



# Psicoacustica

## Parte 2

---

Prof. Filippo Milotta  
milotta@dmi.unict.it



# Il suono – Percezione umana

- In che modo le grandezze fisiche che caratterizzano le onde (frequenza, ampiezza o l'intero spettro), influiscono sulla percezione del suono?

Grandezza	Percezione
Frequenza	Suono acuto o grave
Ampiezza	Volume alto o basso
Spettro	Timbro o armonia del suono

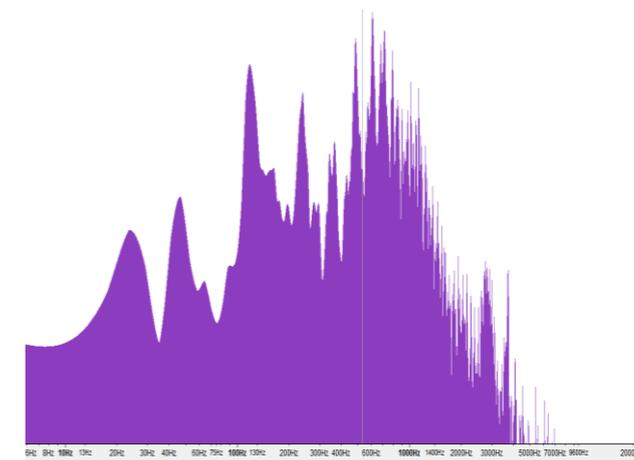
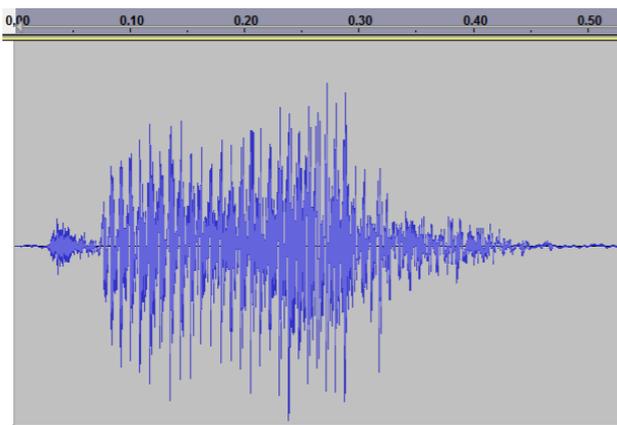
- In realtà ogni grandezza influenza in misura minore le percezioni legate alle altre due grandezze.



# Altezza percepita (dal testo)

- Il parametro percettivo dell'altezza (=ampiezza, volume) è legato in generale alla nozione di **frequenza fondamentale** di un suono
- Nel caso di segnali complessi, individuare la frequenza fondamentale potrebbe non essere immediato e si procede per inferenza
  - Altezza residua o frequenza fantasma
    - Si cerca cioè di stimare quale poteva essere la frequenza fondamentale

Forma d'onda

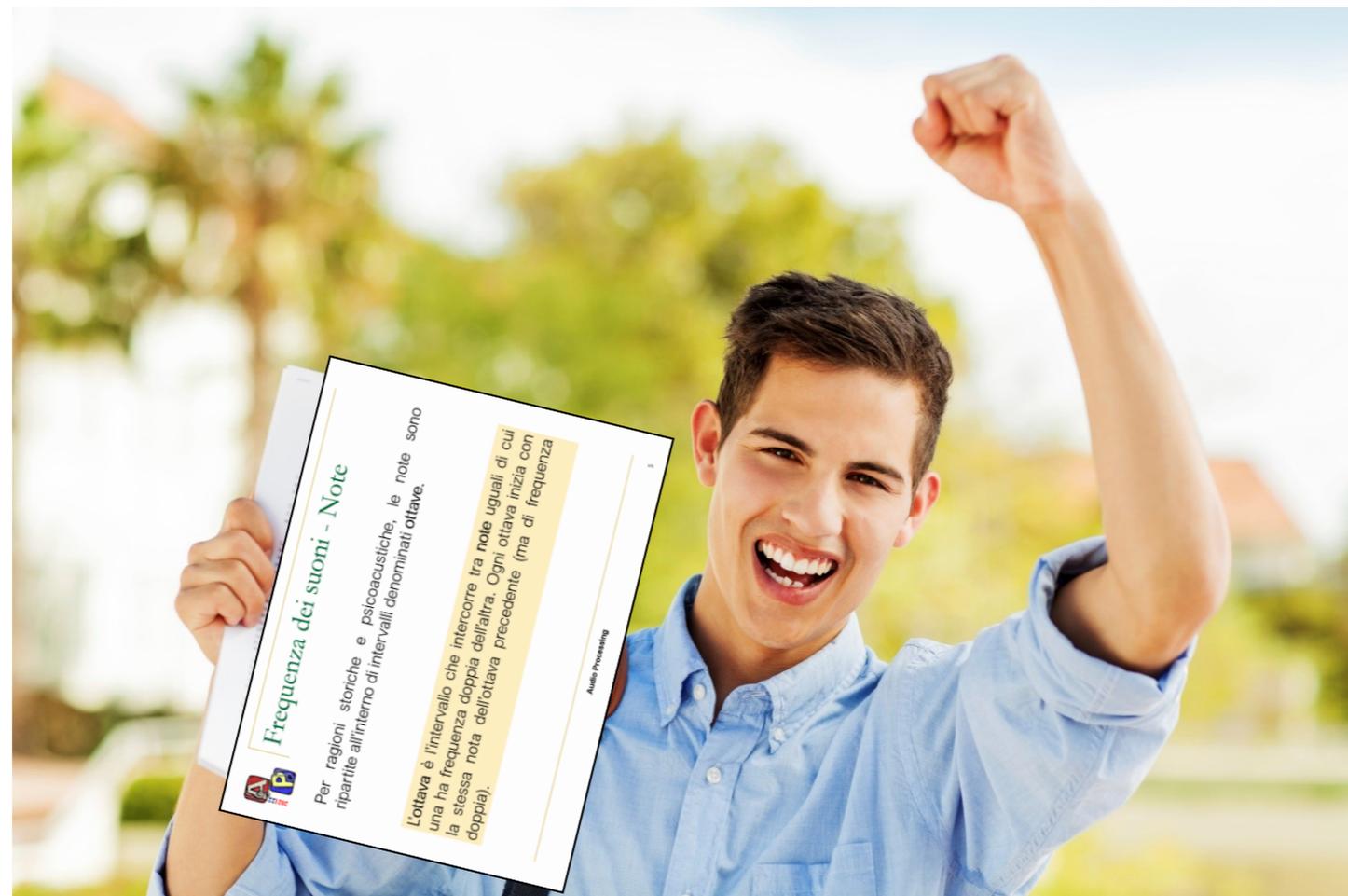


Spettro



# Altezza percepita

- Dal punto di vista della frequenza fondamentale, si rimanda al concetto di ottava già definito nelle precedenti lezioni
- Lez 6 – Acustica 6, slide 5 e seguenti





# Percezione...

## Un esempio con la luce

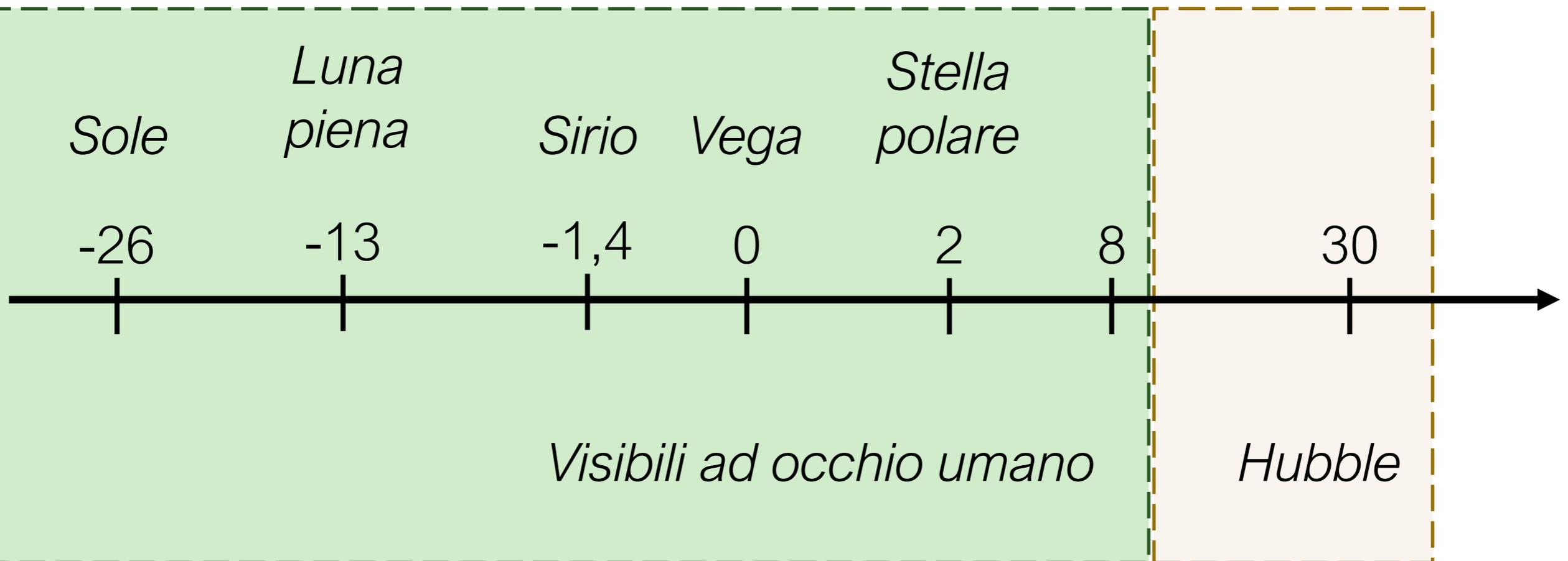
- In astronomia si distingue la luminosità delle stelle in *apparente* ed *assoluta*
  - Accade così che stelle tanto luminose ma lontane possano essere *percepite* come meno luminose rispetto a stelle poco luminose ma vicine





# Approfondimento: Magnitudine apparente della luminosità

- Inizialmente c'erano solo 6 magnitudini da 1 a 6, poi fu formalizzata in una scala completa





# Ampiezza – Decibel SIL

L'ampiezza di un'onda sonora può anche essere misurata in funzione dell'intensità attraverso una superficie di un metro quadro. In questo caso si utilizzano i decibel SIL (Sound Intensity Level), simbolo **dB<sub>SIL</sub>**

In particolare, sia  $I$  l'intensità di un suono ( $\frac{W}{m^2}$ ), si definisce livello di intensità sonora:

$$SIL = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

Dove  $I_0$  è l'intensità associata alla soglia minima di udibilità, pari a  $10^{-12} \frac{W}{m^2}$ . Sebbene in alcuni casi i valori SPL e SIL coincidano, essi hanno comunque un significato fisico differente.



# Volume percepito

- L'ampiezza si può misurare in termini di intensità tramite il Sound Intensity Level (SIL)
- La soglia minima di udibilità in termini di intensità è  $I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$  per un suono di 1000 Hz
  - La percezione del volume è legata anche alla frequenza!
- L'unità di misura del volume percepito sono i foni (phons)
  - Ovviamente non ha nulla a che fare con i foni per asciugare i capelli... ma così è facile ricordarli





# Volume percepito – Il phon (dal testo)

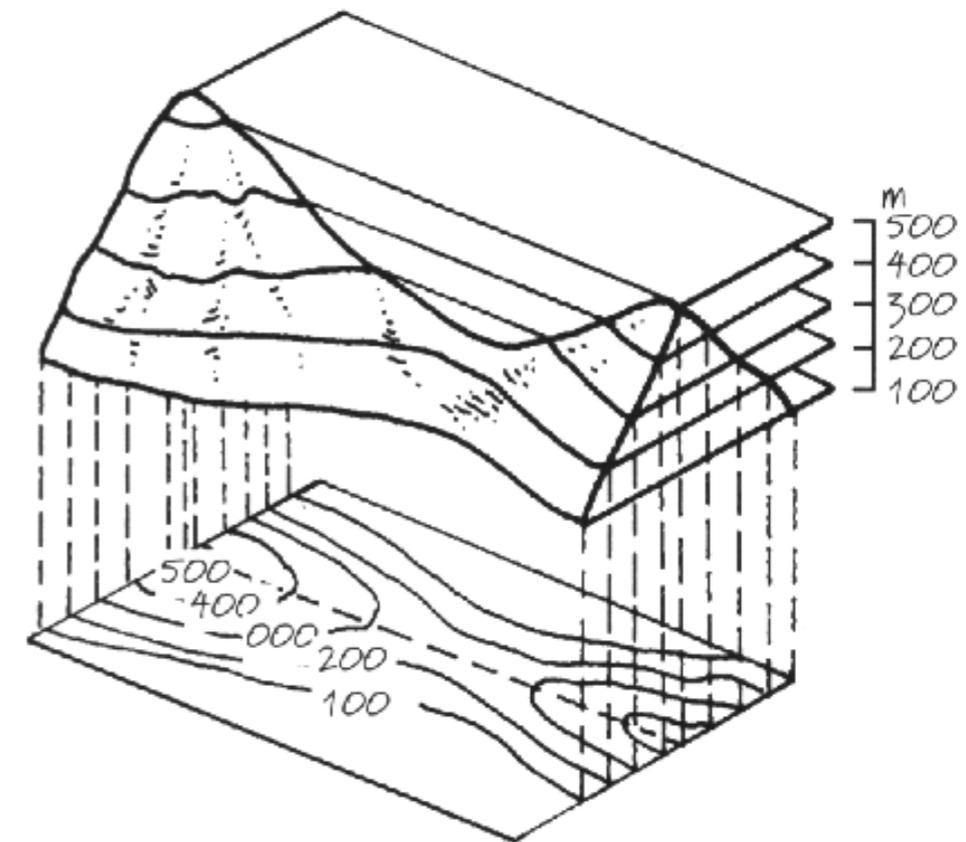
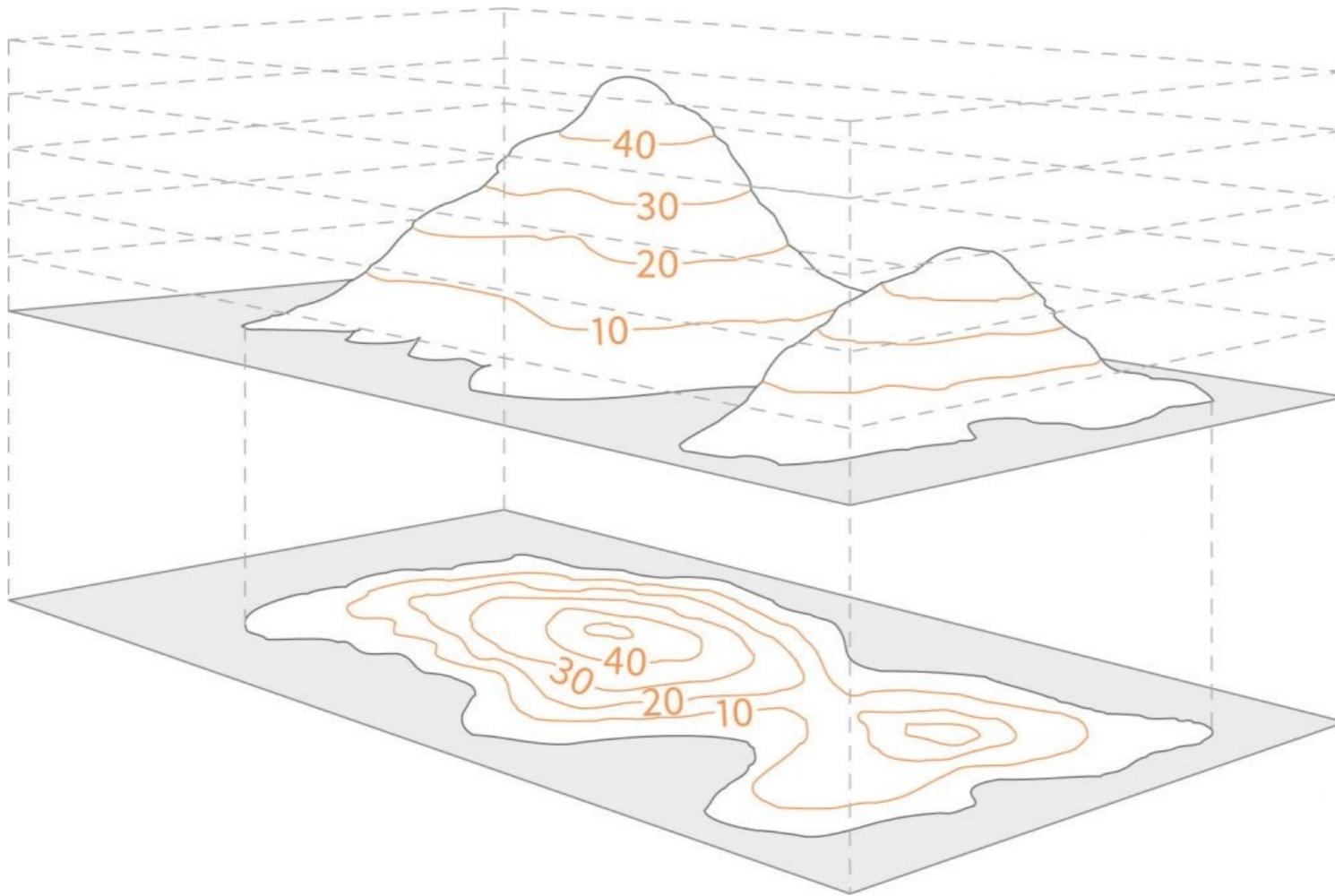
- Un suono ha un volume di  $x$  phon, se un suono di 1000 Hz che viene percepito con lo stesso volume ha un'intensità di  $x$  dB
  - Per esempio il valore della pressione sonora corrispondente alla curva isofonica di 40 phon, per un suono puro con frequenza pari a 1000 Hz, equivale a 40 dB mentre alla frequenza di 500 Hz equivale a circa 38 dB
- Diagramma di Fletcher-Munson delle curve isofoniche (o isofone), costruito in maniera statistica ed empirica





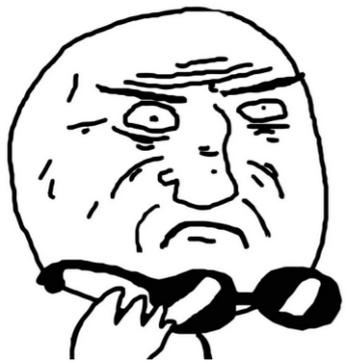
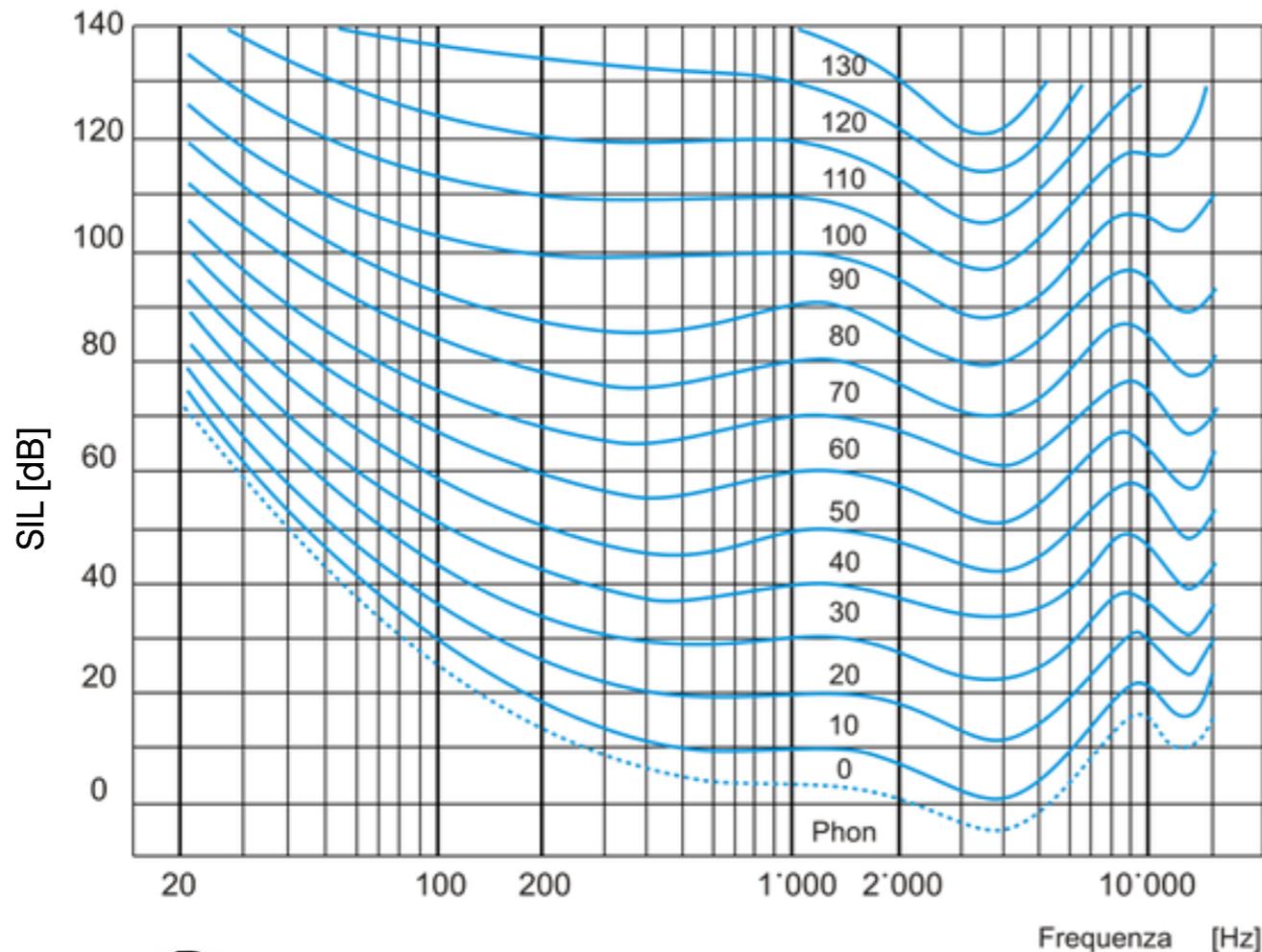
Prima di vedere le curve isofoniche...  
...diamo un'occhiata alle curve isometriche

- Ogni curva identifica tutti i punti *isometrici*,  
cioè *alla stessa altezza*





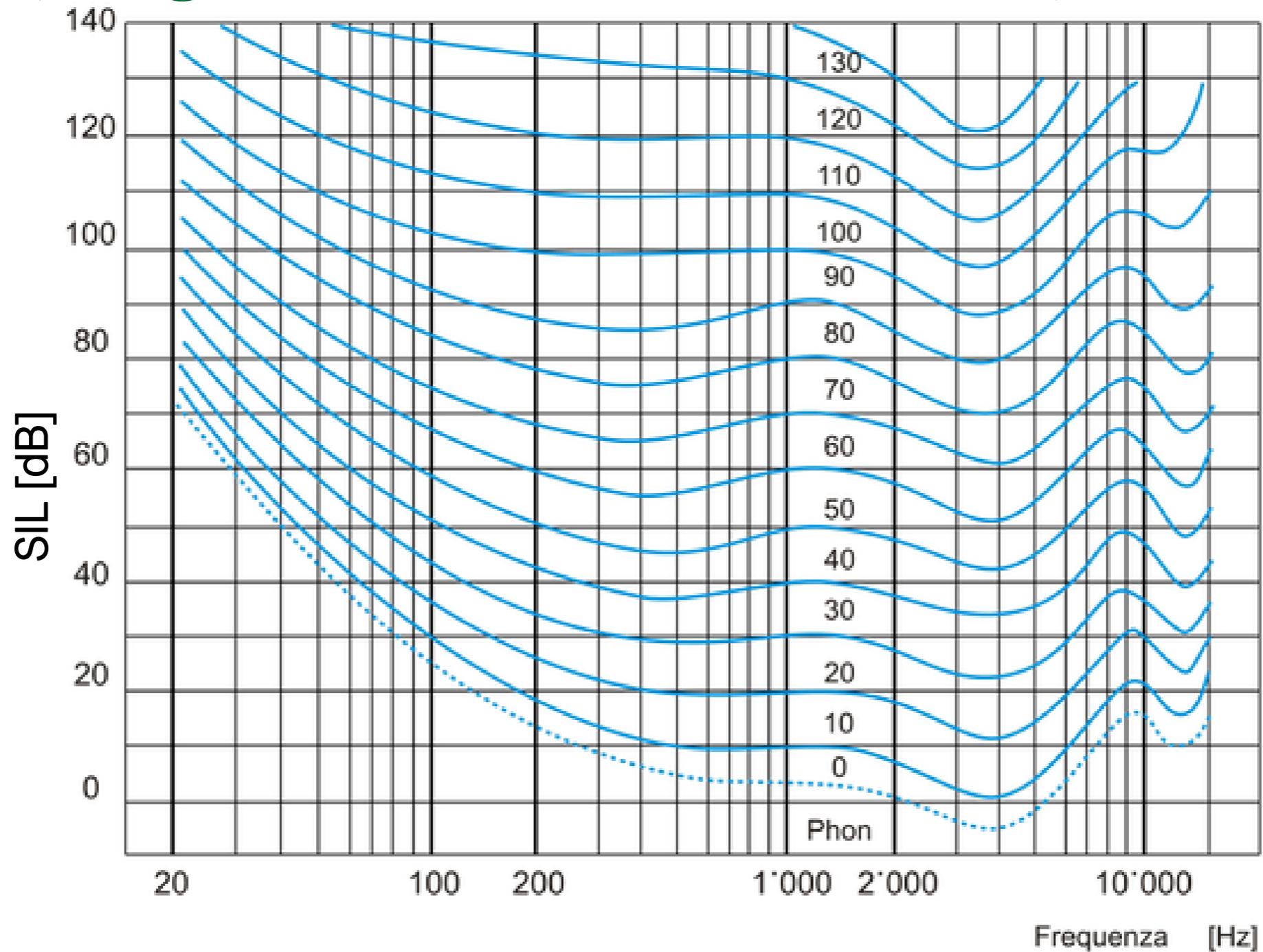
# Curve isofoniche (dal testo)



- I punti che fanno parte della stessa curva *isofonica* vengono percepiti come aventi *lo stesso volume*
- Nel punto  $(x,y)$  del diagramma viene rappresentato un tono di frequenza  $x$  Hz a un'intensità di  $y$  dB



# Curve isofoniche (Diagramma Fletcher-Munson)

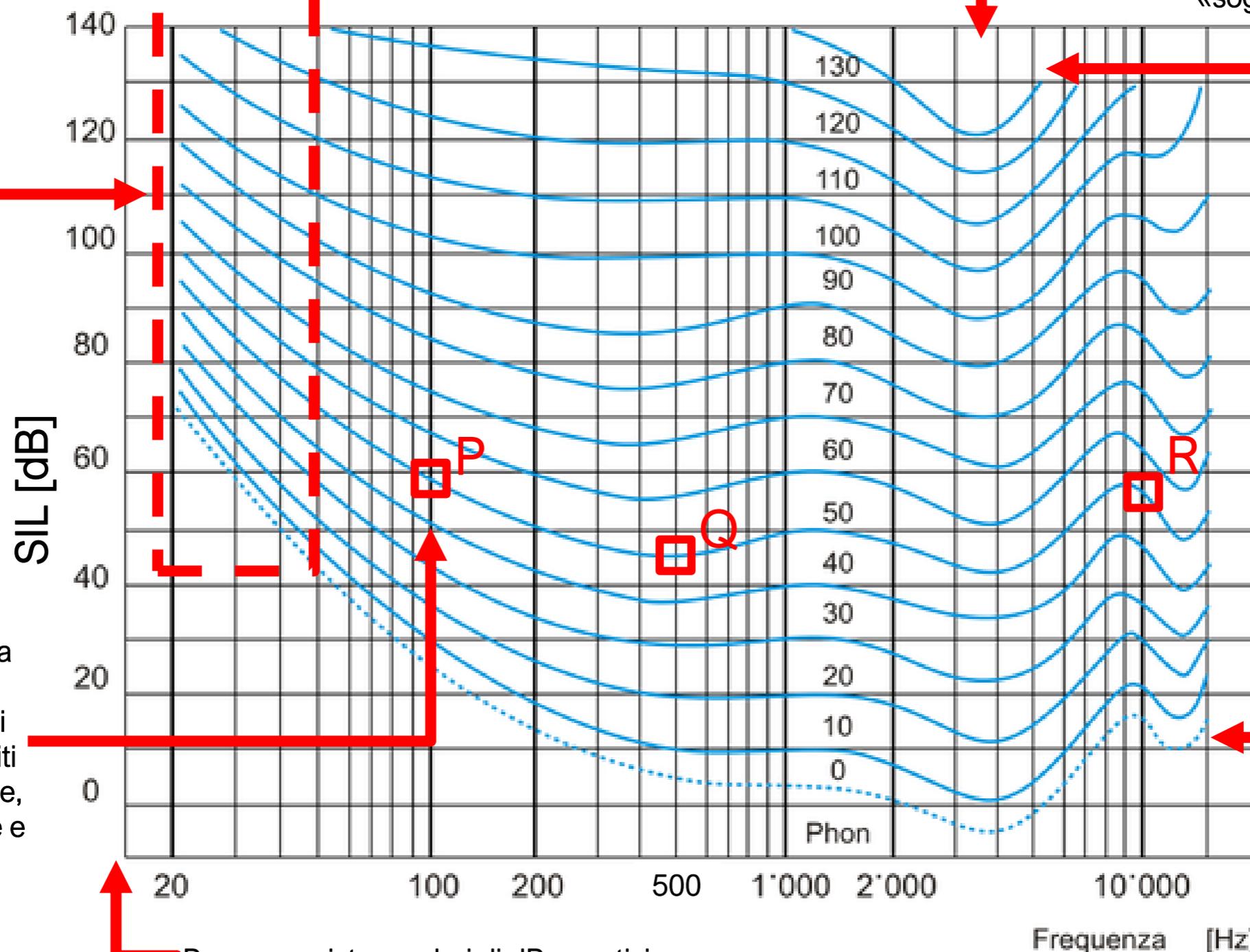




# Curve isofoniche

Sensibilità Massima:  
Riusciamo a percepire con un'intensità più bassa.  
Le curve definiscono delle «soglie di udibilità»

Suoni a bassa frequenza necessitano di un'intensità maggiore per essere uditi



*Threshold of Pain*  
Curva associata alla Soglia del dolore (140dB SIL)

*THQ*  
*Threshold in Quiet*  
Soglia «Assoluta» di udibilità (utile per alcune applicazioni, ad es. la compressione)

Dal testo:  
I suoni P, Q ed R sulla curva da 50 phon rappresentano suoni che vengono percepiti tutti allo stesso volume, pur avendo frequenze e dB differenti

Possono esistere valori di dB negativi



# Harvey Fletcher (1884 – 1981)

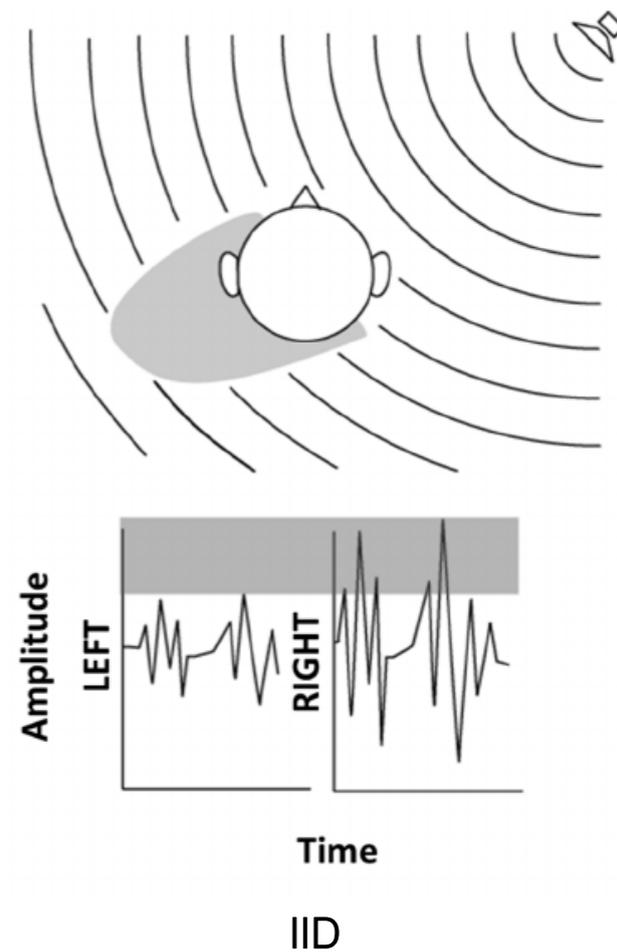
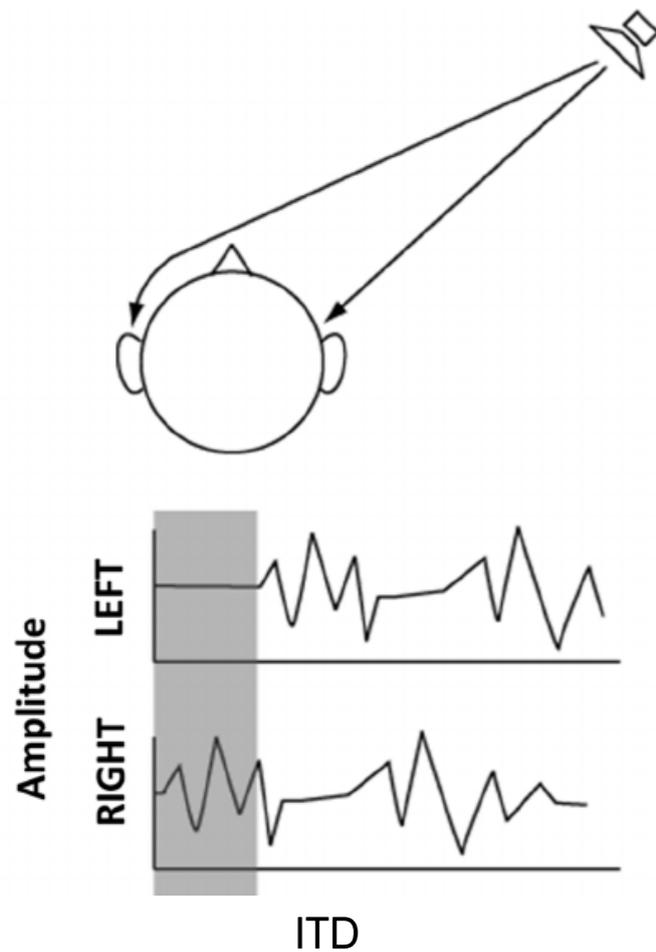
- Noto come *Il padre della Stereofonia*
- Fisico, contribuì agli studi sulla percezione sonora. Lavorò nei Bell Labs, dove fu autore della prima trasmissione stereofonica dal vivo. Morì per un ictus.





# Stereofonia: Localizzazione delle sorgenti sonore → ITD e IID

- Interaural Time Difference (ITD)
- Interaural Intensity/Level Difference (IID o ILD)





# Approfondimenti

- *[EN] YouTube: ITD and how to find your phone*  
[https://www.youtube.com/watch?v=CqB95rj\\_txl](https://www.youtube.com/watch?v=CqB95rj_txl)
- *[EN] YouTube: shooting drones and why dogs tilt their heads*  
<https://www.youtube.com/watch?v=Oai7HUqncAA>