



# Ensino Médio

## 3ª Série



PROFESSOR(A):

ÉLISSON  
ARAÚJO



DISCIPLINA:

FÍSICA



CONTEÚDO:

ACÚSTICA



DATA:

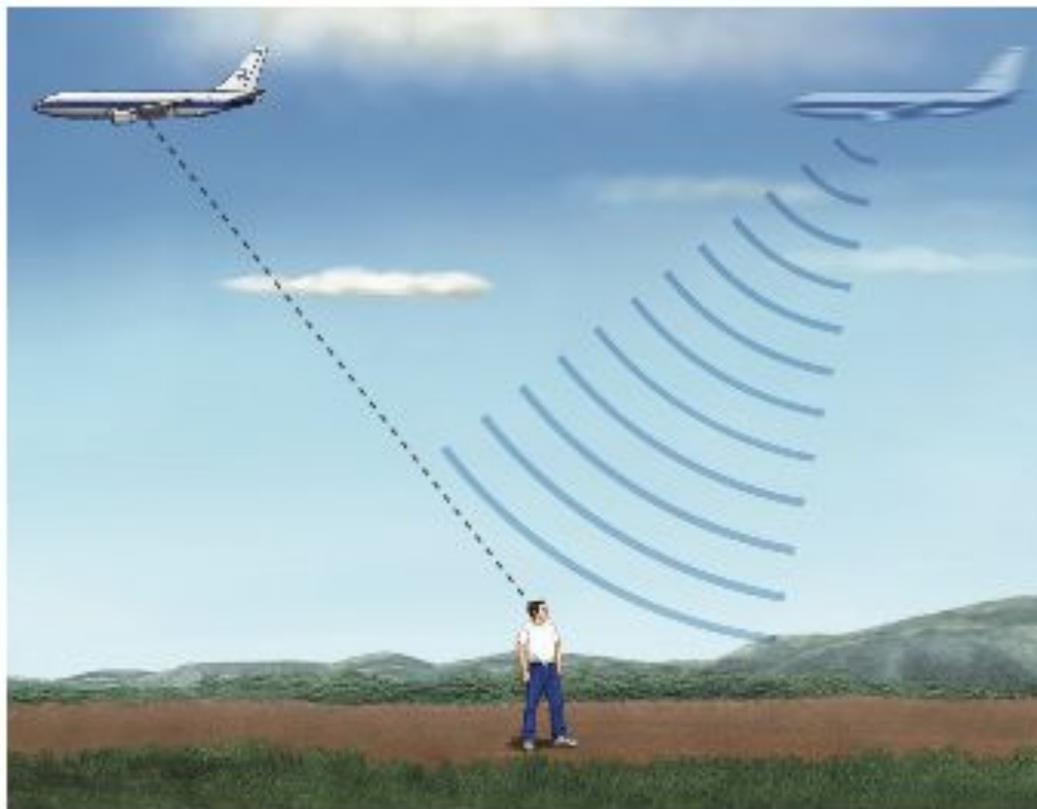
29/03/2022

- O sistema auditivo de uma pessoa normal é sensibilizado por ondas sonoras de frequências entre, aproximadamente, **20 Hz e 20.000 Hz**. As ondas sonoras nesta faixa audível costumam ser denominadas **sons**. Na verdade, esses limites são convencionais, dependendo, entre outros fatores, da idade da pessoa.
- As frequências inferiores a 20 Hz são denominadas **infrassons** e ocorrem, por exemplo, precedendo os abalos sísmicos. Certos animais têm ouvidos sensíveis a essas ondas, como os cavalos e os elefantes. Por isso eles pressentem a ocorrência de terremotos.
- Ondas sonoras com frequências superiores a 20.000 Hz constituem os **ultrassons**. Embora não sejam audíveis para o homem, muitos animais podem ouvi-los, como cachorros, gatos, morcegos e outros.

# Velocidade do Som

- Durante uma tempestade, é comum ouvirmos o trovão vários segundos após a visão do relâmpago. Ao ouvirmos o som de um avião a jato, procuramos localizar o aparelho olhando para a direção da qual o som provém e, com surpresa, percebemos que nossa linha de visão fica a uma considerável distância do avião (**fig. 3**). Tais fatos sugerem que o som se propaga através do ar com velocidade bem menor que a da luz.

- A velocidade da luz no ar é próxima de 300.000 km/s.
- A velocidade do som no ar a 15 °C é 340 m/s ou 1.224 km/h.



◀ **Figura 3.** O som se propaga no ar com velocidade pequena quando comparada com a velocidade da luz.

- De modo geral, a velocidade de propagação do som nos sólidos é maior do que nos líquidos, que por sua vez é maior do que nos gases. Por exemplo, na água, a 15 °C, o som se propaga à velocidade de 1.450 m/s e, no ferro, a 4.480 m/s. A velocidade relativamente pequena do som no ar e em outros gases explica-se pelo fato de as moléculas terem de se chocar umas com as outras, a fim de propagarem a onda longitudinal de pressão. Nos líquidos e nos sólidos as moléculas estão mais próximas umas das outras, justificando a maior velocidade de propagação.
- Observe que, ao serem citadas as velocidades do som no ar e na água, foi fornecida a temperatura. É que nos fluidos (gases e líquidos) a influência da temperatura não pode ser desprezada, como geralmente acontece nos sólidos.

- Particularmente para os gases, o aumento da temperatura produz maior agitação molecular, o que facilita a propagação das ondas sonoras. Esse fato se traduz por um aumento na velocidade do som. É possível demonstrar que, para os gases perfeitos, a velocidade do som varia com a temperatura absoluta  $T$  segundo a seguinte fórmula :

$$V = \sqrt{K \cdot T}$$

- É importante assinalar ainda que, tratando-se de ondas periódicas, valem para as ondas sonoras as mesmas considerações já feitas :

$$V = \lambda \cdot F$$

# Qualidades Fisiológicas do Som: Altura

- Nosso sistema auditivo distingue no som certas características, denominadas **qualidades fisiológicas**, que são altura, intensidade e timbre.
- A qualidade pela qual diferenciamos sons graves e agudos é denominada altura. Ela depende apenas da frequência do som.
- O som será tanto mais grave quanto menor for a sua frequência. Ele será tanto mais agudo quanto maior for a sua frequência. Por exemplo, o homem costuma emitir sons entre 100 e 200 Hz, e a mulher, sons entre 200 e 400 Hz. Dizemos então que a voz do homem é **mais grave** que a da mulher ou que a voz da mulher é **mais aguda** que a do homem.
- Denomina-se **intervalo** entre dois sons de frequências  $f_2$  e  $f_1$ , sendo  $f_2 \geq f_1$ , a relação:

# Qualidades Fisiológicas do Som: Intensidade

- A qualidade fisiológica pela qual diferenciamos os **sons fracos** dos **sons fortes** é denominada intensidade auditiva ou sonoridade, ou ainda nível sonoro do som. Depende da energia transportada pela onda sonora e, portanto, de sua intensidade física.

# Qualidades Fisiológicas do Som: Timbre

- Quando um instrumento musical emite determinada nota, diversos sons de frequências múltiplas se superpõem para constituir essa nota. Desses sons, o de menor frequência constitui o **som fundamental**, e os demais, com frequências múltiplas, são os **harmônicos**. Assim, sendo  $f_1$  a frequência do som fundamental, podemos ter o segundo harmônico ( $f_2 = 2f_1$ ), o terceiro harmônico ( $f_3 = 3f_1$ ) e assim sucessivamente. A superposição do som fundamental com os harmônicos determina a **forma da onda** emitida pelo instrumento .

- O som fundamental ou primeiro harmônico está sempre presente e é ele que determina a frequência do som emitido. Os harmônicos que acompanham o som fundamental **variam de instrumento para instrumento**. É essa característica que torna distintos, para o ouvinte, sons de mesma altura (mesma frequência) emitidos por instrumentos diferentes, mesmo que esses sons tenham a mesma intensidade. A essa qualidade fisiológica do som damos o nome de **timbre**.

# A barreira do som

- A velocidade do som no ar é de aproximadamente 1.220 km/h. Como homenagem ao físico e filósofo austríaco Ernst Mach (1838-1916), o primeiro cientista a medir com precisão a velocidade do som no ar e célebre pelos seus estudos de aerodinâmica, convencionou-se chamar de **número de Mach** a relação entre a velocidade de um veículo no ar e a das ondas sonoras nesse mesmo meio. Assim, quando o veículo se desloca com velocidade igual à do som no ar, diz-se que sua velocidade é Mach 1. Normalmente os aviões desenvolvem uma velocidade menor que Mach 1. Velocidades maiores que Mach 1 são ditas **supersônicas**, e maiores que Mach 5, **hipersônicas**.

- Quando um veículo aéreo (um avião, por exemplo) se desloca na atmosfera com velocidade inferior à do som, ele comprime o ar **ao seu redor**, sobretudo à sua frente, criando ondas de pressão, que se propagam no meio espalhando-se para todos os lados. Como as ondas de pressão viajam mais rapidamente que o veículo, o som vai sempre à frente. Entretanto, se o veículo aumentar sua velocidade para Mach 1, isto é, velocidade igual à de deslocamento das ondas de pressão que produz, ele comprime o ar **à sua frente** e acompanha as ondas de pressão (seu próprio som) com a mesma velocidade de sua propagação. Em consequência, ocorre um acúmulo de ondas no nariz do veículo. Caso este mantenha tal velocidade sônica por algum tempo, forma-se à sua frente uma "muralha de ar", pois todas as ondas formadas continuam no mesmo local em relação a ele.

- É o fenômeno que se convencionou chamar de **barreira do som**. O nome deve-se ao fato de que, durante muito tempo, foi considerada impossível a ultrapassagem da velocidade do som no ar por um aparelho feito pelo ser humano. Na história da aviação há muitos episódios de pilotos que tentaram realizar voos em velocidades próximas à do som e encontraram grandes dificuldades, como instabilidade do veículo (que pode provocar desde a inversão de comandos até a perda total de controle), fortes turbulências e vibrações tão intensas que provocaram vários acidentes, alguns deles fatais.

- Continuando a acelerar, o veículo ultrapassa a velocidade do som, adquirindo velocidades superiores a Mach 1 e deixando para trás as ondas de pressão que produz. Entretanto, para atingir velocidades supersônicas ele deve, entre outras coisas, ter uma aceleração que permita uma passagem rápida pela velocidade Mach 1, para minimizar os efeitos da barreira do som sobre o veículo.



🔹 Onda de choque evidenciada pela condensação da umidade do ar, provocada pela quebra da barreira do som por um avião supersônico.



🔹 Os marinheiros no convés do porta-aviões devem usar protetores auriculares para prevenir danos decorrentes do estrondo sônico.

- No entanto, ao ser comprimido em fluxo supersônico, o ar tem sua pressão e sua densidade aumentadas, determinando a formação de uma **onda de choque**. As ondas de choque produzidas pelo avião supersônico só atingem o solo após algum tempo em relação à passagem do avião, pois este é mais veloz. Então, um observador no solo verá o avião passando e não ouvirá ruído algum. Porém, passado um certo tempo, quando as ondas de choque o alcançarem, ele ouvirá um forte estampido, conhecido como **estrondo sônico**, cuja intensidade depende, entre outros fatores, das dimensões do avião, de sua forma, da velocidade do voo e da altitude.

- Às vezes, o estrondo é tão violento que produz muitos danos materiais no solo, como quebra de vidros, rachaduras em paredes e outros prejuízos. As pessoas atingidas pelo estrondo podem sofrer lesões irreparáveis em seu sistema auditivo. É por isso que a operação de voos supersônicos sobre regiões habitadas é evitada. As bases aéreas de onde decolam esses aviões se situam sempre em regiões afastadas dos grandes centros urbanos e o voo propriamente dito é realizado sobre os oceanos.

- O Concorde, conhecido avião comercial supersônico desativado em 2003, normalmente só acelerava até cerca de Mach 2 para atingir velocidade supersônica quando deixava o continente e estava sobre o mar e em altitude elevada, a fim de minimizar os efeitos do estrondo sônico.
- A data de 14 de outubro de 1947 é reconhecida internacionalmente como a do primeiro voo supersônico de um veículo aéreo pilotado por um ser humano. A proeza foi realizada pelo capitão Charles "Chuck" Yeager, da Força Aérea dos Estados Unidos, a bordo do avião conhecido por X-1, atingindo a velocidade de Mach 1,06 a uma altitude de aproximadamente 14.000 metros.

- A **reflexão do som** pode dar origem ao reforço, à reverberação ou ao eco, dependendo do intervalo de tempo entre a percepção, pelo ouvinte, do som direto e do som refletido.
- A ocorrência de um ou de outro desses fenômenos deve-se ao fato de só conseguirmos distinguir dois sons que nos chegam com um intervalo de tempo superior a 0,1 s (um décimo de segundo). Esse intervalo de tempo é denominado **persistência auditiva**.
- Se o obstáculo que reflete o som estiver muito próximo, o som direto e o som refletido chegam praticamente no mesmo instante. O ouvinte terá então a sensação de um som mais forte. A esse fenômeno se dá o nome de **reforço**.

- Quando o obstáculo refletor está mais afastado, de modo que o intervalo entre a percepção do som direto e a do som refletido é menor que 0,1 s, mas não é desprezível, ocorre o fenômeno da **reverberação**. Nesse caso o som refletido chega ao sistema auditivo, enquanto a sensação do som direto ainda não se extinguiu. O ouvinte tem então a impressão de um prolongamento do som. Nos auditórios, a reverberação, desde que não exagerada, auxilia o entendimento do que está sendo falado.
- O **eco** ocorre quando o som refletido é recebido pelo ouvinte depois que o som direto já se extinguiu. Assim, o ouvinte percebe dois sons distintos. Para que isso aconteça, o intervalo de tempo entre a percepção dos dois sons (direto e refletido) deve ser maior que 0,1 s. Considere a situação da **figura 6**: uma pessoa situada a uma distância  $x$  de uma parede grita um monossílabo. Para haver eco, devemos ter:  $t > 0,1$  s.

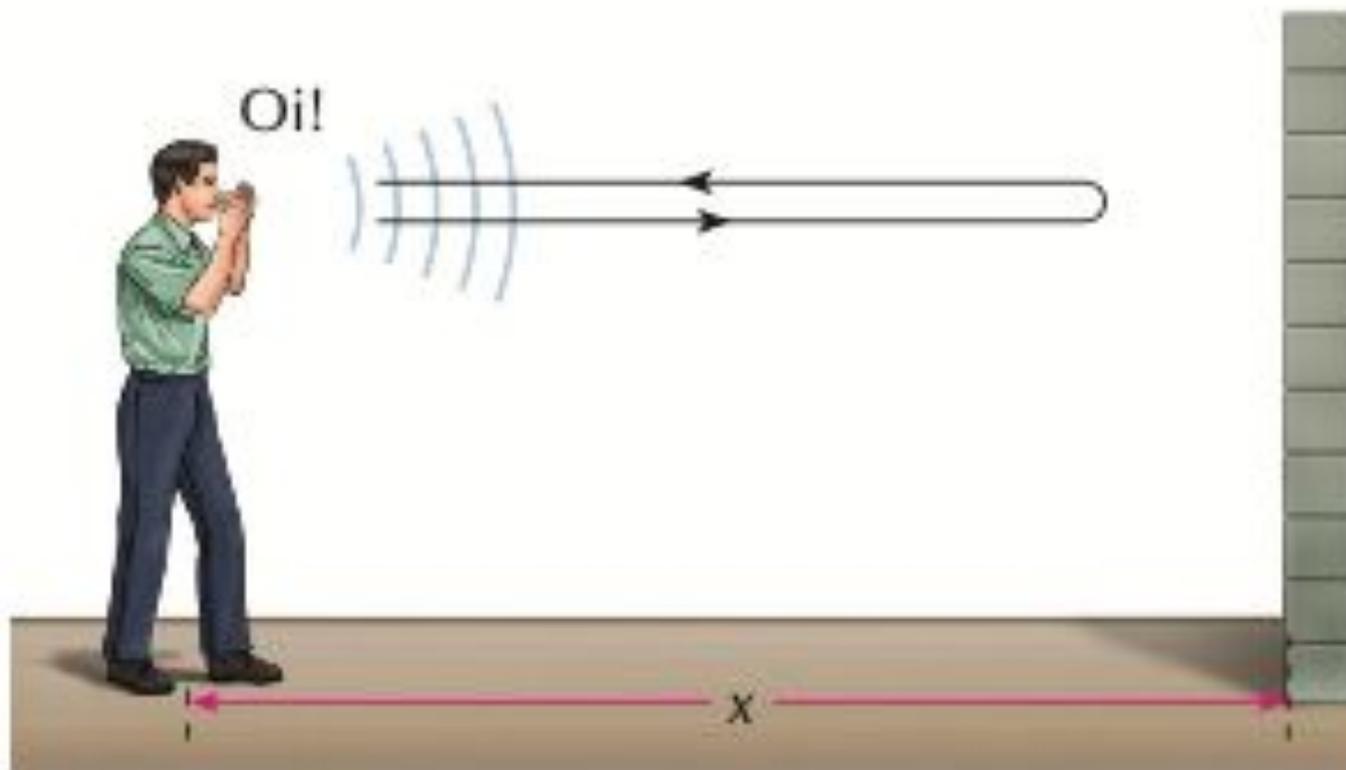


Figura 6. Para haver eco, deve-se ter  $x > 17$  m.

Mas, de  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ , temos:  $\Delta t = \frac{\Delta s}{v}$

A condição para que ocorra o eco é:  $\frac{\Delta s}{v} > 0,1$  s. Sendo  $v = 340$  m/s a velocidade do som no ar e  $\Delta s = 2x$  (ida e volta), vem:

$$\frac{2x}{340} > 0,1 \Rightarrow x > 17 \text{ m}$$

Portanto, um ouvinte percebe o eco desde que sua distância ao obstáculo refletor seja superior a 17 m no ar.

Um homem adulto conversa com outro de modo amistoso e sem elevar o nível sonoro de sua voz. Enquanto isso, duas crianças brincam emitindo gritos eufóricos, pois a brincadeira é um jogo interessante para elas. O que distingue os sons emitidos pelo homem dos emitidos pelas crianças

- a) é o timbre, apenas.
- b) é a altura, apenas.
- c) são a intensidade e o timbre, apenas.
- d) são a altura e a intensidade, apenas.
- e) são a altura, a intensidade e o timbre.

**Gab. E**



Sejam as seguintes afirmativas sobre as ondas sonoras:

- I. O som é uma onda mecânica progressiva longitudinal cuja frequência está compreendida, aproximadamente, entre  $20 \text{ Hz}$  e  $20 \text{ kHz}$ .
- II. O ouvido humano é capaz de distinguir dois sons, de mesma frequência e mesma intensidade, desde que as formas das ondas sonoras correspondentes a esses sons sejam diferentes. Os dois sons têm timbres diferentes.
- III. A altura de um som é caracterizada pela frequência da onda sonora. Um som de pequena frequência é grave (baixo) e um som de grande frequência é agudo (alto).
- IV. Uma onda sonora com comprimento de onda de  $10 \text{ mm}$  é classificada como ultrassom.
- V. A intensidade do som é tanto maior quanto menor for a amplitude da onda sonora.

Assinale a alternativa correta:

***Quando necessário, adote o valor de  $340 \text{ m/s}$  para a velocidade do som no ar.***

- a) Somente as afirmativas I, II, III e IV estão corretas.
- b) Somente as afirmativas II, III e V estão corretas.
- c) Somente as afirmativas I, III, IV e V estão corretas.
- d) Somente as afirmativas II, III, IV e V estão corretas.
- e) Somente as afirmativas I, II, IV e V estão corretas.

**Gab. A**

Um homem assiste a um musical dentro de um teatro que possui ótimo isolamento acústico. Ao ouvir o som de um piano, violão e violino tocando a mesma nota musical, o homem teve condição de distinguir cada um dos instrumentos. Qual é a qualidade das ondas sonoras que permitiu tal distinção?

- a) Volume
- b) Nível de intensidade sonora
- c) Altura
- d) Amplitude
- e) Timbre

**Gab. E**

Marque a alternativa que completa corretamente as lacunas.

O \_\_\_\_\_ é a qualidade do som que permite a distinção entre as fontes sonoras, mesmo que estas emitam sons de mesma frequência e intensidade. Já a \_\_\_\_\_ está relacionada à \_\_\_\_\_ das ondas sonoras. Sons \_\_\_\_\_ possuem alta frequência, sons \_\_\_\_\_ possuem baixa frequência.

- a) Timbre, intensidade sonora, frequência, grave , agudo.
- b) Timbre, altura, frequência, graves, agudos.
- c) Timbre, altura, frequência, agudos, graves.
- d) Timbre, frequência, altura, altos, graves.
- e) Timbre, altura, frequência, baixos, altos.

**Gab. C**



**Ensino Médio**

**3ª Série**

**ATÉ A PRÓXIMA AULA!**



**Canal  
Educação**  
PROGRAMA DE MEDIAÇÃO TECNOLÓGICA