



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

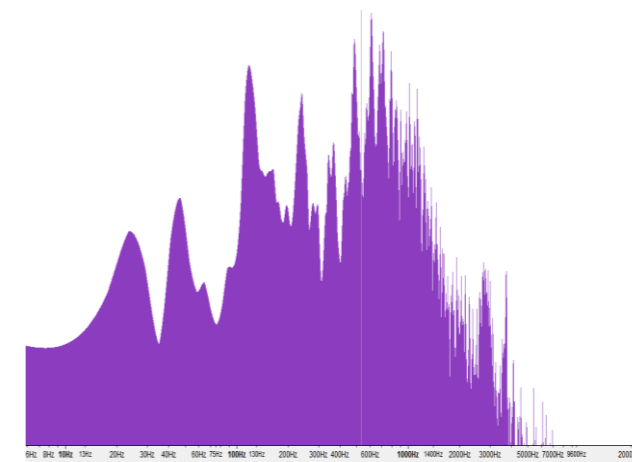
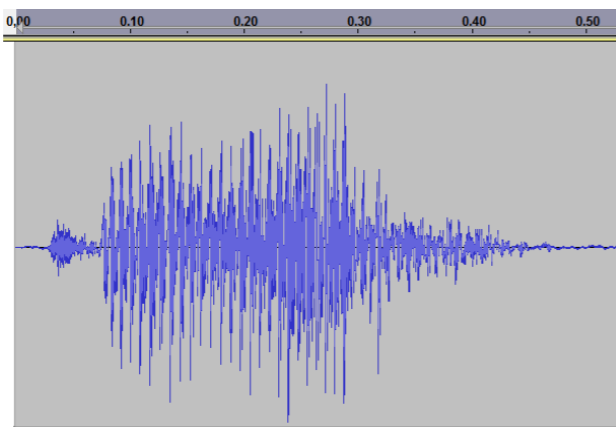
- In realtà ogni grandezza influenza in misura minore le percezioni legate alle altre due grandezze.



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

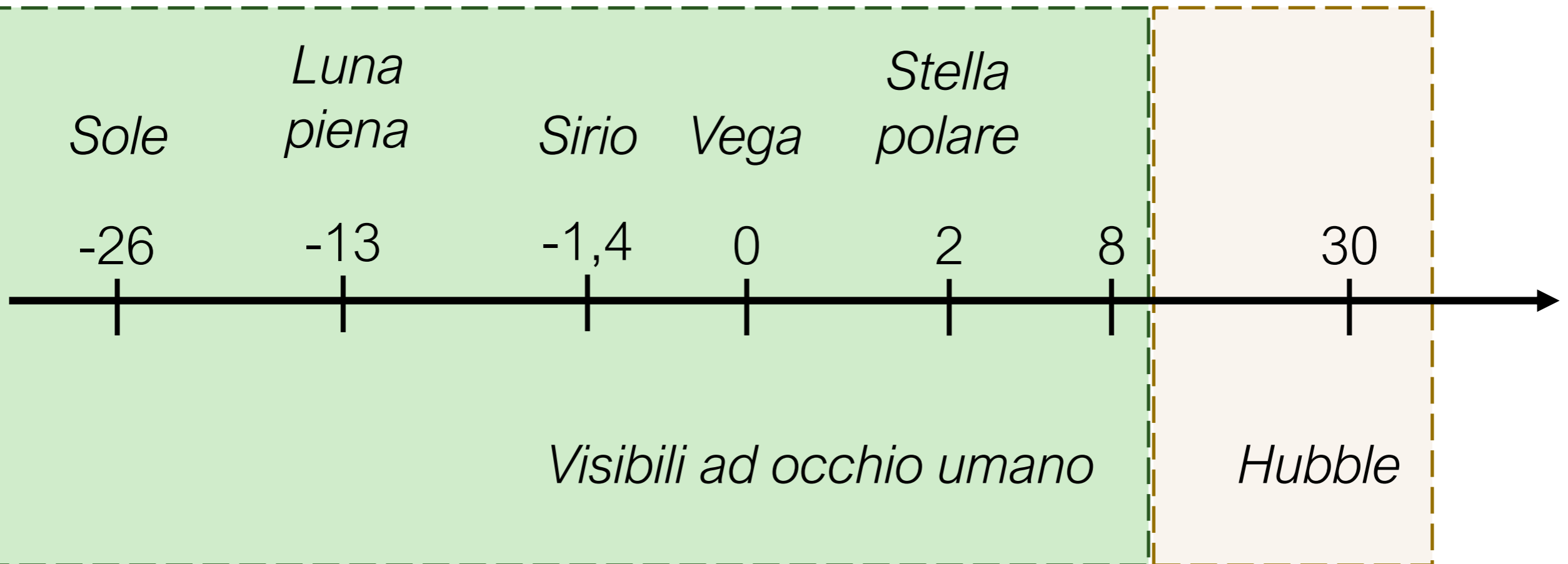
- In astronomia si distingue la luminosità delle stelle in *apparente* ed *assoluta*
 - Accade così che stelle tanto luminose ma lontane possano essere *percepite* come meno luminose rispetto a stelle poco luminose ma vicine





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_{SIL}**

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)

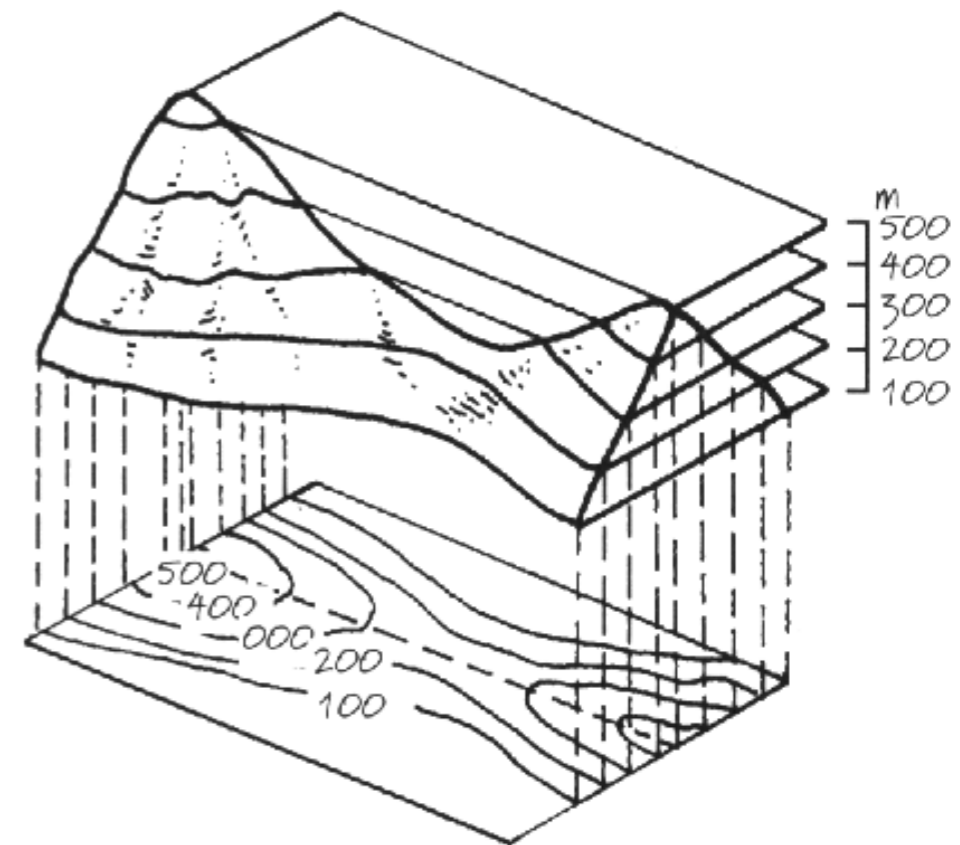
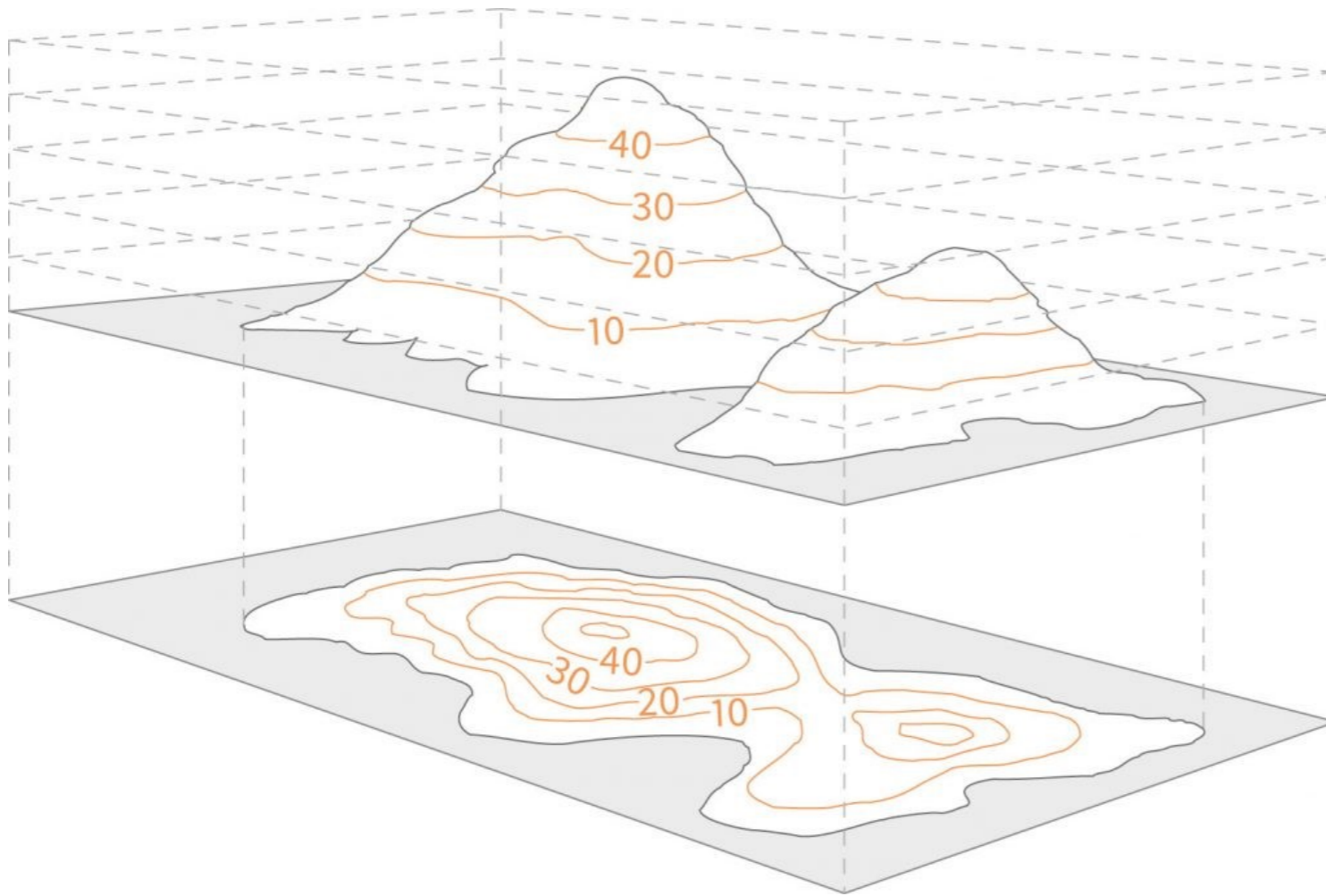
- Un suono ha un volume di x phon, se un suono di 1000 Hz che viene percepito con lo stesso volume ha un'intensità di x dB
 - Per esempio il valore della pressione sonora corrispondente alla curva isofonica di 40 phon, per un suono puro con frequenza pari a 1000 Hz, equivale a 40 dB mentre alla frequenza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





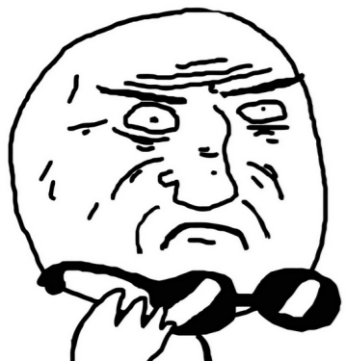
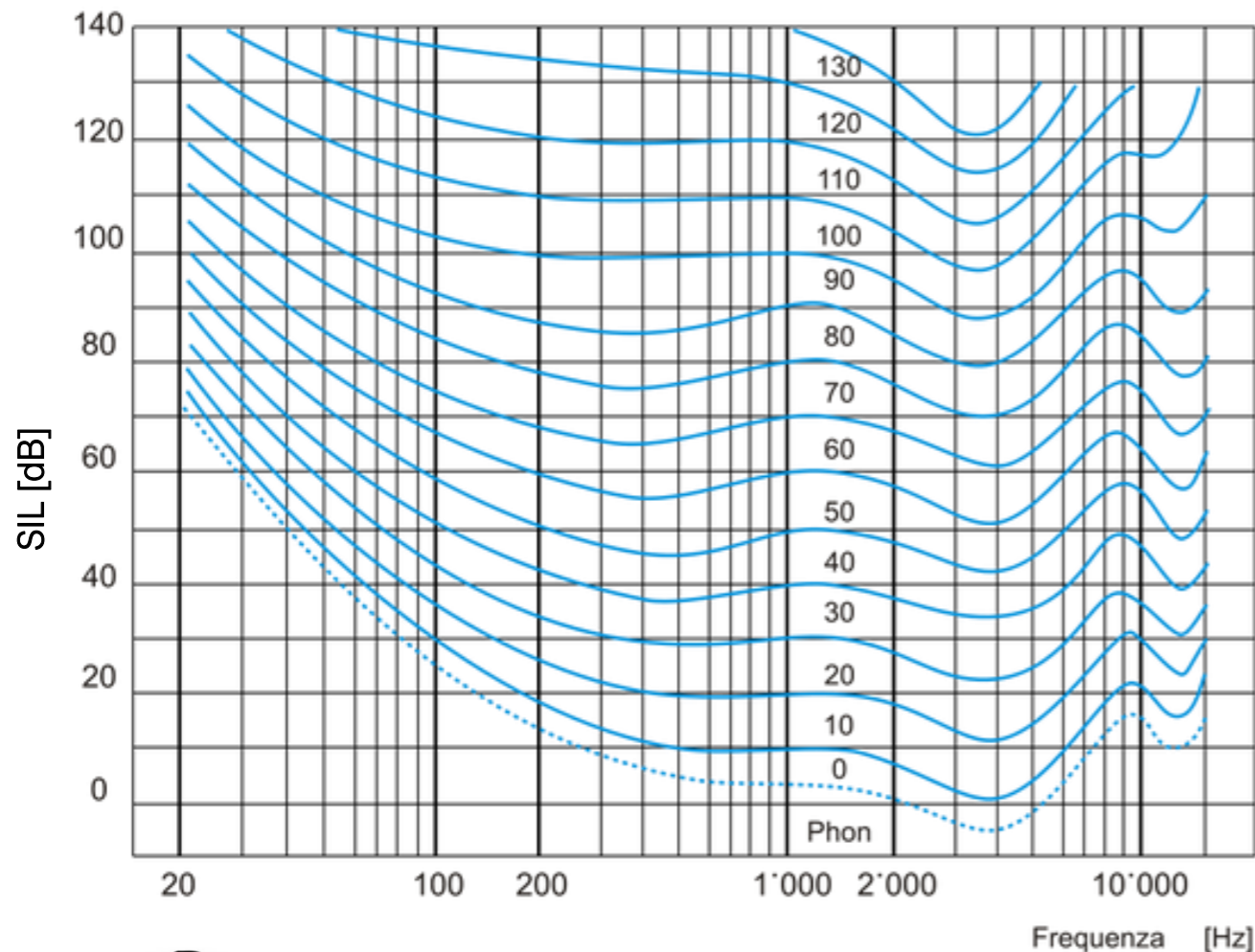
Prima di vedere le curve isofoniche...
...diamo un'occhiata alle curve isometriche

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





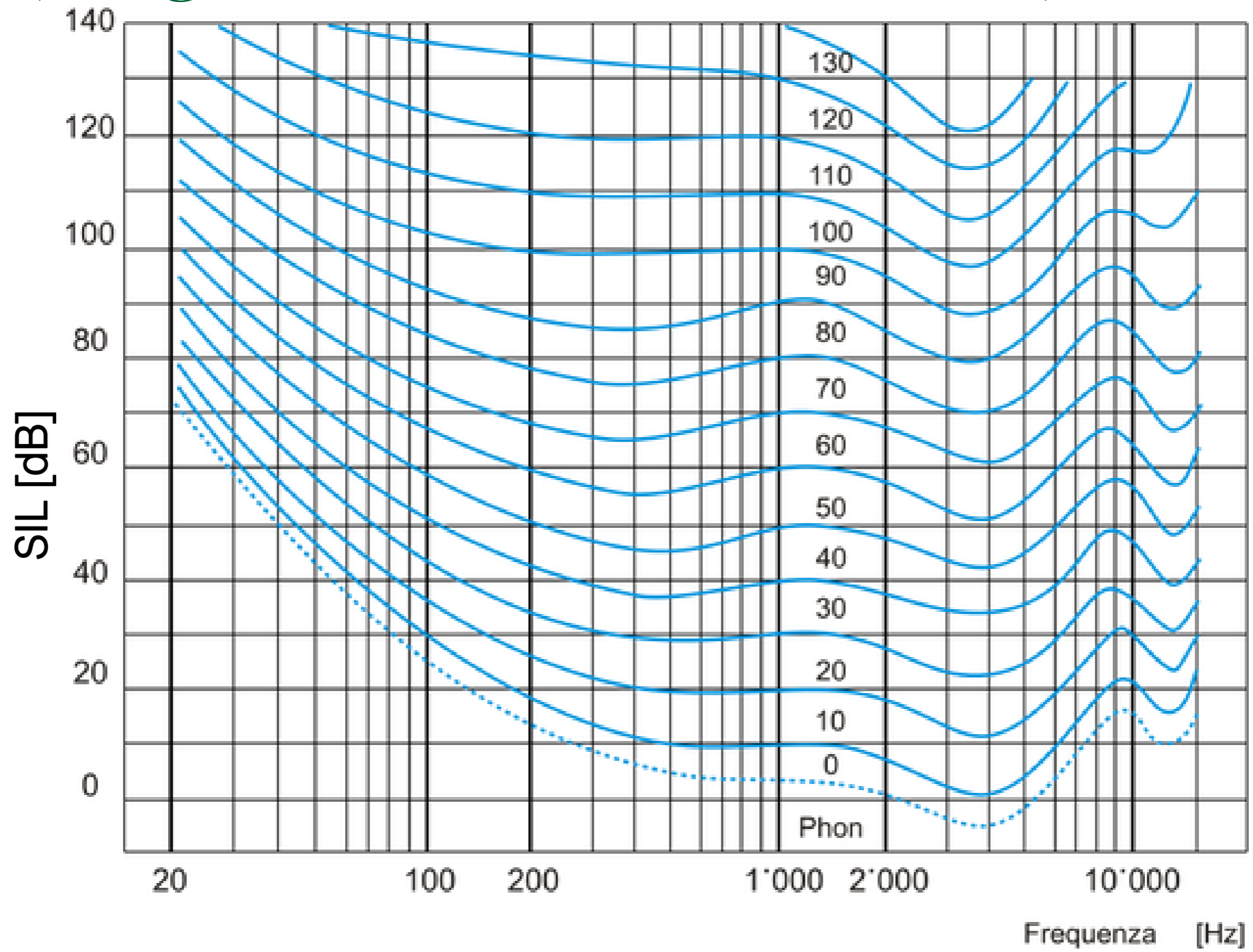
Curve isofoniche (dal testo)



- 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)

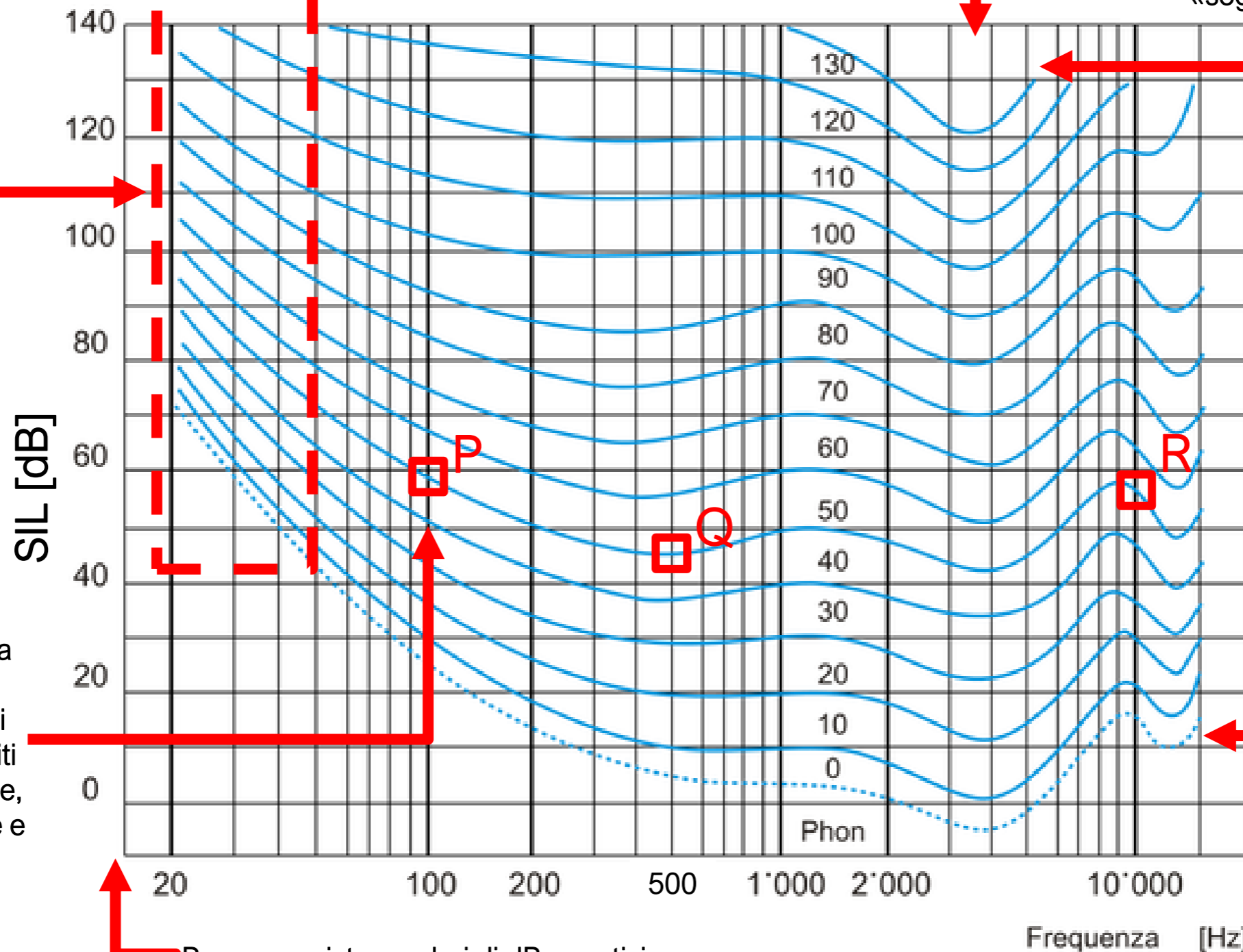




Curve isofoniche

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)

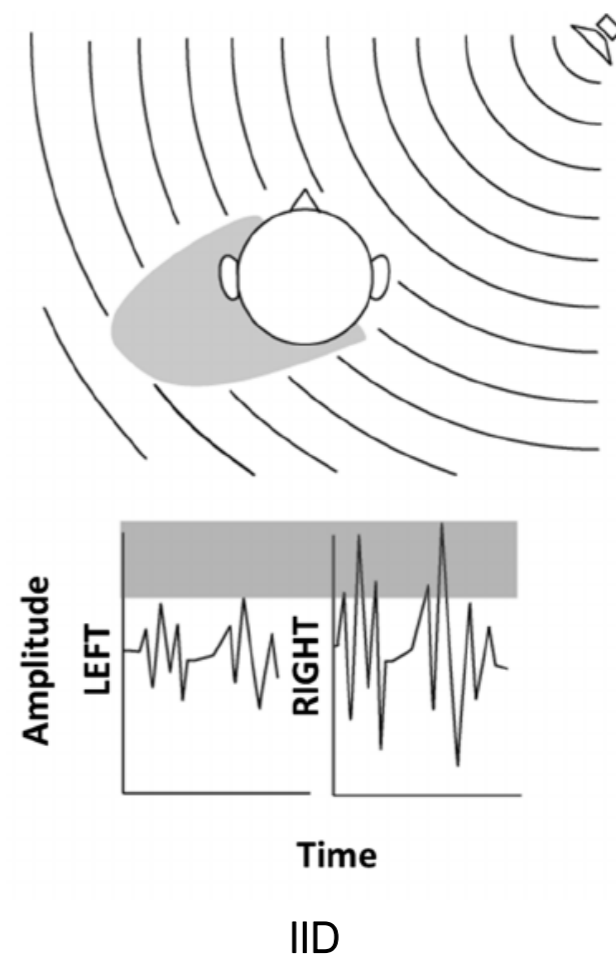
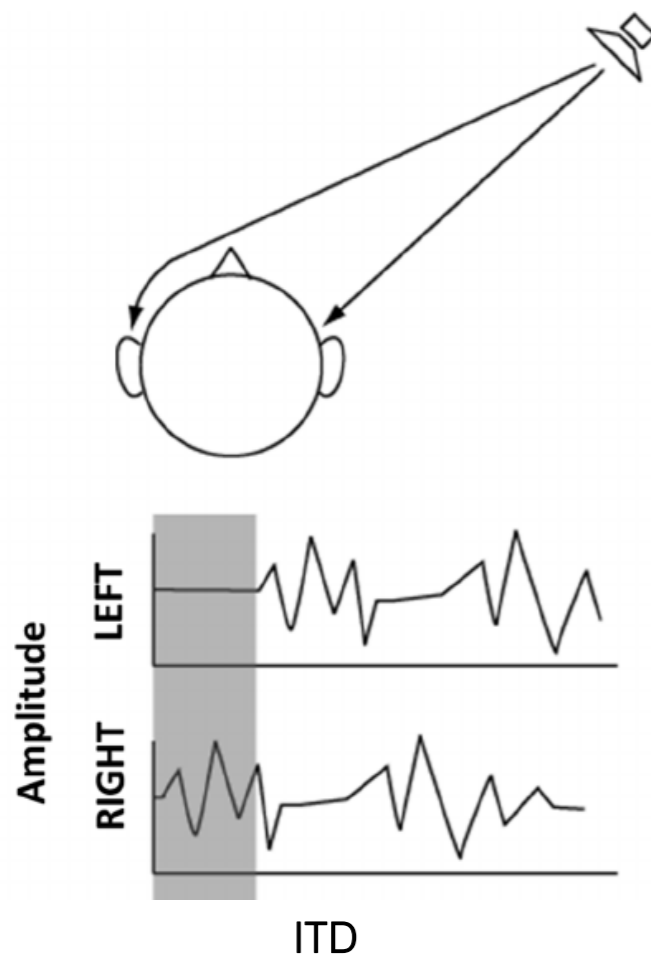
- Noto come *Il padre della Stereofonia*
- Fisico, contribuì agli studi sulla percezione sonora. Lavorò nei Bell Labs, dove fu autore della prima trasmissione stereofonica dal vivo. Morì per un ictus.





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
- *[EN] YouTube: shooting drones and why dogs tilt their heads*
<https://www.youtube.com/watch?v=Oai7HUqncAA>