



Universidade Federal do Pampa UNIPAMPA

Ondas Sonoras

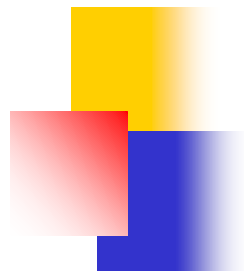
Prof. Luis Gomez






SUMÁRIO

- ✓ Introdução
- ✓ Ondas sonoras.
- ✓ Características de som
- ✓ Velocidade do som
- ✓ Ondas sonoras em propagação
- ✓ Interferência
- ✓ Potencia, intensidade e nível sonoro.
- ✓ Fontes de sons musicais.
- ✓ Batimentos
- ✓ O Efeito Doppler (porque a altura de uma sirene muda enquanto ela passa por você).



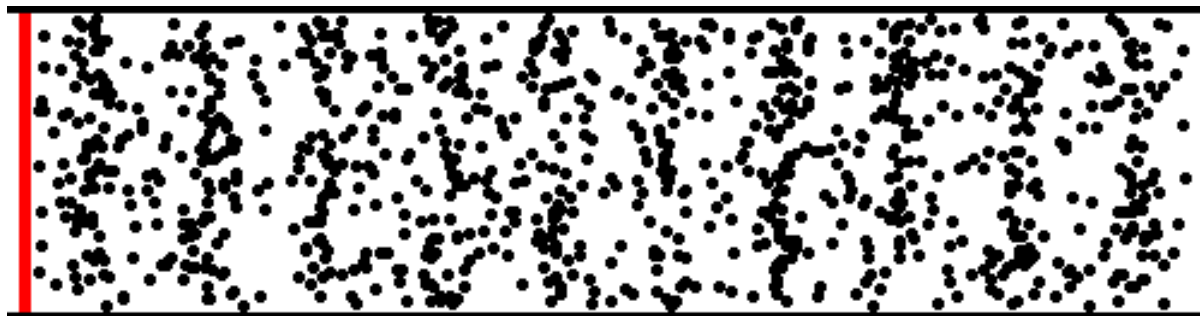


INTRODUÇÃO



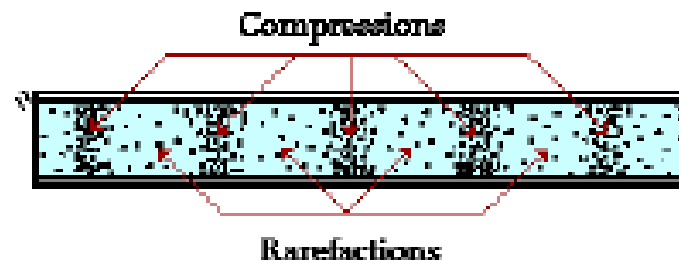
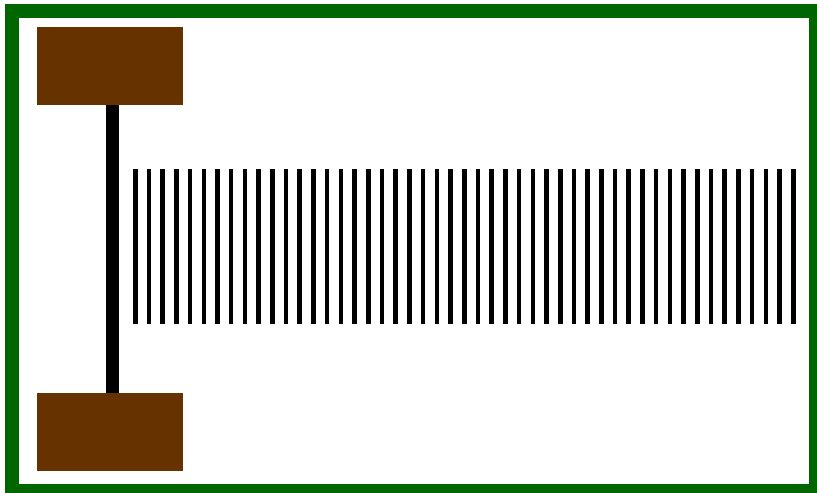
Ondas sonoras ou Som

O som é uma onda mecânica, longitudinal e tridimensional que se propaga em um meio (sólido, líquido e gasoso). Uma onda sonora está relacionada com a densidade das partículas do meio através do qual o som se propaga.

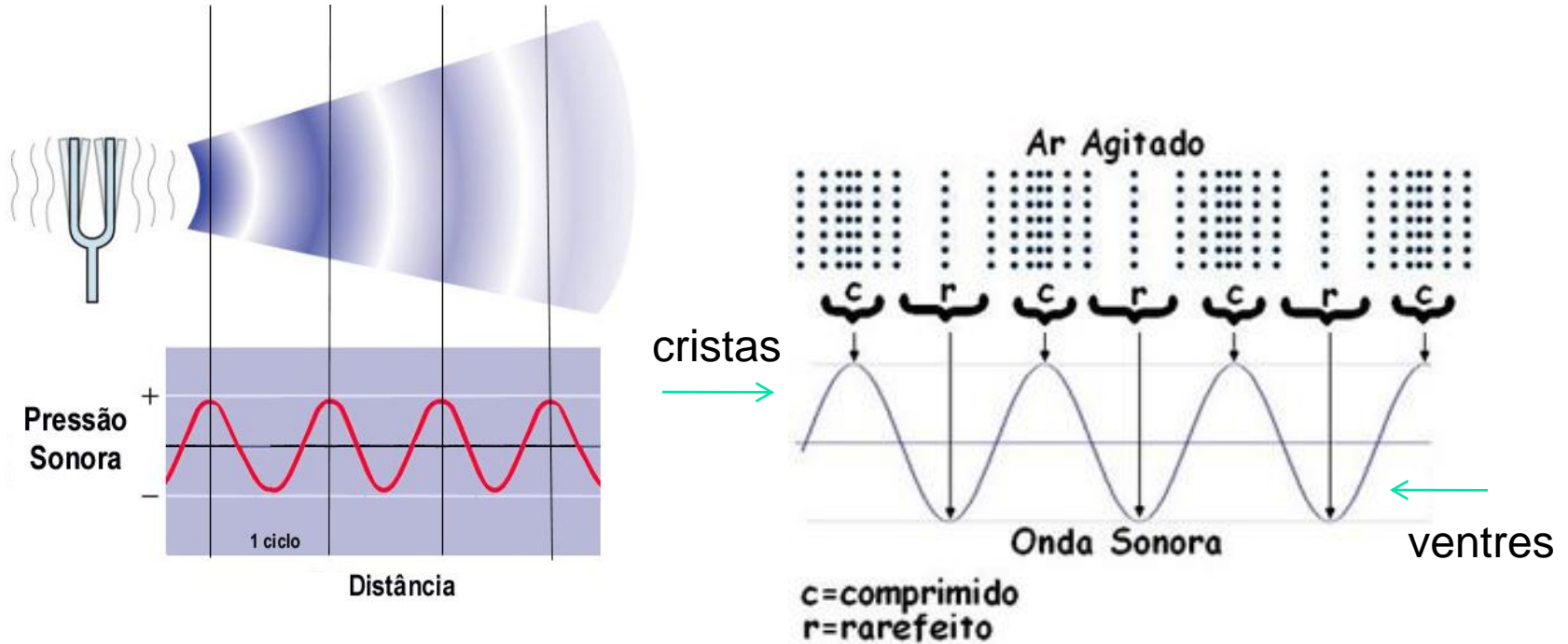


Ondas sonoras

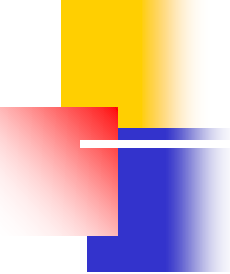
- As ondas sonoras são **ondas mecânicas longitudinais**, cuja **vibração é paralela à direção de propagação**.
- Resultam da **compressão** e **rarefação** alternada das partículas do meio.



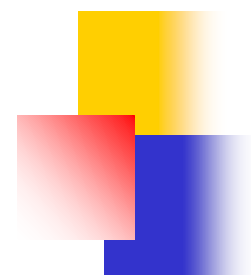
Ondas sonoras



As ondas sonoras são também chamadas ondas de pressão.



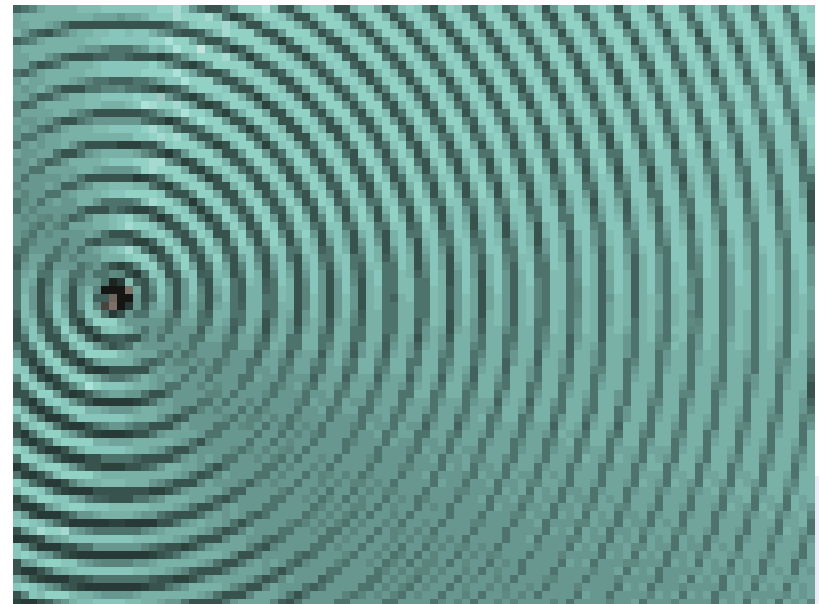
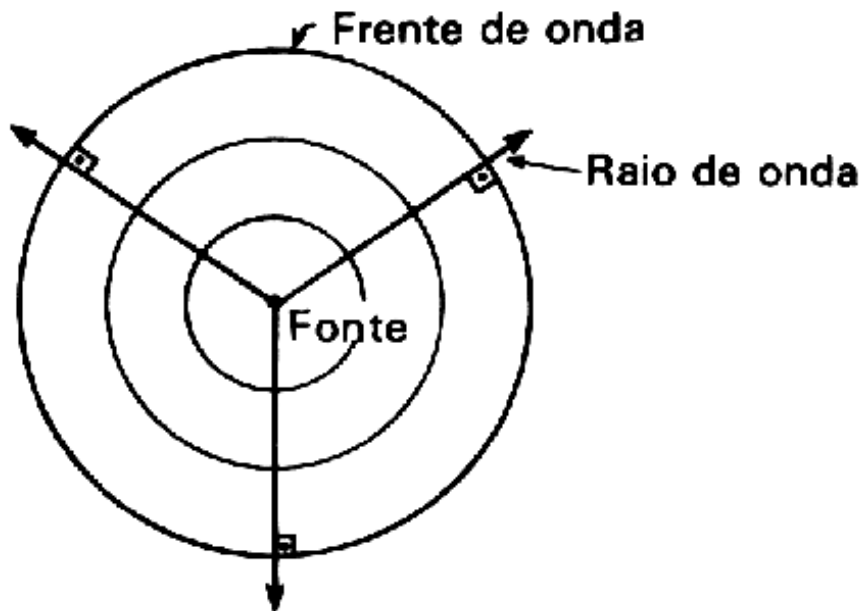
Qualquer fenômeno capaz de causar ondas de pressão no ar é considerado uma fonte sonora. Pode ser um corpo sólido em vibração, uma explosão, um vazamento de gás a alta pressão, etc.

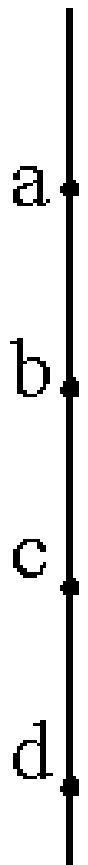


Frentes de Onda e Raio de Onda

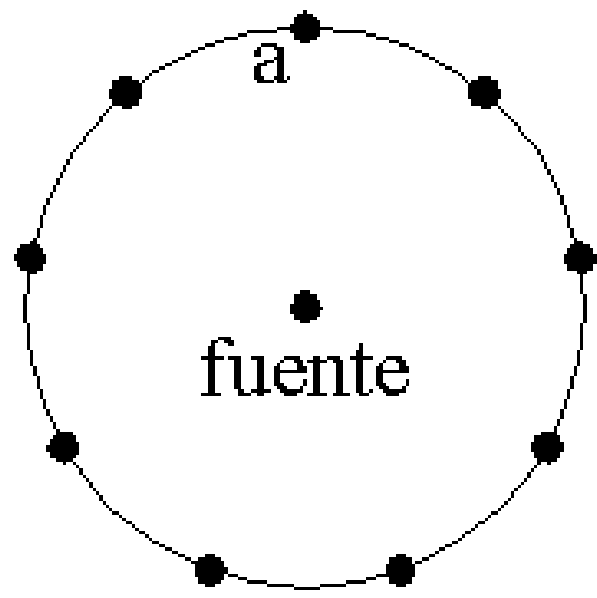
Frente de onda é a região do espaço em que todos os pontos da onda estão em fase. As frentes de onda podem ser chamadas de superfícies de onda.

Raio de Onda: é uma linha orientada que tem origem na fonte de onda e é perpendicular às frentes de onda. Os raios de onda indicam a direção e o sentido de propagação das ondas num meio.



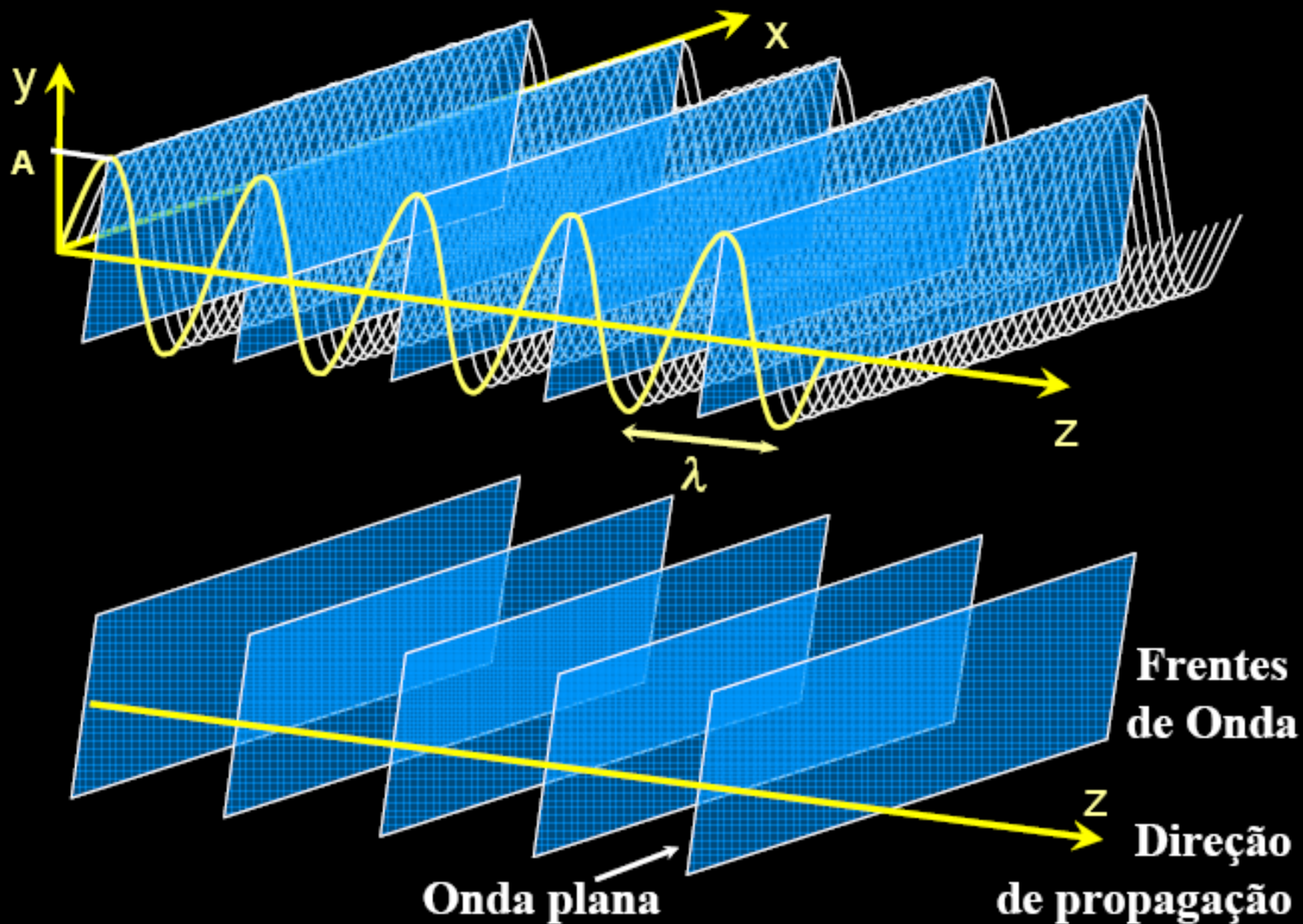


frente plano



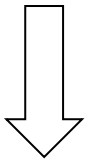
frente fuente puntual

Ondas – Frente de Onda

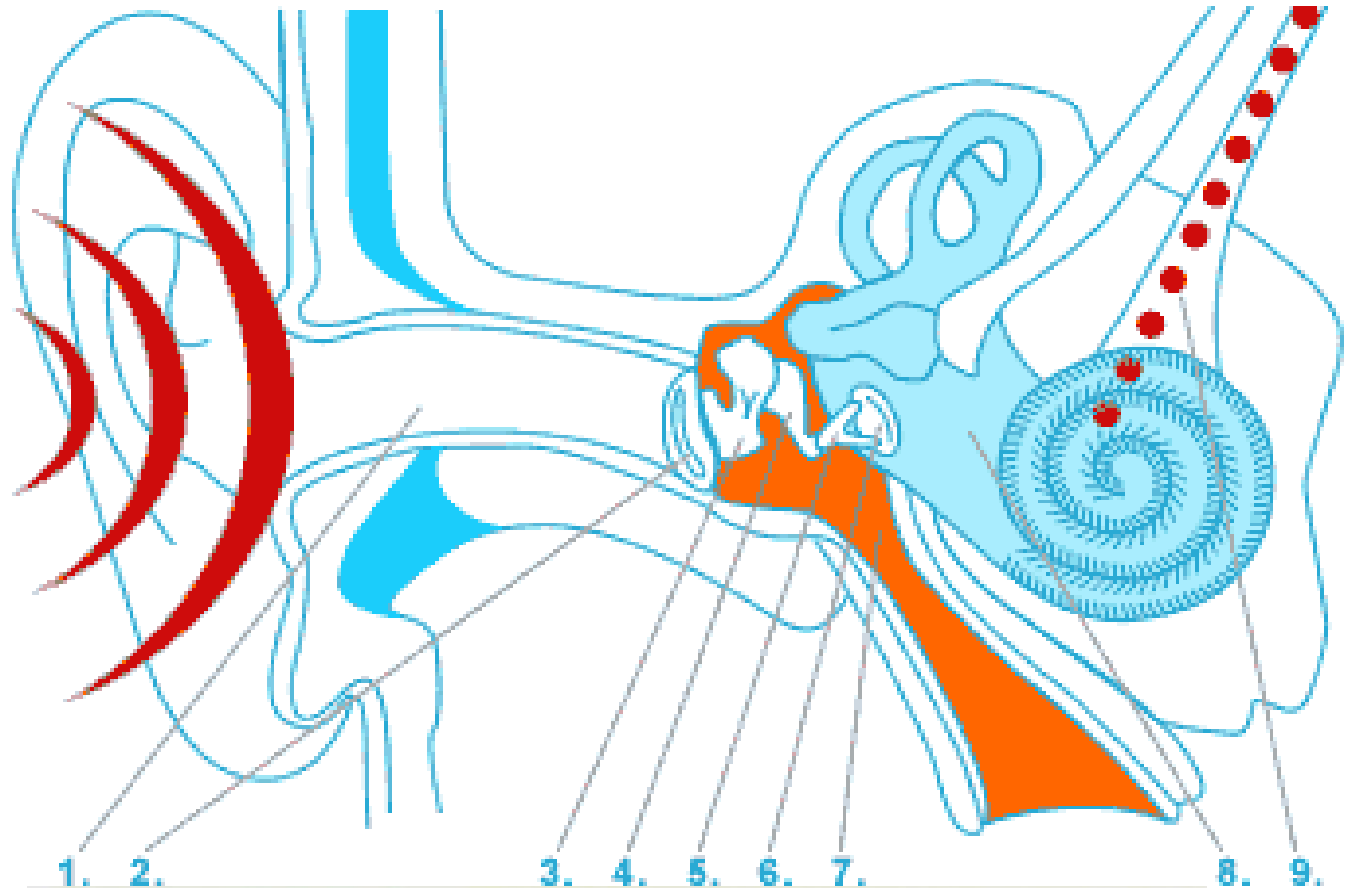
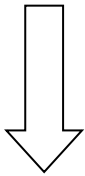


FISIOLOGIA DA AUDIÇÃO

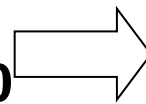
Ouvido externo:
capta o som.



Tímpano leva o som para o **ouvido médio** (martelo, bigorna e estribo)



Quando o som chega no **ouvido interno** ele é amplificado de 30 a 60 vezes pela janela oval no início do labirinto e caracol.



No ouvido interno estão as terminações nervosas que se comunicam com o cérebro).

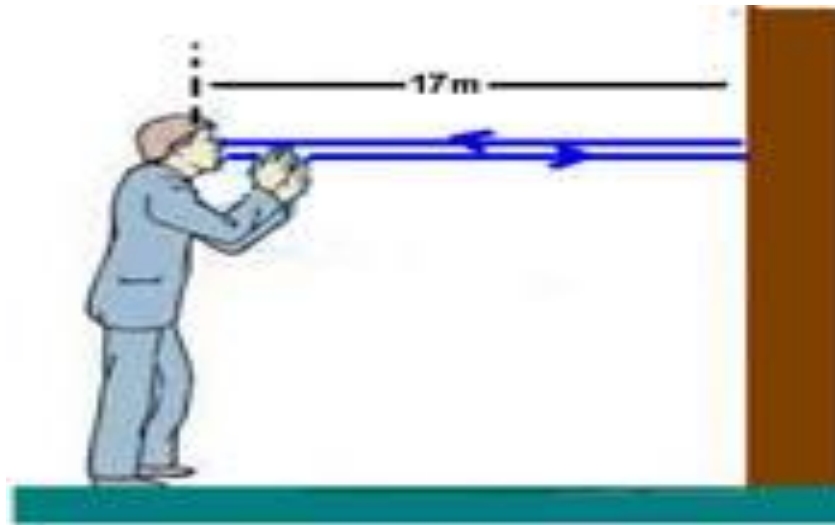
Reflexão do som

Reflexão do som é o fenômeno que ocorre quando o som que estava se propagando num meio, atinge uma superfície refletora e retorna ao meio de origem. Esse fenômeno dá origem ao eco e a reverberação.

Eco – fenômeno em que conseguimos ouvir nitidamente um som refletido por obstáculos refletores, uma ou mais vezes sucessivas. Nosso ouvido só consegue distinguir dois sons sucessivos num intervalo de tempo igual ou maior que 0,1 segundos.

ECO: É a reflexão do som





Sendo a velocidade do som no ar de 340m/s , temos que $V = \Delta S / \Delta t$ --- $340 = \Delta S / 0,1$ --- $\Delta S = 34\text{m}$. (ida e volta).

Assim, uma pessoa consegue ouvir o eco de sua própria voz se estiver afastada do obstáculo refletor de, no mínimo, 17m .

Ecografia ou ultra-sonografia – é um método diagnóstico que permite, através do eco, ver os movimentos produzidos pelos órgãos do interior do organismo



É o ultra-som colocado na superfície da pele, ocorrendo eco.



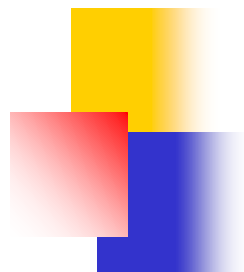
Características do Som

SOM

Frequência

Intensidade

Timbre



A Frequência do Som

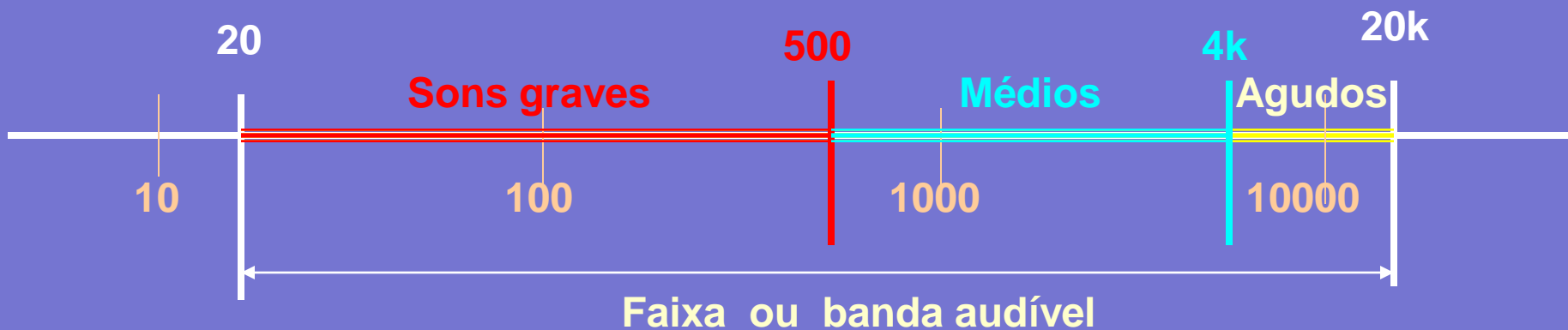


Ultra-sons: Sons com frequências muito elevadas, superiores a 20000 Hz, que o ouvido humano não consegue ouvir.

Sons audíveis: Para os seres humanos - sons de frequência compreendida entre os 20 Hz e os 20 000 Hz.

Infra-sons - sons de frequência de 0 a 20 Hz (não audíveis). Estes sons provocam náuseas e perturbações intestinais.







Animal	Limite inferior	Limite superior
Gatos	10 Hz	60 kHz
Cães	15 Hz	50 kHz
Morcegos	10 kHz	120 kHz
Golfinhos	10 kHz	240 kHz

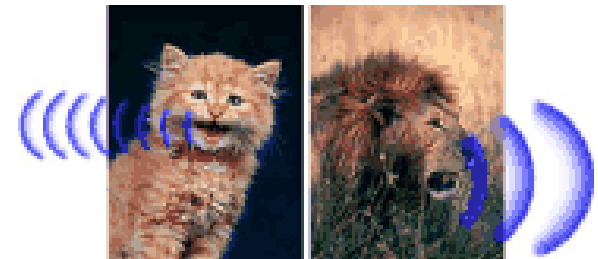


ALTURA DO SOM



Som
Audível

Alto: **AGUDO** (Alta freqüência)



Baixo: **GRAVE** (baixa freqüência)

ALTURA: Diferença sons graves (baixo) de sons agudos (alto).

Está relacionado a freqüência da onda

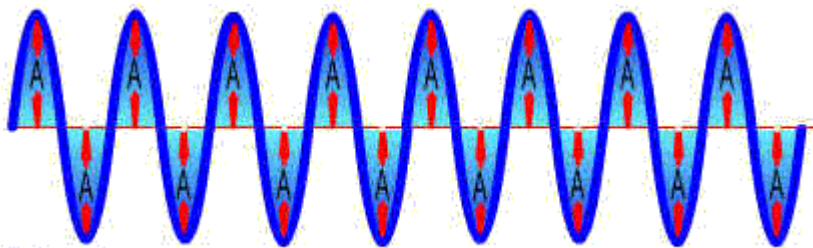


Figura 1

agudo

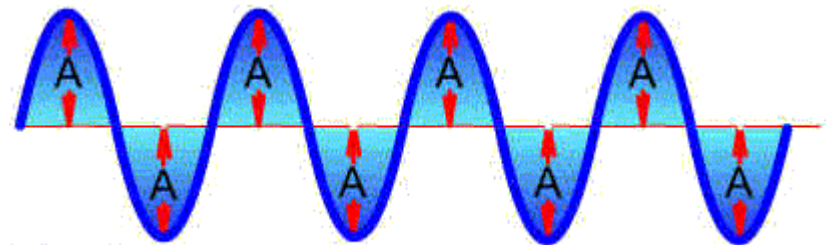


Figura 2

grave

INTENSIDADE:

SOM FORTE



Intensidade Alta



Onda Sonora com amplitude Alta

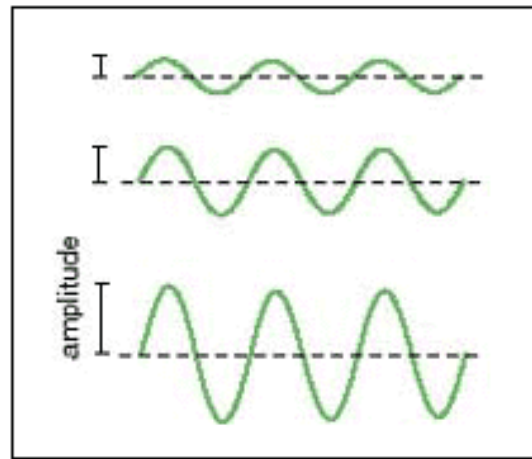
SOM FRACO



Baixa Intensidade

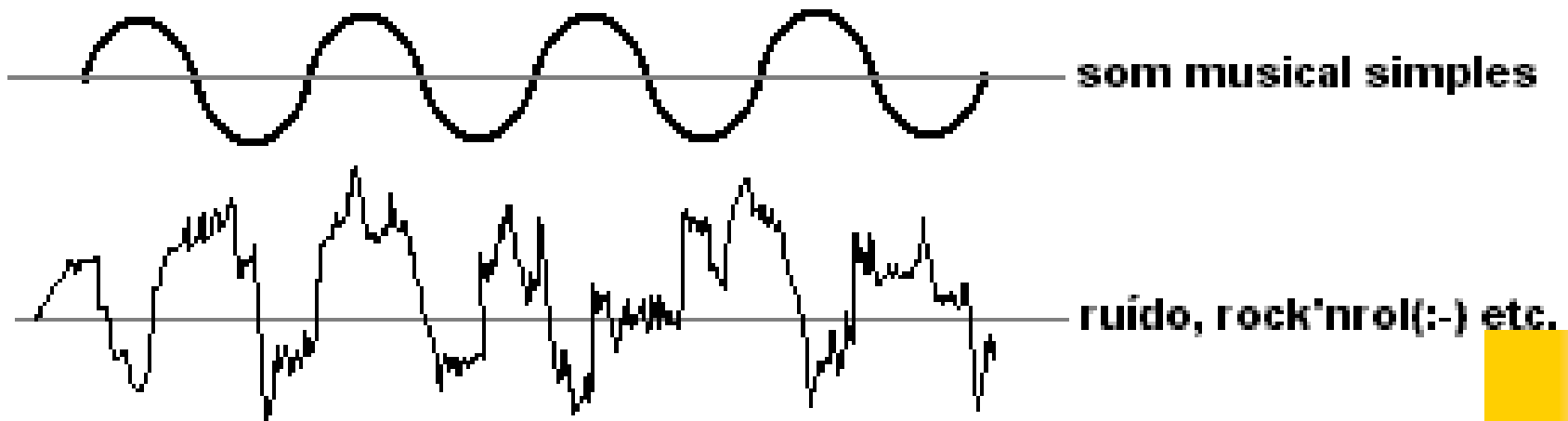


Onda Sonora com amplitude baixa

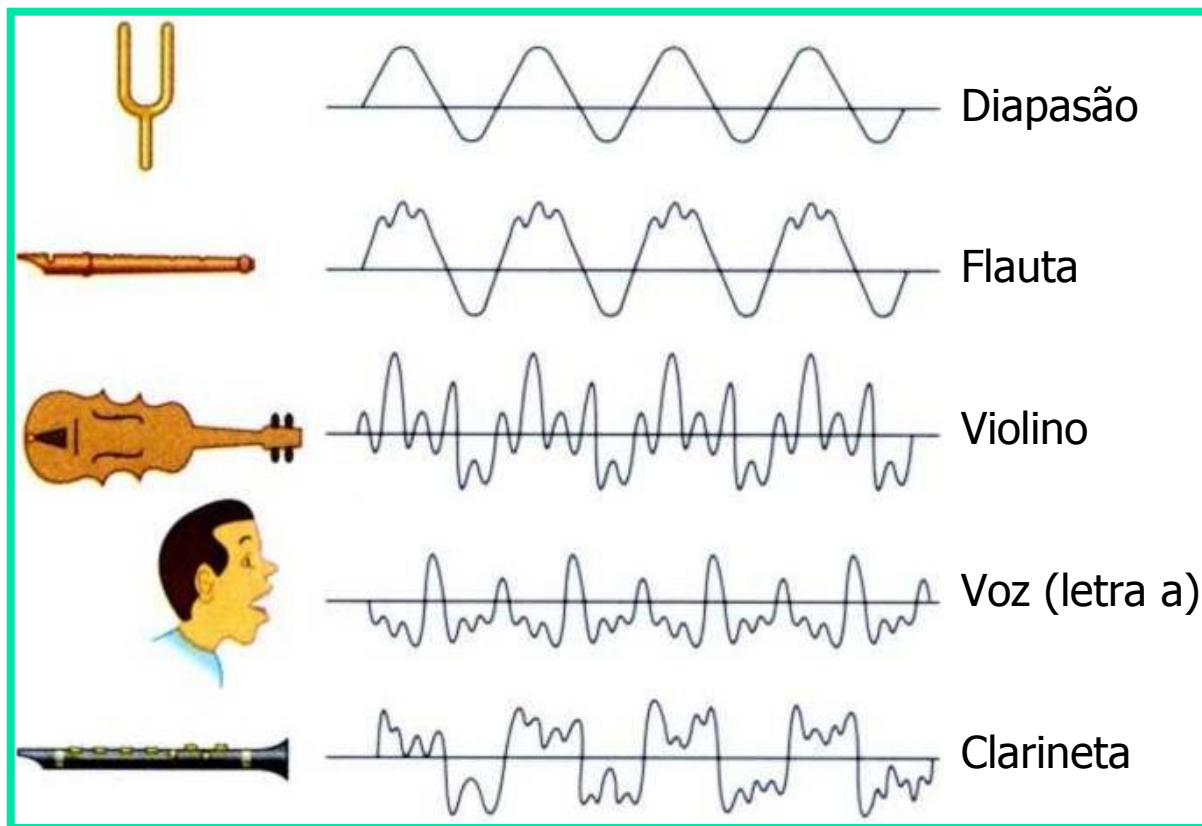


TIMBRE: Diferença sons de mesma altura, mesma intensidade tocados em instrumentos diferentes.

Está relacionado com a forma da onda.



- **TIMBRE:** Caracteriza sons mais complexos, constituídos por vários harmônicos. É a característica que nos permite identificar os diferentes instrumentos produtores de sons.



VELOCIDADE DO SOM

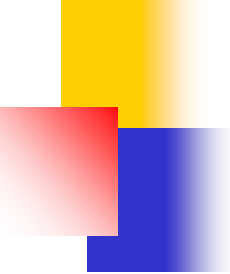
- **A velocidade do som depende das condições do meio em que ele se propaga.**

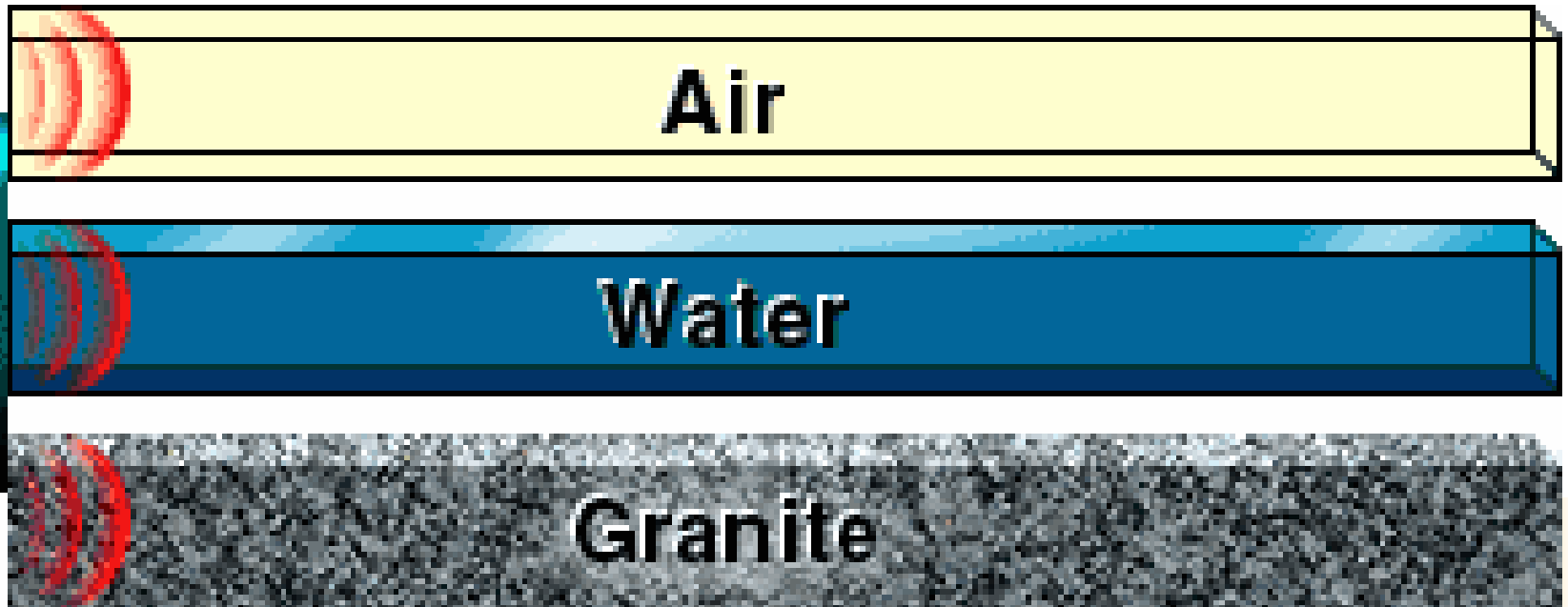


**Aviões supersônicos:
possuem velocidade maior
que o som no ar.**

Meio	Temperatura	V (m/s)
Ar	20° C	343
Água	0° C	1450
Ferro	0° C	5100

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


$$v_{Sól.} > v_{Líqu.} > v_{Gas.}$$



Velocidade do Som

✓ As ondas sonoras propagam-se em meios sólidos, líquidos e gasosos, com velocidades que dependem das diferentes características dos materiais.

✓ Consideremos um fluido com densidade ρ em um tubo com uma seção reta com área A . No estado de equilíbrio, o fluido está submetido a uma pressão uniforme P .

$$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}} = \sqrt{\frac{\text{elastic property}}{\text{inertial property}}}$$

$$B = -\frac{\Delta p}{\Delta V/V}$$

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

B – Módulo de elasticidade Volumétrica
 ρ - densidade

Velocidade do som

Velocidade do Som

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v}$$

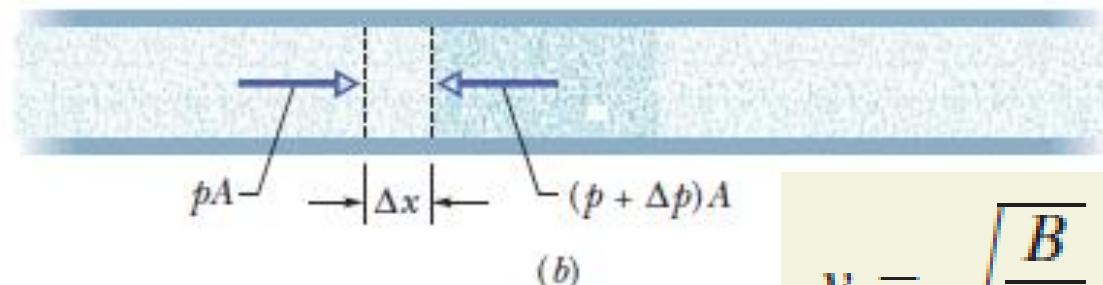
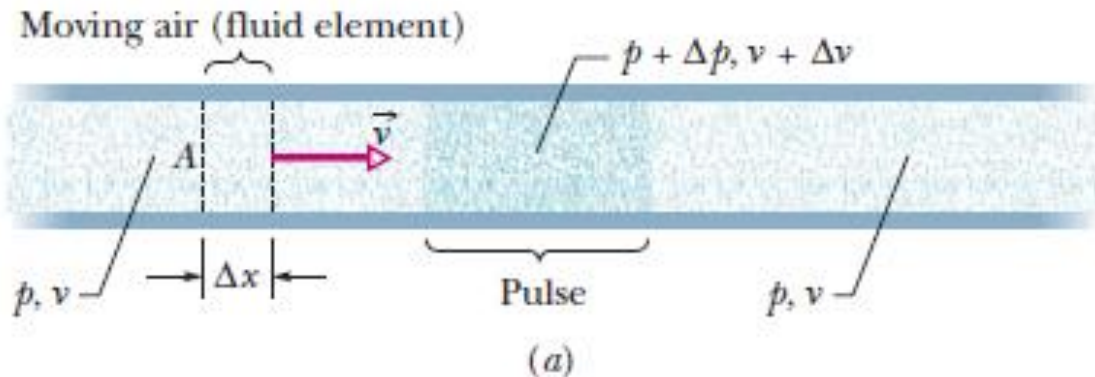
$$\begin{aligned} F &= pA - (p + \Delta p)A \\ &= -\Delta p A \quad (\text{net force}). \end{aligned}$$

$$\Delta m = \rho \Delta V = \rho A \Delta x = \rho A v \Delta t \quad (\text{mass}).$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (\text{acceleration}).$$

$$-\Delta p A = (\rho A v \Delta t) \frac{\Delta v}{\Delta t},$$

$$\rho v^2 = -\frac{\Delta p}{\Delta v/v}.$$



$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{A \Delta v \Delta t}{A v \Delta t} = \frac{\Delta v}{v}.$$

$$\rho v^2 = -\frac{\Delta p}{\Delta v/v} = -\frac{\Delta p}{\Delta V/V} = B.$$

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

- Velocidade do Som em um fluido:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

B – Módulo de compressão
 ρ - Densidade do fluido

- Velocidade do Som em um sólido:

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

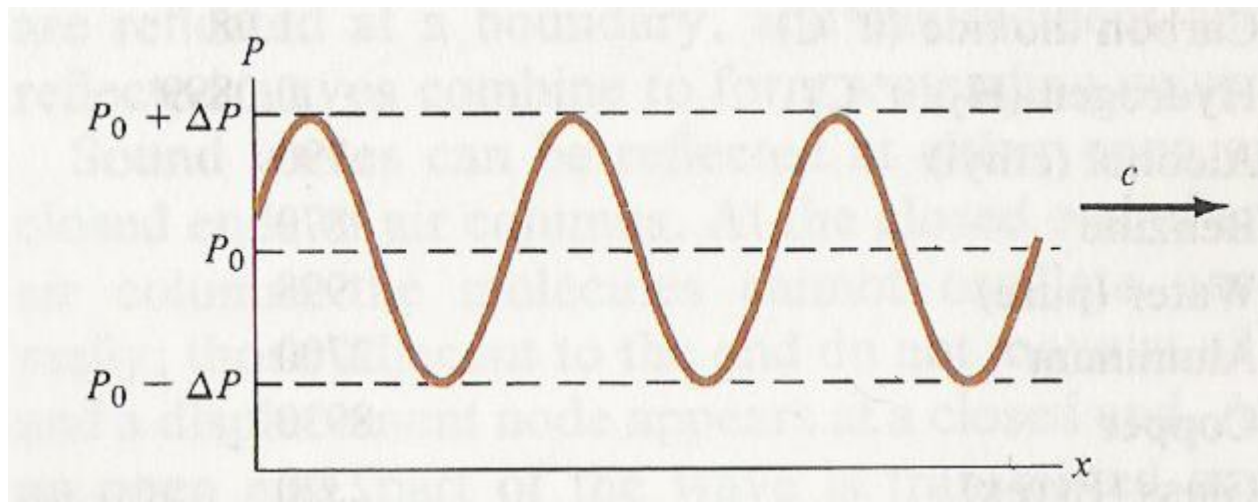
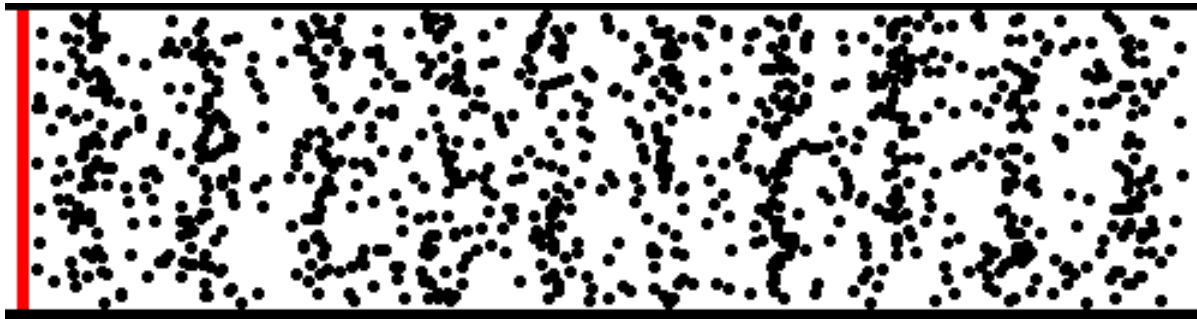
Y – Módulo de Young

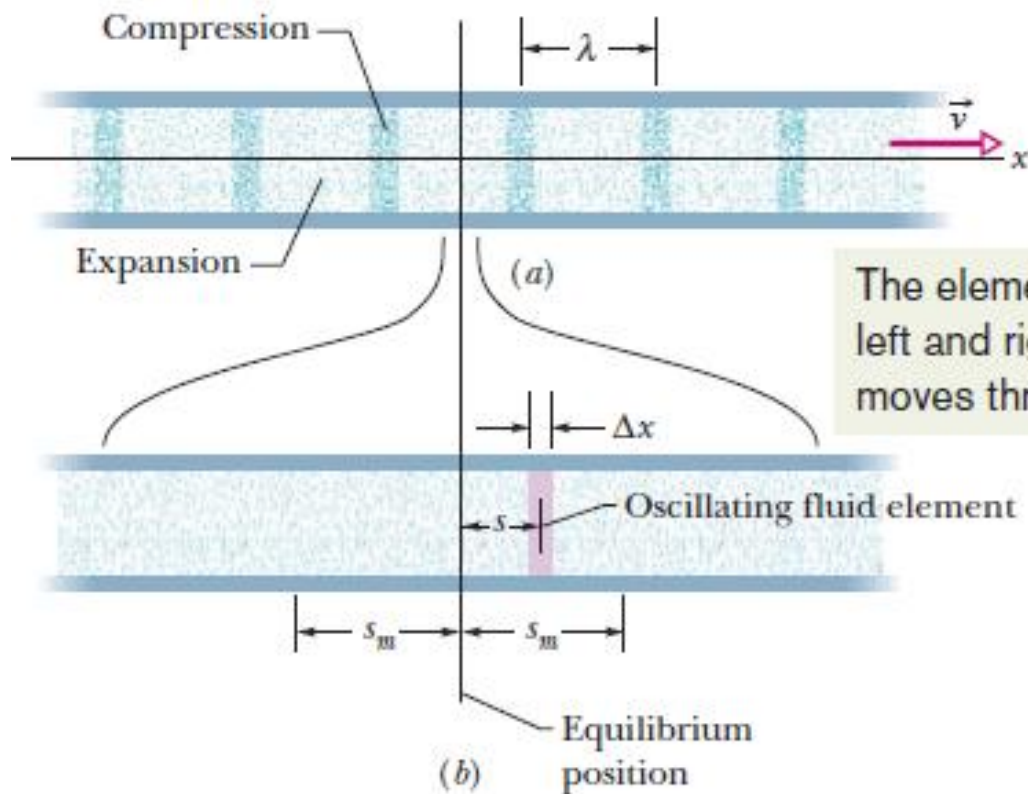
- Velocidade do Som em um gás ideal:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

γ – Razão das capacidades caloríficas
R – Constante do gás
T – Temperatura
M – Massa molar

Ondas Sonoras como Flutuações de Pressão





The element oscillates left and right as the wave moves through it.

(a) $s(x,t) = s_m \cos(kx - \omega t)$

Displacement

Displacement amplitude

Oscillating term

(b) $\Delta p(x,t) = \Delta p_m \sin(kx - \omega t)$

Pressure variation

Pressure amplitude

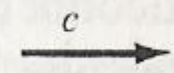
$$s(x, t) = s_m \cos(kx - \omega t).$$

s_m

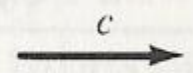
$-s_m$

$s < 0$

$s > 0$



x



Expansão

Compressão

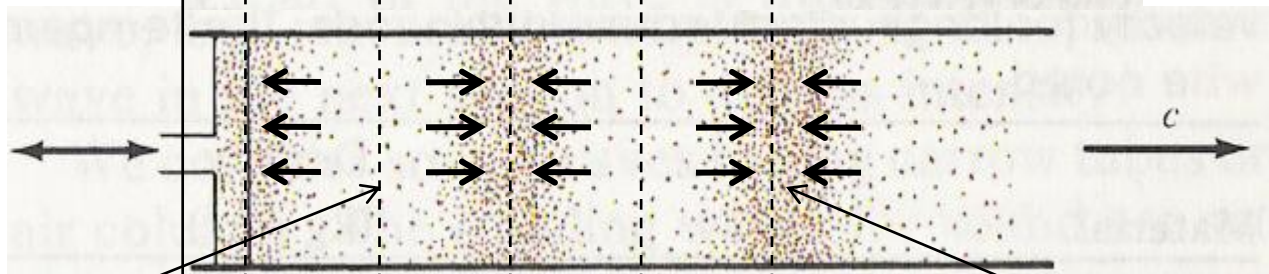
$P_{\text{máx}}$

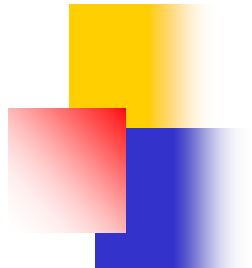
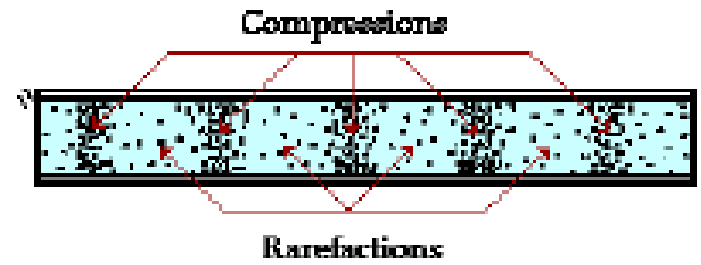
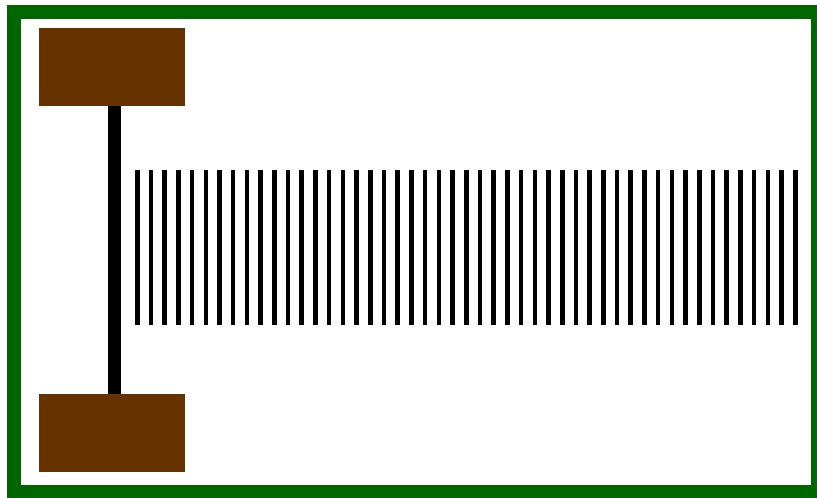
$-P_{\text{máx}}$

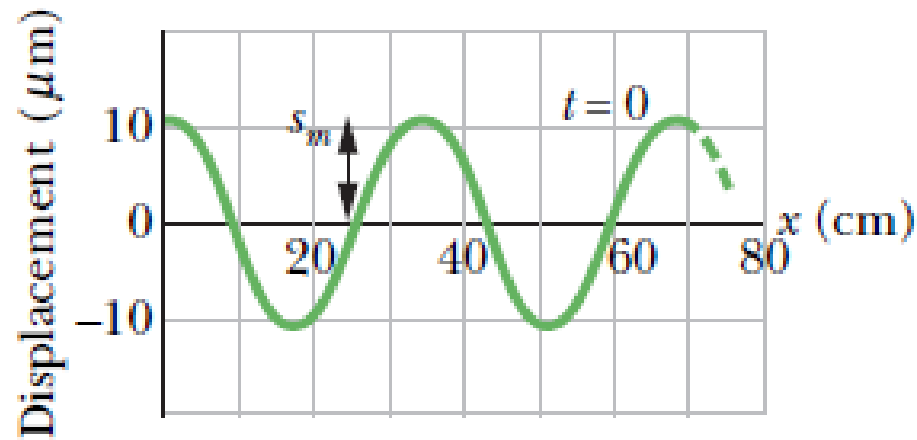
$$\Delta p(x, t) = \Delta p_m \sin(kx - \omega t).$$

$S > 0$: as partículas são deslocadas para a direita.

$S < 0$: as partículas são deslocadas para a esquerda.



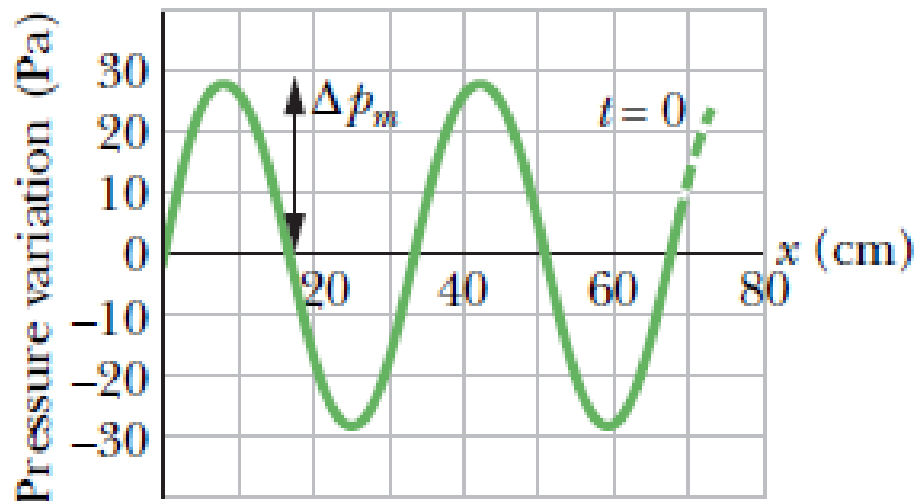




(a)

$$\Delta p_m = (Bk)s_m = (v^2\rho k)s_m.$$

$$\Delta p_m = (v\rho\omega)s_m.$$



(b)



Exemplo:

A amplitude máxima de pressão ΔP_m que o ouvido humano pode suportar é cerca de 28 Pa (a qual é muito menor do que a pressão normal do ar de aproximadamente 10^5 Pa). Qual é a amplitude do deslocamento S_m para tal som no ar de densidade $\rho = 1,21 \text{ Kg/m}^3$, com uma frequência de 1000 Hz e uma velocidade de 343 m/s.

