

SPIRALI POSSIBILI NELLA CORTECCIA Uditiva.

Salvatore Incarbone

L'ottava.

La tastiera di un pianoforte ha 85 oppure 88 tasti al massimo e si estende per sette ottave o poco più.

Ogni ottava è formata da 12 tasti (7 bianchi e 5 neri).

Di conseguenza le ottave del pianoforte sono: $88/12 = 7,3$ cioè poco più di sette, praticamente sette ottave complete (e tre tasti in più che sono anche i più acuti della tastiera, L#, X, D; il Si è indicato con X).

La tastiera inizia a sinistra con un "La" basso e finisce a destra o con un "La" acuto (se ha solo 85 tasti) oppure con un "Do" (se ha 88 tasti) a seconda del pianoforte.

L'estensione è maggiore nell'organo, unico strumento musicale che può avere - al massimo - ben dieci ottave.

L'ottava è la distanza (sonora) che corrisponde a quella fra otto tasti bianchi. Ha particolare importanza perché le note sono sette e l'ottava nota ha lo stesso nome della prima, qualunque essa sia. Infatti le note si ripetono ciclicamente in altezza perché indicano sempre uno stesso suono anche se si trova ad altezze diverse. In musica l'ottava indica anche la coppia di suoni uguali (per es. due Do) che corrispondono a una distanza fra loro di sette tasti bianchi.

Un'ottava comprende in realtà dodici tasti, 7 bianchi e 5 neri (rispettivamente "sette note" e le loro "cinque alterazioni").

Andamento circolare e Didattica musicale.

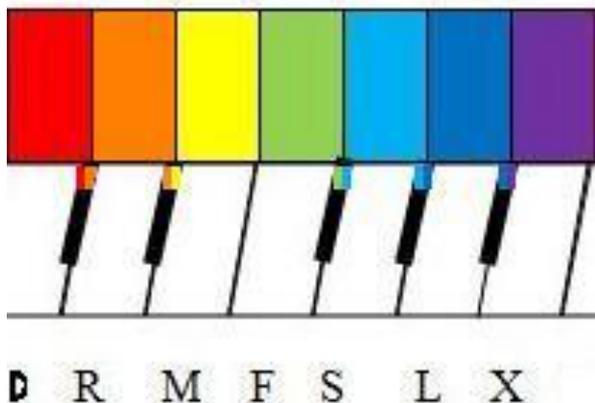
Data l'evidente somiglianza sonora fra i suoni d'identico nome (anche se di altezza diversa), le note possono essere posizionate circolarmente. Abbiamo rappresentato i dodici suoni della scala temperata occidentale ai vertici di un dodecagono regolare naturalmente inscrivibile in una circonferenza. L'uso del dodecagono *regolare* è tuttavia possibile solo perché la nostra scala musicale attuale è "temperata" nel senso che fra due suoni contigui della scala, la distanza acustica - o intervallo sonoro - è sempre la stessa (non importa se fra tasti di colore uguale o diverso).

L'andamento circolare può essere utilmente sfruttato ai *fini didattici* indicando con opportuni colori i tasti della tastiera facendo in modo che anche i *colori*, succedendosi con gradualità, si ripetano in maniera *ciclica*.

A questo proposito, è bene ricordare che alcuni soggetti, come Mozart, riescono ad associare - vedono - colori ai suoni. Supponendo di indicare con un bollino rosso il Do, il tasto bianco successivo, a destra del Do, è un Re e può essere indicato con un colore "vicino", ad es. l'arancione (che contiene il rosso) mentre il "Do diesis" (tasto nero intermedio fra Do e Re) può essere indicato con due mezzi bollini, uno rosso e l'altro arancione. Così proseguendo abbiamo:

- D → rosso
- D# → rosso e giallo
- R → arancione
- R# → giallo e verde
- M → giallo
- F → verde
- F# → verde e azzurro
- S → azzurro
- S# → azzurro e blu
- L → blu
- L# → blu e viola
- X → viola
- D' → rosso (con piccolo contrassegno bianco o altro segno a piacere)

Si ottiene così la tastiera didattica, in figura a destra.



A sinistra la successione dei colori concepita teoricamente in modo che tasti vicini corrispondano a colori vicini. A destra l'attuazione pratica. Le ottave sono distinte l'una dall'altra grazie ad un più piccolo bollino aggiuntivo. I colori dell'ottava a sinistra dell'ottava di partenza, hanno il piccolo bollino nero centrale. L'ottava di destra ha il bollino centrale bianco. Così si

ottengono tre ottave, sufficienti per i primi approcci. Volendo coprire tutta la tastiera si possono usare piccoli bollini aggiuntivi di vari colori o tutti bianchi ma contrassegnati da un numero o lettera che indica l'ottava corrispondente, o altro, a piacere. Abbiamo così posto in evidenza anche con colori, la struttura "circolare e regolare" dei suoni della scala temperata.

Fisica acustica e Scale occidentali.

Sappiamo dalla fisica acustica che è costante il rapporto r fra le frequenze di due suoni contigui della scala. Pertanto – passando da un suono a quello contiguo più acuto – si deve moltiplicare la sua frequenza per r . Continuando a passare da un suono all'altro più acuto, sempre ogni volta moltiplicando per r , cresce di conseguenza il rapporto calcolato rispetto al suono iniziale più basso di riferimento. Dopo le 12 note della scala il rapporto r è stato moltiplicato per sé stesso 12 volte e quindi è ora r^{12} il rapporto fra l'ultimo suono e il primo cioè per es. fra le frequenze di due Do (o di due Re, di due Mi, e così via...).

D'altra parte si sa che il rapporto fra gli estremi di un'ottava è 2 (infatti una nota più acuta si trova a metà corda vibrante della stessa nota di un'ottava più bassa e corrispondentemente la sua frequenza è doppia). Pertanto $r^{12}=2$ da cui $r = 2^{1/12}$, vale a dire la dodicesima radice di 2 che corrisponde a 1,05946309.

Così non era nella scala musicale occidentale "naturale" in cui invece le distanze erano diverse da nota a nota (in uso fino al 1600 circa). P. es. il rapporto fra Re e Do era 9/8 mentre fra Mi e Re era 10/9. La conseguenza era che la melodia era più ariosa (era una scala "naturale", appunto) ma il cambio di armonia era impossibile, cioè non si poteva eseguire una modulazione (cambio di tonalità), salvo una diversa accordatura dello strumento. In alcune zone del sud est asiatico, a volte si usano due orchestre diversamente accordate ma aventi una nota in comune; la prima orchestra comincia a suonare e giunta alla nota comune tace e contemporaneamente subentra la seconda che approfittando della stessa nota comune, esibisce un fantastico effetto di modulazione.

Intonazione e Infanzia.

Può essere interessante sapere che i bambini sono portati istintivamente alla scala naturale per cui possono sembrare "stonati" (rispetto alla scala temperata a cui è abituato l'adulto) mentre in realtà non lo sono affatto. Cosa non saputa dalla maggior parte degli adulti, compresi maestri e genitori.

Davvero consigliabile è quindi non rimproverarli e assolutamente non disprezzarli ma lasciare che imparino gradualmente da soli o con la pratica musicale – per es. suonando il violino se ne hanno voglia e passione (lo strumento, come il canto, necessita di un fine orecchio musicale per decidere l'intonazione su una tastiera liscia cioè "senza tasti" – e anche l'intonazione vocale s'impara poco a poco col dominio degli organi di fonazione).

Spire e ottave nella coclea. Sappiamo che i suoni a cui la coclea è sensibile corrispondono fisiologicamente a una configurazione spaziale "tonotopica" –cioè posti nello spazio in successione ordinata secondo il tono (altezza, frequenza). Teniamo conto che la coclea si sviluppa per circa due spire e mezza e su queste devono trovare posto dieci ottave. Infatti l'orecchio sano (sensibile al suono da circa 20Hz a circa 20000 Hz) può percepire l'estensione dell'unico strumento musicale che ha un massimo di dieci ottave: l'organo.

Ogni spira equivale a 360° che moltiplicati per due spire e mezza - cioè per 2,5 - dà come risultato 900°.

Questi 900° devono essere suddivisi in dieci parti (una parte per un'ottava).

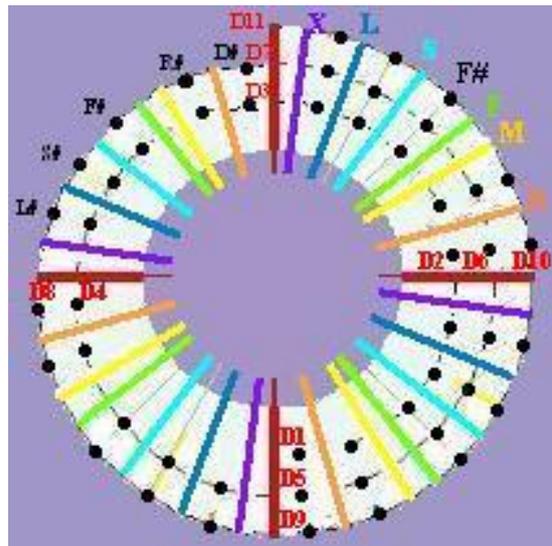
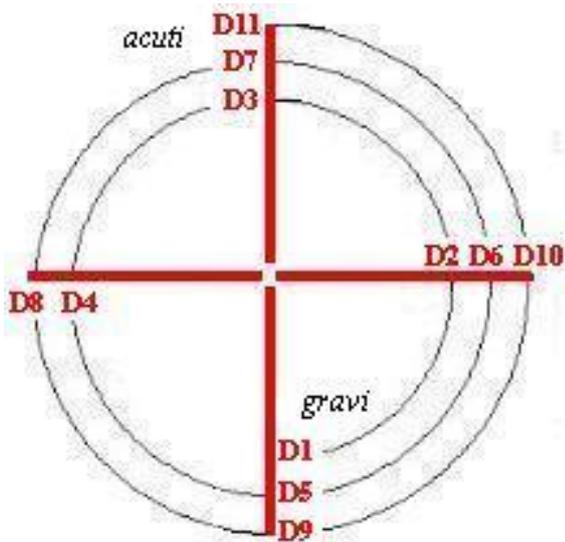
$$900^\circ/10 = 90^\circ$$

Suddividiamo dunque la spirale in quattro quadranti di 90° ciascuno. Questo significa che due Do separati da un'ottava nella coclea, si troverebbero separati da una distanza angolare di 90°. Ciò accade necessariamente su ciascuna spira e pertanto tutti i Do si troveranno su quattro raggi (in rosso), fra loro perpendicolari a due a due e con un estremo in comune nel centro della spirale, i Do ordinati in successione d'altezza lungo la spira. Pertanto su una singola spira trovano posto quattro Do. Sulla prima mezza spira (quella più stretta in figura, apicale nella coclea) abbiamo, procedendo lungo la sua linea rotonda, D1, D2, D3; sulla seconda spira D4, D5, D6, D7; sulla terza spira D8, D9, D10, D11 per un totale di 10 ottave (ogni ottava collega fra loro due DO). Ogni ottava corrisponde ad un quarto di spira, per un angolo di 90°.

La rappresentazione grafica dimostra che su un medesimo raggio (rosso) della spirale si trovano allineati dei Do **non** vicini. I "do" non si trovano vicini in maniera progressiva, cioè D1, D2, D3, ... ma nella maniera irregolare mostrata in figura, cioè D1-D5-D9, poi D2-D6-D10 e ancora D3-D7-D11, infine D4-D8. (Ricordiamo che ciascuna spira s'estende su 360° e che le spire nella coclea sono 2,5; cioè meno di 3).

Possiamo così concludere che alcuni suoni somiglianti come alcuni Do, teoricamente si trovano sì su uno stesso raggio ma non ci sono tutti, né sono raggruppati in maniera progressiva, bensì irregolare. Nella figura di destra vediamo – grazie ai colori - che ciò che s'è detto per i Do vale anche per una qualsiasi delle altre note, indicate da raggi colorati (secondo il codice dei colori qui usato, per non complicare la figura, ogni tasto nero è indicato da un semplice pallino nero).

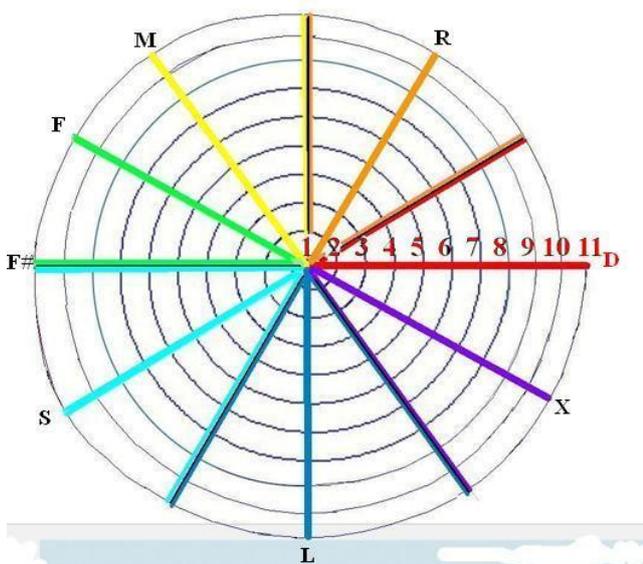
In questa disposizione è impossibile trovare tutti i Do allineati su uno stesso raggio. Questa possibilità ci sarebbe se la spirale si avvolgesse su dieci spire anziché su soltanto due e mezza. Ciò non è; quindi l'alternativa dovrebbe comportare un avvitemento del nervo acustico e un'adatta conformazione spiraliforme nella corteccia uditiva per favorire connessioni assoniche più brevi relative a suoni fra loro in relazione di "somiglianza".



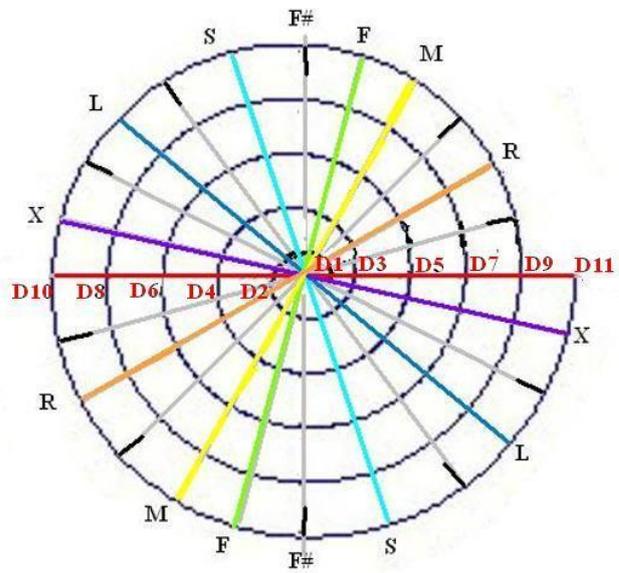
Sorprendente è comunque che su uno stesso raggio troviamo note dello stesso nome; manca solo che ci siano **tutte** le note “uguali”. Vero è che la situazione è migliore di ciò che fin qui appare; bisogna infatti considerare significativa la collocazione di molti Do su un diametro. I diametri p. es. dei DO sono due e su di essi troviamo:

D1 D3 D5 D7 D9 D11 (i dispari)
 D2 D4 D6 D8 D10 (i pari)

Questa suddivisione appare così precisa da risultare sospetta nel senso che potrebbe essere “quasi” sufficiente per la percezione della somiglianza. In effetti, la natura potrebbe aver favorito le connessioni fra i suoni “pari” separatamente da quella fra i “dispari” e concesso un minore numero di connessioni fra i suoni del gruppo pari e quelli del gruppo dispari. Si tratterebbe di trovare la ragione di questa eventuale discrepanza (non sappiamo se realmente esistente) oppure di risolvere anatomicamente e fisiologicamente il problema appurando il tipo di connessioni al livello corticale. Per avere tutti i suoni omonimi (p. es. i Do) su un medesimo raggio (con 10 spire) o almeno su un diametro (con 5 spire) si dovrebbero avere rispettivamente delle distribuzioni spiraliformi come nelle due figure seguenti.



DISPOSIZIONE IPOTETICA RADIALE



DISPOSIZIONE IPOTETICA DIAMETRALE

Disposizioni ipotetiche nella corteccia uditiva

A sinistra un'ipotetica disposizione radiale (su 10 spire). Gli undici “do” su trovano su uno stesso raggio. A destra la disposizione ipotetica diametrale (5 spire); questa ultima ha un minor numero di spire (5<10) pertanto implicherebbe un avvitemento minore del nervo uditivo nel suo passaggio dalla coclea (che ha 2,5 spire) alla corteccia. Tutti i suoni somiglianti si troverebbero su un “diametro” (inteso non necessariamente rettilineo ma almeno come linea topologicamente continua).

Supponendo che l'avvitamento esistente nella coclea prosegua avvolgendosi ancor più nel nervo uditivo, non sappiamo ma può darsi che nella corteccia la configurazione spiraliforme assuma la forma della figura radiale di sinistra in cui tutti i Do si trovano su uno stesso raggio, facilitando così una percezione più immediata della somiglianza del suono.

Notevole è che questa configurazione è favorita dall'angolo di 90° per ottava (o da qualunque angolo divida 360° in un numero intero piccolo di parti). Se l'angolo fosse diverso, le note omonime si troverebbero molto più sparpagliate qua e là nelle spire della spirale.

Fin qui abbiamo assunto che ogni ottava occupi un angolo di 90° (spirale con 2,5 spire) oppure di 180° (spirale con 5 spire) oppure di 360° (spirale con 10 spire). Va detto che queste ipotesi, in alternativa, si riferiscono più a una struttura ipotetica nella corteccia piuttosto che alla coclea vera e propria giacché nella coclea un'ottava sembra occupare sempre lo stesso spazio lineare (circa 0,35mm) sulla spira e non uno stesso angolo. Infatti a parità di lunghezza sulla spirale, l'angolo varia di conseguenza a causa del raggio e della curvatura variabili della spirale, curvatura solo in parte controbilanciata dalla struttura conica della coclea. Pertanto i suoni omonimi non sarebbero raccolti sui raggi rettilinei partenti dal centro cocleare ma su piccoli segmenti curvilinei. Ci basta sperare comunque che il nostro contributo possa essere di qualche utilità orientativa per lo studio della distribuzione delle frequenze nella corteccia.

Somiglianza fisica e somiglianza psicologica del suono.

Si ha somiglianza fisica fra due suoni (gradevoli, cioè... "musicali") quando le due vibrazioni sono all'unisono o differiscono in altezza per una o più ottave, tanto da meritare lo stesso nome di nota. "Stesso suono, altezze differenti".

In generale, un suono è tanto più gradevole quanto più la forma della sua onda fisica è ripetitiva nel tempo – purché non superi una soglia di assuefazione tanto da subentrare disinteresse. Esempi: il suono del diapason (forma sinusoidale dunque ripetitiva nel tempo), di uno strumento musicale (formato da di più onde sinusoidali sovrapposte che si confermano a vicenda nelle forme d'onda; sono le cosiddette "armoniche" che hanno la particolarità di avere **periodi multipli uno dell'altro** in modo da sovrapporre i loro **punti salienti** ripetutamente nel tempo a mo' di conferma).

Esistono rumori che non sono affatto musicali né gradevoli di per sé, ma lo diventano se si ripetono ritmicamente nel tempo – come il tamburo o il mugghiare del mare contro gli scogli – poiché la ripetizione ritmica dà luogo a durate intermedie uguali; queste sono gradite quali conferme l'una dell'altra – così come pure i colpi stessi che si ripetono l'un l'altro. La ripetizione genera una somiglianza psicologicamente gradita poiché il **Sé vi modella la conferma di sé stesso**.

Una simile conferma psicologica si verifica nel **sovrapporsi ripetitivo, fisico** (di cui non abbiamo **coscienza ma sentore** sì) delle onde acustiche. Grazie a ciò diventano gradite e pertanto "musicali" ed è per questo motivo che la musica piace. Al contrario, quando due onde hanno periodi molto vicini ma non uguali, generano una percezione "dissonante", fastidiosa e sgradevole giacché in bisticcio di punti salienti, l'una non conferma l'altra.

La somiglianza perfetta si ha all'unisono, ma molto gradevole è anche quella dell'ottava (D-D') poiché si ha conferma un massimo d'onda su due, così pure è gradevole la cosiddetta "quinta" (uno su tre oppure due su tre, D-S) e abbastanza anche la cosiddetta "terza" (uno su cinque oppure due su cinque oppure quattro su cinque, D-M). Per questo nasce "l'accordo D-M-S" fra le tre note che "vanno d'accordo" cioè si confermano a vicenda (D=1/1, M=5/4, S=3/2).

Ciò che abbiamo detto è in realtà approssimativo per la scala temperata, ma la psiche è così avida di conferme che interpreta la scala temperata come se fosse naturale; nella scala temperata infatti i rapporti implicano numeri irrazionali (radici), mentre nella scala naturale i rapporti sono numeri razionali (cioè frazioni). Fortunatamente i numeri irrazionali che oggi usiamo, approssimano molto bene i numeri razionali che usavano gli antichi e che sono comunque "naturali", per cui i suoni temperati, per la psiche, fungono da "simboli" dei naturali.

Canali semicircolari, Perpendicolarità, Udito.

Abbiamo più sopra visto che la coclea raccoglie suoni somiglianti all'estremità di quattro raggi fra loro perpendicolari. Questa affermazione è basata sull'estensione della gamma udibile (da 20 a 20000 Hz) che risulta distribuita sulla struttura spiraliforme della coclea che si sviluppa per 2,5 giri, cioè su 900°.

Sappiamo anche che i tre canali semicircolari destinati al controllo dell'equilibrio sono fra loro perpendicolari e sono sistemati all'interno della medesima cavità ossea – il labirinto osseo - che accoglie l'orecchio interno, in particolare la chiocciola.

Il fatto che i canali semicircolari siano perpendicolari proprio come lo sono le posizioni dei suoni somiglianti nella chiocciola c'induce a pensare che vi sia una sorta d'affinità d'organo – almeno genetica e forse non solo - fra le due strutture, deputate una all'equilibrio e l'altra al rilevamento del suono.

Le informazioni provenienti dai tre canali semicircolari - guarda caso fra loro perpendicolari - sono prelevate per essere confrontate fra loro; nulla vieta di pensare che anche nella coclea vengano prelevati, per essere confrontati fra loro, i segnali acustici provenienti da zone della coclea situate su raggi, analogamente, fra loro perpendicolari.

Se così fosse, l'estensione della coclea per due spire e mezza, pari a 900° non parrebbe casuale; la perpendicolarità avrebbe indotto una morfologia e posizioni spaziali vicine per i due organi dell'equilibrio e dell'udito, quest'ultimo accogliendo e posizionando suoni somiglianti su raggi posti approssimativamente a 90° l'uno dall'altro.

Dimensioni musicali, Modi dell'udito. Senso armonico, senso melodico, senso ritmico, formale, timbrico...

È anche possibile che il "senso armonico" abbia una base fisiologica propria, corrispondente, distinta dal "senso melodico", come pure da altri "sensi musicali". La teoria musicale non è finora riuscita a trovare criteri o leggi che

regolino la melodia e ciò dimostra che si tratta di una dimensione diversa da ogni altra dimensione musicale, per es. da quella dell'armonia. Se così è, allora solo alcune fibre potrebbero essere avvolte e riunite per la comparazione armonica e per la somiglianza d'ottava a scopo di gradimento di suoni fra loro armoniosi, cioè confermant. La "sensibilità musicale" si potrebbe avvalere pertanto di aree cerebrali diverse e diversamente organizzate ma dedicate ciascuna a una corrispondente dimensione, per es. una al senso armonico, un'altra a quello melodico, altre ancora rispettivamente al senso ritmico del tempo, alla forma musicale, al timbro è così via in varie aree e agglomerati, diversamente organizzati (alcune secondo strutture non spiraliformi) e dedicati appunto alle diverse **dimensioni** musicali – che sono anche **modi dell'udito** - a cui sarebbero destinati a scopo non solo di conoscenza ma anche di profonda interpretazione emotiva tanto da costituire un linguaggio universale, per così dire "muto" e tuttavia immediatamente comprensibile a tutti e perciò meritorio di studio e approfondimento.

Bibliografia e Sitografia

Frova, A., (1999). *Fisica nella musica*. Zanichelli.

http://fisicaondemusica.unimore.it/Fisiologia_del_sistema_uditivo.html

Incarbone, S., *Accento non fisicamente dato*. In Psicopoiesi.it

Incarbone, S., *Musica-neuroni-ritmi-psiconica*. In Psicopoiesi.it

Incarbone, S., *Psicopoiesi filosofica e fisica. Momenti del Sé. Sé create e Sé creato*. In Psicopoiesi.it

Incarbone, S., *Verso la comprensione della musica*. In Psicopoiesi.it

Righini, P., Righini, G., U., (1974). *Il suono*. Tamburini Editore.

INDICE

L'ottava.

Andamento circolare e Didattica musicale.

Fisica acustica e Scale occidentali.

Intonazione e Infanzia.

Spire e ottave nella coclea.

Somiglianza fisica e somiglianza psicologica del suono.

Canali semicircolari, Perpendicolarità, Udito.

Dimensioni musicali, Modi dell'udito. Senso armonico, senso melodico, senso ritmico, formale, timbrico...

Bibliografia e Sitografia.