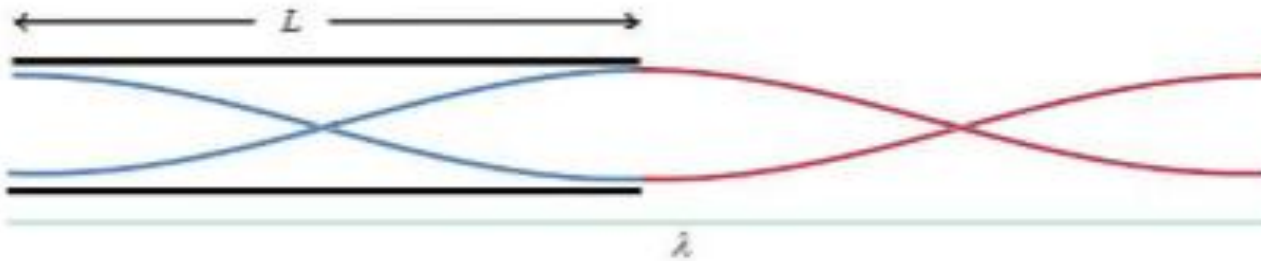


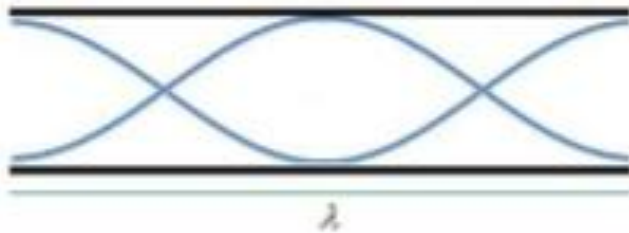
<b>Fonte do som</b>	<b><math>\beta</math> (dB)</b>
Avião a jato próximo	150
Britadeira; metralhadora	130
Sirene; Show de rock	120
Trem de metrô; cortador de grama	100
Tráfego pesado	80
Aspirador de pó	70
Conversa normal	50
Zunido de um mosquito	40
Sussurro	30
Farfalhar de folhas	10

# Tubo com duas extremidades abertas



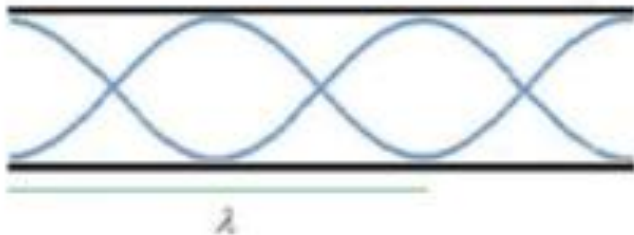
Primeiro harmônico:

$$\lambda_1 = 2L$$
$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L}$$



Segundo harmônico:

$$\lambda_2 = L$$
$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{L} = 2f_1$$



Terceiro harmônico:

$$\lambda_3 = \frac{2}{3}L$$
$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{3v}{2L} = 3f_1$$

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

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{nv}{2L} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

Tubo aberto em uma extremidade e fechada na outra.



$x$

$$\lambda_1 = 4L$$

$$\nu_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{4L}$$

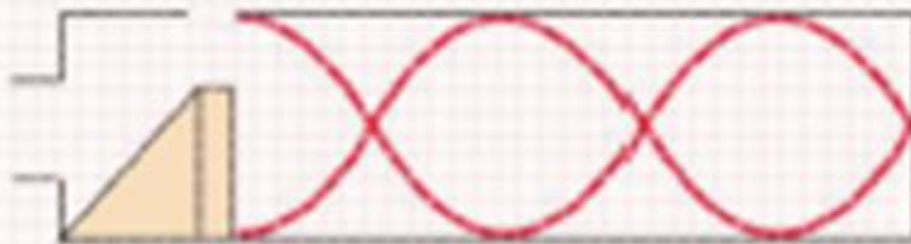
Primeiro  
harmônico



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

$$\nu_3 = \frac{3v}{4L} = 3\nu_1$$

Terceiro  
harmônico

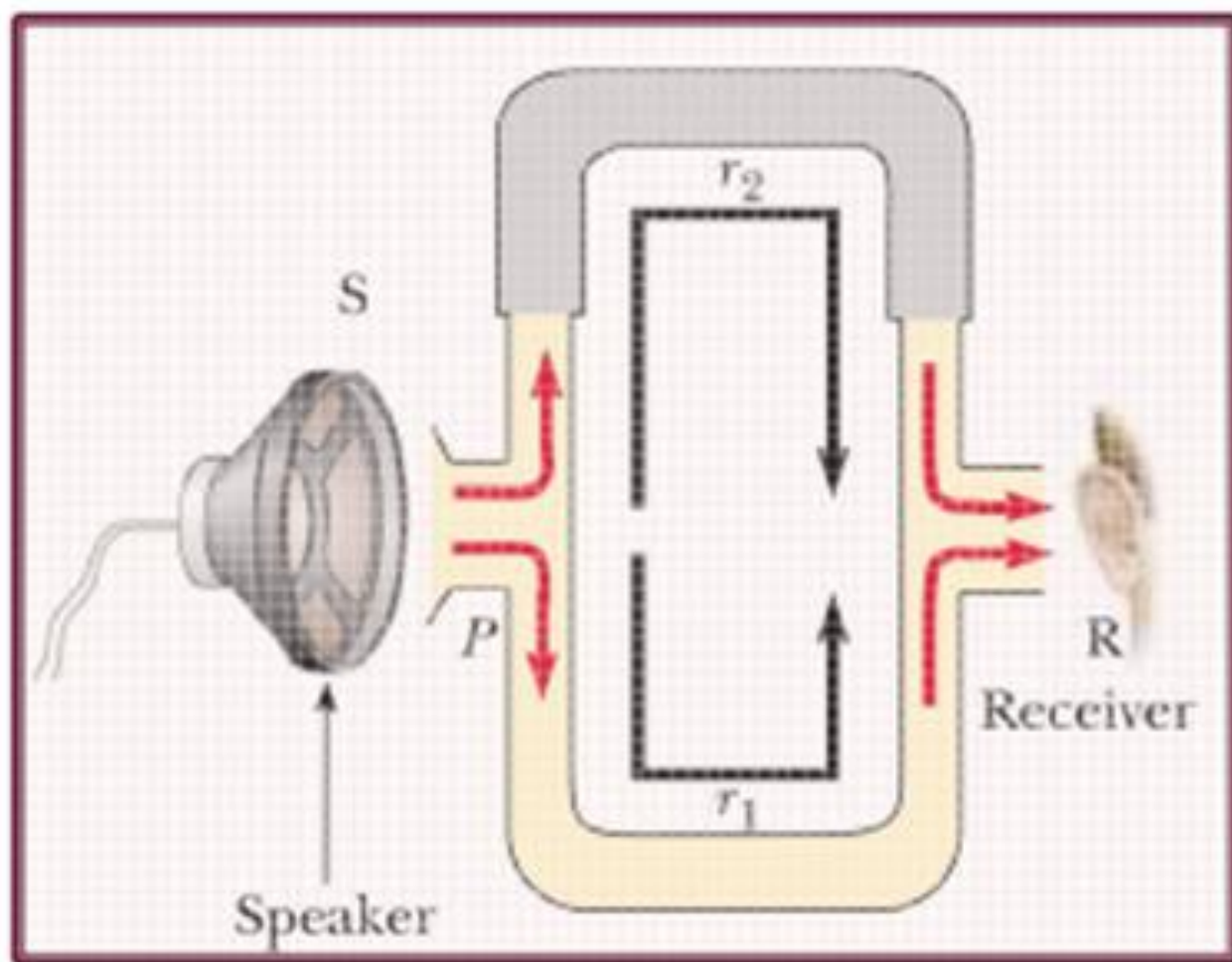


$$\lambda_5 = \frac{4}{5} L$$

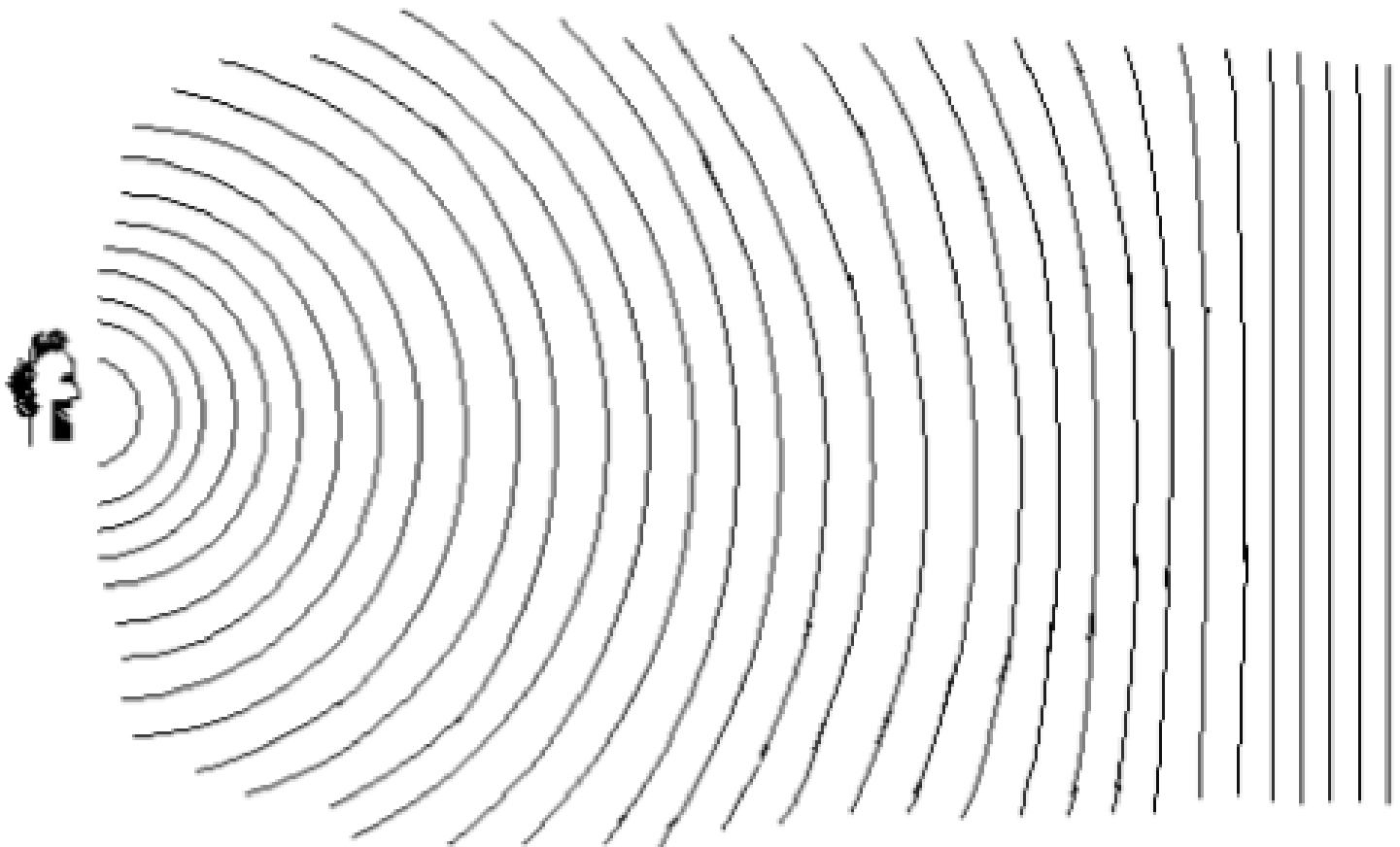
$$\nu_5 = \frac{5v}{4L} = 5\nu_1$$

Quinto  
harmônico

# Interferência de Ondas



# Ondas Esféricas e Planas



# Ondas Sonoras: Efeito Doppler

(a) Fonte parada (em relação ao ar)-Detetor em movimento ( $u$ )

$$v_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{v_s}{\lambda_0}$$

$$v = \frac{v_s}{\lambda_0} \pm \frac{u}{\lambda_0} = v_0 \left( 1 \pm \frac{u}{v_s} \right)$$

**sinais superiores:** aproximação

**sinais inferiores:** afastamento

<http://fmt.if.usp.br/~bindilat/Fisicall/video.php?fname=DopplerM5F0>

# Ondas Sonoras: Efeito Doppler

Fonte em mov.(V)-Detetor parado



$$\nu_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{v_s}{\lambda_0}$$

$$\lambda = v_s T_0 \mp VT_0 = \lambda_0 \left( 1 \mp \frac{V}{v_s} \right)$$

$$\nu = \frac{\nu_0}{1 \mp \frac{V}{v_s}}$$

sinais superiores: aproximação  
sinais inferiores: afastamento



# Ondas Sonoras: Efeito Doppler

## Fonte e Observador em movimento

$$\nu = \nu_0 \left\{ \frac{\left[ 1 \pm \frac{v}{v_s} \right]}{\left[ 1 \mp \frac{V}{v_s} \right]} \right\}$$

$v \implies$  velocidade do observador

$V \implies$  velocidade da fonte

**sinais superiores:** aproximação

**sinais inferiores:** afastamento

# Ondas Sonoras: Cone de Mach

Mach 1

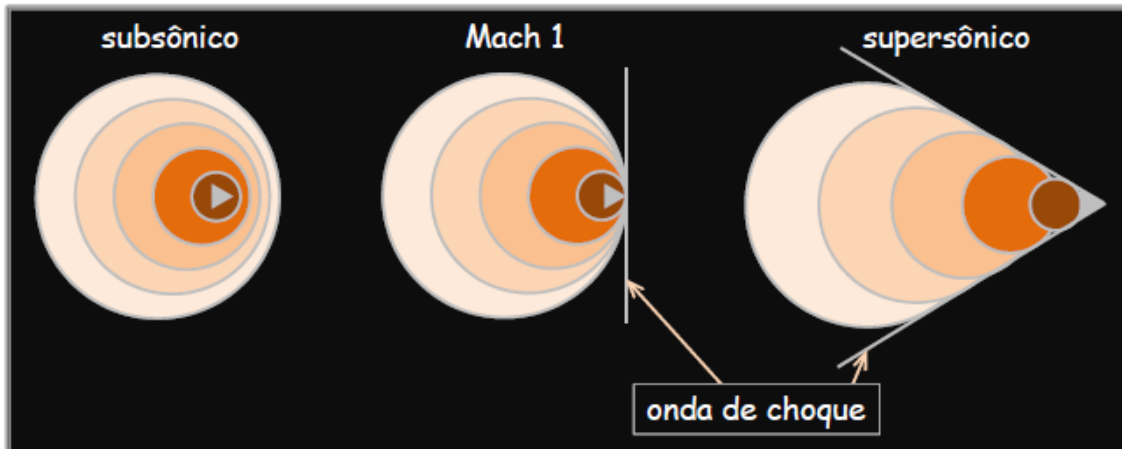
$$V = v_s$$

Mach

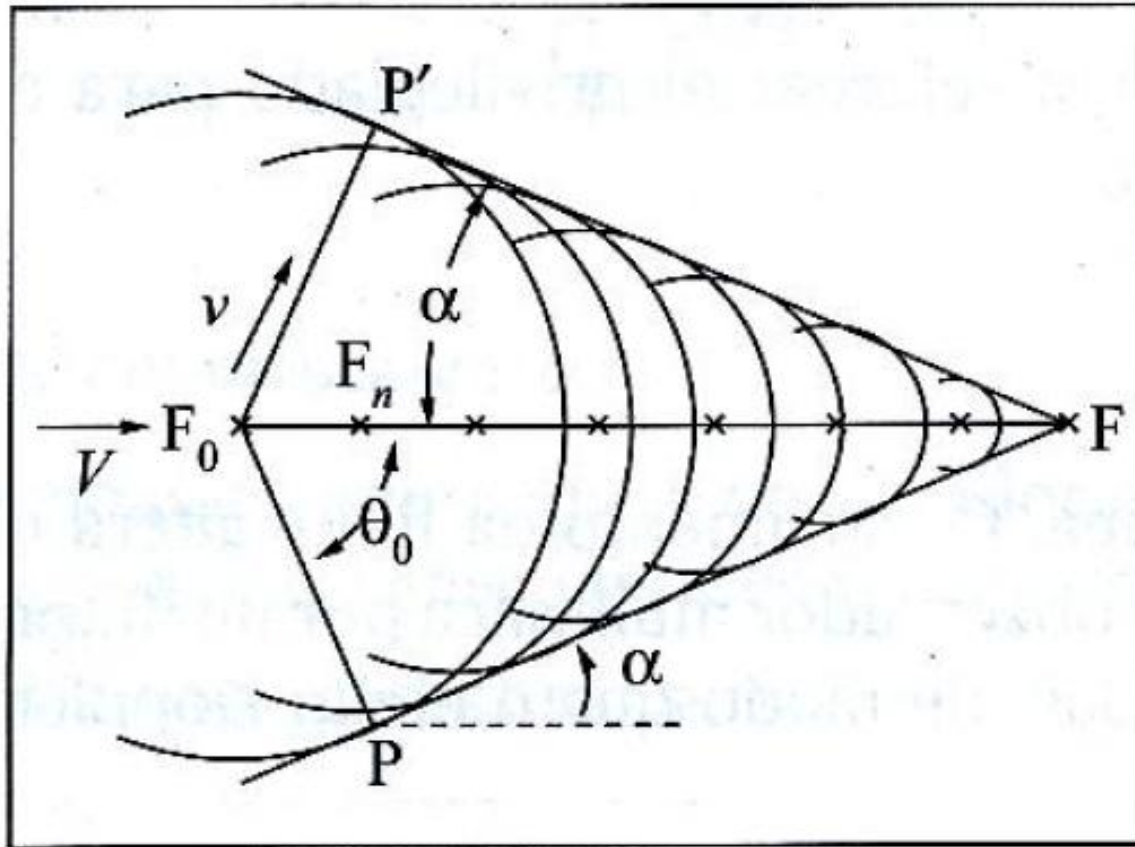
$$V > v_s$$

•

▪



## (b) Cone de Mach



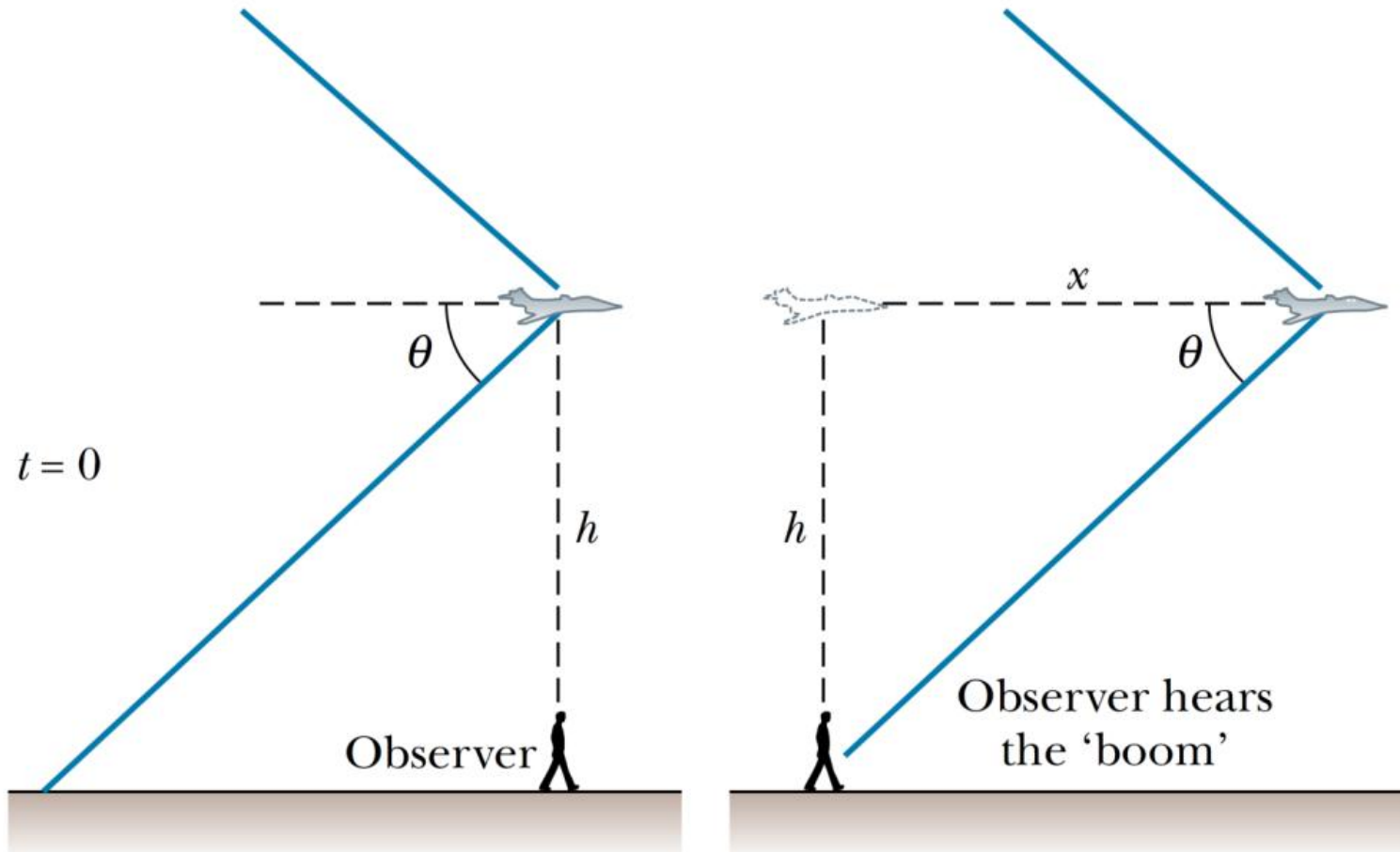
$$\cos \theta_0 = \frac{v}{V}$$

$$\sin \alpha = \frac{v}{V}$$

Inverso do  
Número de Mach

Figura 6.33 — Cone de Mach

# Ondas Sonoras: Cone de Mach



$$\sin \alpha = \frac{v}{V}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{x} = \frac{h}{Vt}$$