

Apparecchio didattico per acustica 1000816

Istruzioni per l'uso

07/15 TL/ALF



1. Descrizione

Il kit “Apparecchio didattico per acustica” consente di organizzare una vasta panoramica sull’argomento acustica realizzando numerosi esperimenti.

Esempi di esperimenti:

1. Note di una corda
2. La nota acustica pura
3. Colonnine d’aria oscillanti
4. La colonnina d’aria aperta
5. La canna labiale
6. Aste oscillanti
7. Infrasuoni
8. Ultrasuoni
9. Il diapason con punta scrivente
10. Onde progressive
11. Effetto Doppler
12. Figure sonore di Chladni
13. Oscillazioni delle campane
14. Onde stazionarie
15. Armoniche superiori
16. Misurazione della lunghezza d’onda

17. Il fondo di risonanza
18. La cassa di risonanza
19. Il risuonatore sferico
20. Gli strumenti a corda e le loro leggi
21. Le scale sugli strumenti a corda
22. Misurazione della tensione della corda
23. Dipendenza dell’altezza della nota dalla tensione della corda
24. Gli strumenti a fiato e le loro leggi
25. La scala di do maggiore e i suoi intervalli
26. Armonia e dissonanza
27. L’accordo di terza di sol maggiore
28. L’accordo di terza di sol maggiore a quattro voci
29. La scala maggiore con qualsiasi tonica
30. Inserimento dei mezzi toni

Il kit è fornito in una confezione in plastica con inserti in espanso per conservare con cura i singoli componenti.

2. Fornitura

- | | |
|--|---|
| 1 Confezioni con inserto in espanso il kit
"Apparecchio didattico per acustica" | 16 Asta per piastra di Chladni / calotta della
campana |
| 2 Monocordo | 17 Fischietto di Galton |
| 3 Asta per monocordo | 18 Penna per scrittura con supporto |
| 4 Metallofono | 19 Polvere di licopodio |
| 5 Piastra di Chladni | 20 Blocco di plastica per morsetto da tavolo |
| 6 Diapason, 1700 Hz | 21 Membrana di gomma |
| 7 Diapason, 440 Hz | 22 Calotta della campana |
| 8 Diapason con punto scrivente, 21 Hz | 23 Canna ad ancia |
| 9 Bilancia a molla | 24 Canna labiale |
| 10 Morsetto di supporto | 25 Corda di acciaio |
| 11 Morsetto da tavolo | 26 Corda in perlon |
| 12 Risuonatori di Helmholtz
Ø 70 mm
Ø 52 mm
Ø 40 mm
Ø 34 mm | 27 Corda per onde |
| 13 Tubo di vetro per colonnina d'aria aperta | 28 Pistone |
| 14 Tubo di Kundt | |
| 15 Tubo di vetro per colonnina d'aria chiusa | |



3. Dati tecnici

Dimensioni: ca. 530x375x155 mm³
Peso: ca. 4,5 kg

4. Esempi di esperimenti

1. Note di una corda

- Pizzicare con forza con il dito la corda moderatamente tesa del monocordo.
- Quindi aumentare la tensione della corda ruotando il cavicchio verso destra e pizzicarla di nuovo.

Si percepisce prima una nota bassa, quindi una nota più alta.

Spiegazione: le corde oscillanti producono note acustiche provocando delle compressioni ed espansioni alternate dell'aria circostante. All'aumentare della tensione della corda cresce la velocità di oscillazione, e quindi la nota risulta più alta.

2. La nota acustica pura

- Colpire con forza il diapason (440 Hz) con il martelletto del metallofono.

Si percepisce una nota acustica pura con altezza del suono ben definita e invariabile, che si smorza lentamente.

Spiegazione: il diapason è costituito da un elemento d'acciaio piegato a forma di U che in corrispondenza della sommità (arco) si trasforma in un'asta. Potendo oscillare secondo una sola forma di oscillazione (movimento opposto dei rebbi dall'interno verso l'esterno e viceversa), il diapason produce una nota pura di altezza invariabile. A causa dell'altezza invariabile della nota prodotta, il diapason è utilizzato per accordare gli strumenti musicali.

3. Colonnine d'aria oscillanti

- Fissare il tubo di vetro per colonnina d'aria chiusa mediante il morsetto da tavolo, il blocco di plastica e il morsetto di supporto sul tavolo da lavoro.
- Introdurre il pistone nel tubo di vetro.
- Colpire con forza il diapason (440 Hz) con il martelletto del metallofono. Variare la lunghezza della "colonnina d'aria chiusa" estraendo di più o di meno il pistone.

La colonnina d'aria oscilla (risonanza) in una sola posizione del pistone, in tutte le altre posizioni rimane silenziosa. La risonanza è percepibile grazie all'aumento del volume.

Spiegazione: le colonnine d'aria chiuse entrano in oscillazione quando la loro lunghezza

corrisponde a un quarto della lunghezza d'onda da eccitare. Il diapason compie 440 oscillazioni al secondo. In base alla relazione

$$\text{lunghezza d'onda} = \frac{\text{velocità di propagazione}}{\text{frequenza}}$$

$$\frac{34000 \cdot \text{cm/s}}{440 \cdot \text{oscill/s}} = 77,2 \cdot \text{cm}$$

la lunghezza d'onda della nota prodotta è pari a 77,2 cm. Pertanto la lunghezza di quarto d'onda è pari a 19,3 cm.

La distanza del pistone dall'apertura del tubo in caso di risonanza è pari a 19,3 cm.

4. La colonnina d'aria aperta

- Eseguire l'esperimento con il tubo di vetro (14) con la colonnina d'aria aperta.

Quando si posiziona il diapason, la colonnina d'aria aperta entra in oscillazione ad una lunghezza pari esattamente al doppio di quella chiusa, il che è percepibile grazie all'aumento del volume.

Spiegazione: le colonnine d'aria aperte entrano in oscillazione quando la loro lunghezza corrisponde a mezza lunghezza d'onda o a un multiplo di mezza lunghezza d'onda. Alle estremità della colonnina d'aria aperta si formano dei ventri di oscillazione, al centro un nodo di oscillazione.

5. La canna labiale

- Soffiare nella canna labiale e variarne la lunghezza estraendo il pistone.

A seconda della lunghezza della canna si percepisce una nota più o meno profonda con un colore del suono caratteristico.

Spiegazione: soffiando un flusso d'aria uniforme nella bocca della canna l'aria in essa contenuta entra in oscillazione perché sul bordo (tagliente) si producono in successione regolare dei vortici d'aria. La nota prodotta dipende dalla lunghezza della colonnina d'aria. Con la canna chiusa, la lunghezza della canna (misurata dal bordo del tagliente al fondo) corrisponde alla tonica di una lunghezza di quarto d'onda. In corrispondenza del tagliente si crea un ventre e sul fondo un nodo.

6. Aste oscillanti

- Percuotere alcune aste del metallofono con il martelletto in dotazione.

Percuotendo le aste metalliche si producono delle note armoniche con colore del suono molto caratteristico. Più corta è l'asta più alta risulta la nota.

Spiegazione: Le aste elastiche diventano sistemi in grado di oscillare, se appoggiano sui punti dei loro nodi di oscillazione (circa il 22% dell'intera lunghezza tra le estremità).

7. Infrasuoni

- Far entrare in oscillazione il diapason con punta scrivente premendo contemporaneamente i due rebbi uno verso l'altro e lasciandoli andare all'improvviso.

Il diapason esegue delle oscillazioni lente ma ben distinguibili a occhio nudo. Avvicinandolo all'orecchio, si percepisce un suono molto basso (ma ancora udibile).

Spiegazione: i rebbi del diapason oscillano su e giù in senso opposto, producendo delle compressioni ed espansioni dell'aria circostante che, quando arrivano all'orecchio, determinano un'oscillazione del timpano: si sente un suono.

Il diapason compie circa 20 oscillazioni al secondo. La nota bassa ma ancora udibile ha circa 16 oscillazioni al secondo. Le oscillazioni inferiori a 16 Hertz non sono più udibili e sono definite infrasuoni (lat. infra = sotto).

8. Ultrasuoni

- Soffiare nel fischietto di Galton.

Non si percepisce più un suono, ma solo un sibilo.

Risultato: a causa della sua lunghezza ridotta, il fischietto di Galton produce suoni troppo alti, non più udibili dall'uomo. Questi suoni vengono definiti ultrasuoni (lat. ultra = sopra).

9. Il diapason con punta scrivente

- Fissare la penna per scrittura ai rebbi del diapason con punta scrivente.
- Far entrare in oscillazione il diapason premendo i rebbi l'uno contro l'altro, quindi passare uniformemente con la penna per scrittura su un foglio di carta posto su un piano d'appoggio non troppo morbido.

La penna di scrittura disegna sul foglio una linea ondulata con lunghezza d'onda costante, ma ampiezza calante.

Spiegazione: l'oscillazione periodica di corpi solidi, liquidi o aeriformi produce un suono. La posizione geometrica delle particelle oscillanti del corpo in funzione del tempo è situata su una linea ondulata (sinusoide). Nel caso di un unico urto i corpi oscillanti eseguono un'oscillazione "smorzata" (diminuzione costante dell'ampiezza). Se l'apporto di energia è continuo (suono prolungato di un clacson, canna d'organo suonata in modo prolungato) si ottiene

un'oscillazione non smorzata di ampiezza costante (= volume).

10. Onde progressive

- Fissare il cappio della corda per onde al campanello di una porta con un semplice nodo.
- Tendere moderatamente la corda e con la mano effettuare un brusco movimento laterale.

Un'onda parte dal centro del movimento (la mano), scorre lungo la corda con una determinata velocità di propagazione, viene riflessa in corrispondenza dell'estremità fissa e torna al punto di partenza.

Spiegazione: se scosso all'improvviso, ogni corpo solido, fluido o aeriforme compie delle oscillazioni che si propagano nel mezzo oscillante con una determinata velocità di propagazione.

11. Effetto Doppler

- Battere con forza il diapason in metallo leggero (1700 Hz) con il martelletto del metallofono, tenerlo fermo per breve tempo e quindi muoverlo rapidamente su e giù in aria.

Quando è fermo, il diapason produce una forte nota di altezza costante. Mentre si muove, l'altezza della nota varia continuamente. Muovendo il diapason verso l'orecchio la nota si alza, allontanandolo dall'orecchio si abbassa.

Spiegazione: al diminuire della distanza tra la sorgente sonora e l'orecchio l'intervallo temporale tra le due compressioni diminuisce, perché per raggiungere l'orecchio la seconda compressione compie un percorso più breve della prima. L'orecchio percepisce una frequenza superiore e la nota diventa più alta. Allontanando la sorgente sonora dall'orecchio l'intervallo temporale tra le compressioni e le espansioni si allunga: la nota diventa più bassa.

12. Figure sonore di Chladni

- Fissare la piastra di Chladni al tavolo di lavoro utilizzando il morsetto da tavolo e blocco di plastica. Coprire un terzo della piastra con uno strato sottile di sabbietta per uccelli o simile.
- Ora sfregare la piastra con un archetto da violino ben spalmato di colofonia proprio al centro tra due angoli e contemporaneamente toccare leggermente un angolo col dito dell'altra mano.

- Sfregare più volte con forza la piastra in modo che produca un'oscillazione intensa e ben udibile.

Sfregando la piastra si percepisce una nota acustica ben definita. In alcuni punti i granelli di sabbia oscillano intensamente, danzando su e giù sulla piastra e raccogliendosi in peculiari figure sonore sulla sua superficie.

Spiegazione: sulla piastra si formano delle "onde stazionarie". Quando la si sfrega, la piastra non oscilla uniformemente in alto e in basso: in determinati punti (i ventri) entra in oscillazione, mentre in altri (i nodi) rimane assolutamente ferma. Toccando la piastra su un angolo, in tale punto si produce forzatamente un nodo.

13. Oscillazioni delle campane

- Fissare la calotta della campana nel morsetto da tavolo con l'apertura rivolta verso l'alto.
- Percuotere in diversi punti il bordo della campana con il martelletto (in alternativa sfregarlo con l'archetto da violino).

L'altezza della nota dipende dal punto in cui si percuote il bordo. Si possono certamente ottenere differenze di un'intera nota. Percuotendo la campana in determinati punti si eccitano entrambe le note ottenendo le famose "fluttuazioni" (aumento e diminuzione periodica del volume in una successione più o meno rapida).

Spiegazione: le campane sono piastre oscillanti forgiate. Nella maggior parte dei casi le armoniche superiori non sono armoniche rispetto alla tonica. Anche le campane sono divise in singole sezioni oscillanti mediante linee nodali.

14. Onde stazionarie

- Fissare il cappio della corda per onde al campanello di una porta con un semplice nodo.
- Tendere moderatamente la corda ed eseguire dei lenti movimenti circolari con la mano.
- Quindi tendere maggiormente la corda ed eseguire dei movimenti circolari più veloci.

Col movimento lento si formano dei nodi in corrispondenza delle estremità della corda e un ventre al centro. Col movimento più veloce si formano 3 nodi e 2 ventri, aumentando ancora la velocità del movimento otteniamo 4 nodi e 3 ventri.

Spiegazione: con la riflessione sulla porta si creano delle onde stazionarie. A causa

dell'inerzia dell'occhio sembra di vedere contemporaneamente l'onda originaria e l'onda riflessa.

Nella prima armonica la corda oscilla su e giù per la sua intera lunghezza sotto forma di una semionda. Al centro c'è un ventre, alle due estremità i nodi. Nella prima armonica (ottava) la corda oscilla sotto forma di un'onda intera (2 ventri e 3 nodi). Nella seconda armonica abbiamo 3 ventri e 4 nodi e via di seguito.

15. Armoniche superiori

- Soffiare con la bocca nella canna labiale dapprima debolmente e poi con molta forza.

Inizialmente si percepisce la tonica, soffiando più forte una nota nettamente più alta.

Spiegazione: con la canna chiusa, per avere un nodo sul fondo e un ventre sul tagliente si devono sempre formare delle onde stazionarie. È il caso in cui la lunghezza della canna corrisponde esattamente a 1/4 della lunghezza d'onda. Ma è anche il caso in cui la distanza tra l'apertura e il fondo è pari a 3/4, 5/4, 7/4 ecc. delle lunghezze d'onda.

Oltre alla tonica, quindi, si formano anche in misura più o meno forte tutte le armoniche dispari della serie di note armonica.

Il fatto che ogni strumento musicale abbia un suo colore di suono caratteristico va attribuito (e si deve) solo al verificarsi di armoniche superiori più o meno forti.

16. Misurazione della lunghezza d'onda

- Chiudere l'estremità del tubo di vetro lungo esattamente 45 cm con la membrana di gomma e, mantenendolo inclinato, con un cucchiaino da tè versare nel tubo una piccola quantità di polvere di licopodio in modo che nel tubo si formi una sottile fascia gialla uniformemente distribuita.
- Fissare il tubo in vetro al tavolo di lavoro tramite un morsetto di supporto, un morsetto da tavolo e un blocco in plastica.
- Battere con molta forza il diapason (1700 Hz) sul manico di un martello e tenere un rebbio sul fianco proprio davanti all'apertura del tubo. Eventualmente ripetere più volte l'operazione!

La polvere di licopodio oscilla intensamente in corrispondenza dei ventri di oscillazione, mentre nei nodi resta completamente ferma. Le particelle di polvere cadono sul fondo del tubo formandovi cumuli periodici che si ripetono 4 volte e 1/2 lungo l'asse del tubo.

Spiegazione: il diapason in metallo leggero ha una frequenza di 1700 oscillazioni al secondo. In base alla facile relazione

$$\text{lunghezza d'onda} = \frac{\text{velocità suono}}{\text{frequenza}}$$

$$\frac{340 \cdot m/s}{1700 \cdot Hz} = 0,2 \cdot m$$

la relativa lunghezza d'onda è pari a 20 cm. In un tubo lungo 45 cm, quindi, "ci stanno" 4 semionde e $\frac{1}{2}$ o 2 lunghezze d'onda piene e una lunghezza di quarto d'onda, come ha mostrato l'esperimento. In corrispondenza dell'apertura del tubo c'è sempre un ventre, sul fondo sempre un nodo.

17. Il fondo di risonanza

- Battere con forza il diapason $la' = 440$ Hertz con il martelletto del metallofono e posizionarlo con l'asta sul piano del tavolo.

Il suono del diapason, udibile a malapena in aria, viene talmente intensificato quando lo si colloca sul tavolo da risultare chiaramente percepibile in tutta la stanza.

Spiegazione: oscillando su e giù, l'asta del diapason fa entrare in oscillazione il piano del tavolo. Poiché la superficie efficace del tavolo è molto maggiore di quella del diapason, il volume del suono è sensibilmente amplificato.

18. La cassa di risonanza

- Percuotere con forza il diapason $la' = 440$ Hertz e collocarlo con l'asta sulla cassa di risonanza del monocordo.

Si verifica una significativa amplificazione del suono.

Spiegazione: come per l'esperimento 17.

19. Il risuonatore sferico

- Avvicinare uno dopo l'altro i risuonatori di Helmholtz all'orecchio dalla parte dell'estremità più piccola.

Si percepisce una nota più bassa al crescere del diametro del risuonatore.

Spiegazione: ogni cavità avente la medesima struttura (tubo, sfera cava) possiede una prima armonica esattamente definita, quasi priva di armoniche superiori. La prima armonica può essere eccitata soffiando nell'apertura della cavità oppure anche solo picchiando con una nocca contro la cavità stessa. Ma l'oscillazione propria viene eccitata anche se il rumore circostante contiene suoni corrispondenti alla prima armonica del risuonatore. Il risuonatore sferico consente quindi di verificare il contenuto di suoni parziali in una combinazione di suoni. Se in una stanza c'è silenzio assoluto, il risuonatore resta silenzioso.

20. Gli strumenti a corda e le loro leggi

- Spostare l'asta trasversale di taglio sotto la fune del monocordo in modo che il bordo destro coincida esattamente con il numero 20 della scala di misura e la corda lunga 40 cm risulti suddivisa in due sezioni uguali lunghe 20 cm ciascuna.
- Accordare la mezza lunghezza della corda sul diapason (440 Hz) la' (la normale) serrando il cavicchio.
- Pizzicando o, meglio, sfregando la corda confrontare l'altezza del suono a 40 cm, 20 cm, 10 cm e 5 cm.

Con la corda lunga 20 cm si ottiene il la' normale $la' = 440$ Hertz, con la corda lunga 40 cm la nota più bassa di un'ottava $la = 220$ Hertz, con la corda lunga 10 cm la nota più alta di un'ottava $la'' = 880$ Hertz e con la corda lunga 5 cm la nota più alta di due ottave $la''' = 1760$ Hertz.

Spiegazione: con la corda di lunghezza doppia si ottiene una nota più bassa di un'ottava, con la corda lunga la metà la prima ottava e con la corda lunga $\frac{1}{4}$ la seconda ottava. Le frequenze della corda hanno un comportamento opposto rispetto alle lunghezze.

21. Le scale sugli strumenti a corda

- Spostando l'asta trasversale, suonare sul monocordo la scala impressa nell'orecchio umano e determinare le lunghezze della parte di corda che oscilla e il rapporto tra parte oscillante e lunghezza totale della corda (40 cm).

Nota	Lunghezza della corda	Rapporto tra le lunghezze
do	40 cm	1
re	35,55 cm	8/9
mi	32 cm	4/5
fa	30 cm	3/4
sol	26,66 cm	2/3
la	24 cm	3/5
si	21,33 cm	8/15
do'	20 cm	1/2

Spiegazione: a parità di condizioni quali tensione e spessore, per ottenere l'ottava la corda deve essere lunga la metà. Con le altre note della scala per il rapporto tra le parti oscillanti e la lunghezza totale della corda si ottengono indici molto semplici. Più piccoli sono gli indici, migliore è l'armonia. (ottava 1:2, quinta do/sol 2:3 ecc.)

22. Misurazione della tensione della corda

- Inserire la bilancia a molla nel monocordo e agganciare l'estremità della corda in perlon alla fessura della bilancia a molla.
- Serrando il cavicchio accordare la corda sul la normale utilizzando il diapason $la' = 440$ Hertz.
- Determinare la tensione della corda con la bilancia a molla.

La tensione della corda in perlon è pari a 5,5 kg.

23. Dipendenza dell'altezza della nota dalla tensione della corda

L'22 aveva mostrato che per ottenere il la normale la corda in perlon deve presentare una tensione di 5,5 kg. Qual è la tensione della corda della nota la (220 Hertz) più bassa di un'ottava?

- Allentare il cavicchio fino a ottenere la nota la.
- Per controllo, posizionare l'asta trasversale sul valore 20 (mezza lunghezza della corda) e accordare nuovamente la mezza lunghezza della corda sul la normale. Tutta la corda oscilla con una frequenza dimezzata.

La tensione della corda diminuisce a 1,4 kg.

Spiegazione: la frequenza di una corda è proporzionale alla radice quadrata del peso che la tende. Se la forza che tende la corda aumenta di 4, 9 o 16 volte, la frequenza risulta doppia, tripla o quadrupla. $1/4$ di 5,5 è (circa) 1,4, come la misura effettuata.

24. Gli strumenti a fiato e le loro leggi

- Suonare con la bocca la canna labiale e variarne la lunghezza efficace del piffero estraendo più o meno il fondo.

Le lunghezze minori della canna producono note alte, quelle maggiori note più basse.

Spiegazione: soffiando un debole flusso d'aria si formano onde stazionarie e la lunghezza della canna corrisponde a una lunghezza di quarto d'onda. Soffiando un flusso d'aria più intenso si producono armoniche superiori, la cui frequenza è un multiplo dispari della tonica.

Con la canna aperta la prima armonica è alta quanto l'armonica con la canna chiusa.

25. La scala di do maggiore e i suoi intervalli

- Per determinare gli intervalli si divide la frequenza superiore per quella subito inferiore.

Per l'intervallo re/do = $1188/1056$ il divisore comune è 132, quindi si ottiene 9/8, 10/9, 16/15, 9/8, 10/9, 9/8 e 16/15.

Spiegazione: gli intervalli delle singole note della scala non hanno la stessa grandezza. Si distingue tra note intere maggiori (9/8), note intere minori (10/9) e mezze note (16/15).

26. Armonia e dissonanza

- Eseguire i diversi accordi con la canna ad ancia.

Si ottengono armonie particolari (consonanze) con l'ottava, la quinta, la quarta, la terza maggiore e minore. Sono dissonanze la seconda e la settima e gli accordi di note immediatamente successive.

27. L'accordo di terza di sol maggiore

- Suonare contemporaneamente le note sol e re con la canna ad ancia.

Si percepisce un accordo particolarmente armonico, chiamato accordo di terza di sol maggiore.

Spiegazione: per costituire un accordo armonico, una consonanza, più note devono farlo a due a due. L'accordo di terza di sol maggiore è composto dalla terza maggiore e dalla terza minore. Le frequenze delle note sol, si e re sono legate da un rapporto particolarmente semplice, ovvero 4:5:6.

Per ottenere questo rapporto numerico le frequenze fondamentali indicate nella canna ad ancia devono essere divise per 6. (Per ottenere dal punto di vista matematico la corretta frequenza, le frequenze fondamentali stampate devono essere moltiplicate per 33.)

Tra la canna ad ancia e il metallofono è possibile percepire una deviazione dell'accordatura intrinseca alla produzione.

28. L'accordo di terza di sol maggiore a quattro voci

- Integrare l'accordo di terza di sol maggiore con l'ottava sol', ovvero suonare contemporaneamente sol, si, re' e sol'.

Si ottiene un accordo particolarmente pieno e armonico: l'"accordo di terza di sol maggiore a quattro voci".

Spiegazione: l'accordo di terza a quattro voci contiene le seguenti consonanze:

l'ottava	1:2
la quinta	2:3
la terza maggiore	4:5
la terza minore	5:6

29. La scala maggiore con qualsiasi tonica

- Suonare sul metallofono prima la scala di do maggiore iniziando col do, quindi la scala di sol maggiore iniziando col sol.

La scala di do maggiore da do' a do" produce un suono puro. Nella scala di sol maggiore che inizia col sol' si verifica un errore grave in corrispondenza del fa". La nota è troppo bassa di mezzo tono.

Spiegazione: in base all'esperimento 25, per ogni scala devono presentarsi i seguenti intervalli:

9/8, 10/9 16/15, 9/8, 10/9, 9/8, 16/15.

Ma nella sequenza sol'...sol" sulla piastra di base del metallofono ci sono i seguenti intervalli:

10/9, 9/8, 16/15, 9/8, 10/9, 16/15, 9/8

Gli intervalli sottolineati sono corretti, gli altri sono più o meno errati.

Gli intervalli 9/8 e 10/9 però sono così vicini da essere difficilmente distinguibili l'uno dall'altro, quindi l'errore da sol' a si' è irrilevante. Al contrario, l'errore tra mi" e fa" è grave: l'intervallo è pari a 16/15, mentre in realtà dovrebbe essere 9/8. Quindi si sente un fa" più basso di mezzo tono.

30. Inserimento dei mezzi toni

- Con la canna ad ancia suonare la scala da sol' a sol" dopo essersi assicurati che la nota la' sia effettivamente accordata sul la normale. A tal fine percuotere il diapason e confrontare le note.

La canna ad ancia produce una scala di sol maggiore assolutamente pura.

Spiegazione: al posto della nota fa' si è inserita una nuova nota, il fa diesis', calcolata in questo modo: l'intervallo tra mi' e fa diesis' è 9/8 e l'intervallo tra fa diesis" e sol" è 16/15. Ciò avviene moltiplicando per 25/24 la frequenza del fa.

Le nuove note ottenute aumentando le vecchie si chiamano do diesis, re diesis, mi diesis, fa diesis, sol diesis, la diesis, si diesis.

Nella notazione, l'aumento si indica antepoendo il simbolo □.

Le note più basse di mezzo tono si ottengono moltiplicando la nota più alta per 24/25. Nella notazione sono indicate antepoendo il simbolo b e si chiamano do bemolle, re bemolle, mi bemolle, fa bemolle, sol bemolle, la bemolle e si bemolle.

Con pochi errori sul pianoforte le note do diesis e re bemolle ecc. sono unificate.