

TEMA-6-Acustica.pdf



rrg456



Física Médica y Protección Radiológica



1º Grado en Medicina



**Facultad de Medicina
Universidad de Cantabria**

**Con LiINCE,
gradúate por 15€**
(de la vista).



Pide cita online
en liince.com

Esquina de San Ignacio de Loyola
con Lacarra de Miguel



**Gafas
graduadas
desde 15€**

LiINCE

TEMA 6: ACÚSTICA

- * Cada vez que hablamos nuestros cuerdas vocales generan VARIACIONES/OSCILACIONES PERIÓDICAS del aire, que por la vía el conducto auditivo de la persona que escucha.
- * Estas variaciones hacen oscilar al tímpano. Detrás de este está el oído medio, y cuando el tímpano vibra se mueven tres huesecillos que a su vez interactúan con la MEMBRANA OVAL (puerta de entrada al oído interno).
- * Estas VARIACIONES se amplifican por...
 - la diferencia de superficie entre el tímpano y la mb. oval
 - la transmisión del mov. por los huesecillos.
- * Cuenta más fácil vibrar a un LÍQUIDO que al aire, y a un SÓLIDO que a un líquido.
- * Nuestro tímpano detecta variaciones de presión del orden de 10^{-14} Pa

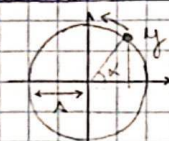
ONDA: Perturbación periódica (armónica) que transporta energía (10 millones de veces menor que la p. atm.) a tra, sin transportar materia, a través de un medio o en el vacío.

- 2 TIPOS
- MECÁNICAS (solo se propagan por un medio material, transmiten movimiento → propagación de mov. y energía, NO transportan materia)
 - ELECTROMAGNÉTICAS (perturbaciones armónicas de campos eléctricos y magnéticos - no necesitan medio material para propagarse)

SE PUEDEN ESTUDIAR DESDE LA VARIACIÓN

- Temporal
- Espacial

VARIACIÓN TEMPORAL Pto. que se mueve alrededor de un círculo a vel. const.

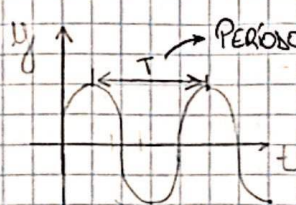


$$y(t) = A \cdot \sin \alpha$$

$\alpha \rightarrow \text{"fase"}$

$$\alpha = \omega \cdot t // \omega \text{ (rad/s)} \rightarrow \text{velocidad ANGULAR}$$

¡ATENCIÓN! NO ES UNA MAGNITUD FÍSICA



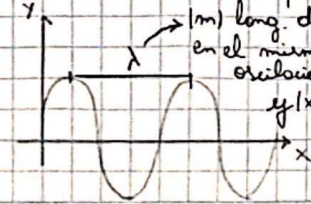
PERIODO, tiempo que tarda en hacer una oscilación completa (seg.)

$$\frac{1}{T} = \nu \text{ (s}^{-1}\text{)}$$

"frecuencia" (Hz) → veces que una depende de la fuente emisora de la onda.

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

VARIACIÓN ESPACIAL (piedra en estonque, la tiramos al agua)



λ (m) long. de onda (distancia entre dos pto. del espacio que están en el mismo estado de oscilación, espacio en el que se produce una oscilación completa - oscilación completa es 2π)

$$y(x) = A \cdot \sin \alpha // \alpha = k \cdot x$$

Si $x = \lambda$, $k \cdot \lambda = 2\pi$, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

$$\omega = 2\pi \cdot \nu // \nu = \lambda \cdot f // k = \frac{2\pi}{\lambda}$$



Ecuación de ondas

Si la onda va a la derecha $\rightarrow \ominus$
 Si la onda va a la izquierda $\rightarrow \oplus$
 $y(x,t) = A \cdot \sin(\omega t \pm Kx + \varphi)$ $\rightarrow$ DESPASE (donde empieza la onda, lo supondremos en 0)

amplitud de la onda
 (máx. valor de oscilación que alcanza la onda)

$\rightarrow$ en las ondas sonoras

MÁXIMA VARIACIÓN de presión que se produce en el aire, se relaciona con el volumen del sonido (grito - susurro)

* La energía de una onda es proporcional a la amplitud al cuadrado

VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN

RELACIÓN VARIACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL

$$y=0 \rightarrow \omega t - Kx = 0 \rightarrow \omega t = Kx \rightarrow \frac{x}{t} = \frac{\omega}{K} = v$$

(Aunque sea 0)

$$v = \frac{2\pi v}{2\pi \lambda}$$

$\rightarrow v = \lambda \cdot v$ $\rightarrow$ las ondas que tienen LA MISMA longitud de onda tienen poca frecuencia

* Cuanta más frecuencia, más energía transporta la onda.

- SUSTITUYENDO -

$$y(x,t) = A \cdot \sin\left(2\pi \frac{t}{T} \pm \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

$$y(x,t) = A \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$v = \frac{\omega}{2\pi} \cdot \lambda$$

2 TIPOS DE MOVIMIENTOS

- Periódico: No varía con el tiempo
- Armónico: Varía en el tiempo

$$y(x,t) = A \cdot \sin(\omega t \pm Kx + \varphi)$$

ω $\rightarrow$ ω de onda
 Kx $\rightarrow$ posición
 φ $\rightarrow$ desfase, asumimos que vale 0

$\rightarrow$ En las ondas de presión, la magnitud que oscila es una presión $\Delta P(x,t)$

* $\Delta P(x,t) = \Delta P_0 \rightarrow$ amplitud de oscilación de la presión, máxima presión y mínima presión de la onda $\rightarrow$ DEPENDE de la intensidad del sonido.

$$\Delta P(x,t) = \Delta P_0 \cdot \sin(\omega t \pm Kx + \varphi)$$

- ONDAS SONORAS = ONDAS DE PRESIÓN
 - son ONDAS MECÁNICAS (necesitan un medio para propagarse)
 - son ONDAS LONGITUDINALES (la dirección de oscilación coincide con la dirección de propagación)

• La amplitud de presión de una onda acústica es...

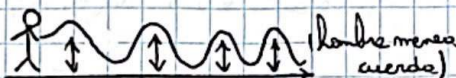
$$\Delta P_0 = A \cdot \omega \cdot \rho \cdot v = 2\pi \cdot \omega \cdot A \cdot \rho \cdot v$$

↓
amplitud de oscilación de los moléculas

↑ velocidad angular

se producen COMPRESIONES y RAREFACCIONES en la misma longitud que se presenta la onda

no son transversales



- $\rho \cdot v = Z$ ("impedancia acústica") $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right)$ → resistencia que el medio ofrece al paso de la onda de presión.

VALORES de Z $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right)$

AIRE =	420
AGUA =	$1.5 \cdot 10^6$
SANGRE =	$16 \cdot 10^6$
GRASA =	$1.38 \cdot 10^6$
MÚSCULO =	$1.7 \cdot 10^6$
TES. BLANCO =	$1.5 \cdot 10^5$
HUESO =	$6.27 \cdot 10^6$

- v del sonido depende de 2 variables
 - INERCIAL (leyes de Newton)
 - ELÁSTICA

→ El sonido se propaga entre por un material RÍGIDO que por uno DENSO

GASES

$$v = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}}$$

γ : coef. adiabático (transformaciones adiabáticas → se producen tan lentamente que no se permite intercambio de calor) → aire: 1.4

R : $8.31 \frac{\text{Julios} \cdot \text{K}}{\text{mol}}$

T (K)

M (masa molar) = 0.029 Kg/mol (aire)

$$v_{\text{aire-20°C}} = \sqrt{\frac{1.4 \cdot 8.31 \cdot 293}{0.029}} = 342.85 \text{ m/s}$$

LÍQUIDO

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

B (Pa) = módulo de compresibilidad (compresión volumétrica)

AGUA: $2.2 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$

$\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$

$v_{\text{agua}} = 1483 \text{ m/s}$

la vel. del sonido disminuye cuando aumenta la densidad, pero aumenta cuando más rígido sea el líquido (el sonido va más rápido por el agua que por el aire)

SÓLIDOS

$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ → MÓDULO DE YOUNG (Pa) → Cuanto más rígido/elástico, mejor transmiten ondas.
→ densidad

→ La ENERGÍA SE CUANTIFICA A TRAVÉS DE LA INTENSIDAD ←

$$I = \frac{\text{energía}}{\text{tiempo} \cdot \text{área}} = \frac{\text{potencia}}{\text{área}} = \frac{J}{s \cdot m} = \frac{watt}{m^2}$$

I_0 (umbral → mín. intensidad audible que nuestros oídos pueden detectar) $\approx 10^{-12} \frac{watt}{m^2}$

I dolor (sensación desagradable) $= 10^0 \frac{watt}{m^2}$
↓ (independiente de la frecuencia)

I (ultrasonidos ecografía diagnóstica) $< 10^3 \frac{watt}{m^2}$ ($\mu \sim MHz$)

I (ultrasonidos terapéuticos) $> 10^3 \frac{watt}{m^2}$ // LITOTRIZIA → romper cálculos biliares/reñales

$$I = \frac{\Delta p_0^2}{2\rho} \quad I = \frac{4\pi^2 \cdot \omega^2 \cdot A^2 \cdot \rho^2 \cdot v^2}{2\rho \cdot v} \quad I = 2\pi^2 \cdot \omega^2 \cdot A^2 \cdot \rho \cdot v$$

IMPEDANCIA ACÚSTICA

→ 2 MOTIVOS POR LOS QUE LA INTENSIDAD SE VA REDUCIENDO

RAZÓN GEOMÉTRICA



$$I = \frac{pot}{S} = \frac{pot}{4\pi r^2}$$

* Si no hay pérdida de energía, la intensidad se va reduciendo cuanto mayor es "r"

FRENTE
ONDA

ATENUACIÓN

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$$

→ coef. atenuación ultrasónica (dB/cm)

(ley de atenuación exponencial aplica sobre todo a ultrasonidos)

! " tiene que ver con pérdida de energía en el trayecto por rozamiento viscoso

* MATERIAL VISCOELÁSTICO → parte de la energía que yo le aplico se pierde por rozamiento viscoso (cuando dejas de aplicar la presión no vuelve por completo a su estado original).

μ depende del medio

Cuanto mayor es la frecuencia del sonido, más rápido se va a atenuar cuando



• ECOGRAFÍA: Está compuesta por ondas acústicas de MHz ($10^6 \sim 10^9$ Hz)



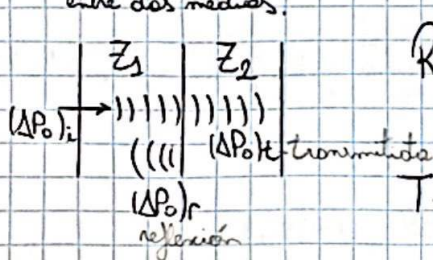
estructuras con diferente impedancia acústica

↓ generan ECOS que recibe el transductor, hacen oscilar el material piezoeléctrico, que genera una señal que el ordenador interpreta.

propiedad de ciertos materiales que, cuando les aplicas una corriente eléctrica, sus prop. mecánicas varían. si comprimo un material piezoeléctrico, cuando se expanda va a generar electricidad.

int. que convierte energía de un tipo en energía de otro

→ DE QUÉ DEPENDE QUE EL ECO QUE SE PRODUZCA SEA MÁS O MENOS INTENSO? - De la diferencia de impedancia acústica entre dos medios.



$$R \rightarrow \text{coef. reflexión} \quad R = \frac{(\Delta P_0)_r}{(\Delta P_0)_i} = \left| \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right|$$

$$T \rightarrow \text{coef. transmisión} \quad T = \frac{(\Delta P_0)_t}{(\Delta P_0)_i}$$

$$R + T = 1$$

$$I_r = I_i \cdot \left| \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right|^2$$

- Cuando una onda hiperfónica pasa de un medio Z_1 a otro Z_2 (siendo Z_1 y Z_2 muy similares), el coef. de reflexión se hace casi 0, el ultrasonido apenas sufre reflexión.

- Cuanto mayor es Z , mayor es la reflexión.

$$\text{Si } \begin{cases} Z_1 \simeq Z_2 \rightarrow R \simeq 0 \\ Z_1 \gg Z_2 \\ Z_1 \ll Z_2 \rightarrow R \simeq 1 \end{cases}$$

• GEL ACOPLADOR DE IMPEDANCIAS → Tiene una Z similar al agua, se usa para igualar las impedancias entre el transductor y el interior de nuestro cuerpo (evitamos que el ultrasonido pase por la densidad aire)

• ECOGRAFÍA DOPPLER → Permite ver estructuras en mov., como la circulación de la sangre. Se determina la vel. de la sangre por la variación de frecuencia que da el eco del ultrasonido enviado a la zona.

→ RAYOS X → NO PRESENTAN REFLEXIONES.

ARENAL SOUND

15º ANIVERSARIO

30 JULIO → 03 AGOSTO '25 / BURRIANA → CASTELLÓN



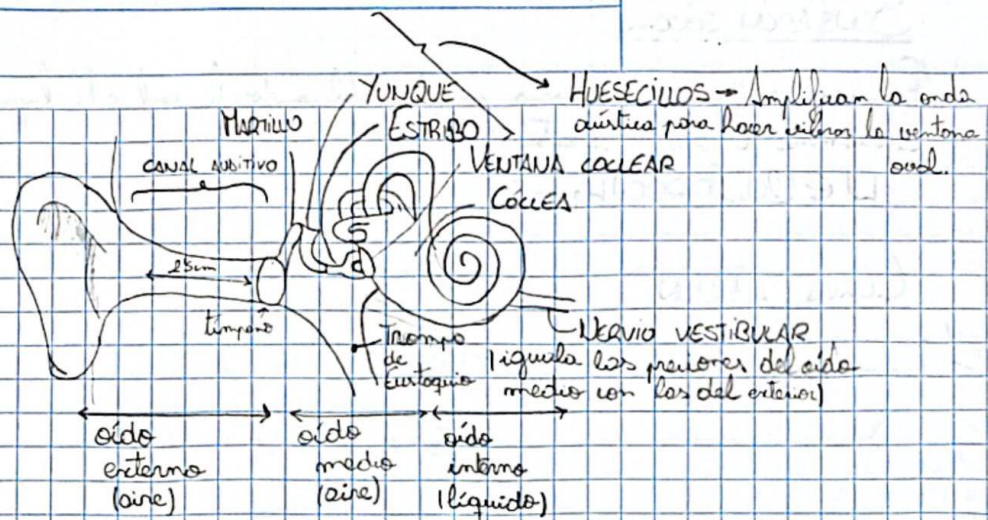
**NO HAY RESUMEN
QUE TE SALVE
DEL FOMO, VEN A
ARENAL SOUND**

ABONOS DESDE 69,99€*

+INFO EN [ARENAL SOUND.COM](https://arenalsound.com)

*GASTOS DE GESTIÓN INCLUIDOS





VARIOS MECANISMOS DE AMPLIFICACIÓN

1º GEOMÉTRICO (pabellón auditivo externo)

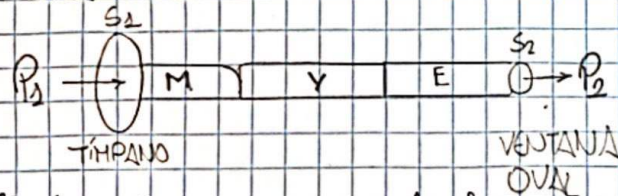
2º CANAL AUDITIVO rebota ondas - amplifica.

$$f_0 = \frac{v}{4L} \quad \left(= \frac{343}{4 \cdot 0.025} \approx 3430 \text{ Hz} \right) \quad \begin{array}{l} \text{FRECUENCIA TÍPICA} \\ \text{VOZ HUMANA} \end{array}$$

where v is the speed of sound in air and L is the length of the tube (ear canal).

Las dimensiones de nuestro oído externo hacen que algunos de las ondas que recibimos se amplifiquen.

3º AMPLIFICACIÓN PRODUCIDA ENTRE EL TIMPANO Y LA VENTANA OVAL



(el timpano es 17 veces más grande que la ventana oval)

* El transporte de energía entre los huesecillos es etc.

PARA LAS FUERZAS
 $r \uparrow, l \downarrow$

$$M = F \cdot l = \text{cte.} \quad / \quad P = F \cdot S$$

where F is force, l is the lever arm, and S is the area.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{F_2}{F_1} \cdot \frac{S_1}{S_2} = \frac{M}{M} \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{S_1}{S_2} = \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{S_1}{S_2} \approx 22$$

where $l_1 = 1/3$ and $l_2 = 1/17$.

* La presión de la ventana oval es 20 veces mayor que la presión que recibió el timpano. ~ COMPENSA EL CAMBIO DE ENERGÍA ACÚSTICA



SENSACIÓN SONORA

Fenómeno psicofísico, característica perceptual del sonido, la cual está ligada directamente al concepto de intensidad.

$f \in [20, 20.000] \text{ Hz}$ → ESPECTRO AUDITIVO

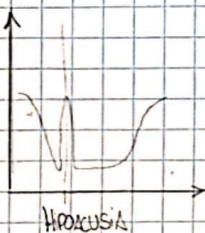
CURVA AUDICIÓN



* ¿Qué pasa si tenemos un tapón en los oídos?

Oímos peor, cambia el medio y también la impedancia acústica, la onda reflejada aumenta y la transmitida disminuye.

* HIPORUSIA: Frecuencia en la que te tienen que subir mucho la intensidad (tiene el oído muy "machacado" a esa frecuencia)



LEY DE WEBER-FECHNER

$$\beta \text{ (dB)} = 10 \log \frac{I}{I_0} \rightarrow \text{los DECIBELIOS son una esc. logarítmica.}$$

$$I \in (10^{-12}, 10^0) \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$$

intensidad mínima para oír sensación desagradable

Nuestro oído es sensible a 10 órdenes de magnitud en la variación de la intensidad, por eso usamos logaritmos.

* Cuando tenemos sonidos de diferentes decibelios, la suma de estos no es directa → es una MAGNITUD LOGARÍTMICA (no lineal) → deberíamos sumar intensidades.