



# INFORMATICA MUSICALE

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA**  
**DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA**  
**LAUREA TRIENNALE IN INFORMATICA**  
**A.A. 2019/20**  
**Prof. Filippo L.M. Milotta**

**ID PROGETTO:** 0C

**TITOLO PROGETTO:** Conduzione ossea

**AUTORE 1:** Amenta Daniele

**AUTORE 2:** Cataldo Cristian

**AUTORE 3:** D'Agosta Daniele

## Indice

<b>1. Obiettivi del progetto .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Vantaggi e svantaggi .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Dispositivi che utilizzano la conduzione ossea .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Riferimenti Bibliografici .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Argomenti Teorici Trattati .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Cenni sulle onde .....</b>	<b>6</b>
<b>3.2 Vibrazione, propagazione, rilevazione .....</b>	<b>7</b>
<b>3.3 Fisiologia dell'udito .....</b>	<b>7</b>

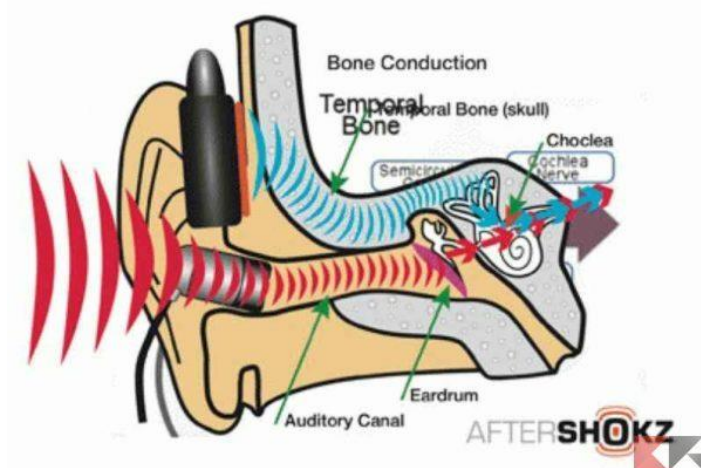
## 1. Obiettivi del progetto

La **conduzione ossea** è la conduzione del suono all'orecchio interno attraverso le ossa del cranio.

Tra i primi a rendersi conto di quanto le ossa del viso partecipino alla "composizione" del suono all'interno del cervello è stato **Ludwig van Beethoven**. Il celebre compositore tedesco (*ma austriaco di adozione*) soffriva di **ipoacusia** (una sordità quasi completa) dall'età di 30 anni: per riuscire ad ascoltare le sue composizioni era solito legare un'asta al pianoforte e stringerla con i denti. In questo modo le vibrazioni del piano passavano attraverso l'asta e le ossa del viso, arrivando così fino all'orecchio interno.



La conduzione ossea utilizza le vibrazioni del cranio che, sfruttando proprio le ossa come mezzo trasmissivo, si propagano fino all'orecchio interno. Infatti, le frequenze più elevate fanno vibrare il cranio e le vibrazioni sono quindi trasmesse ai fluidi cocleari dalla compressione diretta della capsula otica, la cassa ossea che racchiude l'orecchio interno.



Poiché la membrana della finestra ovale è più sensibile alle vibrazioni rispetto alla staffa, queste si trasmettono nella perilinfia, liquido extra-cellulare presente all'interno della coclea, della scala vestibolare e stimolano l'organo di Corti. Questo tipo di trasmissione è nota come **conduzione ossea di compressione**.

Per quanto riguarda le frequenze più basse, quelle sotto i 1500 Hz, il cranio si muove come un corpo rigido: gli ossicini

sono meno colpiti e si muovono meno liberamente rispetto alla coclea e ai margini della finestra ovale a causa della loro inerzia e della loro sospensione all'interno della cavità dell'orecchio medio.

Il risultato è un movimento della finestra ovale rispetto alla catena dei tre ossicini (martello, incudine e staffa) producendo lo stesso effetto di una vibrazione degli ossicini stessi.

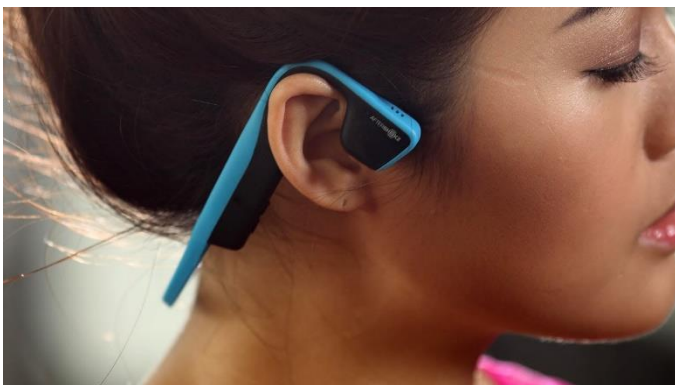
Questa forma di conduzione è nota come **conduzione ossea inerziale**.

La conduzione ossea del suono, però, non è un'esclusiva del genere umano. Le balene sono solite captare i suoni (o, per meglio dire, gli *ultrasuoni*) degli altri esemplari della specie sfruttando la mandibola piuttosto prominente: le vibrazioni risalgono sino al sistema uditivo e qui sono poi processate dai nervi e dal cervello.

La conduzione ossea è uno dei motivi principali per cui la voce di una persona ha un suono diverso rispetto a quando è registrata e riprodotta da un dispositivo.

Poiché il cranio trasmette basse frequenze meglio dell'aria, si tende a percepire la propria voce più bassa e intensa di quanto facciano gli altri, e per lo stesso motivo la registrazione della propria voce ha un suono più alto di quello che si è abituati a sentire.

Alcuni apparecchi acustici integrano la conduzione ossea e quindi permettono di ottenere un risultato equivalente a quello che si sentirebbe direttamente con le proprie orecchie. Gli auricolari a conduzione ossea sfruttano un *trasduttore elettromeccanico*, che converte i segnali elettrici in vibrazioni meccaniche, trasmettendo il suono all'orecchio interno attraverso le ossa del cranio.



La conduzione ossea sfrutta la peculiarità delle ossa del viso di trasmettere le vibrazioni. Le cuffie e gli auricolari che utilizzano questa tecnologia presentano normalmente un archetto che si fissa dietro la testa per fare in modo che risultino stabili una volta indossati.

Alle estremità troviamo una sorta di placca che va a posizionarsi tra mascella e mandibola.

Questa precisa posizione serve a garantire che la vibrazione sia effettivamente trasmessa correttamente all'interno del sistema uditivo.

## 1.1 Vantaggi e svantaggi

L'utilizzo di questa tecnologia porta ad alcuni **vantaggi**, poiché il condotto uditivo è libero, rimane in grado di percepire i rumori esterni, molto utile per l'utilizzo del dispositivo da sportivi che potranno mantenere l'attenzione sul traffico senza rinunciare al piacere di ascoltare la musica.

Questa tecnologia permette anche di preservare da eventuali lesioni il timpano poiché non è coinvolto nella trasmissione del suono; le cuffie a conduzione ossea, facendo transitare le vibrazioni del suono attraverso le ossa anziché il padiglione auricolare, mettono al sicuro da rischi o lesioni il timpano e le altre parti interne del sistema uditivo.

Lo **svantaggio** principale sembra invece essere nella qualità del suono, sebbene si tratti di una questione molto soggettiva, l'audio appare più ovattato e meno ricco, poiché con la conduzione ossea non si sfrutta l'effetto da cassa di risonanza dell'orecchio esterno.

## 1.2 Dispositivi che utilizzano la conduzione ossea

I prodotti a conduzione ossea sono solitamente classificati in **tre gruppi**:

- Prodotti ordinari come auricolari o cuffie;
- Apparecchi acustici e dispositivi di ascolto assistito;
- Prodotti di comunicazione specializzati (*per esempio per ambienti subacquei e ad alto rumore*).

Se tra gli svantaggi della conduzione ossea troviamo la qualità del suono visibilmente ridotta, le **Xtrainerz** nascono per essere utilizzate dagli appassionati di nuoto, in quanto la conduzione ossea si fa apprezzare soprattutto al mare o in piscina.



**IceBRKR** è una maschera da sci con un sistema Bluetooth che consente l'utilizzo di tutte le funzioni del proprio smartphone e tablet, lettori MP3, GPS delle principali marche. Attraverso Siri, Google Assistant e altri sistemi di voice activation, IceBRKR permette di rispondere al cellulare, effettuare chiamate, consultare la segreteria telefonica.

La trasmissione avviene mediante conduzione ossea infatti la maschera è dotata di due bacchette che entrano a contatto con il cranio ed è anche possibile poggiarle sul casco così che l'audio si irradiano su di esso e si avrà una sensazione di immersione totale.

I **FreeBuds 3** sono i rivoluzionari auricolari di casa HUAWEI. Grazie ad un sensore osseo integrato, gli auricolari catturano al meglio la voce attraverso le vibrazioni ossee rendendola più chiara e udibile durante le chiamate e riducendo al contempo il rumore ambientale.



## 2. Riferimenti Bibliografici

<https://www.actionrent.it/conduzione-ossea35dbc164>

Introduzione alla conduzione ossea

<https://www.webnews.it/speciale/conduzione-ossea/>

Approfondimento sulla conduzione ossea

<https://www.fastweb.it/smartphone-e-gadget/come-funzionano-le-cuffie-a-conduzione-ossea/>

Curiosità su Ludwig van Beethoven

<https://www.britannica.com/science/ear/Transmission-of-sound-by-bone-conduction#ref531903>

Funzionamento della conduzione ossea

<https://tg24.sky.it/tecnologia/now/2019/09/19/auricolari-conduzione-ossea.html>

Xtrainers: gli auricolari a conduzione ossea per gli appassionati di nuoto

<https://andreagaleazzi.com/recensione/recensione-maschera-sci-smart/>

IceBRKR: Maschera da Sci Smart

### 3. Argomenti Teorici Trattati

#### 3.1 Cenni sulle onde

Un'onda è una perturbazione di una grandezza fisica che si propaga nel tempo trasportando energia o quantità di moto. Le onde si classificano in base al mezzo di propagazione utilizzato, alla direzione di movimento delle particelle, alla forma e alla periodicità.

In base al mezzo in cui si trasmettono possiamo distinguere fra:

- **Onde meccaniche:** la perturbazione interessa le particelle della materia. Affinché avvenga la propagazione serve quindi un mezzo solido, liquido o gassoso;
- **Onde elettromagnetiche:** la perturbazione interessa grandezze elettromagnetiche. Questo tipo di onde non hanno bisogno di un mezzo di propagazione e possono propagarsi nel vuoto.

Le onde vengono classificate anche in base alla direzione verso cui si propagano. Distinguiamo tra:

- **Onde longitudinali:** le particelle perturbate si muovono lungo la stessa direzione di propagazione dell'onda;
- **Onde trasversali:** le particelle perturbate si muovono lungo la direzione perpendicolare a quella di propagazione dell'onda.

Possiamo fare una classificazione anche in base alla forma dell'onda. Classifichiamo l'onda in:

- **Onda sinusoidale:** la relazione tra il tempo e l'intensità dell'onda è descritta dalla funzione seno.
- **Altre onde:** nonostante per alcune sia nota la funzione che le descrive, la maggior parte delle onde ha una forma generica.

Un'ultima classificazione è data dalla periodicità dell'onda. Distinguiamo:

- **Onda periodica:** un'onda si dice periodica di periodo  $T$  se è costituita da una sequenza di oscillazioni che si ripetono ad intervalli di tempo regolari e pari a  $T$ . Si può descrivere matematicamente tramite una funzione periodica.
- **Onda aperiodica:** un'onda si dice aperiodica se non si può individuare una regolarità nelle oscillazioni. Spesso è difficile da descrivere tramite una funzione matematica, ma quando ciò accade si utilizza una funzione non periodica.

### 3.2 Vibrazione, propagazione, rilevazione

La **propagazione** del suono ha origine da una **sorgente sonora** che produce onde meccaniche. Queste propagandosi in un mezzo, che può essere l'aria o l'acqua, vengono rilevate da un ascoltatore.

Nel caso del corpo umano, l'organo che consente all'uomo di rilevare il suono è l'**orecchio**.



### 3.3 Fisiologia dell'udito

L'orecchio è diviso in tre parti principali: orecchio esterno, orecchio medio ed orecchio interno.

L'orecchio esterno è formato dal **padiglione** e dal **meato**, il canale uditivo.

L'orecchio medio inizia con la membrana del **timpano**, alla quale è attaccato un sistema di **ossicini**: **martello**, **incudine** e **staffa**.

Essi formano un sistema di leve che propagano le vibrazioni percepite dal timpano ad un'altra membrana detta **finestra ovale**. Con la finestra ovale inizia l'**orecchio interno**, formato principalmente dalla **coclea**, raffigurata nella immagine qui a lato.

La forma della coclea è simile ad una chiocciola con un canale a spirale avvolto con una forma conica. Si divide in tre scale: scala timpanica, scala media e scala vestibolare.





Le **scale vestibolare e timpanica** sono messe in comunicazione **dall'elicotrema** e sono riempite di **perilinf**a, liquido extra-cellulare che trasmette le vibrazioni provenienti dalla finestra ovale fino alla scala media in cui risiede l'organo del Corti, l'organo responsabile della trasduzione dell'impulso cinetico in elettro-chimico inviato al cervello.

Le onde sonore vengono convogliate dal padiglione nel meato e fanno vibrare il timpano.

Il suo movimento mette in moto il sistema dei tre ossicini che sbattono sulla finestra ovale.

Ciò fa sì che le vibrazioni si propagano all'interno della coclea, grazie alla perilinf, fino a raggiungere le cellule ciliate presenti nell'organo del Corti. Le cellule ciliate, muovendosi sotto stimolo delle vibrazioni presenti, trasmettono degli impulsi nervosi che si propagano fino alla corteccia uditiva.

Questi impulsi elettro-chimici vengono decodificati dal cervello che trasmette le informazioni in alcune aree, localizzate prevalentemente nell'emisfero destro, in particolare alla corteccia motoria e a quella frontale.

Quest'ultima si occupa di interpretare e selezionare le informazioni musicali associandole anche ai contenuti emotivi. Inoltre, svolge anche un ruolo chiave nel processo della memoria musicale.

