SONORO

Q. 15 – NÍVEL SONORO

Q. 16 – DEFINIÇÃO DA FUNÇÃO LOGARITIMO

Q. 17– PROPRIEDADES DAS FUNÇÕES LOGARITIMAS

Propriedade da soma/multiplicação*
 $\log_c a + \log_c b = \log_c (a \cdot b)$

Propriedade da diferença/divisão*
 $\log_c a - \log_c b = \log_c \left(\frac{a}{b} \right)$

Propriedade da multiplicação por escalar*
 $n \cdot \log_c a = \log_c a^n$

Mudança de base
 $\log_b a = \frac{\log_c a}{\log_c b}$

Resultados numéricos importantes
 $\log_c 1 = 0$
 $\log_c c = 1$

*propriedades mais importantes.

PROFESSOR DANILO

Q. 18 – UNIDADE DE MEDIDA: DECIBEL

EFEITO DOPPLER DE ONDA SONORA

Q. 19– EQUAÇÃO DO EFEITO DOPPLER

ACÚSTICA – ENGENHARIA – 26/09/2023

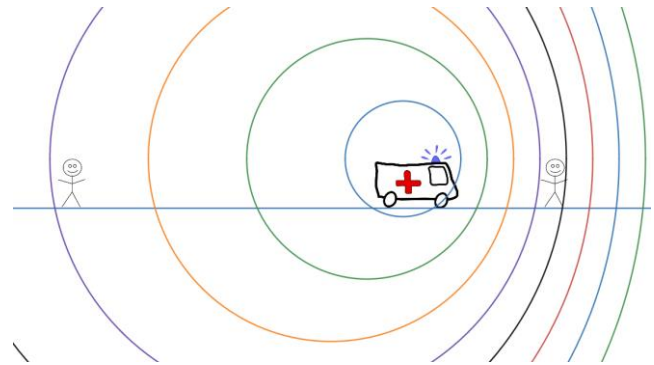


Figura 6: Animação do efeito Doppler feita no Desmos®



Figura 7: Acesse a animação anterior clicando no QR-code ou lendo o código com o seu smartphone.

EFEITO DOPPLER DE ONDA ELETROMAGNÉTICA

Q. 20 – ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Produção:

- Cargas elétricas aceleradas emitem ondas eletromagnéticas.
 - Cargas em movimento oscilatório fazem uma antena emitir ondas eletromagnéticas.
 - A produção de raios X consiste em frear abruptamente elétrons fazendo-os colidir em placas metálicas;
 - Cargas elétricas em movimento circular emitem radiação eletromagnética chamada radiação síncrotron.
- Quando um átomo mais pesado decai em átomos mais leves ocorre emissão de raios gama (γ).
- Ondas eletromagnéticas também são emitidas por qualquer objeto pelo simples fato de terem temperaturas absolutas acima de 0 K.
- Decaimento eletrônico: transições eletrônicas em átomos também emitem radiação (fótons).
- OBSERVAÇÕES IMPORTANTES: os “raios” abaixo não são ondas eletromagnéticas.
 - Raios alpha (α) consiste no núcleo do átomo de Hélio (Hélio sem elétrons);
 - Raios beta menos (β^-) são, na verdade, feixes de elétrons enquanto raios beta mais (β^+) são feixes de pósitrons (antimatéria, isto é, antielétron).

Conforme visto anteriormente, consiste na oscilação dos campos elétricos e magnéticos no espaço e no tempo.

Observe a figura a seguir onde estão representadas as diversas ondas eletromagnéticas com frequências crescentes de cima para baixo.

Radiações com comprimentos de ondas semelhantes ou maiores que o ultravioleta são radiações ionizantes (produzem íons quando interagem com a matéria) e são mais agressivas aos seres vivos, como raios X e raios gama (γ).

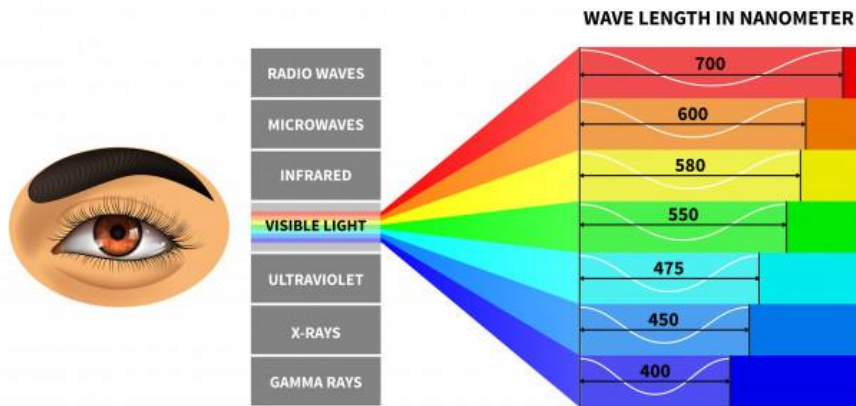


Figura 8: Espéctro eletromagnético

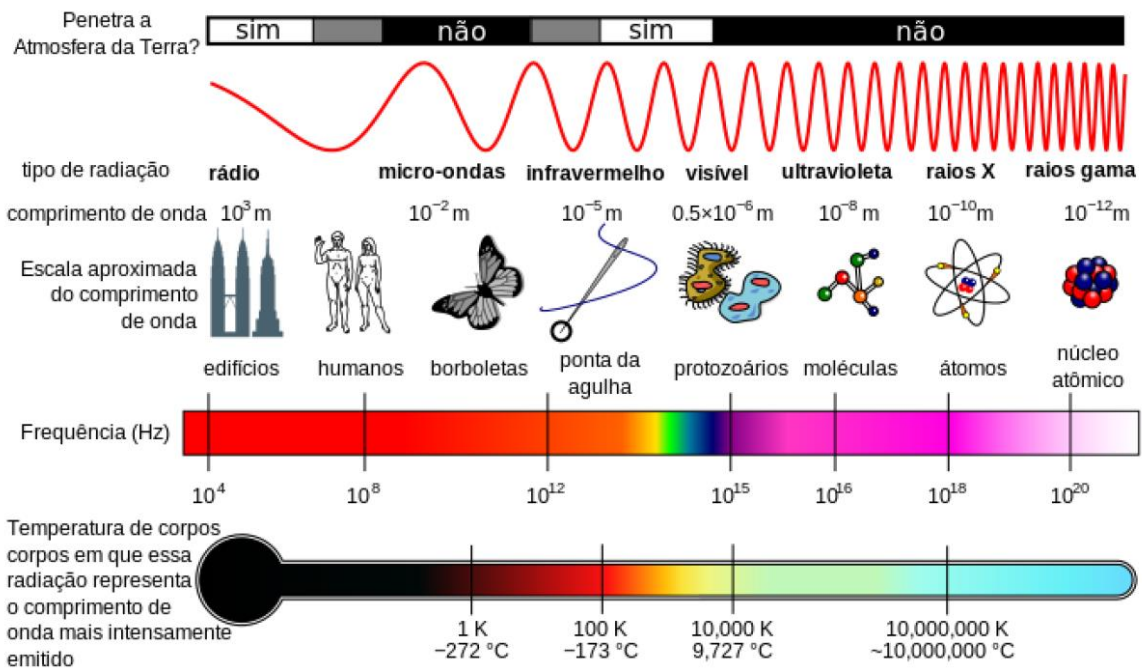


Figura 9: Comparando o comprimento de onda eletromagnético com objetos comuns.

Q. 21– EFEITO DOPPLER DE UMA ONDA ELETROMAGNÉTICA

Geralmente a equação abaixo é dada pelo enunciado:

$$\Delta f = f_{\text{Observada}} - f_{\text{Fonte}} = \pm \frac{v}{c} f_{\text{Fonte}}$$

Sendo Δf a diferença entre a frequência observada $f_{\text{Observada}}$ e a frequência emitidas pela fonte f_{Fonte} sendo v a velocidade da fonte e c a velocidade da onda eletromagnética.

No caso da astronomia, a Lei de Hubble afirma que quanto mais distante um astro se encontra maior a velocidade de afastamento. Tal velocidade radial produz um efeito Doppler nas luzes vindas de estrelas distantes fazendo a frequência observada ser menor que a emitida.

Como resultado, estrelas visíveis tendem a ter um tom mais avermelhado e a isso chamamos de *red shift*.

ONDAS DE CHOQUE

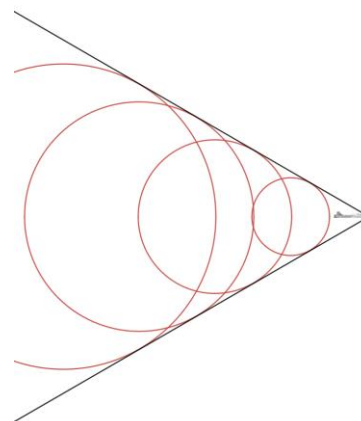


Figura 10: Cone de Mach. Surge quando a fonte ultrapassa a velocidade da onda que produz. À direita, uma animação.