



Métodos Experimentales
FI2003
Semestre Primavera 2009
Clase #9

Nicolás Mujica
nmujica@dfi.uchile.cl

Plan

- Transductores (sensores, parlantes, etc...)
 - ➔ ejemplo 1: Medida capacitiva de la altura de un liquido (clase nº8)
 - ➔ ejemplo 2: sensor de fuerza (Sist. Newt.)
 - ➔ ejemplo 3: Micrófono Capacitivo
 - ➔ ejemplo 4: Micrófono Dinámico (se usará en este curso)
- Detalles de un micrófono dinámico comercial (\$5000 @ falabella)
 - ➔ Características
 - ➔ Escala dB y sensibilidad

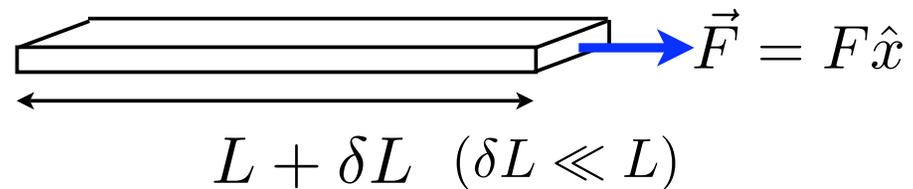
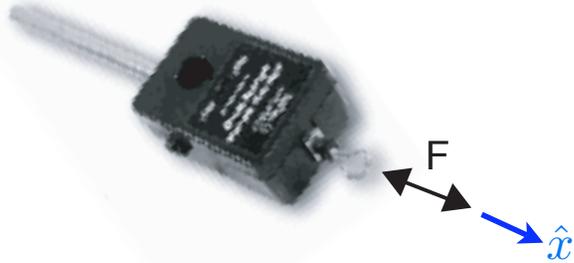
Transductores

- Se llama transductor en general a un dispositivo que convierte una cantidad física en una señal eléctrica o viceversa.
- Ejemplos son sensores de fuerza, presión, aceleración, temperatura, velocidad, etc...
- Ejemplos inversos son: un parlante, un vibrador electromecánico y un emisor ultrasónico (frecuencia sobre ~ 16 kHz)
- Cada tipo de transductor funciona en base a un principio físico relacionado a la cantidad física que se quiere medir o producir
- Cada transductor tiene sus ventajas y limitaciones

Ejemplo 2: el sensor de fuerza de Sistemas Newtonianos

- Sensor de fuerza tipo “Strain Gage”

Funciona en base a cambios de resistencia eléctrica de una película metálica delgada. Sus dimensiones espaciales cambian si se estira o si se comprime.



$$R = \rho_e \frac{L}{A}$$

$$[R] = \Omega$$

$$[\rho_e] = \Omega \cdot m$$

¿Qué pasa con la resistencia cuando $L \rightarrow L + \delta L$?

Material	Resistivity ($\Omega \cdot m$) at 20 °C	Temperature coefficient* [K^{-1}]	Reference
Silver	1.59×10^{-8}	0.0038	[1][2]
Copper	1.72×10^{-8}	0.0039	[2]
Gold	2.44×10^{-8}	0.0034	[1]
Aluminium	2.82×10^{-8}	0.0039	[1]
Calcium	3.36×10^{-8}	?	
Tungsten	5.60×10^{-8}	0.0045	[1]
Zinc	5.90×10^{-8}	?	
Nickel	6.99×10^{-8}	?	
Iron	1.0×10^{-7}	0.005	[1]
Tin	1.09×10^{-7}	0.0045	
Platinum	1.06×10^{-7}	0.00392	[1]
Lead	2.2×10^{-7}	0.0039	[1]
Manganin	4.82×10^{-7}	0.000002	[3]
Constantan	4.9×10^{-7}	0.00001	[3]
Mercury	9.8×10^{-7}	0.0009	[3]
Nichrome ^[4]	1.10×10^{-6}	0.0004	[1]
Carbon ^[5]	3.5×10^{-5}	-0.0005	[1]
Germanium ^[5]	4.6×10^{-1}	-0.048	[1][2]
Silicon ^[5]	6.40×10^2	-0.075	[1]
Glass	10^{10} to 10^{14}	?	[1][2]
Hard rubber	approx. 10^{13}	?	[1]
Sulfur	10^{15}	?	[1]
Paraffin	10^{17}	?	
Quartz (fused)	7.5×10^{17}	?	[1]
PET	10^{20}	?	
Teflon	10^{22} to 10^{24}	?	

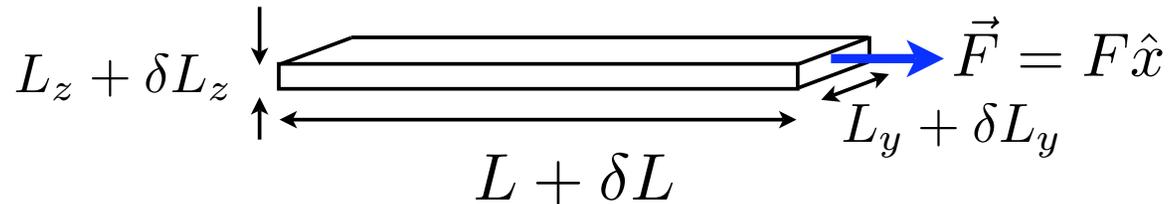
$$R = \rho_e \frac{L}{A}$$

$$[R] = \Omega$$

$$[\rho_e] = \Omega \cdot m$$

Un primer ejemplo: el sensor de fuerza de Sistemas Newtonianos

Al mismo tiempo $L_z \rightarrow L_z + \delta L_z$ y $L_y \rightarrow L_y + \delta L_y$



La elasticidad lineal nos dice (Ley de Hooke)

$$\frac{\delta L}{L} = \frac{1}{E} \frac{F}{A}$$

E : Módulo de Young

$$\frac{\delta L_y}{L_y} = \frac{\delta L_z}{L_z} = -\nu \frac{\delta L}{L}$$

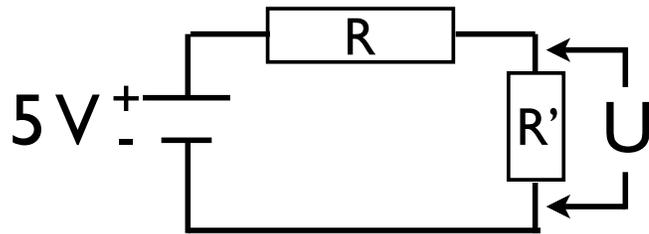
ν : Coeficiente de Poisson

Cuidado con el signo!

Finalmente:

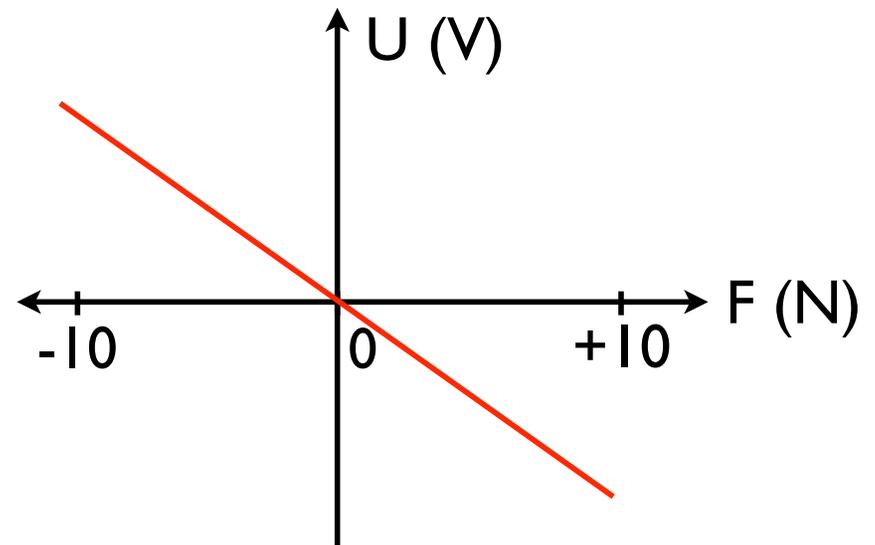
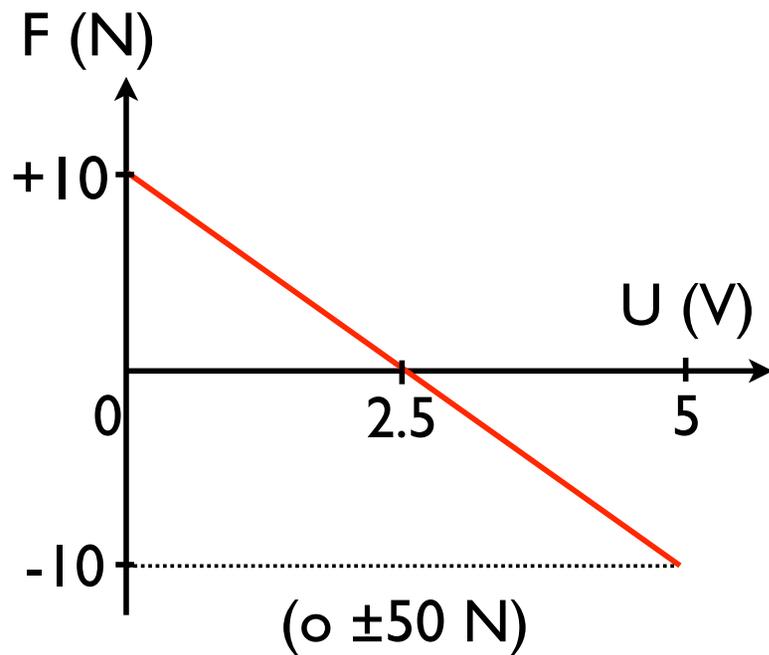
$$R \rightarrow R + \delta R \approx R(1 + \gamma \delta L) \approx R(1 + \epsilon F)$$

Versión simple del circuito al interior



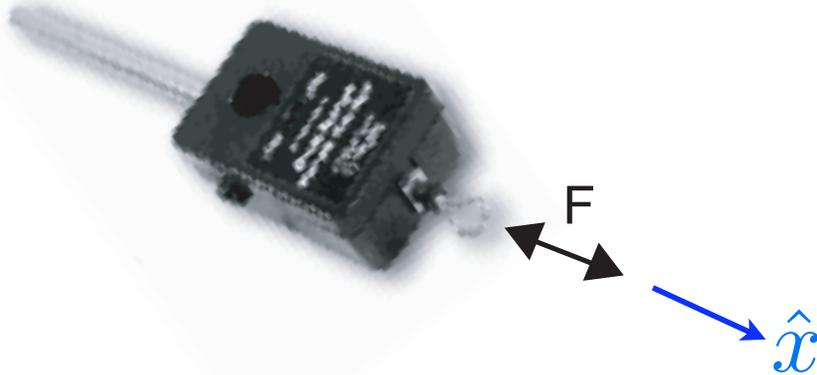
R: película delgada
R': Resistencia de referencia

Si R aumenta, entonces la caída de voltaje U en R' disminuye!



La pendiente entre F y U define la sensibilidad del sensor

Sensibilidad del sensor de Fuerza



$$\vec{F} = F \hat{x}$$

$$F = A \cdot U + B$$

Rango ± 10 N: $A = -4.9 \text{ N/V}$; $B = 12.25 \text{ N}$

Rango ± 50 N: $A = -24.5 \text{ N/V}$; $B = 61.25 \text{ N}$

Sensibilidades

Rango ± 10 N: $s = \frac{1}{|A|} \approx 204.1 \text{ mV/N}$

Rango ± 50 N: $s = \frac{1}{|A|} \approx 40.8 \text{ mV/N}$

Otros ejemplos de sensibilidad

Sensor de presión PCB 101A06

General purpose ICP® pressure sensor, 500 psi, 10 mV/psi, 3/8-24 mtg thd, ground isolated

- Measurement Range: (for $\pm 5V$ output) 500 psi (3450 kPa)
- Sensitivity: ($\pm 1mV/psi$) 10 mV/psi (1.45 mV/kPa)
- Low Frequency Response: (-5%) 0.01 Hz
- Resonant Frequency: ≥ 400 kHz
- Electrical Connector: 10-32 Coaxial Jack
- Weight: 0.44 oz (12.5 gm)



Acelerómetro PCB 320C33

ESS high sensitivity, quartz shear ICP® accel, 100 mV/g, 1 to 4k Hz, 10-32 side conn. (to $+325^{\circ}F$)

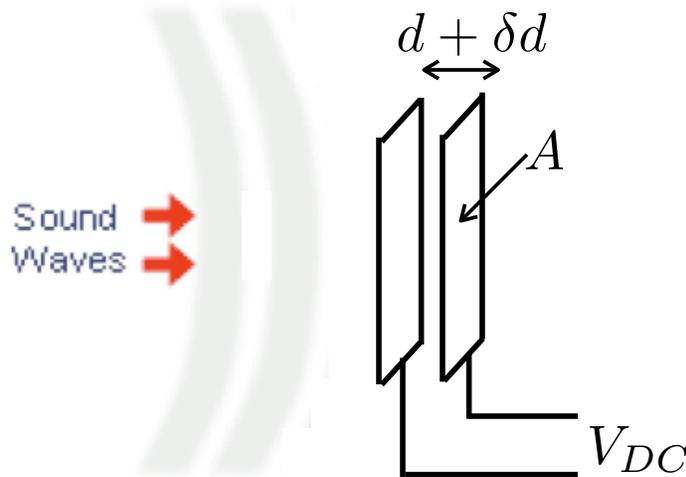
- Sensitivity: ($\pm 10\%$) 100 mV/g (10.2 mV/(m/s²))
- Measurement Range: ± 50 g pk (± 490 m/s² pk)
- Broadband Resolution: (1 to 10000 Hz) 0.0003 g rms (0.003 m/s² rms)
- Frequency Range: ($\pm 5\%$) 1 to 4000 Hz
- Weight: 0.7 oz (20 gm)



Ejemplo 3: Micrófono capacitivo



El diafragma se mueve en presencia de una onda acústica y a su vez es parte de un condensador.

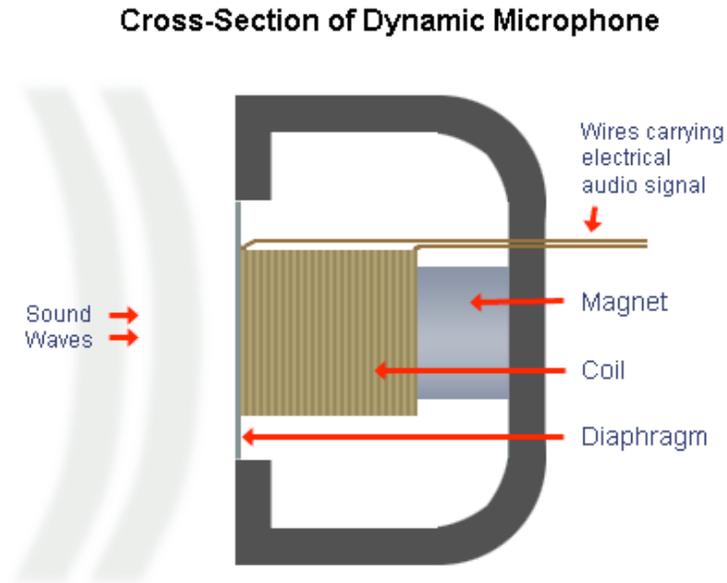


$$Q = V_{DC} C(d) = V_{DC} \cdot \epsilon \frac{A}{d}$$

$$Q = V_{DC} \cdot \epsilon \frac{A}{d + \delta d} \approx V_{DC} \epsilon \frac{A}{d} \left(1 - \frac{\delta d}{d} \right)$$

Las variaciones de carga Q a medir son pequeñas, se mide la corriente producida por los cambios de Q

Ejemplo 4: Micrófono Dinámico (de bobina móvil)



El diafragma se mueve en presencia de una onda acústica y a su vez está adherido a una bobina enrollada entorno a un imán

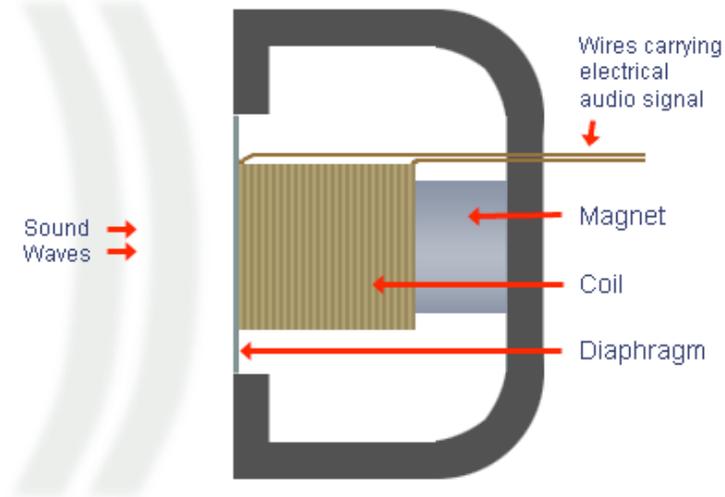
Ley de inducción de Faraday: Se induce una fuerza electromotriz por cambios en el flujo magnético

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$

En este caso se mide la fem inducida

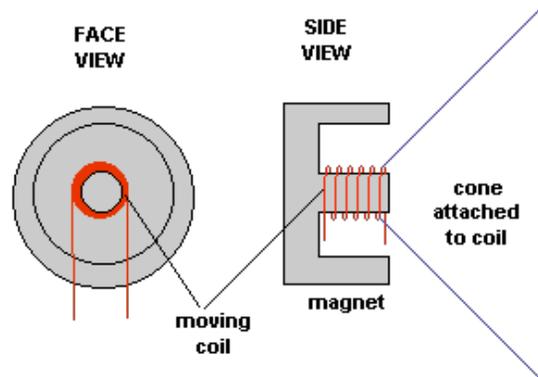
Ejemplo 4: Micrófono Dinámico (de bobina móvil)

Cross-Section of Dynamic Microphone



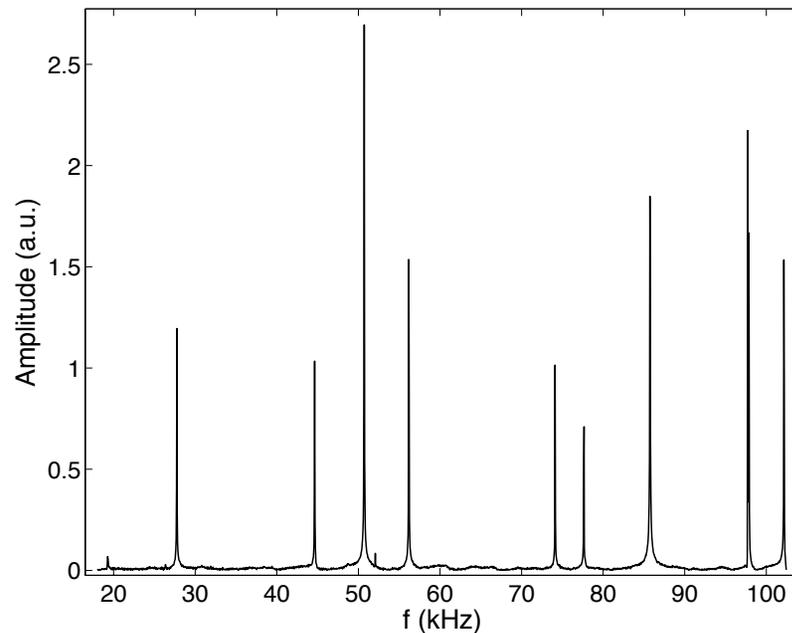
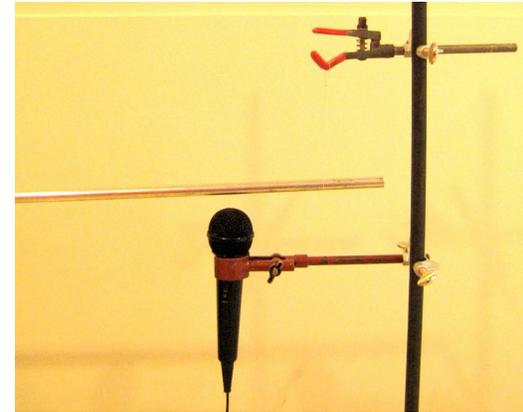
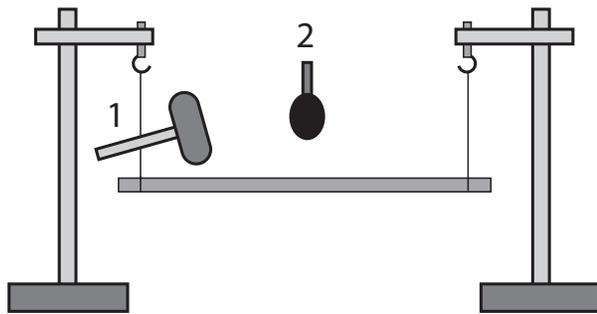
El diafragma se mueve en presencia de una onda acústica y a su vez está adherido a una bobina enrollada entorno a un imán

Un parlante y un vibrador electromecánico funcionan con este mismo principio pero al revés.



Ejemplo 4: Micrófono Dinámico (de bobina móvil)

Unidad 3: caracterización acústica de una barra mediante técnica de impulsión y análisis de Fourier (Guías 6 y 7, 26 de oct. al 6 de nov.)



A partir de la señal temporal la “transformada de Fourier discreta” se obtienen las frecuencias de resonancia de la barra, con lo cual se puede medir sus constantes elásticas

Micrófono comercial y sus características

Panasonic modelo RP-VK21 Micrófono dinámico

Directividad: Unidireccional

Impedancia: 600 ohm

Sensibilidad: -53dB (0 dB = 1 V/Pa, 1kHz)

Respuesta en frecuencia: 80 Hz - 12 kHz

Peso: 215 gr

SKU (Código de producto): 1473268



[Agrandar Imagen](#)

[Imprimir Ficha](#)

Precios exclusivos para Falabella.com y Venta Telefónica

Panasonic Microfono Mod,RP-VK21

Precio Internet : \$4.990

Normal :\$5.990

CMR Puntos : 41

¿Listo(a) para comprar?

1. cantidad :

2.

CONSULTAS RELACIONADAS CON LA COMPRA:

- [Costo de despacho y plazos de entrega](#)
- [Ver toda la colección Panasonic](#)
- [Ver otros medios de pago](#)

Calcula el valor de tu cuota CMR:

Nº cuotas

Valor cuota \$

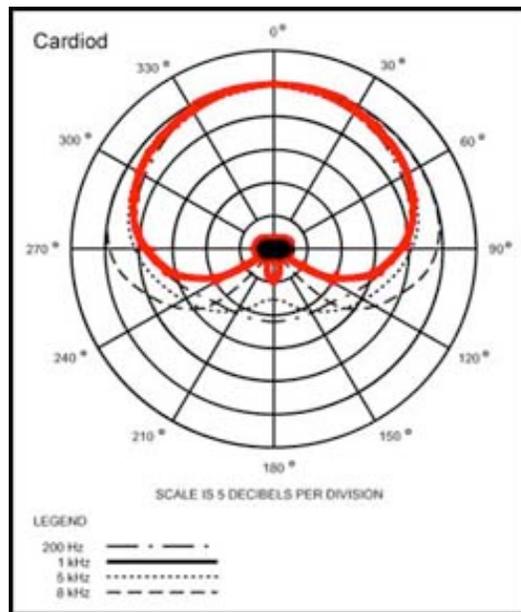
Micrófono comercial y sus características

Panasonic modelo RP-VK21 Microfóno dinámico

Directividad: Unidireccional

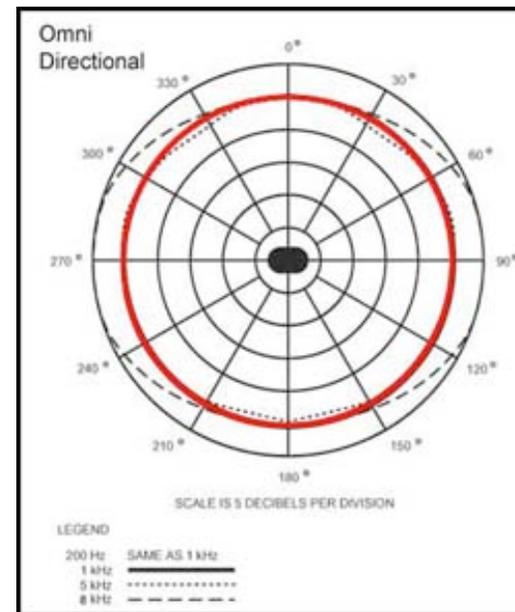
Patrones polares típicos de recepción:

Unidireccional



Detectan en una dirección

Omnidireccional



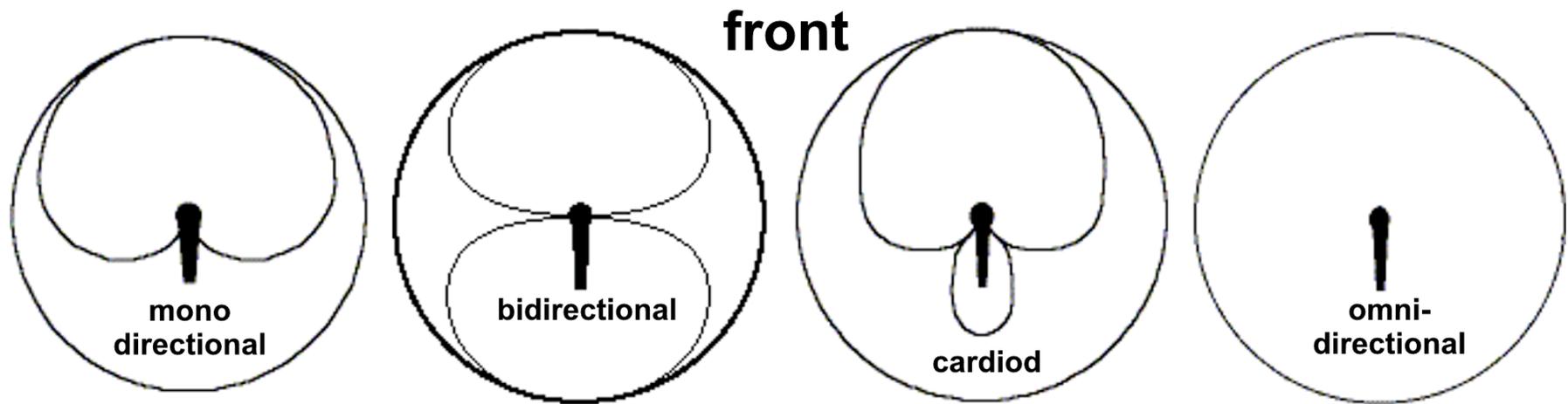
Detectan en todas direcciones

Micrófono comercial y sus características

Panasonic modelo RP-VK21 Microfóno dinámico

Directividad: Unidireccional

Patrones polares típicos de recepción:



Micrófono comercial y sus características

Panasonic modelo RP-VK21 Microfóno dinámico

Sensibilidad: -53dB (0 dB = 1 V/Pa, 1 kHz)

Qué es esta sensibilidad?

Antes, qué es la escala decibel (dB)?

Es una escala logarítmica de medida de intensidad o potencia.

$$\text{dB} = 10 \log \frac{I}{I_r}$$

← Intensidad de referencia

Asumiendo que la intensidad y la presión acústica se relacionan: $I \propto p^2$

Se obtiene:

$$\text{dB} = 20 \log \frac{p}{p_r}$$

Micrófono comercial y sus características

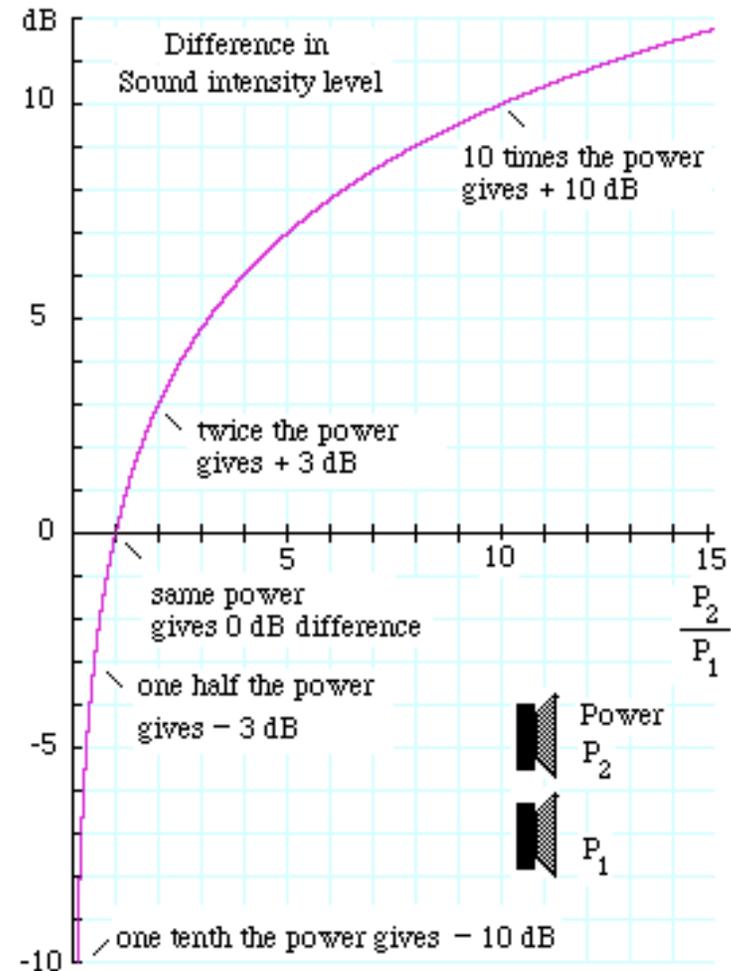
Panasonic modelo RP-VK21 Microfóno dinámico

Sensibilidad: -53dB (0 dB = 1 V/Pa, 1 kHz)

Qué es esta sensibilidad?

Antes, qué es la escala decibel (dB)?

$$\text{dB} = 10 \log \frac{I}{I_r}$$



Micrófono comercial y sus características

Panasonic modelo RP-VK21 Microfóno dinámico

Sensibilidad: -53dB (0 dB = 1 V/Pa, 1kHz)

$$\text{dB} = 20 \log \frac{p}{p_r}$$

Normalmente, $p_r = 20 \mu\text{Pa}$ que es el umbral audible humano

Entonces, si se tiene que un parlante da una presión de 100 dB a 1 m de distancia, entonces

$$100 \text{ dB} = 20 \log \frac{p}{20 \mu\text{Pa}}$$

$$\rightarrow p = 2 \text{ Pa!}$$

$$\rightarrow I/I_r = 10^{10} !$$

Micrófono comercial y sus características

Panasonic modelo RP-VK21 Microfóno dinámico

Sensibilidad: -53dB (0 dB = 1 V/Pa, 1 kHz)

Source of Sound/Noise	Approximate Sound Pressure in μPa
Launching of the Space Shuttle	2,000,000,000
Full Symphony Orchestra	2,000,000
Diesel Freight Train at High Speed at 25 m	200,000
Normal Conversation	20,000
Soft Whispering at 2 m in Library	2,000
Unoccupied Broadcast Studio	200
Softest Sound Human can Hear	20

← 2 Pa!

Micrófono comercial y sus características

Panasonic modelo RP-VK21 Microfóno dinámico

Sensibilidad: -53dB (0 dB = 1 V/Pa, 1kHz)

Calculemos la sensibilidad, es decir el factor de conversión α de presión a voltaje

$$V = \alpha \cdot p$$

$$V_r = \alpha_r \cdot p_r$$

$$V_r = 1 \text{ V} ; p_r = 1 \text{ Pa} \rightarrow \alpha_r = 1 \frac{\text{V}}{\text{Pa}}$$

$$\rightarrow -53 \text{ dB} = 20 \log \frac{\alpha}{\alpha_r}$$

$$\alpha = 2.24 \times 10^{-3} \alpha_r$$

$$\alpha = 2.24 \frac{\text{mV}}{\text{Pa}}$$