Universidade Federal do Pampa
UNIPAMPA

Ondas Sonoras

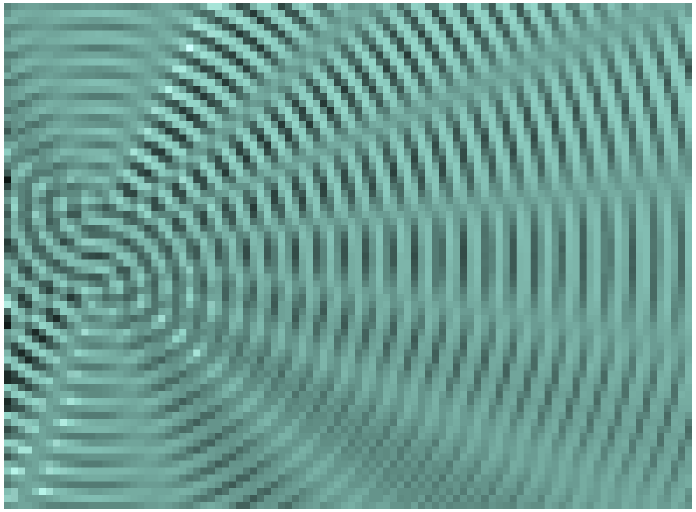
Prof. Luis Gomez

SUMÁRIO

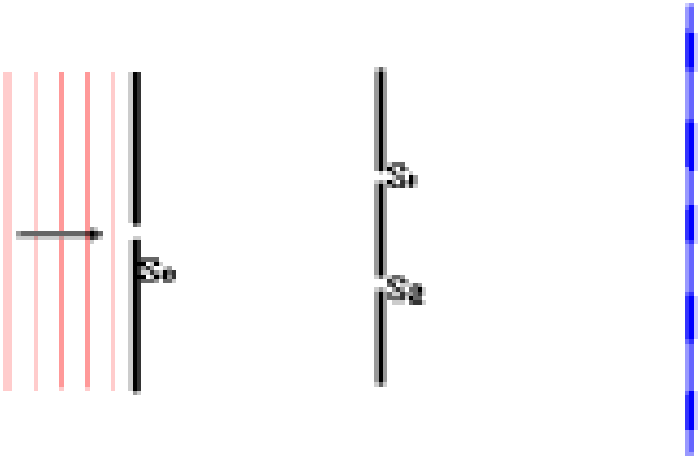
- ✓Introdução
- ✓Ondas sonoras.
- ✓Características de som
- ✓Velocidade do som
- ✓Ondas sonoras em propagação
- ✓ Interferência
- ✓Potencia, intensidade e nível sonoro.
- ✓ Fontes de sons musicais.
- ✓ Batimentos
- ✓O Efeito Doppler (porque a altura de uma sirene muda enquanto ela passa por você).

Interferência

Interferência



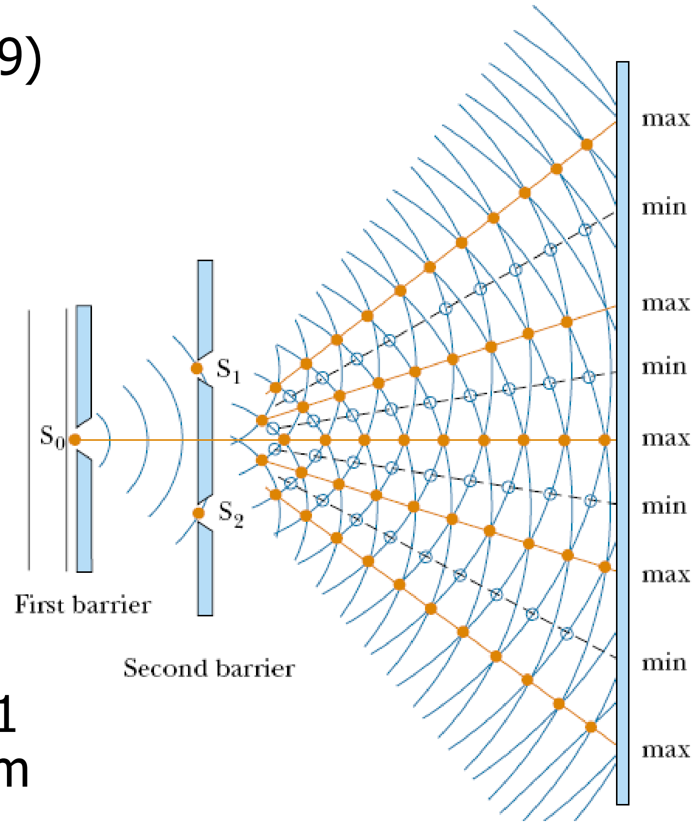
$$\frac{\phi}{2\pi} = \frac{\Delta L}{\lambda},$$

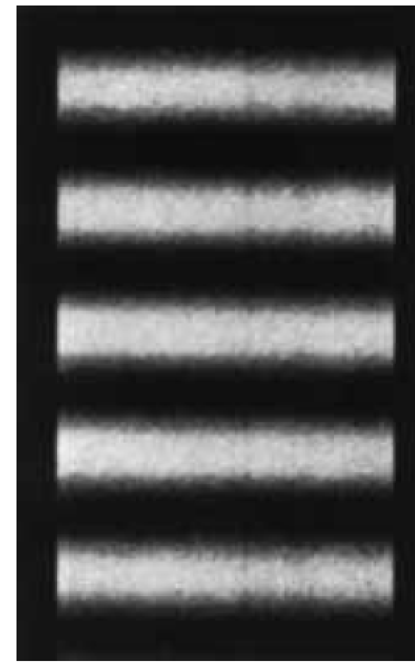


O Experimento de Young

- Thomas Young (1773 –1829)

- 1801: provou que a luz era uma onda.

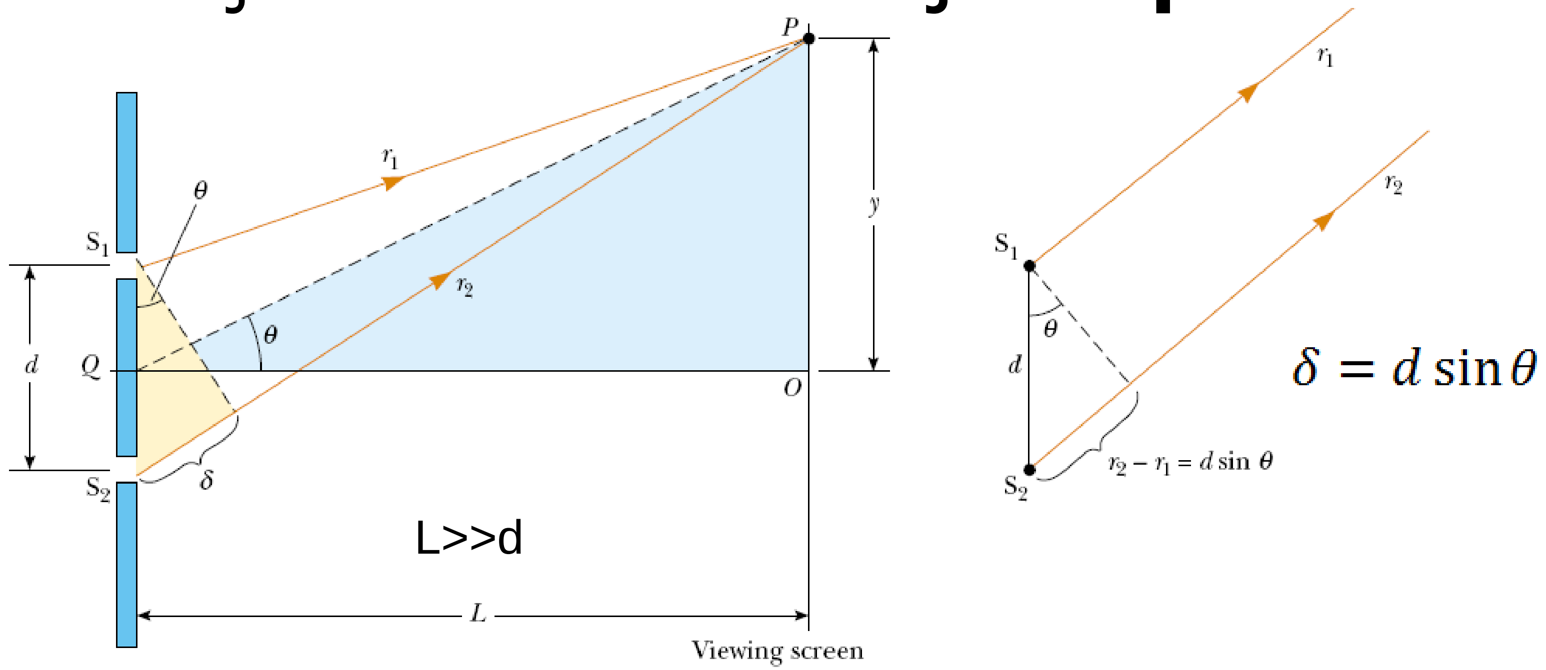




- A luz difratada na fendas S1 interfere com a difratada em S2.
- A imagem formada apresenta regiões claras e escuras (franjas): **interferência!!**

O Experimento de Young

- Diferença de fase: **diferença no percurso**



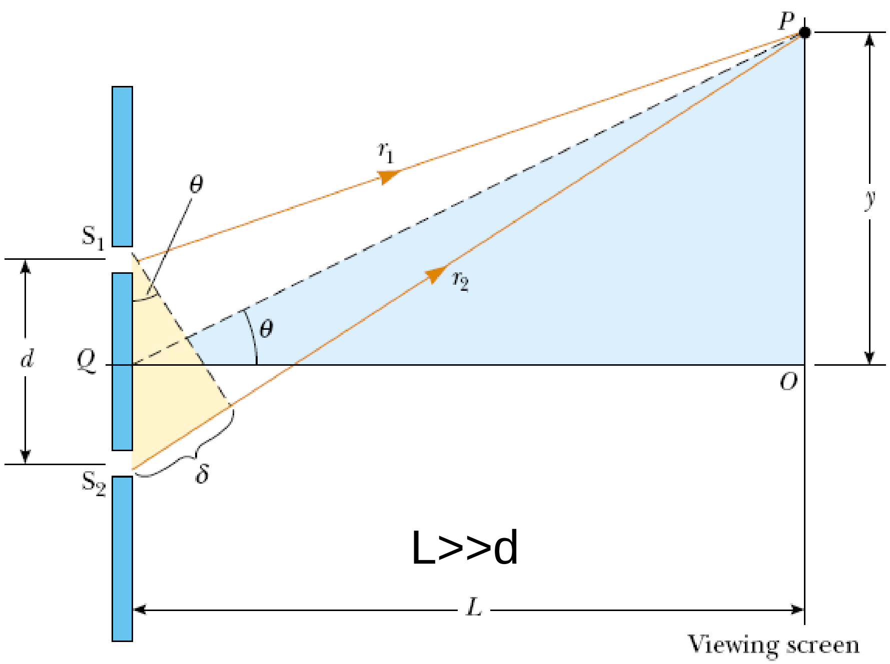
ordem

$$d\sin\theta = m\lambda, \quad m = 0,1,2\ldots$$ Interferência construtiva (franja clara)

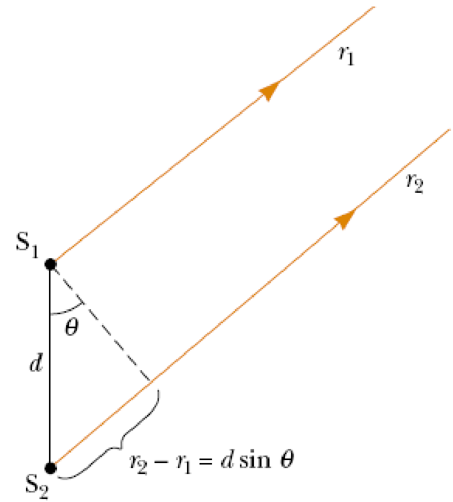
$$d\sin\theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda, \quad m = 0,1,2\ldots$$ Interferência destrutiva (franja escura)

O Experimento de Young

- Localização das franjas



L>>d



$$y = L \tan \theta \approx L \sin \theta$$

$$d \sin \theta = m\lambda, \qquad m = 0,1,2\ldots \qquad y = \frac{L\lambda}{d} m$$

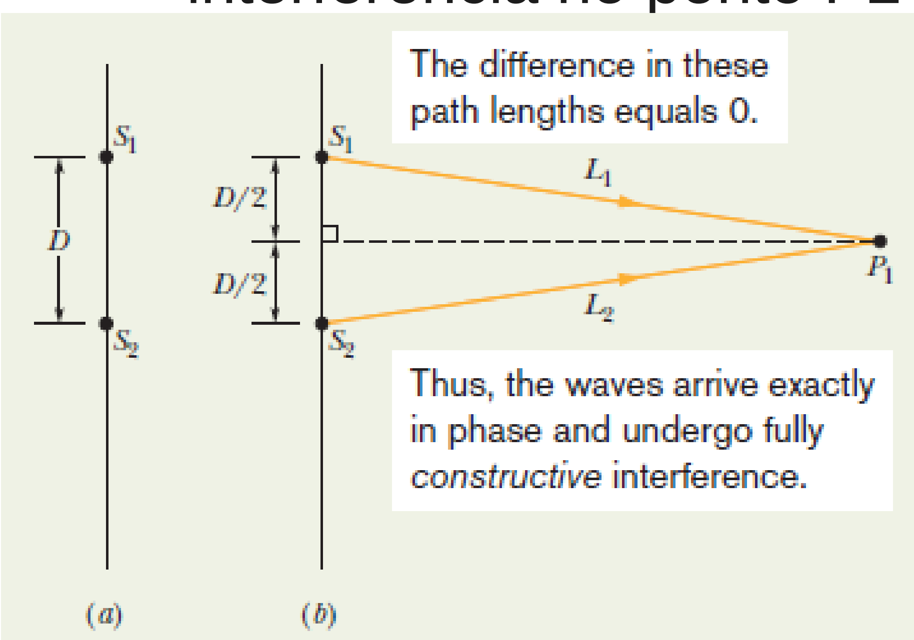
Interferência construtiva

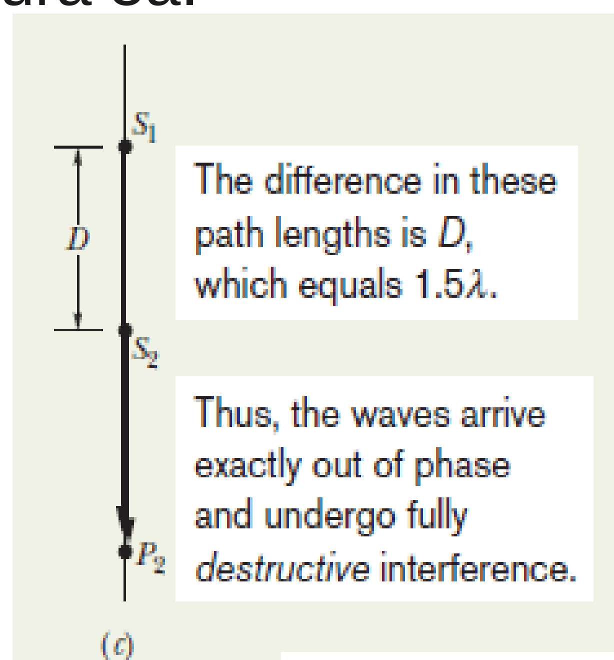
$$d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda, \qquad m = 0,1,2\ldots \qquad y = \frac{L\lambda}{d}\left(m + \frac{1}{2}\right)$$

Interferência destrutiva

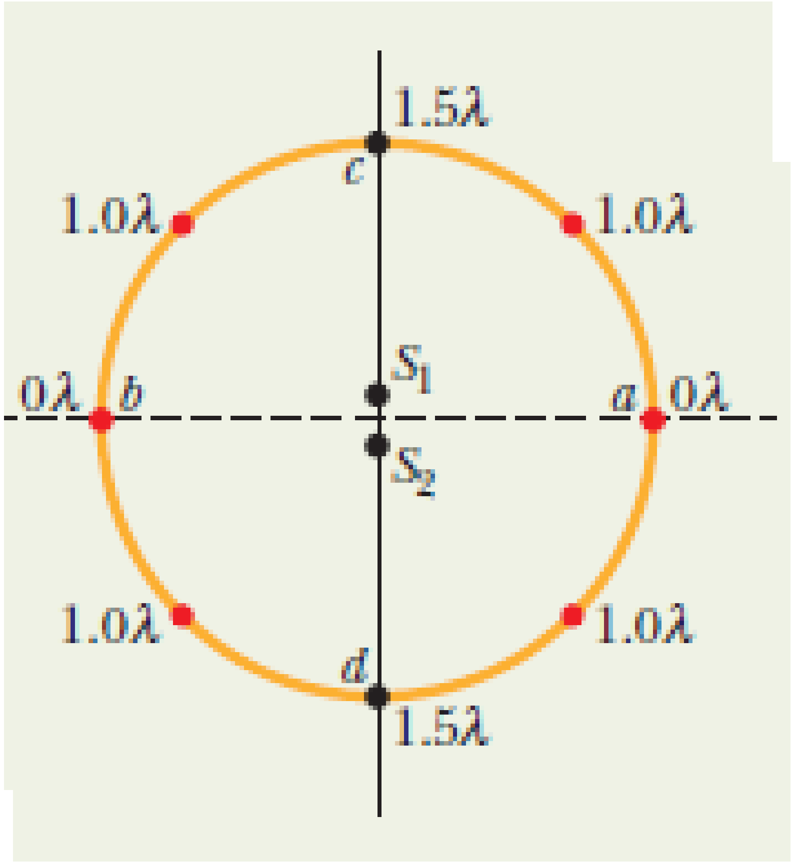
Exemplo: A figura mostra, duas fontes pontuais S1 e S2 que estão em fase e separadas por uma distância D = 1,5λ, emitem ondas sonoras iguais de comprimento de onda λ.

a) Qual é a diferença de percurso das ondas S1 e S2 no ponto P1, que está sobre a mediatriz do segmento de reta que liga as duas fontes, a uma distância das fontes maior que D? que tipo de interferência ocorre em P1.
b) Quais são a diferença de percurso e o tipo de interferência no ponto P2 na figura 5a.





c) A Figura mostra uma circunferência de raio muito maior que D cujo centro está no ponto médio entre S1 e S2. Qual é o número de pontos dessa circunferência nos quais a interferência é totalmente construtiva.



Potência e Intensidade de Ondas Sonoras

- **Taxa de transmissão de energia**

$$\left(\frac{dK}{dt}\right)_{med} = \frac{1}{4}\rho A v \omega^2 s_m^2.$$

- **Potência média** – que é a taxa média com que a energia em ambas as formas é transmitida pela onda sonora é.

$$P_{med} = 2\left(\frac{dK}{dt}\right)med = \frac{1}{2}\rho A v(\omega s_{\max})^2$$

$$P_{med} = \frac{Av(\Delta P_m^2)}{2B} = \frac{A(\Delta P_m^2)}{2\rho v}$$

Intensidade:

$$I = \frac{\mathscr{P}}{A} = \tfrac{1}{2}\rho v(\omega s_{\max})^2$$

$$I = \frac{\Delta P_{\max}^2}{2\rho v}$$

Intensidade do Som

- ***Mínima intensidade física*** ou ***limiar de audibilidade*** **(*I_o*):** é o menor valor da intensidade física ainda audível, vale:

$$\boxed{I_o = 10^{-12}\ \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}}$$

- ***Máxima intensidade física*** ou ***limiar de dor*** **(*$I_{máx}$*):** é o maior valor da intensidade física suportável pelo ouvido, vale:

$$\boxed{I_{máx} = 1\ \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}_2}}$$

Intensidade do Som

- ***Intensidade auditiva*** ou ***nível sonoro*** **(** β **):**

$$\boxed{\beta = (10dB)\log\frac{I}{I_o}}$$

A unidade de nível sonoro, para a equação dada, é o **decibel (*dB*)**.

- Um ambiente com:

$\Rightarrow$ 40*dB* é calmo;

$\Rightarrow$ 60dB é barulhento

$\Rightarrow$ mais de 80*dB* já constitui poluição sonora.

$$\boxed{\begin{array}{l} I = I_o = 10^{-12}\,W/m^2 \Rightarrow \beta_o = 0dB \\ I = I_{Máx} = 1W/m^2 \Rightarrow \beta_{Máx} = 120dB \end{array}}$$

Exemplo:

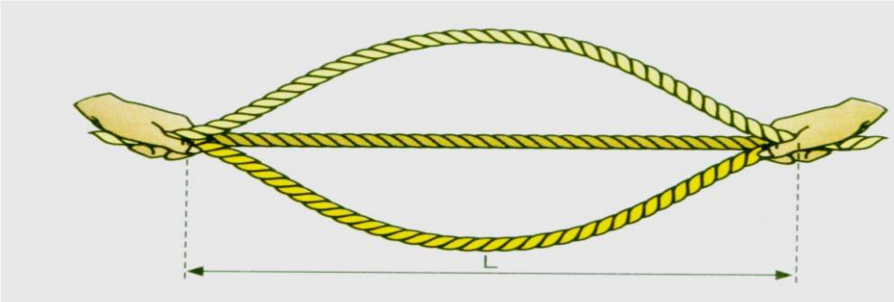
Um protetor de ouvido diminui o nível sonoro das ondas por 20 dB, qual é a razão entre a intensidade final e a inicial?.

Fontes de sons Musicais - Ondas estacionarias Longitudinais

Cordas Vibrantes

- Quando uma corda, tensa e fixa nas extremidades, é posta a vibrar, originam-se ondas transversais que se propagam ao longo do seu comprimento, refletem-se nas extremidades e, por interferência, ocasionam a formação de ondas estacionárias.
- A corda, vibrando estacionariamente, transfere energia ao ar em sua volta, dando origem às ondas sonoras que se propagam no ar. A freqüência dessa onda é igual à freqüência de vibração da corda. Assim, *uma* ***corda vibrante*** *(ou corda sonora) é uma* ***fonte sonora***.

Cordas vibrantes (Sonoras)

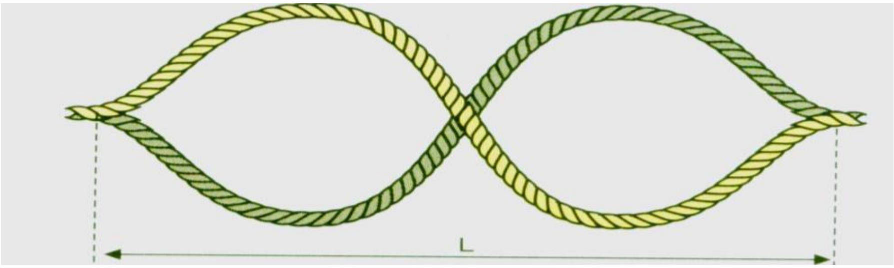


1º HARMÔNICO

Som fundamental

$$L = 1 \cdot \frac{\lambda_1}{2}$$

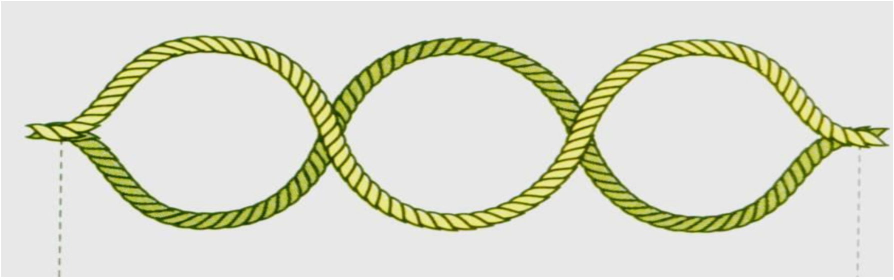
$$\lambda_1 = \frac{2 \cdot L}{1}$$



2º HARMÔNICO

$$L = 2 \cdot \frac{\lambda_2}{2}$$

$$\lambda_2 = \frac{2 \cdot L}{2}$$



3º HARMÔNICO

$$L = 3 \cdot \frac{\lambda_3}{2}$$

$$\lambda_3 = \frac{2 \cdot L}{3}$$

$$\boxed{\lambda_n = \frac{2L}{n}}$$

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

$$f_n = \frac{nv}{2L}$$

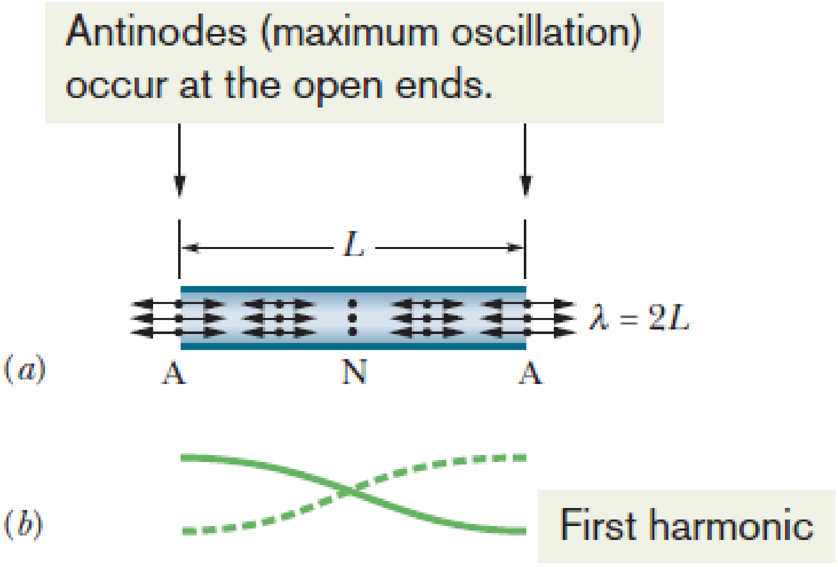
$$\boxed{f_n = nf_1}$$

Exemplos de Cordas Vibrantes

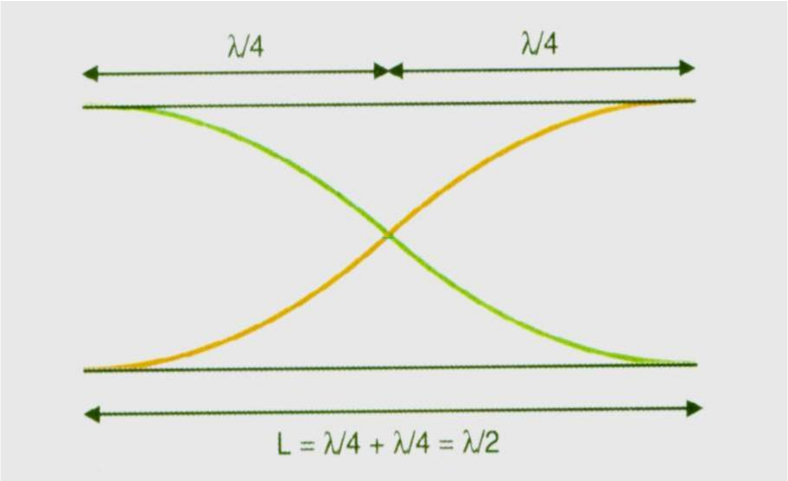
- No violão todas as cordas são de mesmo tamanho, mas possuem espessuras diferentes para possibilitar sons diferentes **(mesmo $L \Rightarrow$ corda fina $\Rightarrow V\uparrow \Rightarrow f\uparrow$)**.

Tubos Sonoros

- Se uma fonte sonora for colocada na extremidade aberta de um tubo, as ondas sonoras emitidas irão superpor-se às que se refletirem nas paredes do tubo, produzindo ondas estacionárias com determinadas freqüências.
- Uma extremidade aberta sempre corresponde a um ventre (interferência construtiva) e a fechada, a um nó (interferência destrutiva).

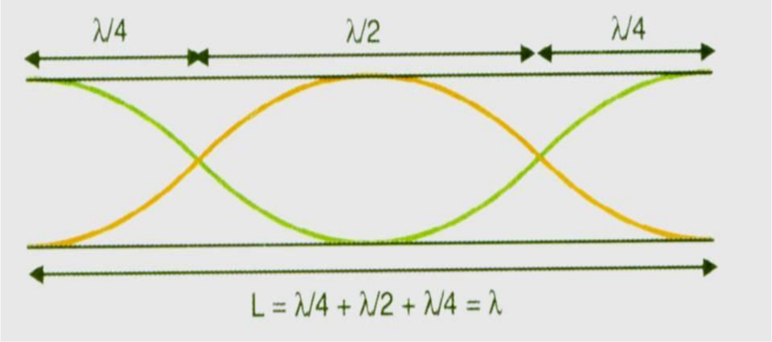


Tubos Sonoros Abertos



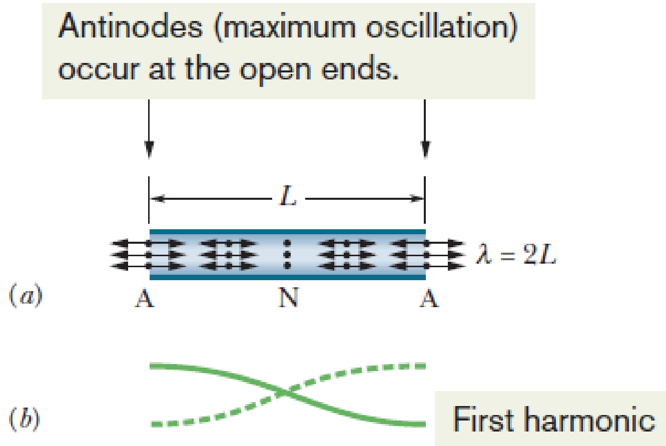
1º HARMÔNICO
Som fundamental

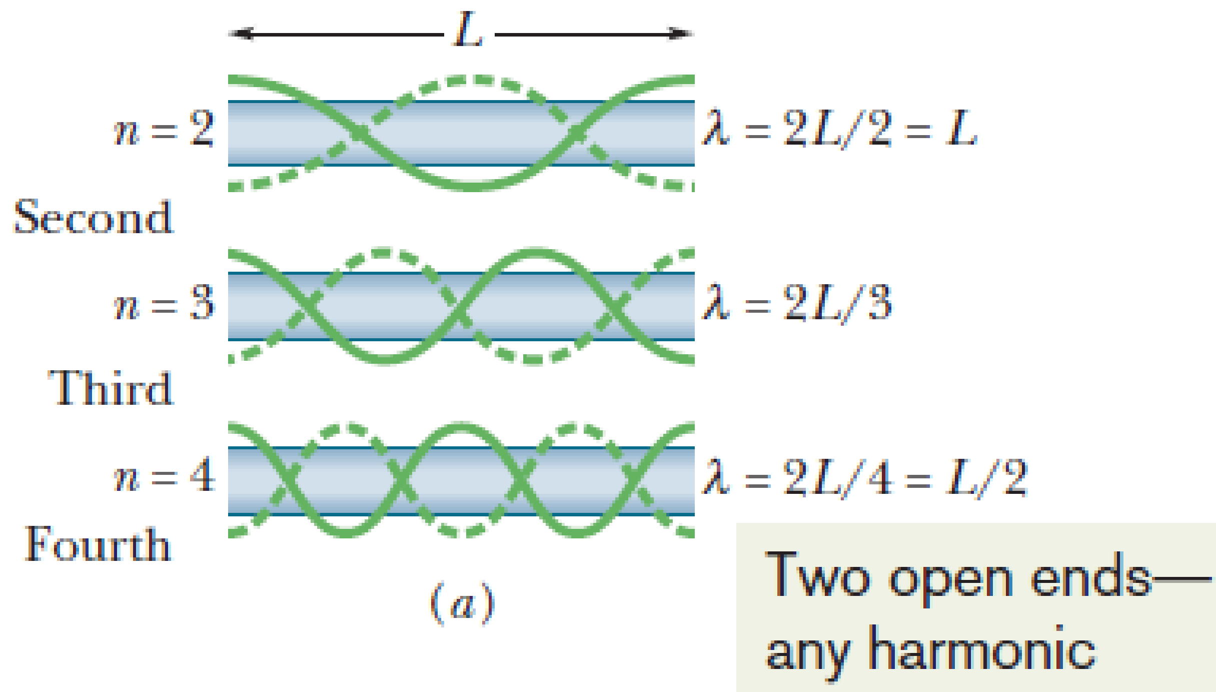
$$\boxed{\begin{aligned} L &= 1 \cdot \frac{\lambda_1}{2} \\ \lambda_1 &= \frac{2 \cdot L}{1} \end{aligned}}$$



2º HARMÔNICO

$$\boxed{\begin{aligned} L &= 2 \cdot \frac{\lambda_2}{2} \\ \lambda_2 &= \frac{2 \cdot L}{2} \end{aligned}}$$



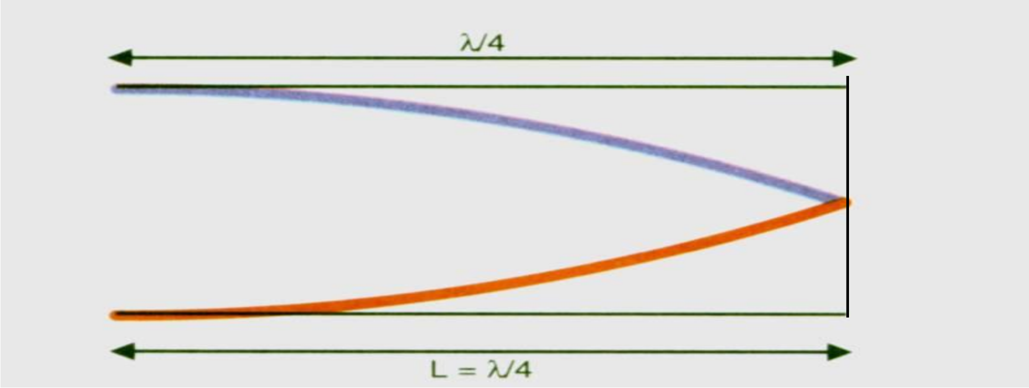


$$\boxed{\lambda_n = \frac{2L}{n}}$$

$$\boxed{f_n = \frac{nv}{2L}}$$

Frequências de ressonância, n = 1, 2, 3

Tubos Sonoros fechados

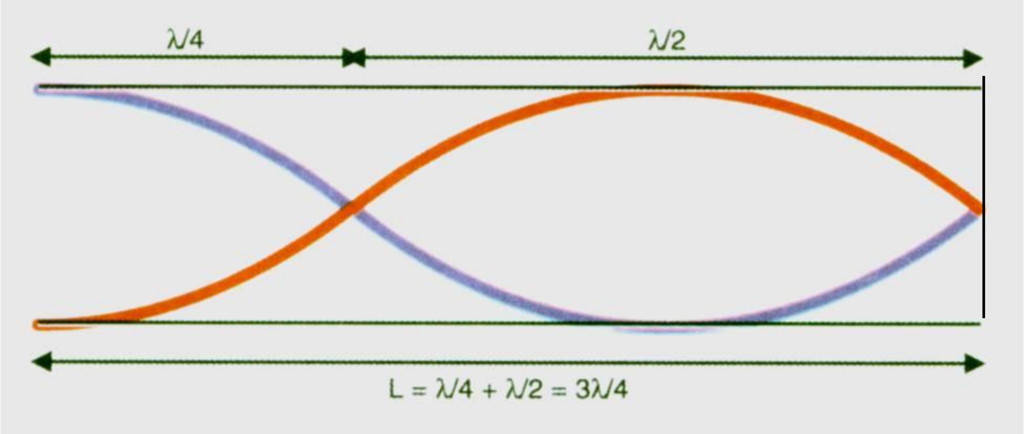


1º HARMÔNICO

Som fundamental

$$L = 1\frac{\lambda_1}{4}$$

$$\lambda_1 = \frac{4L}{1}$$

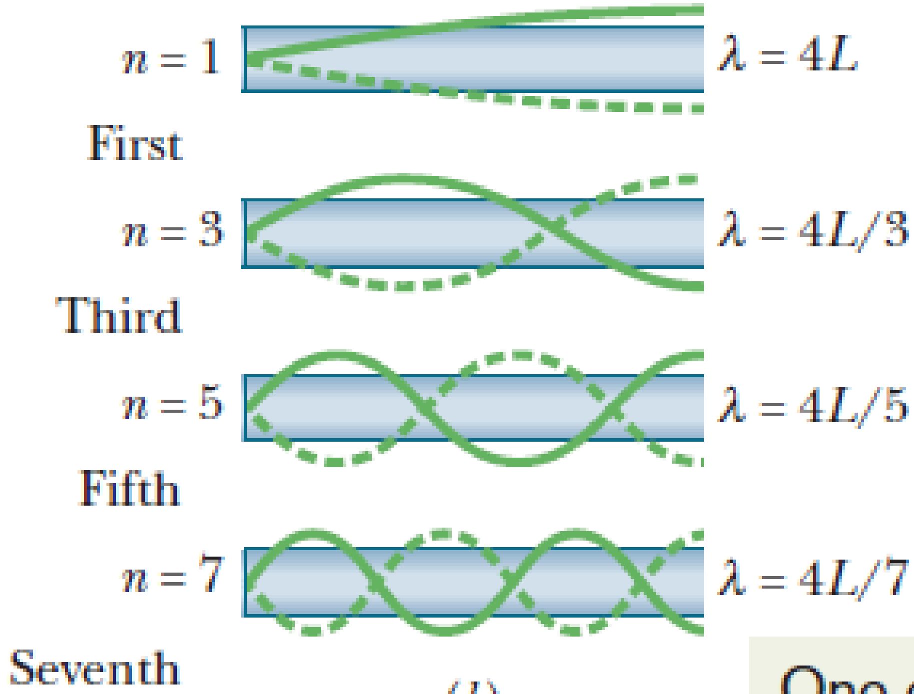


2º HARMÔNICO

$$L = 3\frac{\lambda_3}{4}$$

$$\lambda_3 = \frac{4L}{3}$$

Frequências de ressonância



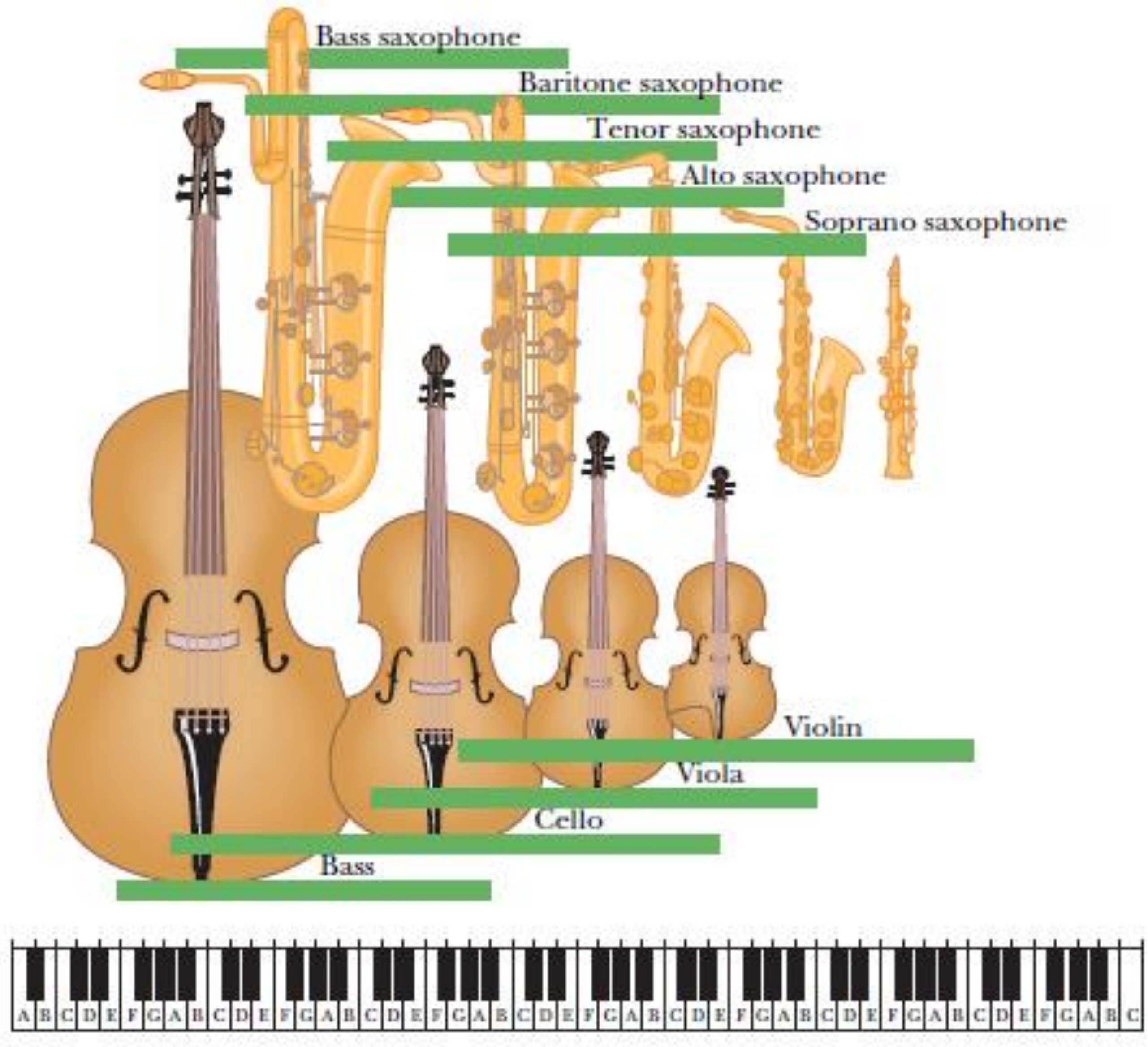
(*b*)

One open end—
only *odd* harmonics

$$\boxed{\lambda_n = \frac{4L}{n}}$$

$$\boxed{f_n = \frac{nv}{4L}}$$

Frequências de ressonância,
n = 1, 3, 5


Bass saxophone
Baritone saxophone
Tenor saxophone
Alto saxophone
Soprano saxophone
Violin
Viola
Cello
Bass
A B C D E F G A B C D E F G A B C D E F G A B C D E F G A B C D E F G A B C D E F G A B C D E F G A B C

Exemplo:

Ruídos de fundo de baixa intensidade em uma sala produzem ondas estacionárias em um tubo de papelão de comprimento L= 67,0 cm com as duas extremidades abertas. Suponha que a velocidade do som no ar dentro do tubo é 343 m/s.

a) Qual a frequência do som produzido pelo tubo?

b) Se você encostar o ouvido em uma das extremidades do tubo, que frequência fundamental ouvirá?