



Capítulo 22B: Acústica

Presentación PowerPoint de

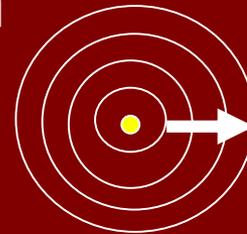
Paul E. Tippens, Profesor de Física

Southern Polytechnic State University

© 2007

Objetivos: Después de completar este módulo deberá:

- Calcular la **intensidad** y los **niveles de intensidad** de sonidos y correlacionar con la distancia a una fuente.
- Aplicar el **efecto Doppler** para predecir cambios aparentes en frecuencia debidos a velocidades relativas de una fuente y un escucha.



Definición de acústica

La **acústica** es la rama de la ciencia que trata con los aspectos fisiológicos del sonido. Por ejemplo, en un teatro o habitación, un ingeniero se preocupa por cuán claramente se pueden escuchar o transmitir los sonidos.



Ondas sonoras audible

A veces es útil reducir la clasificación del sonido a aquellos que son **audibles** (los que se pueden escuchar). Se usan las siguientes definiciones:

- Sonido audible: Frecuencias de 20 a 20,000 Hz.
- Infrasónico: Frecuencias bajo el rango audible.
- Ultrasónico: Frecuencias arriba del rango audible.

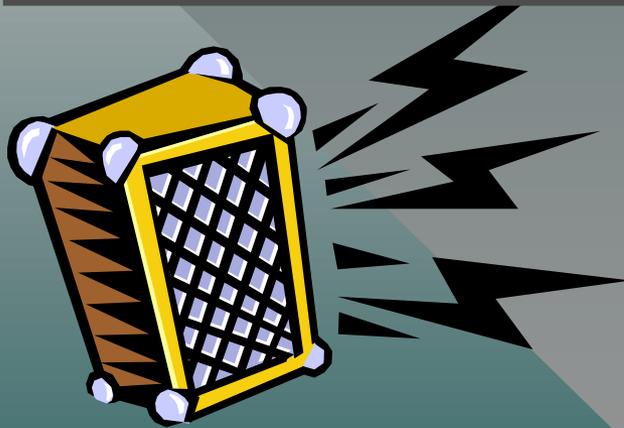
Comparación de efectos sensoriales con mediciones físicas

Efectos sensoriales		Propiedad física
Sonoridad	→	Intensidad
Tono	→	Frecuencia
Calidad	→	Forma de onda

Las propiedades físicas son mensurables y repetibles.

Intensidad sonora (sonoridad)

La **intensidad** sonora es la potencia transferida por una onda sonora por unidad de área normal a la dirección de propagación de la onda.



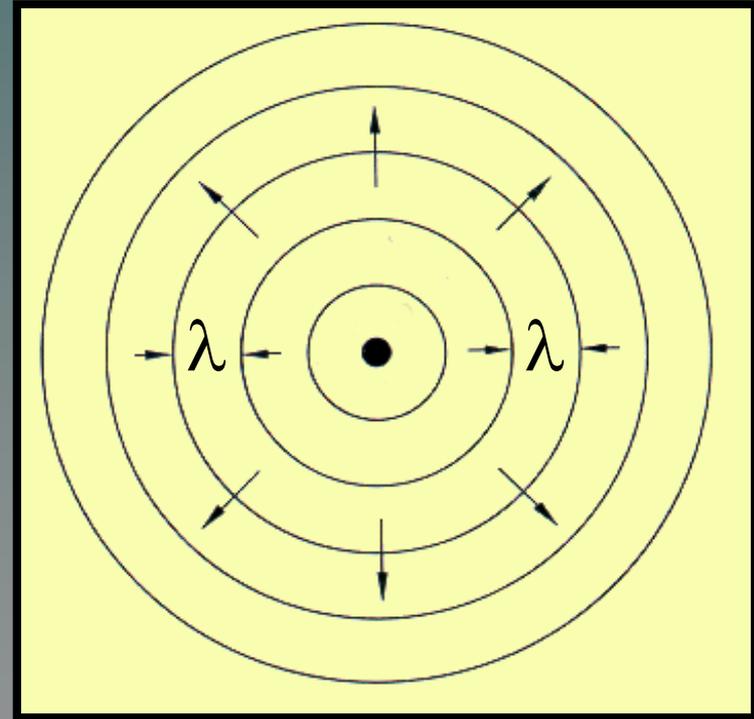
$$I = \frac{P}{A}$$

Unidades: W/m^2

Fuente isotrópica de sonido

Una fuente isotrópica propaga el sonido en ondas esféricas crecientes, como se muestra. La **intensidad I** está dada por:

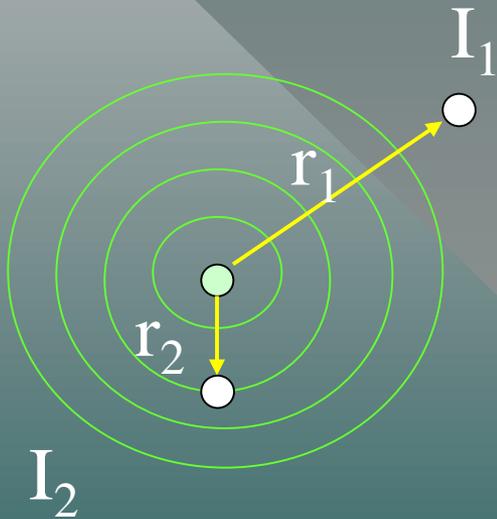
$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$



La intensidad I disminuye con el cuadrado de la distancia r desde la fuente isotrópica de sonido.

Comparación de intensidades sonoras

La relación de cuadrado inverso significa que un sonido que está el **doble** de lejos es **un cuarto** de intenso, y el que está **tres** veces más lejos tiene **un noveno** de intensidad.



$$I_1 = \frac{P}{4\pi r_1^2} \quad I_2 = \frac{P}{4\pi r_2^2}$$

$$P = 4\pi r_1^2 I_1 = 4\pi r_2^2 I_2$$

Potencia constante P

$$I_1 r_1^2 = I_2 r_2^2$$

Ejemplo 1: Un claxon pita con potencia constante. Un niño a **8 m** de distancia escucha un sonido de **0.600 W/m²** de intensidad. ¿Cuál es la intensidad que escucha su madre a **20 m** de distancia? ¿Cuál es la potencia de la fuente?

Dado: $I_1 = 0.60 \text{ W/m}^2$; $r_1 = 8 \text{ m}$, $r_2 = 20 \text{ m}$

$$I_1 r_1^2 = I_2 r_2^2 \quad \text{or} \quad I_2 = \frac{I_1 r_1^2}{r_2^2} = I_1 \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

$$I_2 = 0.60 \text{ W/m}^2 \left(\frac{8 \text{ m}}{20 \text{ m}} \right)^2$$

$$I_2 = 0.096 \text{ W/m}^2$$

Ejemplo 1 (Cont.) ¿Cuál es la potencia de la fuente? Suponga propagación isotrópica.

Dado: $I_1 = 0.60 \text{ W/m}^2$; $r_1 = 8 \text{ m}$
 $I_2 = 0.0960 \text{ W/m}^2$; $r_2 = 20 \text{ m}$

$$I_1 = \frac{P}{4\pi r_1^2} \text{ or } P = 4\pi r_1^2 I_1 = 4\pi (8 \text{ m})^2 (0.600 \text{ W/m}^2)$$

$$P = 7.54 \text{ W}$$

El mismo resultado se encuentra de: $P = 4\pi r_2^2 I_2$

Rango de intensidades

El **umbral auditivo** es el **mínimo** estándar de intensidad para sonido audible. Su valor I_0 es:

$$\text{Umbral auditivo: } I_0 = 1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$$



El **umbral de dolor** es la intensidad **máxima** I_p que el oído promedio puede registrar sin sentir dolor.

$$\text{Umbral de dolor: } I_p = 1 \text{ W/m}^2$$



Nivel de intensidad (decibeles)

Debido al amplio rango de intensidades sonoras (de $1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$ a 1 W/m^2), se define una escala logarítmica como el **nivel de intensidad** en **decibeles**:

$$\text{Nivel de intensidad} \quad \beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad \text{decibeles (dB)}$$

donde β es el **nivel de intensidad** de un sonido cuya **intensidad** es I e $I_0 = 1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

Ejemplo 2: Encuentre el nivel de intensidad de un sonido cuya intensidad es $1 \times 10^{-7} \text{ W/m}^2$.

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{1 \times 10^{-7} \text{ W/m}^2}{1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2}$$

$$\beta = 10 \log 10^5 = (10)(5)$$

Nivel de
intensidad:
 $\beta = 50 \text{ dB}$

Niveles de intensidad de sonidos comunes



← Hojas o
murmullo

Conversación
normal →



Subterráneo

←

140-

160 dB

→
Motores jet



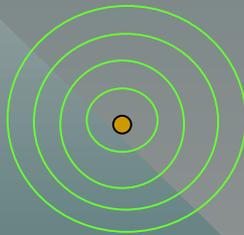
Umbral de audición: 0 dB

Umbral de dolor: 120 dB

Comparación de dos sonidos

Con frecuencia dos sonidos se comparan por niveles de intensidad. Pero recuerde: los niveles de intensidad son logarítmicos. ¡Un sonido que es **100 veces** más intenso que otro sólo es **20 dB** mayor!

Fuente
A



20 dB, $1 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$

$$I_B = 100 I_A$$

Fuente
B



40 dB, $1 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2$

Diferencia en niveles de intensidad

Considere dos sonidos con niveles de intensidad

β_1 y β_2

$$\beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}; \quad \beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0}$$

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} - 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 10 \left(\log \frac{I_2}{I_0} - \log \frac{I_1}{I_0} \right)$$

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2 / I_0}{I_1 / I_0}$$

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

Ejemplo 3: ¿Cuánto más intenso es un sonido de **60 dB** que uno de **30 dB**?

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

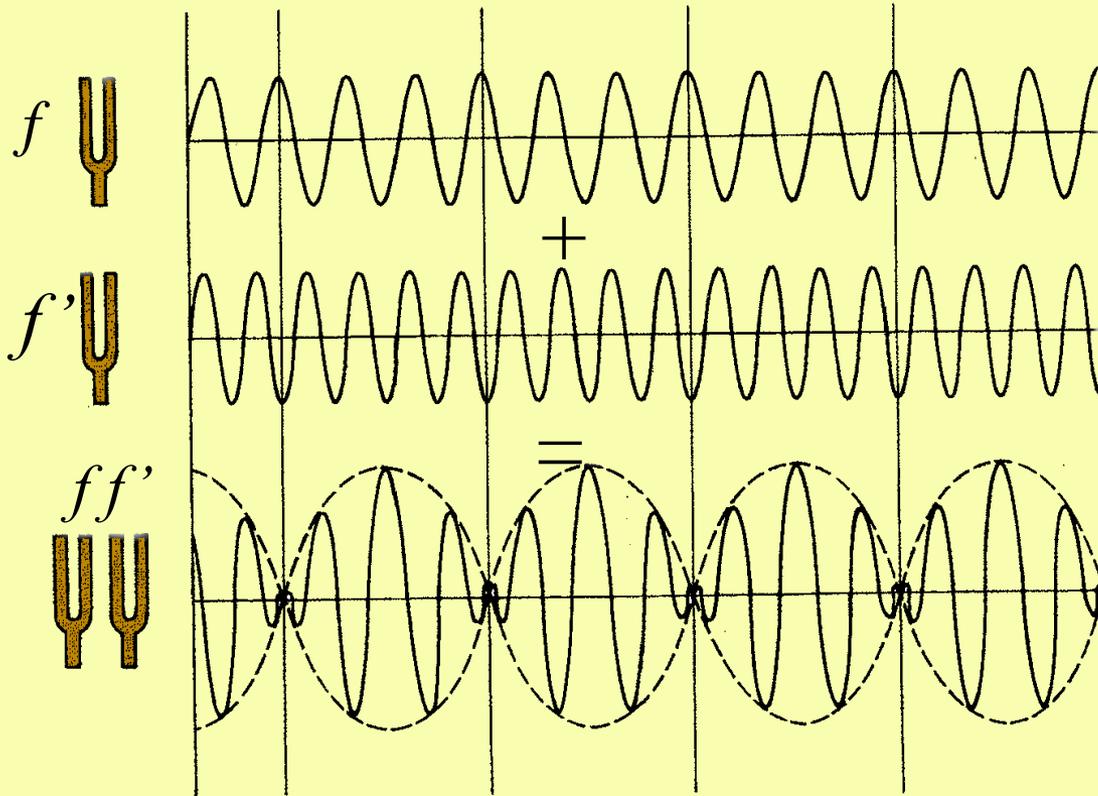
$$60 \text{ dB} - 30 \text{ dB} = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \quad \text{y} \quad \log \frac{I_2}{I_1} = 3$$

Recuerde la definición: $\log_{10} N = x$ significa $10^x = N$

$$\log \frac{I_2}{I_1} = 3; \quad \frac{I_2}{I_1} = 10^3;$$

$$I_2 = 1000 I_1$$

Interferencia y pulsaciones



Frecuencia de pulsaciones = $f' - f$

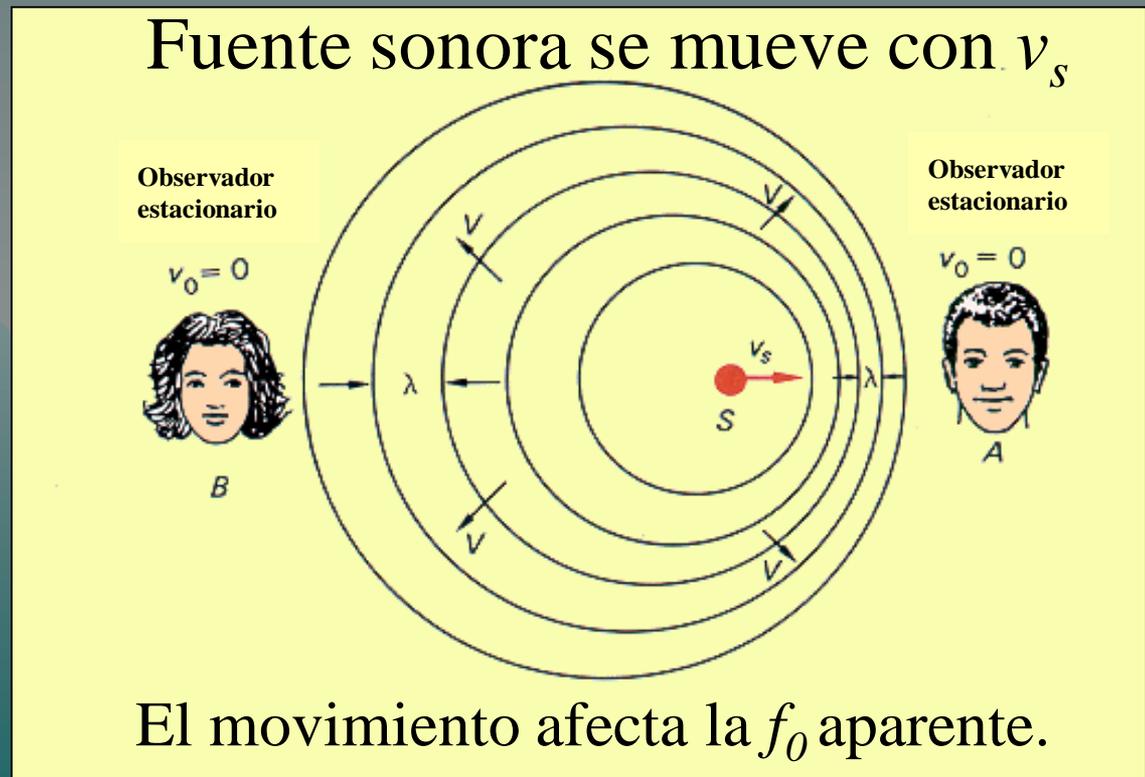
El efecto Doppler

El **efecto Doppler** se refiere al aparente cambio en frecuencia de un sonido cuando hay movimiento relativo de la fuente y el escucha.

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

La persona izquierda escucha **menor f** debido a **más larga λ** .

La persona derecha escucha **mayor f** debido a **más corta λ** .



Fórmula general para efecto Doppler

$$f_0 = f_s \left(\frac{V + v_0}{V - v_s} \right)$$

Las rapidezces se calculan como positivas para acercamiento y negativas para alejamiento

Definición de términos:

$f_0 =$ frecuencia observada

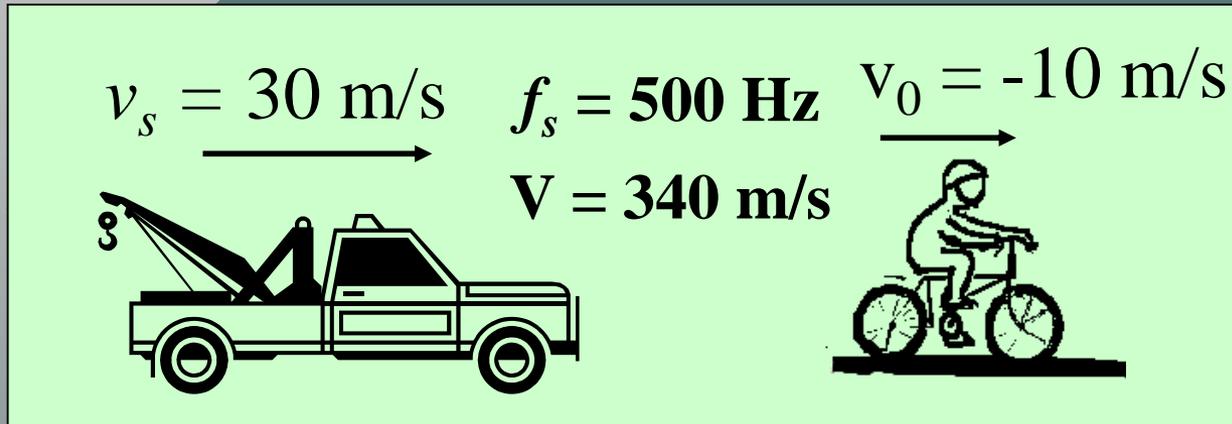
$f_s =$ frecuencia de fuente

$V =$ velocidad del sonido

$v_0 =$ velocidad del observador

$v_s =$ velocidad de la fuente

Ejemplo 4 (Cont.): Aplique ecuación Doppler.



$$f_0 = f_s \left(\frac{V + v_0}{V - v_s} \right) = 500 \text{ Hz} \left[\frac{340 \text{ m/s} + (-10 \text{ m/s})}{340 \text{ m/s} - (30 \text{ m/s})} \right]$$

$$f_0 = 500 \text{ Hz} \left[\frac{330 \text{ m/s}}{310 \text{ m/s}} \right]$$

$$f_0 = 532 \text{ Hz}$$

Resumen de acústica

La acústica es la rama de la ciencia que trata con los aspectos fisiológicos del sonido. Por ejemplo, en un teatro o habitación, un ingeniero se preocupa por cuán claramente se pueden escuchar o transmitir los sonidos.

Sonido audible: Frecuencias de 20 a 20,000 Hz.

Infrasónico: Frecuencias abajo del rango audible.

Ultrasónico: Frecuencias arriba del rango audible.

Resumen (continuación)

Propiedades físicas mensurables que determinan los efectos sensibles de sonidos individuales

Efectos sensoriales		Propiedad física
Sonoridad	→	Intensidad
Tono	→	Frecuencia
Calidad	→	Forma de onda

Resumen (Cont.)

La **intensidad** sonora es la potencia transferida por una onda sonora por unidad de área normal a la dirección de propagación de la onda.



$$I = \frac{P}{A}$$

Unidades: W/m^2

Resumen (Cont.)

La relación de cuadrado inverso significa que un sonido que está el **doblo** de lejos tiene **un cuarto** de intensidad, y que uno que está **tres** veces más lejos tiene **un noveno** de intensidad.

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

$$I_1 r_1^2 = I_2 r_2^2$$

Resumen de fórmulas:

$$I = \frac{P}{A}$$

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

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

Umbral de audición: $I_0 = 1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$

Umbral de dolor: $I_p = 1 \text{ W/m}^2$

$$v = f\lambda$$

Frecuencia de
pulsación = $f' - f$

$$f_0 = f_s \left(\frac{V + v_0}{V - v_s} \right)$$

CONCLUSIÓN: Capítulo 22B Acústica

