



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: 25

TITOLO PROGETTO: La stanza dove il silenzio è perfetto: viaggio nella camera anecoica

AUTORE 1: Marrella Michele

AUTORE 2: Maenza Grazia

AUTORE 3: Fiore Fabio

[Indice](#)

1. Obiettivi del progetto	2
1.1 Descrivere la funzione scientifica e sociale della Stanza Anecoica	2
1.2 Descrivere un'eccellenza italiana: la Stanza Anecoica di Ferrara	2
1.3 Raccontare l'esperienza di alcuni soggetti all'interno della stanza	3
2. Riferimenti Sitografici	4
3. Argomenti Teorici Trattati	5
3.1 Suono e Audio, percezione umana	5
3.2 Decibel	5
3.3 Deviazione delle onde sonore	6
3.4 Fisiologia dell'udito	7

1. Obiettivi del progetto

1.1 Descrivere la funzione scientifica e sociale della Stanza Anecoica

Una Camera Anecoica è un ambiente di laboratorio strutturato in modo da ridurre il più possibile la riflessione di segnali sulle pareti. E' particolarmente utile per studi che comportano la necessità di ricreare, in un ambiente chiuso, condizioni simulate di spazio aperto di dimensione infinita, come conseguenza dell'assenza di riflessioni, per effettuare ad esempio misure di precisione in diversi possibili ambiti.

La Camera Anecoica viene utilizzata per studiare e misurare rumori e le capacità riflettenti e diffondenti del suono di particolari superfici e materiali, l'analisi della risposta acustica di nuovi trasduttori e strumenti di misura e indagini sul comportamento vibro-acustico di specifiche sorgenti sonore. Vengono condotti mini-esperimenti sull'acustica, soprattutto per i bambini.

La stanza viene usata da diverse società per testare l'acustica dei suoni su prodotti prima di lanciarli sul mercato: valvole cardiache; cellulari, apparecchi per le auto; lavatrici; moto. Nel corso degli anni moltissime sono state le imprese che hanno utilizzato la camera anecoica per effettuare prove e misurazioni sui loro prodotti. Ne citiamo solo alcune: Alfa Romeo, Maserati, Technogym, Iveco, Imetec, IMQ.

Anche la Nasa sottopone i propri astronauti a dei test dentro queste quattro mura e medici e ricercatori per studi clinici sulla sordità. Ma in questo edificio è stato inciso pure l'album Blood on the Tracks di Bob Dylan.



Le camere anecoiche vengono utilizzate principalmente per i test di compatibilità elettromagnetica, previsti dalla normativa vigente a livello mondiale: qualsiasi dispositivo elettrico prima di essere immesso sul mercato deve, infatti, essere provato per verificare che non possa provocare danni alla salute dell'utilizzatore, che non causi interferenze con altri apparecchi elettrici nelle vicinanze e che non subisca i disturbi che queste stesse apparecchiature diffondono. Altri campi di applicazione sono ad esempio la misura del diagramma di radiazione delle antenne o della sezione radar equivalente, o l'osservazione di fenomeni di riflessione, diffrazione o scattering elettromagnetico.



1.2 Descrivere un'eccellenza italiana: la Stanza Anecoica di Ferrara

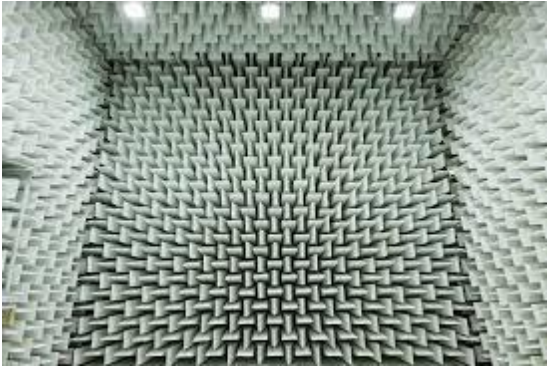
Inaugurata nel 2008, la "Camera Anecoica" (dal greco: "Priva di eco") di Ferrara, che si trova presso il MechLav (laboratorio per la Meccanica Avanzata del Tecnopolo di Ferrara nel dipartimento di ingegneria dell'università) è un particolare ambiente nel quale, grazie alle elevate proprietà di assorbimento acustico delle pareti (di migliaia di cunei fonoassorbenti), è possibile eliminare la quasi totalità delle riflessioni sonore. Per via dell'elevato isolamento acustico della struttura di confine, è possibile eseguire misure senza la presenza di rumori indesiderati. Essa, infatti, rappresenta il laboratorio ideale ove condurre misurazioni per caratterizzare le emissioni sonore di ogni tipologia e sorgente.

"Per noi è soprattutto un laboratorio, ci facciamo ricerca, certificazioni, esperimenti", dice il professor Patrizio Fausti, uno dei ricercatori che operano in questa struttura.

La camera anecoica di Ferrara, infatti, rappresenta un'eccellenza in tutta Europa, viene impiegata per attività di ricerca industriale e di certificazione.

In effetti, secondo quanto detto da Andrea Santoni (ingegnere del gruppo di acustica):

"Qui la musica perde l'anima". "Questo posto ha anche un fascino, è indubbio", dice Roberto Tovo, direttore del dipartimento. Nella stanza non c'è risonanza, i suoni risultano asciutti, aridi, morti; il rumore è praticamente assente: inferiore ai 15 decibel.

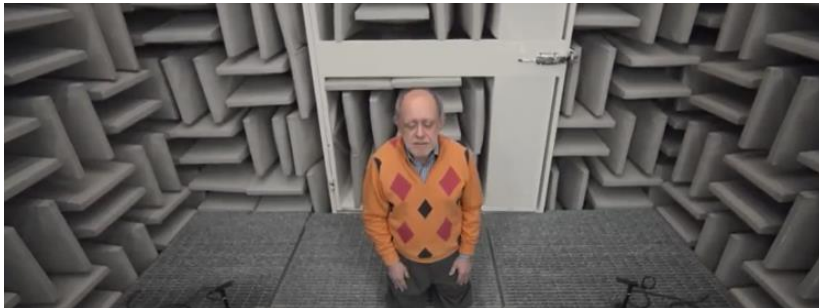


Per l'esattezza, le misurazioni all'interno del locale hanno stabilito la sua rumorosità di fondo in -9,4dB. Per farsi un'idea di cosa questo significhi basta tener presente che 0dB è la soglia dell'udibile per l'orecchio umano e 30 dB è il volume dei suoni che si sentono normalmente di notte nelle nostre stanze da letto.

1.3 Raccontare l'esperienza di alcuni soggetti all'interno della stanza

Sarebbe un'esperienza unica quella di allontanarsi dal frastuono della vita quotidiana per immergersi nel silenzio più assoluto. Esiste una stanza, denominata stanza anecoica, in cui si può. Apparentemente potrebbe sembrare piacevole trovare un po' di pace lontano da ogni forma di rumore, ma per la stragrande maggioranza delle persone l'esperienza all'interno di questo luogo risulta fastidiosa.

Nell'ambiente, una volta chiusa la porta, si riesce a sentire il "suono" dei propri bulbi oculari che si muovono nelle orbite, le ossa che sfregano sulle cartilagini, lo scorrere del sangue nelle vene, l'aria che entra ed esce dai nostri polmoni, il pulsare del cuore e il rumore che produciamo quando deglutiamo: si diventa insomma l'unica fonte di rumore. L'esperienza può risultare così estrema da far perdere l'equilibrio fisico e psicologico a chi soggiorna al suo interno, tant'è vero che nel giro di meno di un'ora può portare allo squilibrio mentale di chi si trova al suo interno. John Cage, nel 1952, provò ad entrare nella camera anecoica dell'università di Harvard. "Neanche dentro una struttura simile esiste il silenzio assoluto, ma vallo a spiegare a chi vuole l'emozione di sentirsi solo, senza nemmeno la vibrazione della Terra" giacché il pavimento poggia su molle di gomma.



Steven Orfield, responsabile della struttura, spiega che, all'interno della camera anecoica, una volta spente le luci, è possibile sperimentare la più completa privazione sensoriale: I volontari che entrano nella stanza (dal 2004 il luogo più silenzioso della Terra), dopo un po' di tempo si sentono male, ha spiegato: "Le persone si orientano normalmente col suono quando si muovono. Tuttavia, questa camera anecoica è priva di tutte queste informazioni. I giornalisti e le persone che hanno deciso di sfidare la stanza hanno resistito all'interno per poco: sul web si legge che il record di permanenza all'interno della camera è di 45 minuti stabilito dallo scrittore George Foy. Persino lui ha trovato poco confortevole l'isolamento acustico totale: "Dopo poco ho iniziato a sentire il rumore della mia respirazione, così ho trattenuto il respiro. Allora è diventato chiaro il battito del cuore e per eliminarlo non potevo fare nulla. Via via che i minuti passavano, ho iniziato ad avvertire il sangue che scorreva nelle vene. Ho aggrottato le sopracciglia e ho sentito il mio scalpo che si muoveva sulle ossa del cranio". Poi Foy ha provato a rilassarsi, e afferma di esserci riuscito. Uscendo dalla stanza ha però dovuto ammettere che la sua ricerca del silenzio perfetto era destinata a fallire, perché «il silenzio assoluto si può sentire solo da morti».

2. Riferimenti Sitografici

- [https://www.repubblica.it/scienze/2017/05/06/news/nella stanza del silenzio perfetto qui senti il fruscio del cervello -164734851/](https://www.repubblica.it/scienze/2017/05/06/news/nella_stanza_del_silenzio_perfetto_qui_senti_il_fruscio_del_cervello_-164734851/)
- <https://www.focus.it/scienza/scienze/la-camera-anecoica-illuogo-piu-silenzioso-del-mondo-100412-3321>
- [https://www.corriere.it/esteri/12 aprile 15/stanza-silenzioburchia e4a5625a-86fe-11e1-9381-31bd76a34bd1.shtml](https://www.corriere.it/esteri/12_aprile_15/stanza-silenzioburchia_e4a5625a-86fe-11e1-9381-31bd76a34bd1.shtml)
- [https://it.m.wikipedia.org/wiki/Camera anecoica](https://it.m.wikipedia.org/wiki/Camera_anecoica)
- <https://youtu.be/aL3NzvERH90>
- <https://youtu.be/Hq0PGvR9P0M>

3. Argomenti Teorici Trattati

3.1 Suono e Audio, percezione umana

Il suono è prodotto dalle vibrazioni degli oggetti. L'oggetto o la sostanza attraverso la quale si propaga viene definito mezzo. L'aria è sicuramente il mezzo di propagazione più comune.

Le onde sonore si spostano dal loro punto di origine (fonte) in direzione dell'ascoltatore.

In particolare, quando un oggetto vibra trasmette tali vibrazioni alle particelle del mezzo ad esso adiacenti; le sue, infatti, non viaggiano dalla fonte all'orecchio. Ciascuna particella del mezzo situata nei pressi della fonte viene "spostata" dalla sua posizione di equilibrio e fatta muovere. A sua volta, questa trasmetterà l'energia alle particelle ad essa vicine permettendo così la diffusione del suono. Le particelle del mezzo non si muovono in avanti da sole: la propagazione del suono, infatti, può essere descritta con un moto ondulatorio dato, per l'appunto, dall'onda acustica.

Per ridurre il suono o eliminarlo possiamo giocare su due fattori: propagazione e vibrazioni. Per quanto riguarda il secondo fattore sappiamo che, senza un mezzo non abbiamo propagazione e quindi suono; per quanto riguarda il secondo invece possiamo utilizzare i materiali detti "fonoassorbenti" e "fonoisolanti" un materiale viene definito fonoassorbente quando la sua caratteristica principale è quella di trasformare buona parte dell'energia acustica in un altro tipo di energia (termica ad esempio), mentre è fonoisolante quando la sua caratteristica principale è quella di riflettere il suono che lo investe.

I materiali fonoassorbenti più comuni sono di solito i fonoassorbenti porosi. I parametri che ne descrivono l'efficacia sono:

- Densità
- Porosità
- Geometria
- Rigidità della struttura

Con un materiale poroso possiamo assorbire molto facilmente le frequenze alte e medie perché queste hanno una lunghezza d'onda molto piccola.

L'efficienza dei materiali fonoisolanti dipende in prima approssimazione dalla massa per metro quadro degli stessi, la legge di massa ha una buona validità per le frequenze medie e medio-alte perché in entrano in realtà entrano in gioco molti altri fattori.

In definitiva utilizzeremo dei materiali fonoassorbenti per controllare le riflessioni del suono all'interno della sala e dei materiali fonoisolanti per isolare la sala dai rumori esterni, quindi utilizzeremo una combinazione di materiali fonoassorbenti e fonoisolanti per limitare la trasmissione del suono di una parete o di una sala (nel nostro caso, a punto, la stanza anecoica).

Per cui la percezione umana, all'interno di questo tipo di stanza, è di (quasi) assoluto silenzio.

3.2 Decibel

La nostra percezione del suono non è direttamente proporzionale all'intensità sonora I : se infatti, partendo da un certo valore base, l'intensità aumenta di dieci, cento, mille volte, noi percepiamo un suono due, tre o quattro volte più forte. Per questa ragione è utile introdurre una misura della sensazione sonora, che si chiama livello di intensità sonora e segue una scala logaritmica. Nel sistema internazionale il livello di intensità sonora L si misura in decibel (simbolo dB) ed è definito dall'equazione

$$L=10*\log_{10}(I/I_0)$$

in cui I è l'intensità dell'onda sonora considerata e I_0 è la minima intensità rilevabile dall'orecchio umano (di solito presa uguale a 10^{-12} Wm^{-2}).

Per come è definita, L è una quantità adimensionale; quindi il numero di decibel che ne indica la misura è un numero puro. Per definizione, il logaritmo decimale di un numero reale x è l'esponente al quale si deve elevare 10 per ottenere come risultato x . Pertanto, le due equazioni

$$y = \log_{10}(x) \text{ e } 10^y = x$$

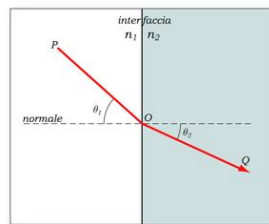
sono equivalenti. Inoltre, si ha $\log_{10}(1) = 0$, $\log_{10}(10) = 1$, $\log_{10}(100) = 2$ e così via. Per queste proprietà del logaritmo, segue che il valore di 0 dB corrisponde alla minima intensità I_0 che è normalmente percepibile, cioè rappresenta il livello di intensità sonora della soglia di udibilità. A 130 dB corrisponde la soglia del dolore. Il rapporto tra l'intensità del suono alla soglia del dolore fisico e il minimo suono udibile è di circa 1000 miliardi, cioè 10^{12} . I suoni e i rumori che hanno livelli di intensità superiore a 100 dB trasportano un'energia più grande di oltre 10^{10} volte rispetto a quelli con intensità di soglia e possono danneggiare l'udito in modo permanente. Il decibel, quindi, è un'unità di misura relativa che sfrutta il logaritmo per comprimere il range di variazione della grandezza fisica che descrive. Corrisponde a un decimo di bel. L'ampiezza di un'onda sonora (che può essere misurata in funzione dell'intensità attraverso una superficie di un metro quadro) viene normalmente misurata in decibel.

Infatti, si constata che la musica che ascoltiamo deve essere compresa tra i 25-30 dB (i valori di musica a basso volume sono quelli di 40,50 o 60 dB) e tra i 100 dB (i valori di musica ad alto volume sono quelli di 80,90 o 100 dB).

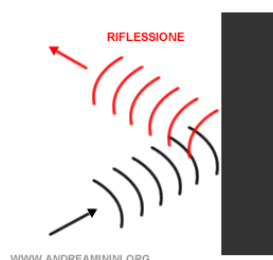
3.3 Deviazione delle onde sonore

In generale è possibile che le onde possano subire diverse alterazioni durante la propagazione. Tali propagazioni sono di solito Deviazioni, che si verificano sotto determinate condizioni fisiche, esse sono:

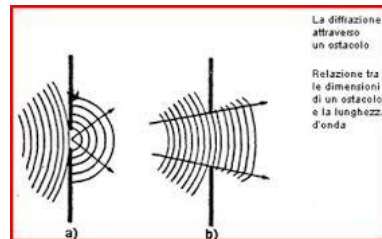
1. **Rifrazione:** Fenomeno fisico che consiste nella deviazione di un'onda causata da una variazione nella velocità di propagazione della stessa. Perché si abbia rifrazione, lungo il cammino dell'onda deve trovarsi un ostacolo ossia una superficie di separazione tra due mezzi. Tale ostacolo può essere di varia natura: la parete di una stanza, la parete rocciosa di un'ampia caverna, una lastra metallica ben levigata, un pezzo di vetro, un cristallo, uno strato di gas a diversa densità, il pelo libero di un liquido, ecc. Comunque sia, in generale l'ostacolo è una superficie di separazione tra due mezzi (dei quali uno può anche essere il vuoto).



2. **Riflessione:** Fenomeno fisico che consiste nella deviazione di un'onda che colpisce la superficie di separazione tra due mezzi di propagazione differenti. Incapace di attraversare tale superficie l'onda viene deviata. Qualunque sia la direzione di incidenza, l'angolo di riflessione è identico a quello di incidenza. Invece l'ampiezza che caratterizza l'onda riflessa è leggermente minore di quella d'incidenza, poiché una parte dell'energia viene assorbita dal corpo riflettente. Le riflessioni delle onde sonore hanno importanti effetti su ciò che noi udiamo. In particolare segnaliamo alcuni casi interessanti: Riverberazione, Eco, Fuochi acustici.



3. Diffrazione: Fenomeno fisico che consiste nella deviazione di un'onda che incontra un ostacolo. Nel tentare di superarlo l'onda si allarga o si «spezza». E' il fenomeno grazie al quale sentiamo la voce proveniente da una persona dietro l'angolo di una casa, da dietro un grosso albero o un muro anche se non vi sono altri oggetti che, riflettendo il suono, lo dirigano verso di noi. In un certo senso la diffrazione si può sinteticamente descrivere dicendo che le onde sono in grado di "aggirare gli ostacoli" e, in particolari condizioni, di propagarsi anche in altre direzioni. La cosa si verifica quando le dimensioni dell'ostacolo o dell'apertura sono paragonabili o inferiori a quelle della lunghezza d'onda dell'onda sonora.



3.4 Fisiologia dell'udito

Uno degli effetti curiosi della camera anecoica acustica è la degradazione del senso di equilibrio: l'orecchio, infatti, contribuisce alla percezione spaziale basandosi sull'eco. L'artificiale cancellazione dello stesso compromette parzialmente l'efficacia dei sistemi di orientamento istintivi, basati su un organo apposito sito nell'orecchio interno.

Lo stimolo per la percezione uditiva è rappresentato dalle ONDE SONORE (energia acustica). Come in tutti i sistemi percettivi, il sistema uditivo, è un apparato di TRASDUZIONE, trasforma, cioè, gli stimoli sensoriali in impulsi nervosi che viaggiano attraverso una via nervosa, il nervo uditivo. Il suono trasmette l'energia acustica attraverso l'aria alla velocità di circa 340 m/s. Per poter sentire, noi abbiamo: Ricezione dello stimolo fisico (orecchio esterno); Amplificazione dello stimolo (orecchio medio); Trasduzione meccanico-elettrica dello stimolo e Trasmissione del segnale elettrico al sistema nervoso centrale (orecchio interno).

