

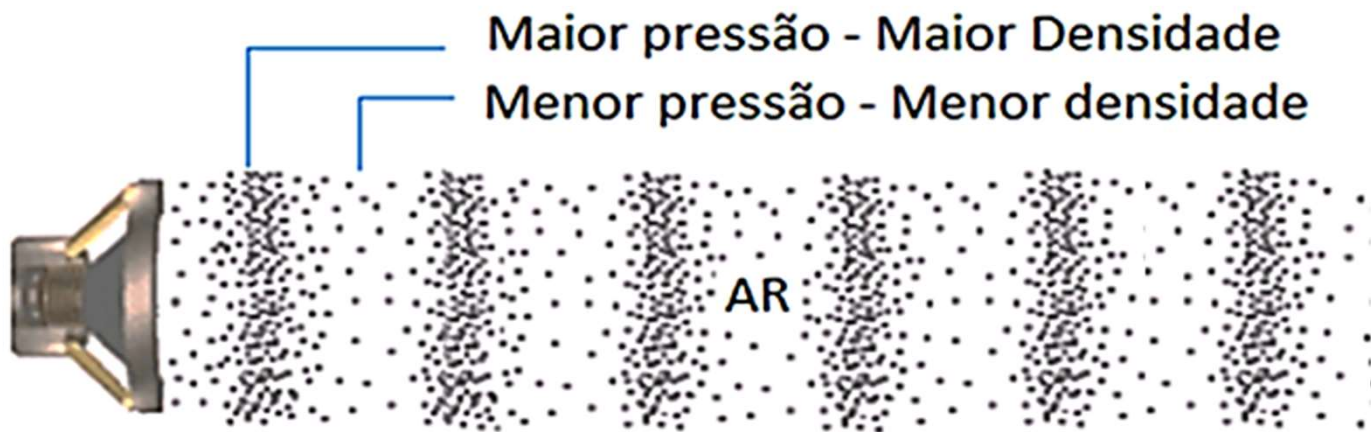
Ondas sonoras

- FGB / Caderno 6 / Módulo 5 / Objetivo 1 / Página 390

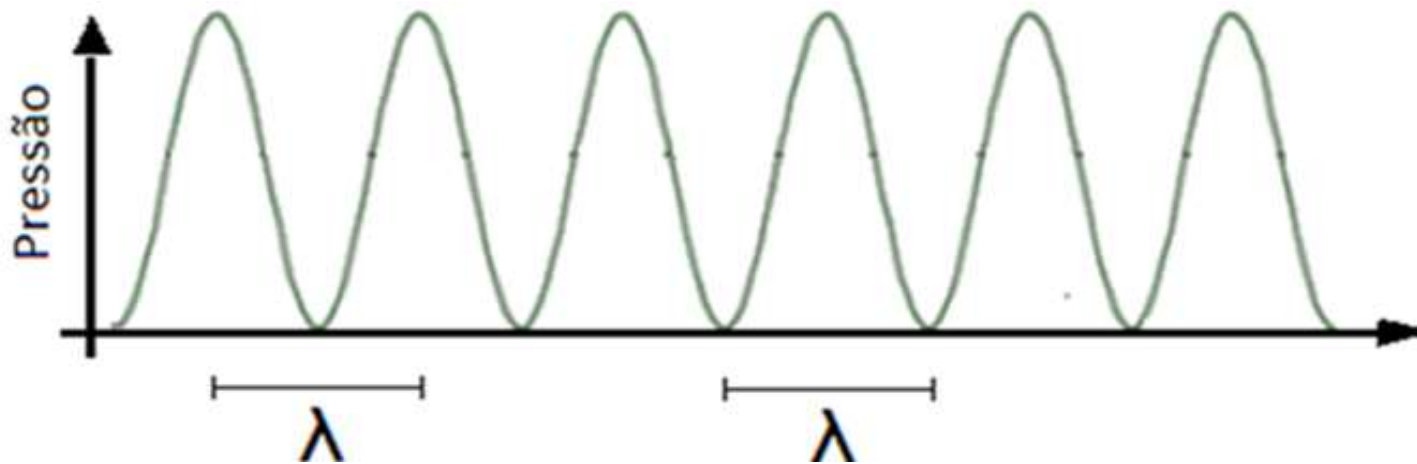
Apresentação, orientação e tarefa: fisicasp.com.br

Professor Caio

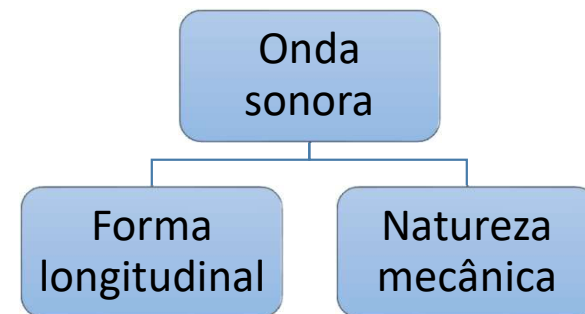
1. Onda sonora



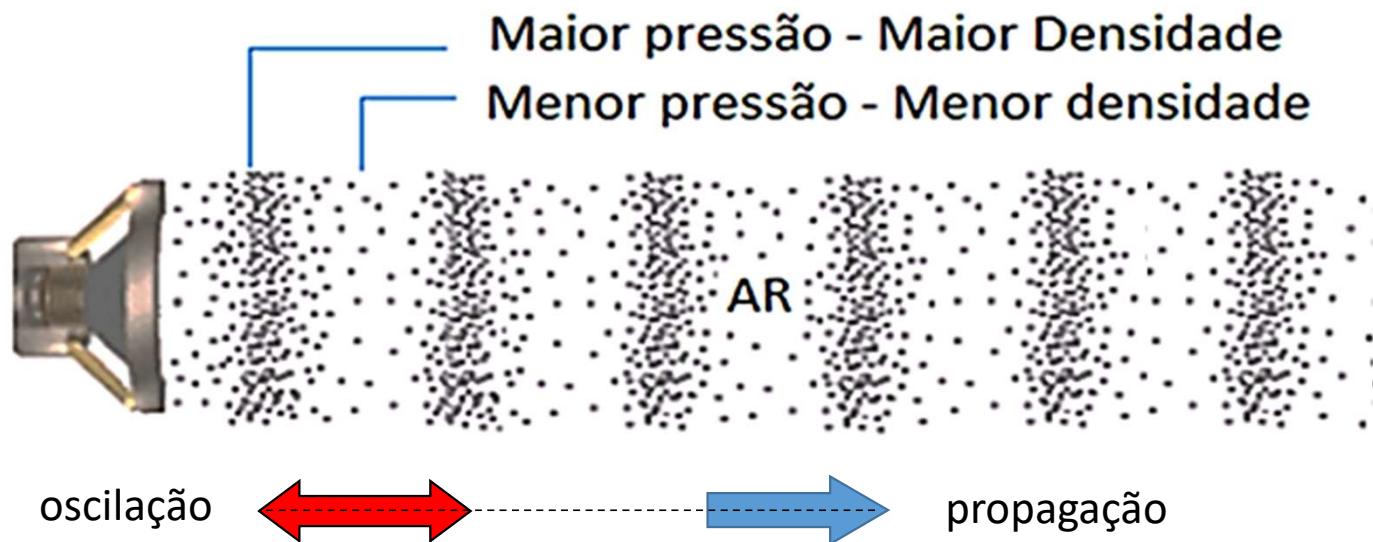
oscilação propagação



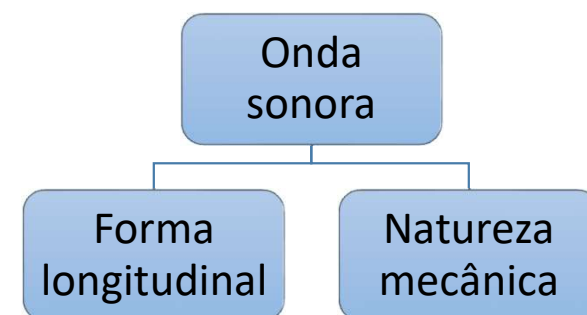
$$V_{sólidos} > V_{líquidos} > V_{gases}$$



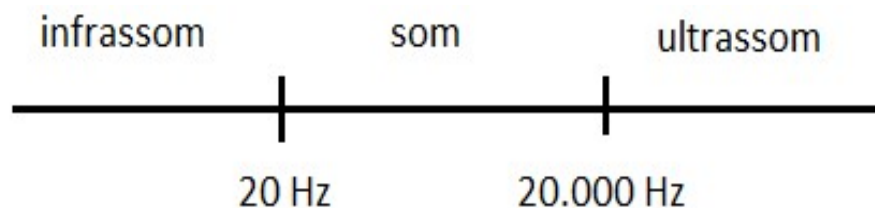
1. Onda sonora



$$V_{\text{sólidos}} > V_{\text{líquidos}} > V_{\text{gases}}$$

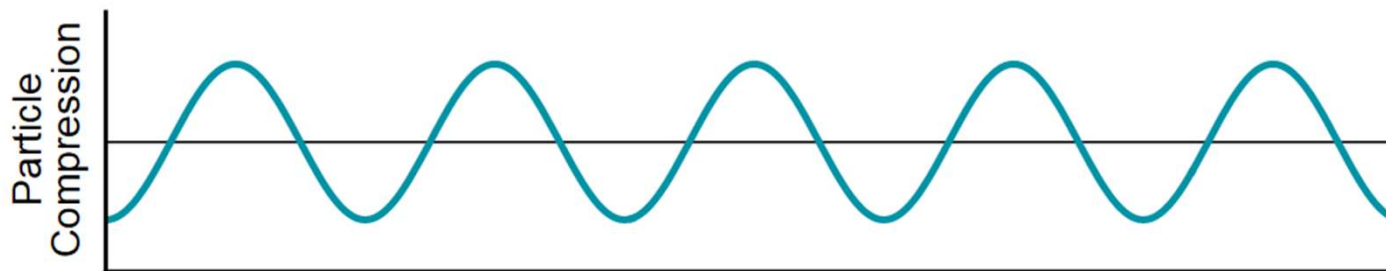
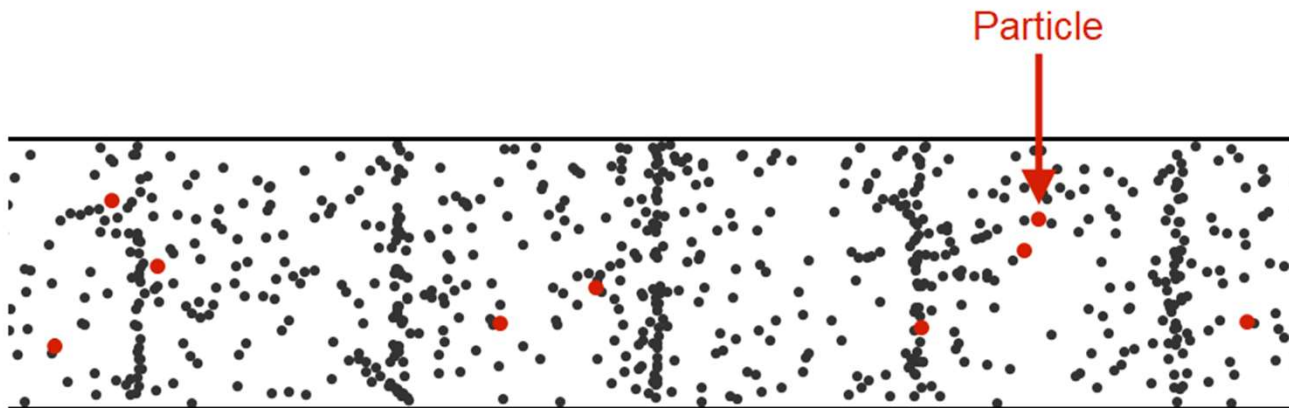


Para humanos

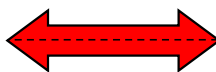


- Infrassom: inaudível
- Som: audível
- Ultrassom: inaudível

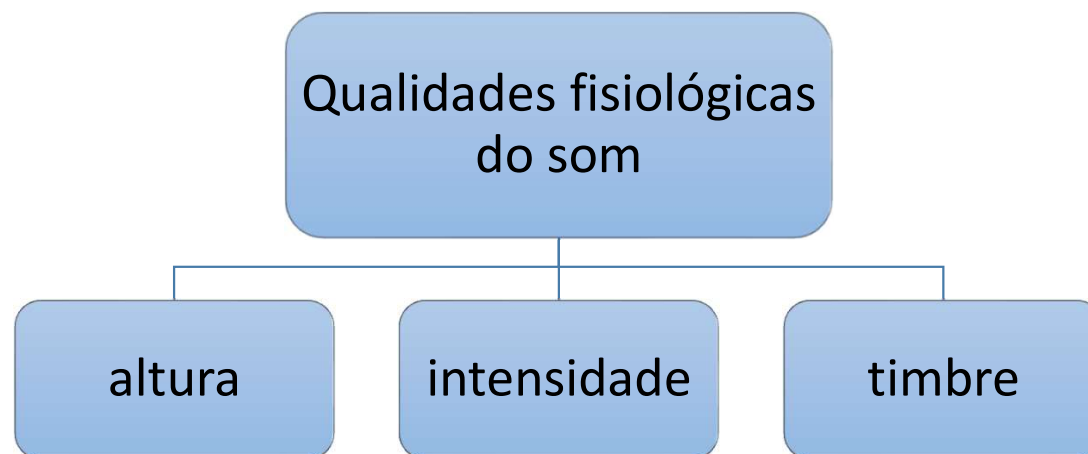
1. Onda sonora



oscilação



propagação



Altura do som: característica associada à frequência

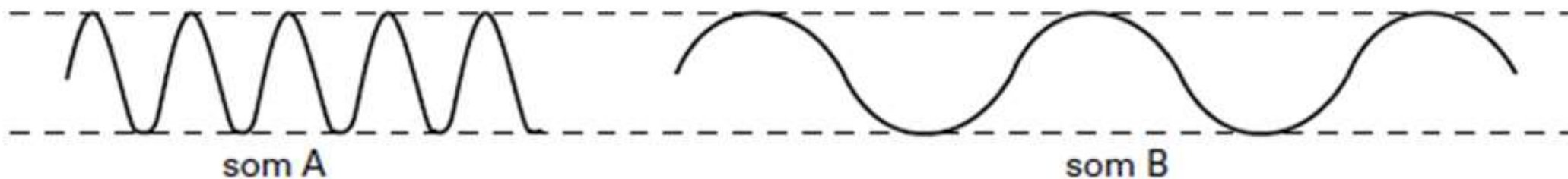
Som alto → alta frequência → som agudo

Som baixo → baixa frequência → som grave

A nota musical é
definida pela frequência

$$f_{l\grave{a}} = 440 \text{ Hz}$$

Exemplo:

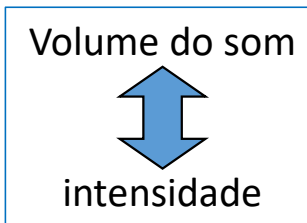


- $f_A > f_B$
- O som A é mais alto do que o som B
- O som A é mais agudo do que o som B

Intensidade do som: característica associada à amplitude (análise qualitativa)

Som mais intenso → som forte → maior amplitude → maior energia

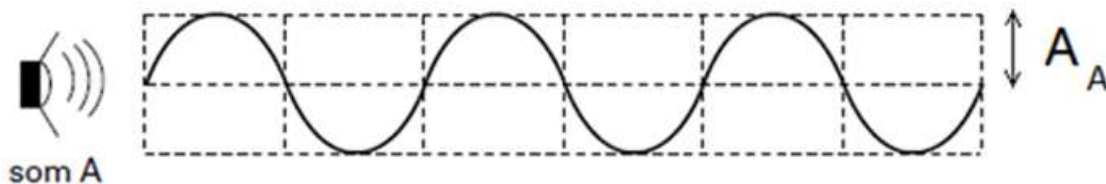
Som menos intenso → som fraco → menor amplitude → menor energia



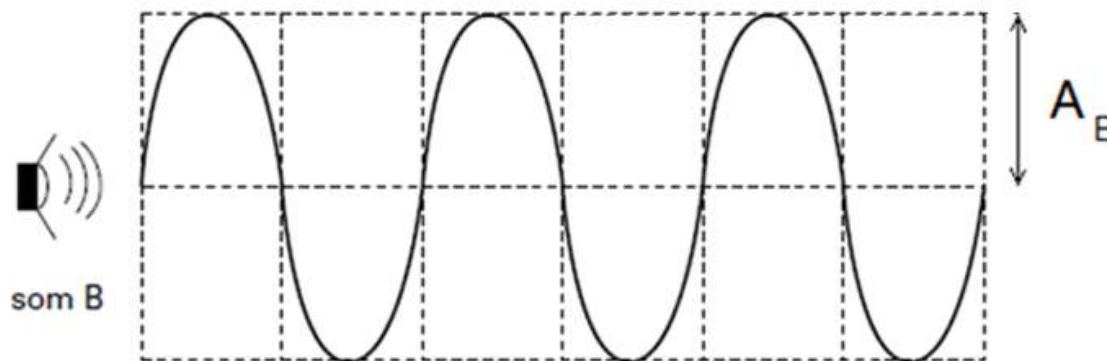
Exemplo:



oscilação

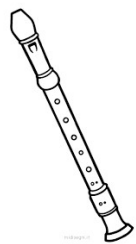


oscilação

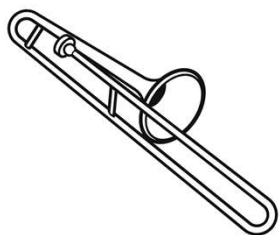
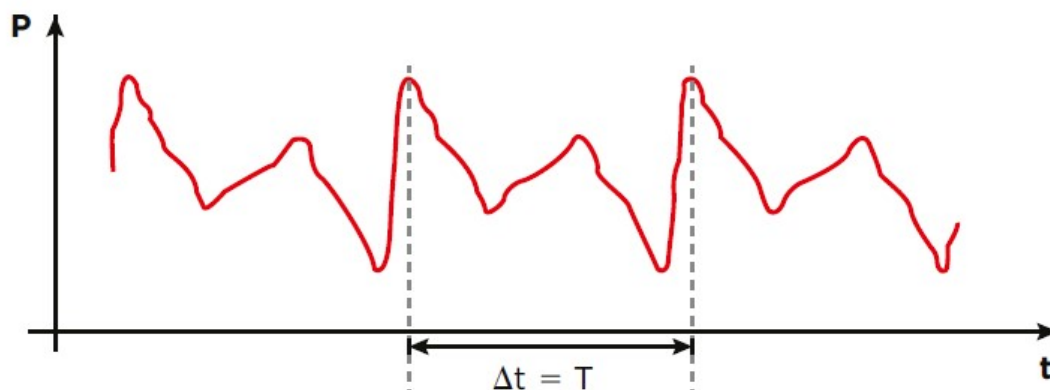


- $A_B > A_A$
- O som B é mais intenso do que o som A
- O som B é mais forte do que o som A

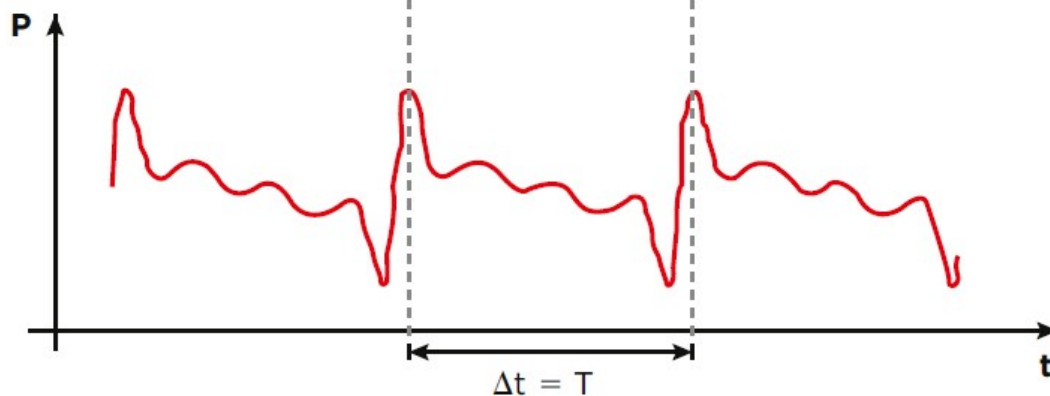
Timbre do som: característica associada ao formato da onda. Depende das características da fonte (material, forma e cavidades, por exemplo).



flauta



trompete



No exemplo:

- $T_{flauta} = T_{trompete}$
- $f_{flauta} = f_{trompete}$ (mesma altura)
- $A_{flauta} = A_{trompete}$ (mesma intensidade)

O timbre permite diferenciar os sons de mesma altura e mesma intensidade

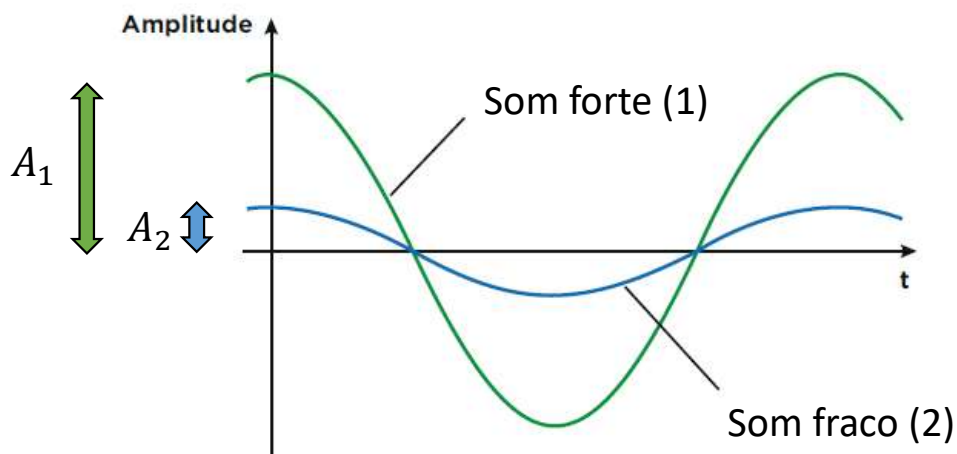
Intensidade sonora (análise quantitativa)

- Estudos avançados / Caderno 6 / Módulo 7 / Objetivo 1 / Página 115

Apresentação, orientação e tarefa: fisicasp.com.br

Professor Caio

Intensidade do sonora (análise quantitativa)



Intensidade do som: característica associada à amplitude

Som mais intenso → som forte → maior amplitude → maior energia

Som menos intenso → som fraco → menor amplitude → menor energia

“Volume do som” → intensidade do som

$$I = \frac{P}{A} \rightarrow SI: \left(\frac{W}{m^2} \right)$$

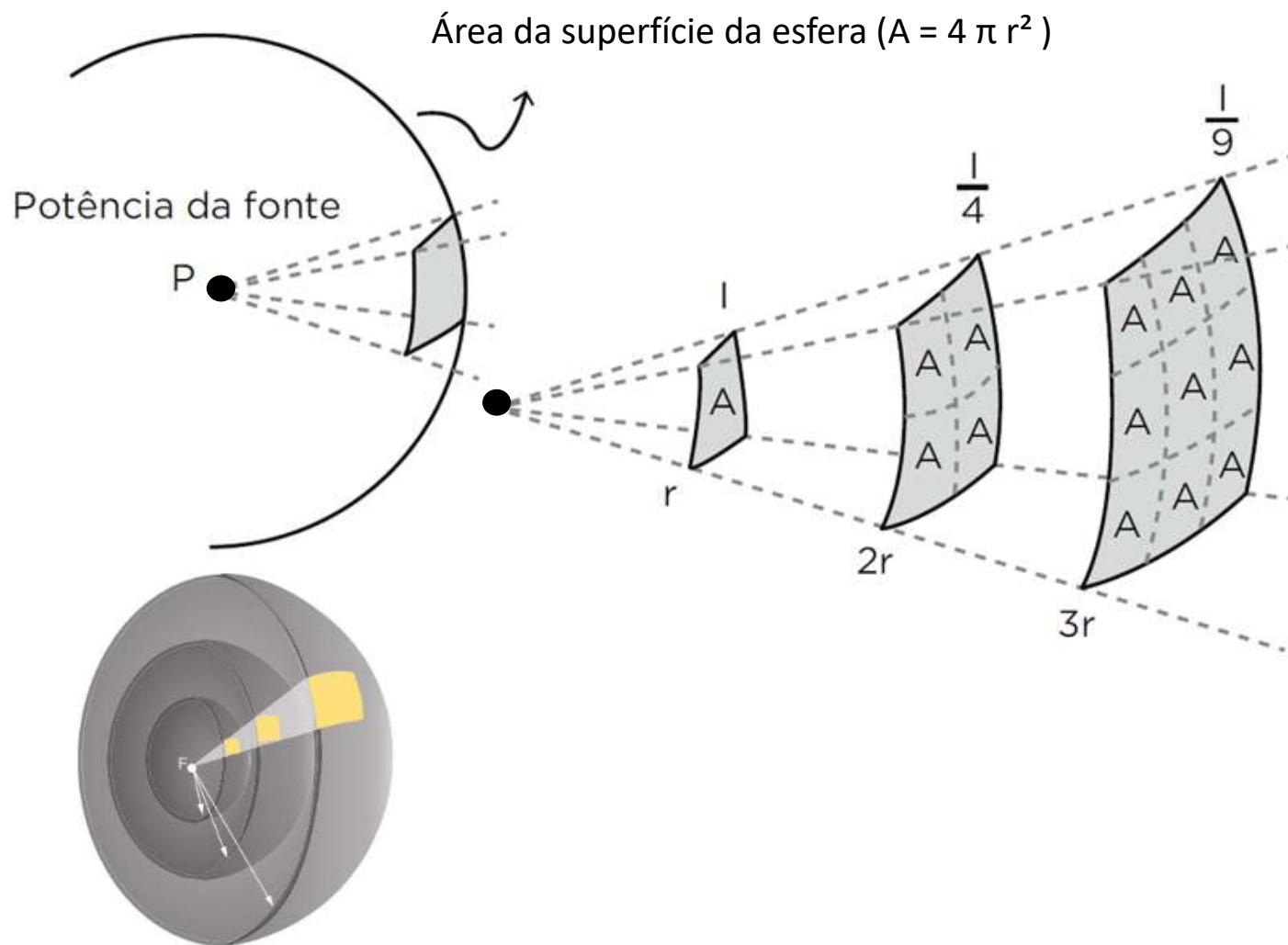
- A: área atravessada pela onda
- P: potência que a atravessa a área escolhida

$$P = \frac{E}{\Delta t} \rightarrow SI: (W)$$

$$1W = 1 \frac{J}{s}$$

- E: energia
- Δt : intervalo de tempo

Onda tridimensional e intensidade



$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Nível de intensidade sonora ou nível sonoro (N)

$$N = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

Para esta expressão utilizamos a unidade usual dB (decibel) $\rightarrow 1 B = 10 dB$

- N: Nível Sonoro - SI: B (Bel)
- I: Intensidade da onda sonora avaliada - SI: W/m²
- $I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$: menor intensidade audível – SI: W/m²

Nível de intensidade sonora ou nível sonoro (N)

- Calcule o nível sonoro para mínima intensidade audível ($I = 10^{-12} \text{ W/m}^2$).

Para $I = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

$$N = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

$$N = 10 \cdot \log \frac{10^{-12}}{10^{-12}}$$

$$N = 10 \cdot \log 1$$

$$N = 10 \cdot (0) \quad \boxed{N = 0}$$

- Calcule o nível sonoro para o limiar da dor ($I = 1 \text{ W/m}^2$).

Para $I = 1 \text{ W/m}^2$

$$N = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

$$N = 10 \cdot \log \frac{1}{10^{-12}}$$

$$N = 10 \cdot \log 10^{12}$$

$$N = 12 \cdot 10 \cdot \log 10 \quad \boxed{N = 120 \text{ dB}}$$

$$\log_b a = x \leftrightarrow b^x = a$$

$$a) \log_b a \cdot c = \log_b a + \log_b c$$

$$b) \log_b \left(\frac{a}{c}\right) = \log_b a - \log_b c$$

$$c) \log_b a^n = n \cdot \log_b a$$

$$d) \log 10 = 1$$

$$e) \log 1 = 0$$

Revisão

$$\log_b a = x \leftrightarrow b^x = a$$

$$a) \log_b a \cdot c = \log_b a + \log_b c$$

$$b) \log_b \left(\frac{a}{c}\right) = \log_b a - \log_b c$$

$$c) \log_b a^n = n \cdot \log_b a$$

$$d) \log 10 = 1$$

$$e) \log 1 = 0$$

Tipo de Som	Nível Sonoro (dB)	Nível Sonoro (B)	Intensidade
Limiar de Audição	0	0	$I_0 =$ Menor intensidade audível
Respiração normal	10	1	$10 \times I_0$
Conversa muito baixa a 1m	20	2	$100 \times I_0$
Rua silenciosa	30	3	$1.000 \times I_0$
Música baixa	40	4	$10.000 \times I_0$
Escritório comum	50	5	$100.000 \times I_0$
Conversa alta a 1m	60	6	$1.000.000 \times I_0$
Motor de caminhão	70	7	$10.000.000 \times I_0$
Trafego movimentado	80	8	$100.000.000 \times I_0$
Britadeira / estádio de futebol	100	10	$10.000.000.000 \times I_0$
Grupo de rock	110	11	$100.000.000.000 \times I_0$
Danceteria / trio elétrico	120	12	$1.000.000.000.000 \times I_0$
Limiar de dor	120	12	$1.000.000.000.000 \times I_0$
Turbina de jato grande a 30m	140	14	$100.000.000.000.000 \times I_0$

Exercícios


1. (Enem) Para afinar um violão, um músico necessita de uma nota para referência, por exemplo, a nota Lá em um piano. Dessa forma, ele ajusta as cordas do violão até que ambos os instrumentos toquem a mesma nota. Mesmo ouvindo a mesma nota, é possível diferenciar o som emitido pelo piano e pelo violão.

Essa diferenciação é possível, porque

- a) a ressonância do som emitido pelo piano é maior.
- b) a potência do som emitido pelo piano é maior.
- c) a intensidade do som emitido por cada instrumento é diferente.
- d) o timbre do som produzido por cada instrumento é diferente.
- e) a amplitude do som emitido por cada instrumento é diferente.

1. (Enem) Para afinar um **violão**, um músico necessita de uma nota para referência, por exemplo, a nota Lá em um **piano**. Dessa forma, ele ajusta as cordas do violão até que ambos os instrumentos toquem a **mesma nota**. Mesmo ouvindo a mesma nota, é possível diferenciar o som emitido pelo piano e pelo violão.

Essa diferenciação é possível, porque

- a) a ressonância do som emitido pelo piano é maior.
- b) a potência do som emitido pelo piano é maior.
- c) a intensidade do som emitido por cada instrumento é diferente.
- d) o timbre do som produzido por cada instrumento é diferente. 
- e) a amplitude do som emitido por cada instrumento é diferente.

Mesma nota → mesma frequência → mesma altura

2. (Enem PPL) Visando reduzir a poluição sonora de uma cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que impõe o limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível sonoro permitido após as 22 horas.

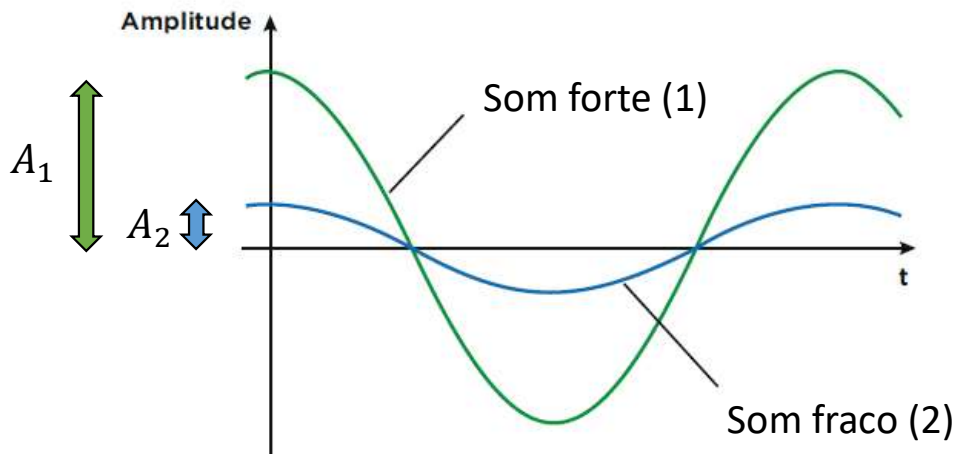
Ao aprovar a referida lei, os vereadores estão limitando qual característica da onda?

- a) A altura da onda sonora.
- b) A amplitude da onda sonora.
- c) A frequência da onda sonora.
- d) A velocidade da onda sonora.
- e) O timbre da onda sonora.

2. (Enem PPL) Visando reduzir a poluição sonora de uma cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que impõe o limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível sonoro permitido após as 22 horas.

Ao aprovar a referida lei, os vereadores estão limitando qual característica da onda?

- a) A altura da onda sonora.
- b) A amplitude da onda sonora. ←
- c) A frequência da onda sonora.
- d) A velocidade da onda sonora.
- e) O timbre da onda sonora.



$$N = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}, \text{ dB (decibell)}$$

Intensidade do som: característica associada à amplitude

Som mais intenso → som forte → maior amplitude → maior energia
Som menos intenso → som fraco → menor amplitude → menor energia

3. (Fuvest-SP - Adaptada) O nível de intensidade sonora, em decibéis (dB), é definido pela expressão $\beta = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$, na qual I é a intensidade do som em W/m^2 e $I_0 = 10^{-12} W/m^2$ é um valor de referência. Os valores de nível de intensidade sonora $\beta = 0$ e $\beta = 120$ dB correspondem, respectivamente, aos limiares de audição e de dor para o ser humano. Como exposições prolongadas a níveis de intensidade sonora elevados podem acarretar danos auditivos, há uma norma regulamentadora (NR-15) do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, que estabelece o tempo máximo de 8 horas para exposição ininterrupta a sons de 85 dB e especifica que, a cada acréscimo de 5 dB no nível da intensidade sonora, deve-se dividir por dois o tempo máximo de exposição. A partir dessas informações, determine

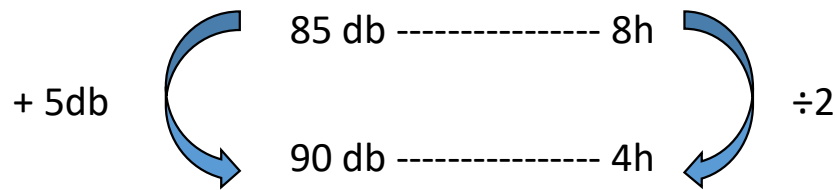
- o valor máximo do nível de intensidade sonora β , em dB, a que um trabalhador pode permanecer exposto por 4 horas seguidas;
- os valores da intensidade I e da potência P do som no tímpano de um trabalhador quando o nível de intensidade sonora é 100 dB.
- A quantidade de energia E que atingiu o tímpano em 5 s.

Note e adote:

- $\pi = 3$
- Diâmetro do tímpano = 1 cm

3. (Fuvest-SP) O nível de intensidade sonora, em decibéis (dB), é definido pela expressão $\beta = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$, na qual I é a intensidade do som em W/m^2 e $I_0 = 10^{-12} W/m^2$ é um valor de referência. Os valores de nível de intensidade sonora $\beta = 0$ e $\beta = 120$ dB correspondem, respectivamente, aos limiares de audição e de dor para o ser humano. **Como exposições prolongadas a níveis de intensidade sonora elevados podem acarretar danos auditivos, há uma norma regulamentadora (NR-15) do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, que estabelece o tempo máximo de 8 horas para exposição ininterrupta a sons de 85 dB e especifica que, a cada acréscimo de 5 dB no nível da intensidade sonora, deve-se dividir por dois o tempo máximo de exposição.** A partir dessas informações, determine

a) o valor máximo do nível de intensidade sonora β , em dB, a que um trabalhador pode permanecer exposto por 4 horas seguidas;



O trabalhador poderá ser exposto a um nível de 90 db por 4 horas seguidas.

3. (Fuvest-SP) O nível de intensidade sonora, em decibéis (dB), é definido pela expressão $\beta = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$, onde I é a intensidade sonora em W/m^2 e $I_0 = 10^{-12} W/m^2$ é um valor de referência. Os valores de nível de intensidade sonora β são, respectivamente, aos limiares de audição e de dor para o ser humano. Como exposições prolongadas e elevadas podem acarretar danos auditivos, há uma norma regulamentadora (NR-15) do Ministério do Trabalho que estabelece o tempo máximo de 8 horas para exposição ininterrupta a sons de 85 dB e especifica que, a cada 5 dB de aumento da intensidade sonora, deve-se dividir por dois o tempo máximo de exposição. A partir dessas informações, determine:

b) os valores da intensidade I e da potência P do som no tímpano de um trabalhador quando o nível de intensidade sonora é 100 dB.

$\beta = 100 \text{ dB}$ $I = ?$

$$\beta = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

$$100 = 10 \cdot \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$10 = \log I - \log 10^{-12}$$

1

$$10 = \log I - (-12 \cdot \log 10)$$



$$10 = \log I + 12$$

$$\log I = -2$$

$$\log_{10} I = -2$$

$$I = 10^{-2} W/m^2$$

$P = ?$

Note e adote:

- $\pi = 3$
- Diâmetro do tímpano = 1cm = 10^{-2} m

$$A = \pi \cdot R^2 = 3 \cdot \left(\frac{10^{-2}}{2}\right)^2 \Rightarrow A = 0,75 \cdot 10^{-4} = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$I = \frac{P}{A} \rightarrow SI: \left(\frac{W}{m^2}\right) \quad P = I \cdot A = 10^{-2} \frac{W}{m^2} \cdot 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$P = 7,5 \cdot 10^{-7} \text{ W}$$

$\log_b a = x \leftrightarrow b^x = a$

a) $\log_b a \cdot c = \log_b a + \log_b c$

b) $\log_b \left(\frac{a}{c}\right) = \log_b a - \log_b c$

c) $\log_b a^n = n \cdot \log_b a$

d) $\log 10 = 1$

e) $\log 1 = 0$

3. (Fuvest-SP) O nível de intensidade sonora, em decibéis (dB), é definido pela expressão $\beta = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$, na qual I é a intensidade do som em W/m^2 e $I_0 = 10^{-12} W/m^2$ é um valor de referência. Os valores de nível de intensidade sonora $\beta = 0$ e $\beta = 120$ dB correspondem, respectivamente, aos limiares de audição e de dor para o ser humano. Como exposições prolongadas a níveis de intensidade sonora elevados podem acarretar danos auditivos, há uma norma regulamentadora (NR-15) do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, que estabelece o tempo máximo de 8 horas para exposição ininterrupta a sons de 85 dB e especifica que, a cada acréscimo de 5 dB no nível da intensidade sonora, deve-se dividir por dois o tempo máximo de exposição. A partir dessas informações, determine

c) A quantidade de energia E que atingiu o tímpano em 5 s.

$$P = \frac{E}{\Delta t} \rightarrow \text{SI: (W)}$$

$$P = 7,5 \cdot 10^{-7} \text{ W}$$

$$\Delta t = 5 \text{ s}$$

$$E = P \cdot \Delta t$$

$$E = 7,5 \cdot 10^{-7} \cdot 5$$

$$E = 37,5 \cdot 10^{-7}$$

$$E = 3,75 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$