

**VIII Circolo Didattico Brescia    Workshop di formazione per insegnanti**  
**sabato 22 gennaio 2005**

**OFFICINA  
SONORA**



**Percorsi di  
esplorazione  
dei fenomeni  
sonori con  
l'utilizzo di  
materiale  
povero**

**Relatrice : CHIARA SARTORI con la collaborazione di Martina Sanquerin**

**A cura di Maria Castelli e Marida Baxiu**

- ore 9.30 - costruire una mappa per esplorare i fenomeni sonori
- ore 10.30 - **L'OFFICINA SONORA di Balthazar**: i percorsi di scoperta dei bambini di Montereale Valcellina
- ore 13 - pausa pranzo
- ore 14,30 - la conoscenza, le pratiche di discorso, la didattica per un' OFFICINA SONORA
- ore 17.00 - discussione
- ore 17.30 - chiusura lavori

# INTRODUZIONE

L'officina sonora di Balthazar è un percorso didattico che prevede giochi ideati e realizzati dai bambini.

Balthazar è un personaggio di Radio Capodistria, uno scienziato vero un po' strano perché riesce con materiale povero a risolvere problemi.

E' capace di stupirsi. E' anziano e rappresenta un nonno.

## DOVE SIAMO



Presso ex scuola elementare  
Via M. Ciotti  
Montereale Valcellina (PN)

La Mostra è aperta al pubblico il primo sabato di ogni mese  
dalle ore 17.00 alle ore 19.00

Per informazioni e/o prenotazioni visite guidate:

☎ 0427 798608

(Istituto Comprensivo di Montereale V. chiedere di Cristina Pinna)

✉ scuolamontereale@virgilio.it

Suoni. Emozioni...rinchiuse dentro le pagine di un libro

# SUONO

- OGGETTI SONORI
- CASSE DI RISONANZA
- NOTE MUSICALI

# MOMENTI DELLA GIORNATA DI FORMAZIONE

-brainstorming e mappa

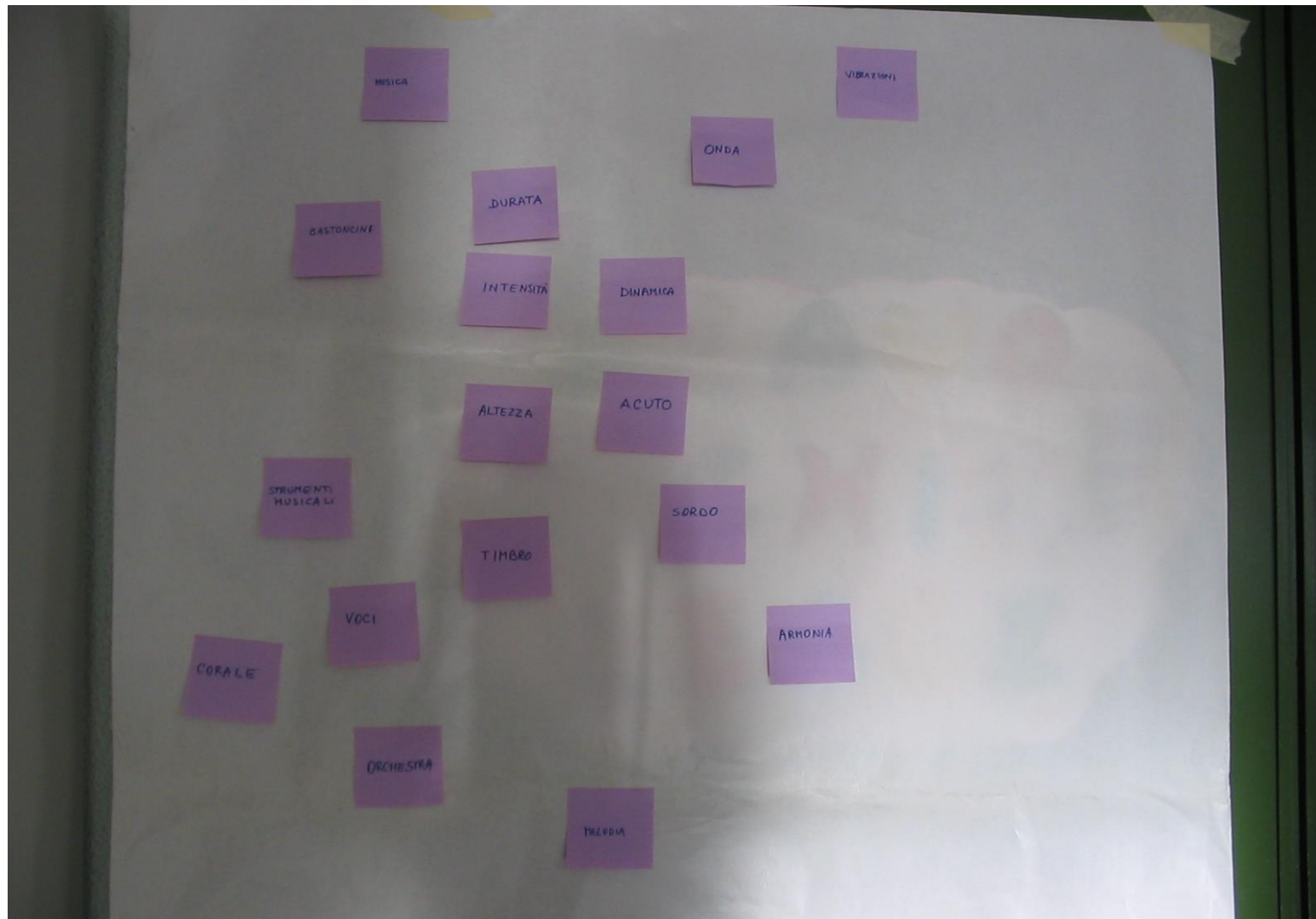
-possibile percorso con i bambini

-informazioni sul tema

-valutazione didattica e della ricaduta formativa

# \* Brainstorming iniziale e mappa

“Se dico SUONO che cosa ti viene in mente?” Ecco che cosa risulta dal nostro veloce brainstorming.



Le diverse sollecitazioni indicate vanno messe in relazione l'una con l'altra per completare la mappa.

# \* Un possibile percorso con i bambini

E' utile partire da sollecitazioni operative che fanno riferimento all'esperienza.

*Ecco alcune domande per incominciare:*

Come puoi produrre suoni?

Che cosa utilizzi per produrre suoni?

Puoi sempre produrre dei suoni?

*E domande per problematizzare:*

Il suono viaggia?

Tutti gli oggetti, se messi in vibrazione, producono suono?

Quali condizioni sono necessarie perché il suono si trasmetta?

Possiamo vedere le onde sonore?

Tutti i materiali conducono il suono allo stesso modo?

**Il percorso**

**attuato da Martina**

**con i bambini**

# **PERCORSO DIDATTICO SUL SUONO**

**ATTIVITA' DI LABORATORIO SCIENTIFICO**

**CLASSE QUINTA**



**FACOLTA' DI SCIENZE DELLA FORMAZIONE PRIMARIA**

**STUDENTE :Sanquerin Martina**

**N° di matricola: 51842**

**ANNO ACCADEMICO: IV**

**PROGETTO TIROCINIO: percorso didattico sul SUONO**

**ORE EFFETTUATE :75**

**COORDINATORE SUL TERRITORIO: Blam Maurizia**

**SCUOLA: elementare D.M. Turollo , Istituto Comprensivo di Montereale Valcellina**

## INDICE

- PRESENTAZIONE
- FASI DI PROGRAMMAZIONE
- FINALITA' ED OBIETTIVI
- MAPPA DEI PERCORSI
- MAPPA
- PERCORSO DIDATTICO (con possibili ampliamenti)
- RIFLESSIONI SUL PERCORSO
- LUOGO CULTURALE: IL LABORATORIO
- MOSTRA INTERATTIVA “ BALTAZAR”: ASPETTI SIGNIFICATIVI DELL’ESPERIENZA NEI CONFRONTI DEGLI INSEGNANTI, ALUNNI E VERSO IL TERRITORIO (L’ESTERNO)
- MOSTRA INTERATTIVA “ BALTAZAR”: ASPETTI SIGNIFICATIVI DELL’ESPERIENZA NEI CONFRONTI DELLA TIROCINANTE
- CONSIDERAZIONI E DIFFICOLTA' INCONTRATE
- DOCUMENTAZIONE/ARCHIVIAZIONE
  - BIBLIOGRAFIA
-

## PRESENTAZIONE

Ho svolto il mio percorso didattico in una classe quinta composta da diciotto alunni di cui uno con difficoltà e seguito da un'insegnante di sostegno. Da novembre sono state inserite due bambine kurde. Si è utilizzato lo spazio classe ed un'aula adibita a laboratorio. Da alcuni anni, la classe aderisce ad un progetto di laboratorio che affronta temi scientifici attraverso l'osservazione di fenomeni naturali. L'esigenza di attuare un laboratorio è nata dalla necessità di far sì che i bambini, attraverso lo sperimentare liberamente, il fare, diventino protagonisti del loro apprendimento, dando agli stessi anche la possibilità di esprimersi spontaneamente in tutte le loro potenzialità. Questi momenti diventano importanti perché utilizzano l'esperienza per far interiorizzare elementi di materie di studio astratte. Il laboratorio risponde anche alle esigenze delle insegnanti di approfondire alcune tematiche, sperimentare metodologie e costruire percorsi didattici che da un lato consolidano competenze e conoscenze dell'adulto in ambito scientifico e dall'altro portano, nella ricaduta didattica, i bambini a :

- sviluppare linguaggi non verbali
- manipolare semplici modelli
- interpretare e organizzare le conoscenze per costruire nuove strutture cognitive personali(nel rispetto dei tempi e delle abilità relative all'età del bambino)
- sperimentare anche i saperi astratti
- sperimentare il diritto ed il dovere della convivenza democratica
- osservare ed esplorare alcuni fenomeni fisici
- operare con materiali poveri e/o familiari per realizzare situazioni sperimentali progettate in autonomia o collettivamente

Con l'insegnante accogliente ho concordato di attuare un percorso didattico che comprendesse una lettura sia di tipo percettivo che fisico del mondo dei suoni.(vedere fase di programmazione)  
Sono stati individuati alcuni nodi concettuali e sono stati costruiti possibili percorsi utili alla costruzione di conoscenze sui fenomeni acustici cercando di coinvolgere inoltre competenze relative a diverse aree disciplinari. All'interno del laboratorio inoltre, i bambini hanno la possibilità di trasferire i concetti appresi nella realizzazione di giochi ed esperienze con la finalità di proporli ad altri. I prodotti ed i modelli realizzati dai bambini vengono quindi raccolti in una mostra permanente interattiva " Baltazar". Questa è aperta alle scolaresche e ho avuto l'opportunità di accompagnare e di far fare esperimenti ad alunni di diverse classi .

Questa esperienza ha ulteriormente arricchito il mio percorso didattico poiché attraverso le varie domande fatte dai bambini ho potuto rilevare quanti "*perché*" loro si pongano e la necessità di individuare esperienze adeguate al fine di trovare delle possibili risposte, anche se parziali.  
Il metodo utilizzato per tutte le attività proposte nel laboratorio si riferiscono alla **RICERCA-AZIONE**. Questa metodologia ha le sue radici nel lavoro di Kurt Lewin (nel campo delle scienze sociali) attorno agli anni quaranta.. Essa cerca di collegare l'attività di ricerca alla situazione reale ed è stata successivamente ampliata, rafforzata e continuamente rielaborata in questi ultimi anni soprattutto in ambito educativo. E' a partire dagli anni ottanta che la ricerca-azione è approdata nel mondo della scuola soprattutto attraverso il lavoro di studiosi (quali per es. Kemmis, 1985, 1987 e Easen, 1985) in Australia, negli Stati Uniti e in Gran Bretagna.

L'utilizzo del metodo di ricerca-azione, mira a superare la tradizionale dicotomia tra teoria e pratica. E' flessibile in quanto ha portato a modifiche continue della programmazione man mano che si è proceduto nel lavoro. E' una metodologia attenta alle preconoscenze, alle attività da proporre ed ai processi d'apprendimento. Si occupa quindi di mettere in atto cambiamenti significativi e possibili del percorso formativo degli alunni ed anche il mio personale. Permette ai bambini di sperimentare il percorso della ricerca in prima persona divenendo quindi protagonisti del loro apprendimento.

L'insegnante ed io, abbiamo cercato di attuare delle fasi ben precise in modo da essere più vicine al metodo utilizzato:

- 1.porre domande preliminari ai bambini sul tema proposto individuando le loro preconoscenze attraverso ipotesi e risposte
- 2.dalle preconoscenze elaborare possibili percorsi
- 3.cercare di verificare le ipotesi nella fase di esecuzione dei percorsi
- 4.cambiare le condizioni per verificare nuovamente le ipotesi ottenute attuando il "ricordo orchestrato"
- 5.trasferimento in modelli oggettuali diversi dei concetti appresi

ESEMPIO:

*"Il suono si propaga nell'aria(mezzo)?"* I bambini formulano ipotesi e le verificano  
*"E se l'aria non c'è?"* Viene cambiata la condizione e l'esperienza viene rifatta. Verifico se le ipotesi sono corrette.

Cambio nuovamente le condizioni: *"E nell'acqua?"*

NON GENERALIZZO TUTTO



Il metodo seguito non ha contemplato nel dettaglio tutte le procedure indicate nel percorso metodologico della ricerca-azione ma l'insegnante ed io, abbiamo ritenuto che avvalersi di uno schema troppo rigido avrebbe richiesto tempi notevoli all'interno dell'organizzazione scolastica: ore di programmazione, attività collaterali...

Ogni attività proposta è riuscita a perseguire il punto di forza della metodologia di ricerca –azione che si configura come un processo di apprendimento in cui un soggetto impara ad operare continue correzioni ed aggiustamenti del percorso in base all'analisi critica dell'esperienza precedente

## IL CICLO DI RICERCA-AZIONE:COME PROCEDERE

L'immagine base che viene usata per illustrare il percorso che un progetto di *ricerca azione* deve seguire è quello proposta da Kemmis ed altri (1982) . E' un percorso a spirale costituito da quattro fasi fondamentali che sono precedute da un momento di discussioni, esplorazioni e valutazioni delle possibilità e dei limiti. Questo è un momento della ricognizione:

(Ricognizione)



1. pianificare
2. agire
3. osservare-monitorare
4. riflettere-valutare

La quarta fase può comportare l'esigenza di rivedere il proprio piano originale. Rivisto il piano, riparte di nuovo la spirale.

### FASI DI PROGRAMMAZIONE

La programmazione con l'insegnante si è svolta settimanalmente per la durata di due ore secondo queste modalità:

- approfondimento disciplinare
- individuazione dei nodi concettuali
- riflessioni periodiche e discussione condivisione delle strategie metodologiche
- stesura di possibili percorsi
- organizzazione delle unità didattiche
- scelta dei mediatori

## FINALITA' ED OBIETTIVI

### FINALITA':

- potenziare lo spirito critico e di ricerca e la capacità di problematizzare
- potenziare la capacità comunicativa e relazionale tra alunni e tra alunni e insegnante

### OBIETTIVO GENERALE:

- riconoscere il mondo dei suoni come uno degli elementi essenziali per entrare in relazione con sé e la realtà esterna

### OBIETTIVI SPECIFICI:

- sapere come si produce un suono attraverso attività quali la percussione o lo sfregamento di oggetti e la tensione di corpi elastici.
- conoscere, attraverso la visualizzazione in modelli oggettuali (ondoscopio, vibroscopio, molla), come viaggia l'onda sonora
- utilizzando l'ondoscopio e generandovi delle onde nell'acqua osservare il fenomeno della riflessione
- attraverso giochi e la costruzione di un puzzle di legno, saper riconoscere le principali componenti dell'orecchio

## MAPPA DEI PERCORSI

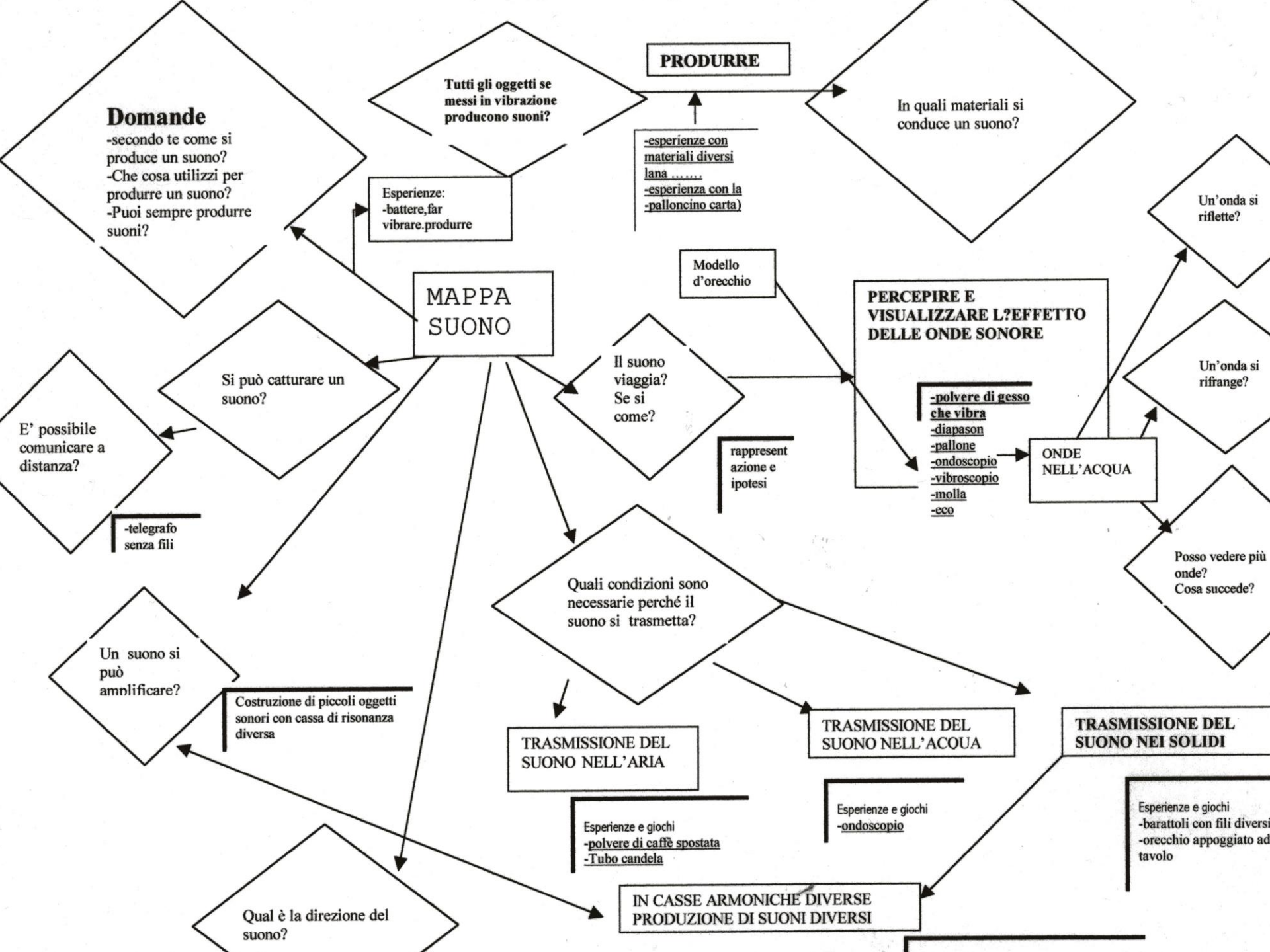
All'interno della mappa si possono individuare i tre **percorsi affrontati**:

- **Produrre suoni**
- **Percepire, visualizzare l'effetto di un suono**
- **Produrre modelli oggettuali che consentano di studiare la:**
  - propagazione del suono (aria , acqua, solidi )
  - riflessione dei suoni (casse di risonanza)

I percorsi didattici delineati nelle pagine seguenti comprendono:

- **Domande preliminari**
- **I concetti**
- **Le attività**
- **Possibili ampliamenti**
- **Aree di competenza**





# PRODUZIONE DI SUONI

DOMANDE PRELIMINARI	CONCETTI	ATTIVITA'	AREE DI COMPETENZA
<p>-Come puoi produrre suoni?                      -Che cosa utilizzi per produrre suoni?                      -Puoi sempre produrre suoni?                      -Tutti gli oggetti se messi in vibrazione producono suoni?</p>	<p>-Ogni oggetto che vibra produce suoni o rumori</p> <p><b>- L'uomo percepisce solo una gamma di suoni</b></p>	<p>Diario di bordo (allegato n°1)</p> <p><u>Produzione di suoni attraverso:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• percuotere oggetti (sassi, legnetti, coperchi, metalli)</li> <li>• sfregare oggetti (legni)</li> <li>• tensione di corpi elastici (elastici, molla)</li> <li>• vibrazione di fogli di carta</li> <li>• la caduta di oggetti</li> <li>• parti del corpo, la voce, lo schiocco delle dita, battere i piedi e le mani...</li> </ul> <p><u>ricerca e costruzione di oggetti "sonori"</u></p> <p>possibile ampliamento :  <b>RISONANZA</b></p> <p><b>carta sonora:</b>                      si prende un foglio di carta e lo si muove;  <u>non riusciamo a percepire alcun suono.</u>                      Si prende una parte di foglio tra le dita e lo si avvicina alle labbra. <u>Soffiando, il foglio ben teso vibrerà producendo un suono</u></p> <p><u>VERIFICA DEI CONCETTI APPRESI</u></p>	<p><b><u>AREA LINGUISTICA</u></b>                      -Arricchimento lessicale</p> <p><b><u>AREA ESPRESSIVA</u></b>                      -Costruzione di oggetti per produrre suoni</p> <p><b>AREA ANTROPOLOGICA</b>                      -Concetti temporali                      -Misure di tempo                      -Ritmi</p> <p><b>AREA TRASVERSALE</b>                      -Instaurare la disponibilità all'ascolto                      -Esprimere le proprie opinioni liberamente                      -Rispettare le opinioni altrui                      -Collaborare alla riuscita della consegna</p>

## PROPAGAZIONE DEI SUONI

DOMANDE PRELIMINARI	CONCETTI	ATTIVITA'	AREE DI COMPETENZA
<p>- <i>Quali condizioni sono necessarie perché il suono si trasmetta?</i></p>	<p><b>- Il suono si trasmette nell'aria</b></p> <p><b>-Sorgente, emittente, ricevente</b></p> <p><b>-Orientamento nello spazio</b></p>	<p>- giochi all'aperto: i b\i si parlano a distanze diverse:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• disporsi in favore dell'emittente</li> <li>• disporsi con le spalle all'emittente</li> </ul> <p><b>VEDERE l'effetto di una vibrazione sonora</b></p> <p><b>Gioco della polvere ballerina</b></p> <p>prendere un recipiente di plastica ,praticare un foro sulla superficie</p>	<p><b>AREA LINGUISTICA</b> –Arricchimento lessicale</p> <p><b>AREA ESPRESSIVA</b> –Costruzione di oggetti per produrre suoni</p> <p><b>AREA LOGICO-MATEMATICA</b> –Progettazione - Spazialità</p>

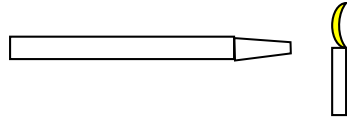
laterale, inserire nel foro un cono di cartoncino, coprire il vasetto con della carta velina ben tesa.

Sopra la carta velina versare dei granellini di caffè macinato finemente o del lievito.

**AREA TRASVERSALE**  
–Instaurare la disponibilità all'ascolto  
–Esprimere le proprie opinioni liberamente  
–Rispettare le opinioni altrui  
–Collaborare alla riuscita della consegna



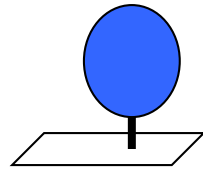
Urlando nel cono si vedrà la polvere saltare



### **Gioco dello spegni-candela**

( prendere un tubo di cartone, infilare ad un'estremità un palloncino di gomma ben teso ,applicare un cono nell'altra estremità praticando al vertice un piccolo forellino.Porre davanti al forellino una candela accesa.

*Pizzicando il palloncino ben teso, si vedrà spegnersi la fiamma (prendere bene la mira)*



### **SENTIRE l'effetto di una vibrazione sonora**

#### **Palloncino vibrante**

Gonfia un palloncino e fissalo su una tavoletta di legno

Appoggiando le mani sul palloncino , e parlando vicino si percepisce sul palmo delle mani le vibrazioni

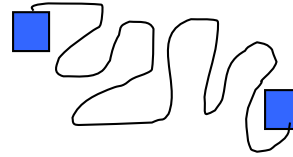
prodotte.*Pronunciando suoni diversi (ad es. le vocali), le vibrazioni percepite saranno diverse*

**-Condizioni:**  
**- la vibrazione sonora si trasmette solo quando lo spago è teso**

**Variabili:**  
**- tensione dello spago**  
**- lunghezza dello spago**  
**- sezione dello spago**  
**- utilizzo di materiali diversi**

### **Costruzione di un telefono con barattoli e filo**

Prendere due bicchierini da yogurt e praticarvi un foro nel fondo. Infilare una estremità di un lungo spago attraverso il foro di un bicchierino, l'altra estremità nel foro del secondo bicchierino. Annodare lo spago perché non si sfilii.



Mettersi di fronte ad un compagno e tendere bene la corda. Tenere il proprio bicchierino vicino all'orecchio mentre il compagno parla all'altra estremità.

- Tensione di corpi elastici

### **Campana di posate**

Legare insieme delle posate al centro di una cordicella

Premendo le estremità della cordicella contro le orecchie e facendo dondolare le posate si sentirà un suono simile ad un campanaccio

- Trasmissione del suono
- Modello

ATTIVITA': vedere l'effetto di una vibrazione che si propaga in diversi mezzi

-

### **Tubo acchiappasuono**

Posizionare l'estremità di un tubo di plastica(lungo 2m)ad una parete. A 15cm sistemare un imbuto.

Parlando a bassa voce dall'imbuto, si sentirà chiaramente dall'estremità libera del tubo lungo.

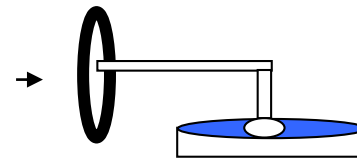
Variazioni:

- aumentare o diminuire la distanza tra imbuto e tubo di plastica
- utilizzare un altro tubo al posto dell'imbuto



### **Vibroscopio (modello di orecchio)**

Prendere un freesby circolare ed applicarvi ben teso un foglio di acetato. Disporre il freesby su un supporto in posizione verticale. Incollare al centro una cannuccia pieghevole e all'estremità libera incollare una pallina da ping-pong che si farà galleggiare nell'acqua di un recipiente posto sotto di essa.



Producendo un forte suono davanti al freesbee, si vedranno le vibrazioni prodotte nell'acqua.

-

Possibile percorso di approfondimento: L'ORECCHIO

Costruzione di telefoni con barattoli e filo diverso  
*-materiale(lana,corda,rame,rafia...)*

-

Rispetto al materiale, il suono si sentirà in maniera diversa

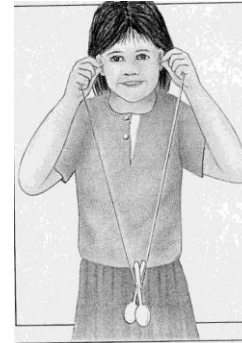
-

Possibile percorso: **MATERIALI FONOASSORBENTI**

**-Un suono si trasmette in  
maniera diversa a seconda dei  
materiali usati**

**-Un suono si trasmette in maniera diversa a seconda del mezzo di propagazione**

aria e materiali  
Prendere la campana di posate. Scuotendola, si sentirà un certo rumore. Appoggiando le estremità della cordicella all'orecchio e scuotendo la campana di posate il suono risulterà diverso



-  
-  
-  
-

**-Tutti i materiali conducono il suono allo stesso modo?**

**-Ci sono materiali che assorbono il suono e materiali che lo riflettono?**

-  
-  
-  
-  
-

**-Secondo te il suono può propagarsi nel vuoto?**

**-MATERIALI FONOASSORBENTI**

Costruzione di scatole con materiali diversi:  
*carta, cartone, polistirolo, legno, plastica, ferro.*  
All'interno di ogni scatola si inserisce una sveglia.  
**Individuare la scatola in cui il suono (soneria) della sveglia si sente di più e quella in cui si sente di meno.**

-  
- campana del vuoto

**-Il suono non si trasmette nel vuoto**

**AREA LOGICO MATEMATICA**

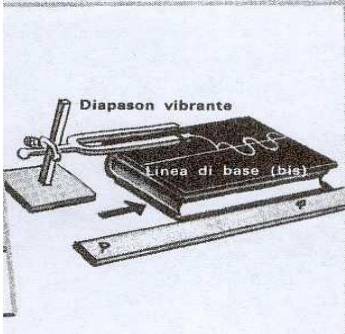
Classificazione  
Individuazione  
di misure arbitrarie  
relative alla percezione  
dei suoni  
Sensazione  
Registrazione



# L'ORECCHIO

DOMANDE PRELIMINARI	CONCETTI	ATTIVITA'	AREE DI COMPETENZA
<p>- <i>Come riusciamo a sentire un suono?</i></p>	<p><b>-Organo dell'udito e suo funzionamento</b></p>	<p>-lezione frontale relativa alle parti dell'orecchio modelli oggettuali:  <u>orecchio (anatomia)</u>  <u>il vibroscopio</u>  <b>-utilizzo di supporti multimediali con animazioni</b>  <b>-giochi relativi alla necessità dell'organo uditivo per sentire</b>                      -giochi per la memorizzazione delle componenti dell'orecchio                      -disegno dell'organo uditivo (allegati n° 2A,B,C)                      -costruzione di un puzzle di legno per la visualizzazione dell'orecchio e delle sue componenti</p> <p>-scheda di verifica</p> <p>Possibile percorso:  <b>INQUINAMENTO SONORO:                      GLI EFFETTI NOCIVI SULL'UOMO</b></p>	<p>AREA LINGUISTICA:                      Arricchimento lessicale</p> <p>AREA LOGICO-MATEMATICA                      Progettazione</p> <p>AREA ESPRESSIVA:                      abilità manipolative</p> <p>AREA TRASVERSALE                      instaurare la disponibilità all'ascolto esprimere le proprie opinioni liberamente rispettare le opinioni altrui collaborare alla riuscita della consegna</p>

# L'ONDA SONORA

DOMANDE PRELIMINARI	CONCETTI	ATTIVITA'	AREE DI COMPETENZA
<p><i>-Il suono viaggia? Se sì, come?</i></p> <p><i>-Si può vedere un'onda sonora?</i></p>	<p><b>-Visualizzare attraverso modelli oggettuali come viaggia l'onda sonora</b></p> 	<p>-rappresentazione e ipotesi</p> <p>-diapason</p> <p>ESPERIENZA: annerire un vetrino, predisporre su un rebbio un sottile filo di ferro, battere il diapason e velocemente appoggiare il filo di ferro sul vetrino; <u>Si vedranno gli effetti della vibrazione</u></p> <p><b>-modello rappresentativo (oggettuale):</b></p> <p>ondoscopio</p> <p>corda</p> <p>molla</p> <p>-utilizzo di programmi al computer</p> <p>-rappresentazione grafica di una onda e la denominazione delle parti che la costituiscono</p> <p>ESPERIENZA:</p> <p>-Immettere nell'ondoscopio un tappo di sughero.</p>	<p>AREA LINGUISTICA: arricchimento lessicale</p> <p>AREA ESPRESSIVA: abilità manipolative</p> <p>AREA TRASVERSALE instaurare la disponibilità all'ascolto esprimere le proprie opinioni liberamente rispettare le opinioni altrui collaborare alla riuscita della consegna</p>

<p><i>Le onde possono spostare oggetti?</i></p>          <p><i>Le onde sono tutte uguali?</i></p>	<p><b>-L'onda trasmette energia e non materia</b></p>          <p><b>-Le caratteristiche di un'onda:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>•<b>Frequenza</b></li>          <li>•<b>Ampiezza</b></li></ul>	<p><u><i>Le onde lo faranno oscillare in su e giù ma non lo sposteranno.</i></u></p> <p>-prendere una corda ,colorarne al centro una piccola porzione, infilare un cilindro scorrevole e posizionarlo sopra la parte colorata</p> <p><u><i>Generando onde da un'estremità della corda il cilindro non si sposterà.</i></u></p> <p>-giochi con la voce</p> <p>-esperienze con elastici</p> <p>-ricerca di oggetti che producono suoni gravi ed acuti</p>  <p>-giochi con la voce,con le mani uso del tamburello con sopra dei pezzetti di carta per vedere come essi saltano in modo diverso a seconda del suono prodotto( forte o debole)</p> <p>-Uso del computer per visualizzare e sentire le caratteristiche individuate;</p>
---	---	---

# RISONANZA

DOMANDE PRELIMINARI	CONCETTI	ATTIVITA'	AREE DI COMPETENZA
<p><i>Un'onda che incontra un ostacolo riflette?</i></p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p><i>-Il suono si può amplificare?</i></p> <p><i>-In casse armoniche diverse la percezione dei suoni è uguale o no?</i></p>	<p><b>-La riflessione</b></p>        <p><b>-risonanza vedi: Trasmissione del suono nei solidi</b></p> <p><b>-Suoni diversi con casse armoniche diverse</b></p>	<p>Modello oggettuale, <b>ondoscopio</b> :</p> <p>-generazione di onde nell'acqua. Incontrando un ostacolo esse riflettono</p> <p>-tavoletta di legno con elastico tra i denti</p> <p>-scatole con elastici tesi</p> <p>-costruzione di piccoli oggetti sonori con cassa di risonanza diversa</p> <p>-percepire i suoni attraverso barattoli di metallo di diversa dimensione</p> <p>-incontri con il musicista Mike Young esperto nella costruzione di oggetti sonori utilizzando materiale di recupero facilmente.</p> <p>-Esecuzione di brani e melodie con pompe da bicicletta, seghe, scatole di fiammiferi...</p> <p>-Costruzione di piccoli strumenti sonori ( allegati n° 3 )</p>	<p>AREA LINGUISTICA: Arricchimento lessicale</p> <p>AREA ESPRESSIVA : Abilità manipolative Costruzione di oggetti per produrre suoni</p> <p>AREA ANTROPOLOGICA: Concetti temporali Misure di tempo</p> <p>AREA TRASVERSALE: instaurare la disponibilità all'ascolto esprimere le proprie opinioni liberamente rispettare le opinioni altrui collaborare alla riuscita della consegna</p> <p>ED. MUSICALE : brevi esecuzioni ritmiche</p>

## RIFLESSIONI SUL PERCORSO:

Il percorso affrontato sul suono mi è sembrata subito la scelta più stimolante tra le offerte propostemi dall'insegnante accogliente per attuare il mio progetto tirocinio avendo io intrapreso l'indirizzo scientifico in ambito universitario. L'insegnante mi ha fornito chiarimenti e materiali in merito al lavoro che volevo intraprendere per questo anno scolastico ed alla metodologia con cui vengono affrontati i lavori di laboratorio da tutto il team docente; nell'ambito scientifico infatti tali lavori di laboratorio vengono utilizzati oramai da molti anni. Sono già stati affrontati durante i vari anni, da varie classi, laboratori sulla luce, le ombre, le forze ed una piccola parte di introduzione al mondo del suono. E' stato prodotto anche il cd-rom "Giochi di Luce" e tutti i lavori prodotti dagli alunni in questi laboratori sono stati raccolti per poi costituire la mostra interattiva permanente "Baltazar". Anche i lavori prodotti nel percorso didattico che ho affrontato sono stati inseriti in una sezione nuova della mostra. la sezione del suono.

In questo percorso con l'insegnante abbiamo dunque utilizzato la metodologia della ricerca-azione cercando di rispettare i suoi aspetti didattici e pedagogici più significativi.

Sicuramente nella scelta dei mediatori didattici fanno la loro parte molti aspetti diversi: se il laboratorio fosse stato proposto con altri obiettivi o comunque a carattere prettamente musicale o progettato per alunni di diversa età ci sarebbe stata una scelta diversa. Sono stati utilizzati frequentemente **mediatori attivi data la grande importanza del livello esperenziale con la costruzione di esperimenti e dunque oggetti ,il continuo progettare degli alunni** ( la costruzione di strumenti musicali, il puzzle sull'orecchio..) , le esercitazioni di tipo essenzialmente pratico, la ricostruzione di esperienze attraverso il ricordo orchestrato e la conversazione. In secondo luogo si è fatto affidamento a **mediatori iconici (la rappresentazione grafica dell'orecchio)e simbolici(uso di termini specifici per l'arricchimento lessicale). Gli analogici invece non sono stati sfruttati per** gli obiettivi che comunque ci eravamo prefissate l'insegnante ed io . La differenza tra il metodo di ricerca-azione ed altri che vengono utilizzati nell'insegnamento, ci ha portato proprio a fare queste scelte : i mediatori attivi sono stati fondamentali per attuare un apprendimento dei bambini per esperienza diretta mentre dall'altra parte quelli **simbolici sono stati scarsamente utilizzati. Uno dei casi principali del loro utilizzo è avvenuto in parte, nell'illustrazione delle varie componenti che formano l'organo dell'udito, dove ho applicato la tipica tecnica nota come "lezione", in relazione frontale** e unidirezionale con gli alunni; tuttavia in questi casi abbiamo utilizzato anche supporti multimediali con animazioni che hanno permesso la visualizzazione di alcune fenomenologie.

Il metodo della ricerca –azione, mi ha portato a divenire soggetto attivo di ricerca ma soprattutto artefice del mio sviluppo professionale. Infatti nell'ambito della pratica educativa ho potuto attivare momenti di progettazione, azione diretta, riflessione e riprogettazione al fine di migliorare alcuni aspetti del percorso affrontato. Questo è stato molto importante per il mio percorso di metariflessione e motivazionale. Tutto ciò ha richiesto una precisa assunzione d'impegno da parte dell'insegnante e mia per l'acquisizione delle competenze a carattere concettuale e nozionistico e nella ricerca del materiale. C'è stato un recupero di nozioni acquisite durante il proprio percorso di studi ma soprattutto lo studio di tutti quei concetti di fisica che potevano riguardare il mondo dei suoni come il significato di termini come trasmissione, riflessione e rifrazione. Dopo questo primo passo però si sono presentate delle difficoltà sulla raccolta del materiale. Le nozioni di fisica non andavano ovviamente bene per dei bambini di classe quinta ed il materiale sul suono trovato è stato molto scarso e soprattutto a carattere prettamente specifico (materiale di facoltà universitarie, istituti scientifici, istituti superiori). Anche la ricerca in rete non ha portato molti frutti. In generale, per i bambini, si trovano spesso le stesse cose e sono anche poche. C'è stato dunque tutto un lavoro di progettazione e adattamento per far sì che i bambini non solo interiorizzassero i concetti ma tramite il gioco (per loro più immediato) riuscissero a trasferire gli stessi in modelli oggettuali facilmente comprensibili ad altri.

## LUOGO CULTURALE:IL LABORATORIO

Il laboratorio come “luogo culturale” si configura come un approccio metodologico che unisce le esigenze del bambino e della scuola realizzando il benessere del primo attraverso il piacere creativo del sapere, saper essere e saper fare. Il laboratorio diviene così un momento dove è possibile:

- individuare nuovi bisogni e proporre adeguate offerte formative
  - verificare le reali possibilità degli alunni nella sperimentazione del diritto ,ma anche dovere, della convivenza democratica (*lavoro di gruppo e non* )
  - esprimere la creatività
  - esprimere la propria affettività
  - potenziare i processi cognitivo-motivazionali tramite un apprendimento esperenziale diretto(*attraverso la scoperta*)
  - dare la possibilità agli alunni di esprimere sotto altre forme le loro potenzialità
  - rafforzare la propria autostima

Riguardo alla scelta di avvalersi del metodo della ricerca –azione, il laboratorio è l'ipotesi metodologica che meglio risponde al profilo di una scuola che offre un insegnamento ed apprendimento non più relegato ad un modello didattico unicamente trasmissivo ma altamente interattivo- esperenziale. E' anche una strategia per il raggiungimento dell'unitarietà (*area della trasversalità , delle basi cognitive e dei processi di pensiero comuni a tutte le discipline*).Infatti possiamo collegarci a quelle aree che nel percorso sono state chiamate di “competenza”(indicatori per ambito)che creano un ponte tra specificità disciplinare ed interdisciplinarietà .

In generale,nell'ambito matematico, scientifico e di educazione motoria troviamo:*la comprensione, la problematizzazione, la logica, l'uso di codici simbolici,le abilità motorie,l'osservanza di regole ed il rispetto dell'altro.*

Nell'ambito della lingua e dell'educazione all'immagine invece troviamo: *l'ascolto, la comprensione, la comunicazione, la lettura , la produzione orale e scritta, l'uso di codici linguistici ed iconici.*

Nell'ambito storico, geografico degli studi sociali e dell'educazione al suono e alla musica, troviamo: *l'autonomia, la relazionalità, l'astrazione, comunicazione, la capacità di ricerca e confronto, l'ascolto, la codifica e decodifica di segni-simboli-suoni, l'osservazione di regole e la produzione di documenti.*

Gli indicatori che accomunano questi ambiti (e sicuramente sono fra i più importanti) riguardano soprattutto l'educare:

- al pensiero
- alla flessibilità
- alla conoscenza di se' e al rispetto dell'altro
- allo spirito critico
- all'acquisizione di un metodo di ricerca
- all'uso di codici
- alla padronanza della strumentalità operativa



## MOSTRA INTERATTIVA “ BALTAZAR”: ASPETTI SIGNIFICATIVI DELL’ESPERIENZA NEI CONFRONTI DEGLI INSEGNANTI, ALUNNI E VERSO IL TERRITORIO (L’ESTERNO)

(allegato n°4 )

### **Negli insegnanti:**

- rende chiara e visibile ad altri le esperienze fatte a scuola
- favorisce lo scambio significativo di esperienze tra insegnanti di plessi diversi

Contribuisce:

- ad una crescita professionale dal punto di vista metodologico, contenutistico ed operativo
- alla costruzione di percorsi specifici per le proposte operative e per i concetti adatti all’età degli alunni

Inoltre la mostra:

- offre la possibilità agli insegnanti di inserire i lavori didattici delle proprie classi
- diventa centro di documentazione e raccolta di materiale didattico-operativo

### **Negli alunni:**

- coinvolge maggiormente gli alunni nella progettazione e realizzazione di esperimenti e giochi da proporre
- prevede momenti in cui gli stessi alunni hanno propongono il percorso ad altri alunni .Una comunicazione tra pari dunque che ha permette di coinvolgere maggiormente i “piccoli” visitatori .

### **Tra insegnanti ed alunni:**

- La comunicazione tra pari permette all’insegnante di verificare attraverso la precisione lessicale e la sicurezza dimostrata nell’esposizione da parte dei bambini , le competenze e le abilità acquisite dagli stessi nel percorso svolto

**Verso l'esterno:**

- diventa aula decentrata in un'ottica di “Scuola d'ambiente”
- favorisce l'integrazione scuola-territorio
- contribuisce all'ampliamento delle offerte culturali del territorio stesso
- diviene centro di documentazione e di esperienze anche fruibili da altre scuole

**Nell'esperienza della tirocinante:**

- esperienza diretta di supporto delle visite didattiche
- arricchimento disciplinare
- crescita professionale dal punto di vista metodologico, didattico e relazionale

**MOSTRA INTERATTIVA “ BALTAZAR”: ASPETTI SIGNIFICATIVI DELL'ESPERIENZA NEI CONFRONTI DELLA TIROCINANTE**

Accanto al lavoro di laboratorio, ho avuto la possibilità di affrontare un'esperienza molto significativa. In seguito all'allestimento della nuova sezione sul suono, mi sono affiancata agli insegnanti già presenti, durante le visite didattiche alla mostra.

Il mio compito è stato quello di occuparmi della sezione accogliendo i bambini, spiegando i vari esperimenti, e lasciandoli poi sperimentare autonomamente.

Tutto ciò è stato molto utile perché mi ha permesso un ulteriore arricchimento dal punto di vista didattico ma soprattutto relazionale con i bambini. All'inizio avevo il timore di non riuscire a coinvolgerli pienamente e comunque a rispondere in maniera adeguata alle loro domande (ho potuto constatare quanti perché loro si pongono grazie alla grande curiosità che li spinge), tuttavia ogni visita mi ha dato sempre più sicurezza e l'approccio con i bambini è divenuto così sempre più significativo.

## CONSIDERAZIONI E DIFFICOLTA' INCONTRATE

Il progetto affrontato in questo quarto anno per molti aspetti ha favorito la mia crescita professionale ma mi ha anche portato a riflettere sulla scelta di insegnare. È servito sicuramente per conoscere in maniera più approfondita alcuni argomenti relativi alle scienze ma soprattutto il metodo di ricerca-azione che mi ha portato ad acquisire conoscenze ed a verificare direttamente alcuni aspetti didattici appresi all'università. Prima di tutto ho dovuto coniugare l'approfondimento disciplinare con la didattica e predisporre materiale ed esperienze adatte ad alunni di quinta elementare (ciò non è sempre stato semplice) per perseguire i punti di forza del metodo quali permettere ai bambini di sperimentare il percorso di ricerca in prima persona divenendo protagonisti del loro apprendimento. Non solo, la flessibilità del metodo ha portato a modifiche continue della programmazione man mano che si è proceduto con il lavoro. Questo è stato possibile grazie alla raccolta di rappresentazioni grafiche, conversazioni delle idee e delle ipotesi che hanno fatto i bambini durante i momenti di lavoro nel laboratorio permettendo di cogliere le loro idee spontanee individuando esperienze e conoscenze per poi poterle stendere ed organizzare in possibili percorsi. In questo il laboratorio è servito per coinvolgere i bambini attraverso il provare concretamente. L'attività è risultata più efficace soprattutto con piccoli gruppi.

## DOCUMENTAZIONE/ARCHIVIAZIONE

Oggettuali:

- costruzione di semplici strumenti scientifici con uso di materiale povero per l'allestimento di una nuova sezione all'interno della mostra interattiva Baltazar

Cartacea e/o multimediale:

- percorso didattico con proposte operative

- cd-rom da costruire

- possibile una pubblicazione del percorso

## BIBLIOGRAFIA:

- Amplatz C. (a cura di) – RICERCA-AZIONE IN AMBITO EDUCATIVO- Esperienze, Padova ,CLEUP 2000
- Pozzo G. , & Zappi L. -LA RICERCA-AZIONE- Bollato Boringhieri,Torino, 1993
- Scurati C., Giordan A., Elliot S.- LA RICERCA-AZIONE- Boringhieri Torino, 1983
- Scurati C. ,Zaniello G. (a cura di) –LA RICERCA-AZIONE. CONTRIBUTI PER LO SVILUPPO EDUCATIVO- Napoli,Tecnodid.(1993)
  
- Damiano E. (a cura di) –GUIDA ALLA DIDATTICA PER CONCETTI-Edizioni Scolastiche Juvenilia, Milano, 1995
- Gagliardi M., Guidoni P., -Educazione scientifica nella scuola di base, La ricerca per la scuola di base a Napoli in “Per una educazione scientifica di base”-Rapporto di Ricerca CNR Commissione Didattica, La Gogliardica Pavese, 1991
- Giordan A.- UNA DIDATTICA PER LE SCIENZE SPERIMENTALI- Armando Editore, Roma 1981
- Guelfi,Guerra -PROGRAMMAZIONE EDUCATIVA E DIDATTICA- Nuova Italia, Firenze,1993
- Novak, Gowin, -IMPARANDO AD IMPARARE- SEI, Torino,1989
  
- Cash T. & Parker S. - DIVERTIAMOCI CON LA SCIENZA 2-DeAgostini Ragazzi,1992
- Freeman I.M. – IL SUONO E GLI ULTRASUONI- Zanichelli Editore ,Bologna
- Isaacs A. e Pitt V. –LA FISICA – Arnoldo Mondatori Editore,1992
- Zanetti V. -LA FISICA ATTORNO A NOI- Zanichelli Editore, Bologna, 1989



**22 gennaio,  
esperienze**

## Le pagine del suono : come produrre un suono?

Si tratta di telai ai quali sono appesi oggetti che fanno rumore.



Sono i frutti e i semi del Carrubo ( si presta bene anche la Paulonia), oppure molte conchiglie di chiocciola infilate una di seguito all'altra.





Sono pendagli realizzati in alluminio, a forma di cono.



Sono barattoli di varie dimensioni. Se ne possono realizzare in serie.

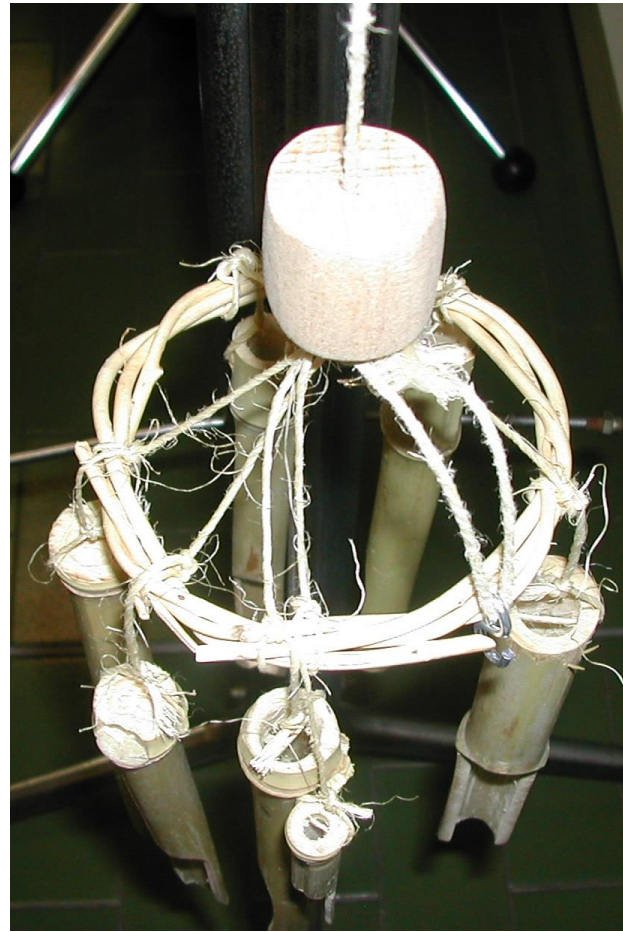


**Con l'aiuto del papà si forano  
dei sassi per costruire l'oggetto  
raffigurato.**

**Si può osservare la diversa  
porosità dei sassi in relazione al  
suono prodotto**



**Oltre ai sassi si possono  
mettere canne di bambù o  
canne di alluminio**



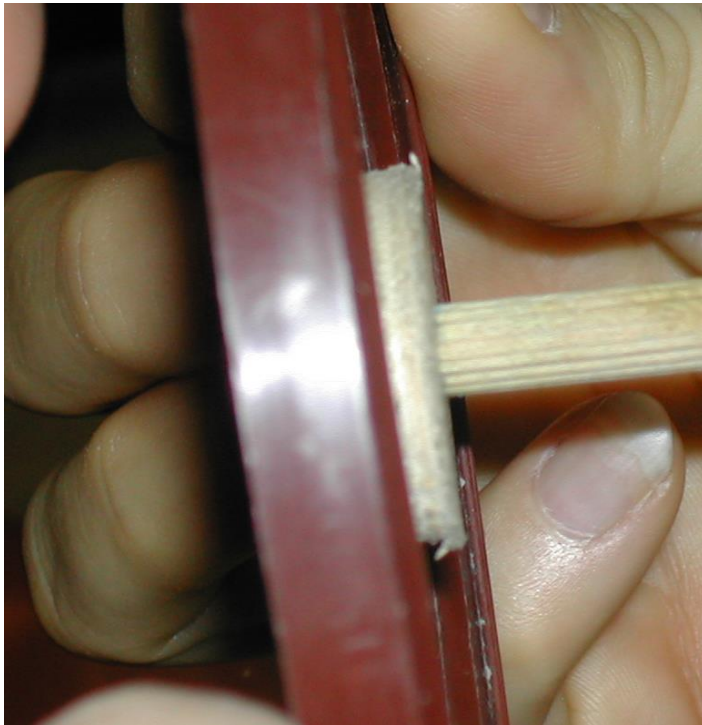


E' uno xilofono realizzato con tubi da elettricista. Produce suoni da gravi ad acuti in relazione alla lunghezza dei tubetti.

Si possono riempire di riso, oppure di caffè o di altri semi barattoli di materiale diverso.

Con la creta si possono modellare degli zufoli.

Il "Pitipu" è un barattolo come quello dell'orzo forato sopra e sotto, con infilato nei fori un bastoncino di legno che viene fatto scorrere dall'alto al basso aiutandosi con una spugnetta bagnata (v. videocassetta BALTAZAR).



**Le grosse noci, riempite con semi, richiuse con colla a caldo e opportunamente decorate si trasformano in bambole sonore**



## Il viaggio del suono : come mai possiamo udire un suono?

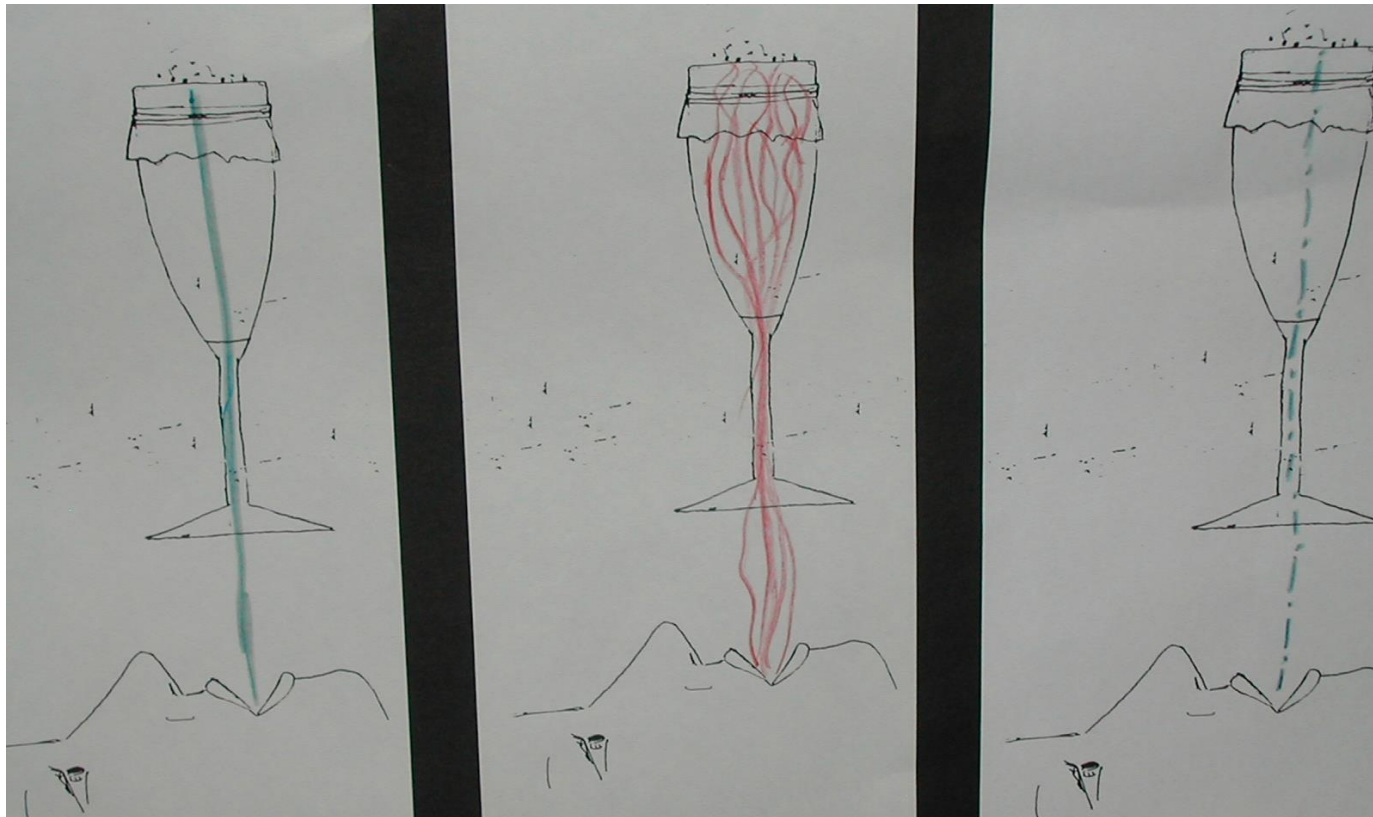
### Il gioco della polvere ballerina

Si possono usare dei bicchieri di plastica, ma anche un vasetto o una tazza, si ricopre l'imboccatura con carta da forno (o con un palloncino tagliato) ben tesa e fissata con un elastico, sulla quale si lasciano cadere alcuni cristalli di zucchero, del caffè o polvere di gesso ben asciutti.

Occorre produrre un suono nelle vicinanze per vedere saltare i granellini sulla carta da forno.



Si può chiedere ad ogni bambino di rappresentare il percorso del suono dall'oggetto che lo produce ai granellini e da questi all'orecchio e discutere ■



## Il palloncino vibrante

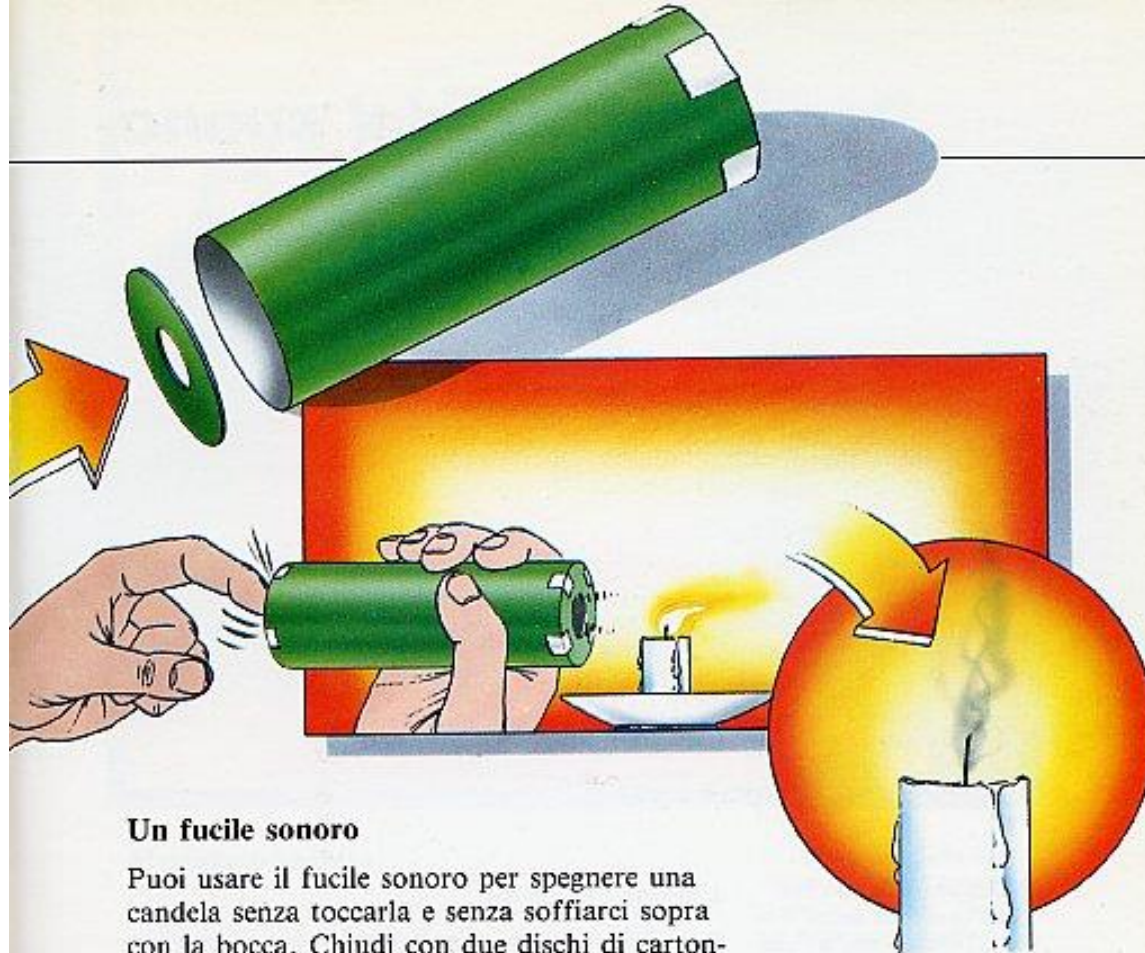
Si gonfia un palloncino e lo si mette in una scodella. Parlare davanti al palloncino trattenendolo con le mani.

Sul palmo delle mani potremo percepire le vibrazioni prodotte dalla voce.





# Il gioco dello spegni candela



## Un fucile sonoro

Puoi usare il fucile sonoro per spegnere una candela senza toccarla e senza soffiarcia sopra con la bocca. Chiudi con due dischi di cartoncino le estremità di un tubo di cartone. Al centro di uno dei due dischi fai un foro di circa 1 centimetro di diametro. Poi accendi una candela e metti il tubo dalla parte del foro vicino alla fiamma. Colpisci seccamente l'altra estremità: la candela si spegne!

★ Quando colpisci il disco di cartone produci onde sonore che fanno vibrare l'aria all'interno del tubo. Appena queste vibrazioni arrivano al foro all'altra estremità, dal foro esce un'ondata di aria che soffia sulla fiamma.

△ Scegli una candela debole (come quelle delle torte di compleanno) perché diversamente la fiamma si limita ad ondeggiare. Fai l'esperimento in un posto senza correnti di aria.

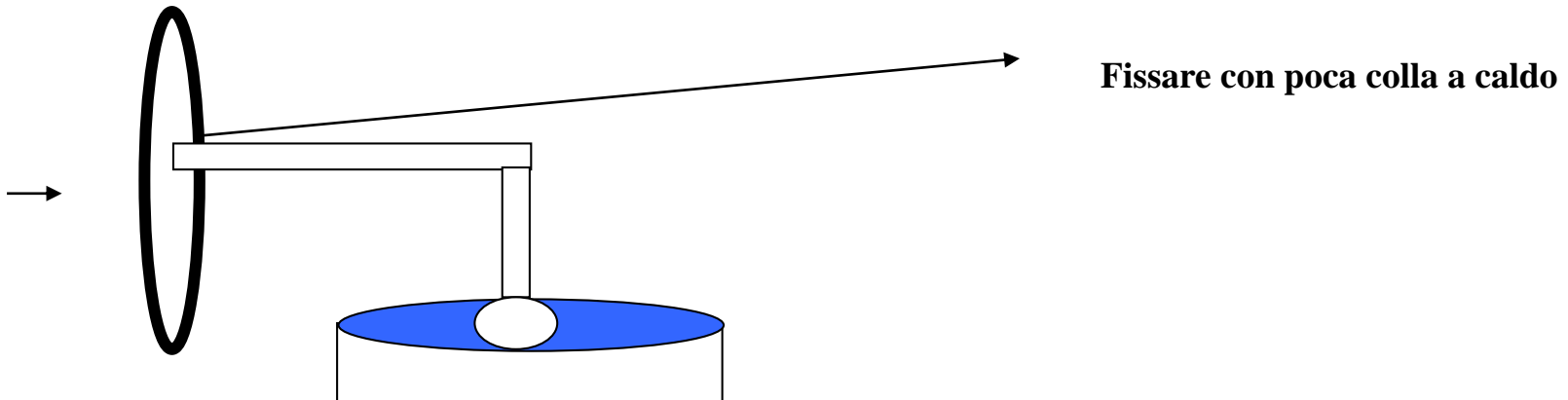
# Il vibroscopio : un modello dell'orecchio

Prendere un freesby circolare ed applicarvi ben teso un foglio di acetato.

Disporre il freesby su un supporto in posizione verticale.

Incollare al centro una cannuccia pieghevole e all'estremità libera incollare una pallina da ping-pong che si farà galleggiare nell'acqua di un recipiente posto sotto di essa.

Producendo un forte suono davanti al freesbee, si vedrà che le vibrazioni prodotte mettono in movimento l'acqua.





ONCE UPON A  
TIME  
ONCE UPON A  
TIME  
ONCE UPON A  
TIME

LORE  
ONCE UPON A  
TIME

# **L'ondofono : le onde sonore si riflettono**

**Costruire una vasca lunga e stretta non troppo profonda ( può andar bene 100x50x10 cm) in vetro o in plexiglass e versarvi dell'acqua fino a metà.**

**Produrre onde ed osservarne il percorso. Si possono usare dei martelletti costruiti con lunghi stecchini e un tappo.**

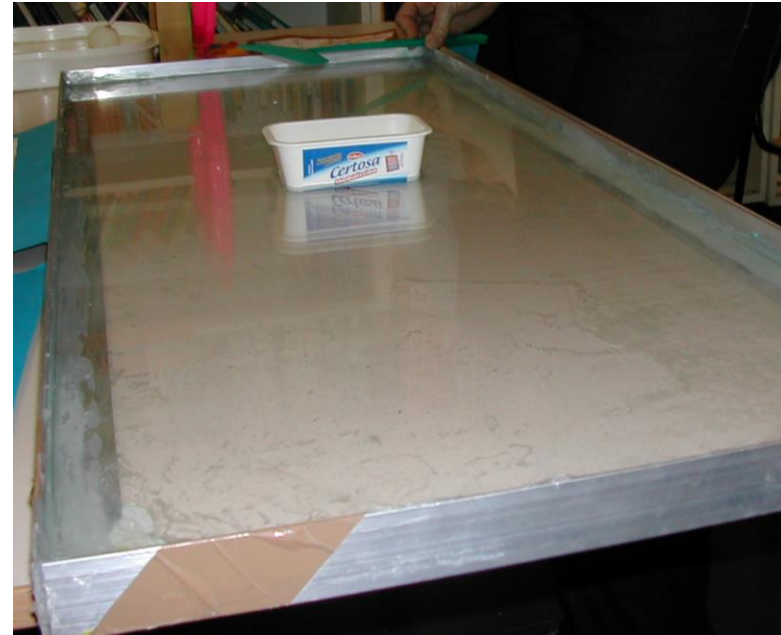
**Provare a battere un diapason e ad appoggiarlo sulla superficie.**

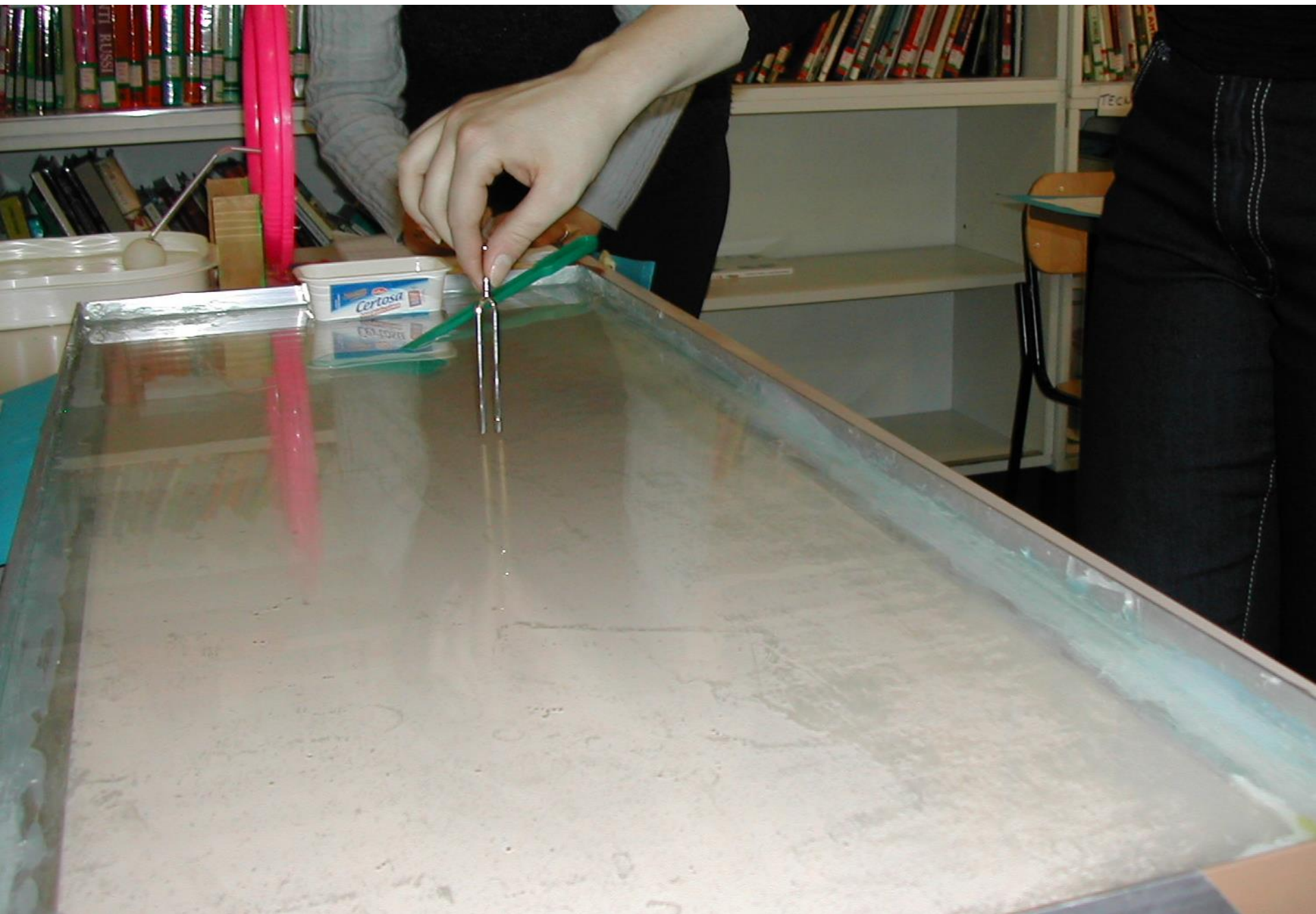
**Notare che si formano sempre onde perfettamente circolari.**

**Provare a mettere un ostacolo nell'acqua. Notare le onde di ritorno che si formano sempre.**

**Provare a far rappresentare il percorso delle onde.**

**Provare con una bacinella tonda ed osservare le onde di ritorno.**

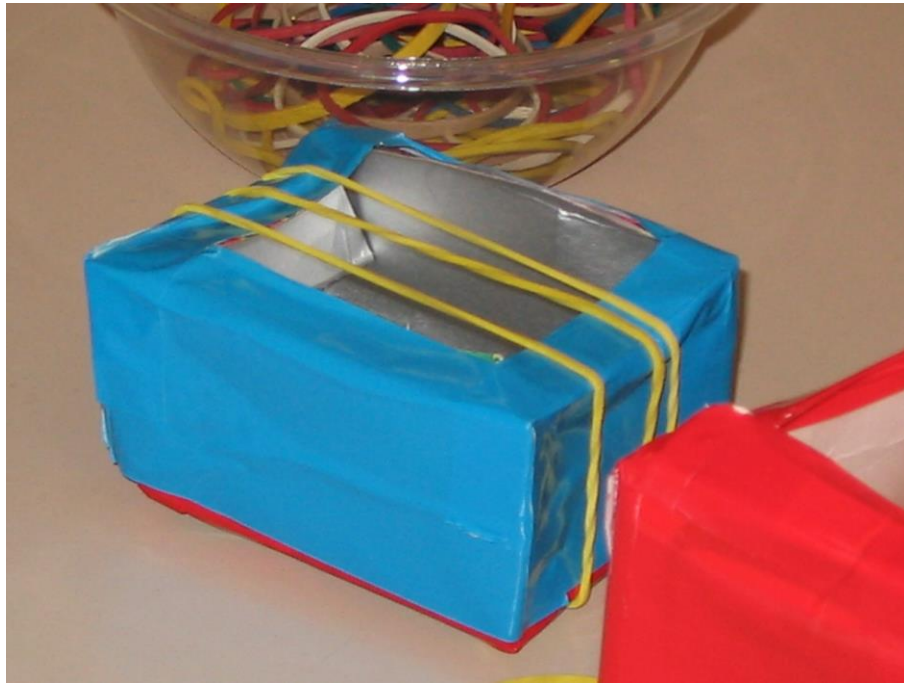




# Casse di risonanza con elastici

Costruire casse di risonanza con elastici più o meno lunghi, più o meno tesi.....





**Posso misurare con l'oscilloscopio di un registratore e vedere la relazione che intercorre fra il suono emesso e la tensione della corda.**

**... e chitarre**



## Un telefono ...



△ Copri con un nastro adesivo le frastagliature rimaste quando hai aperto la scatola. Introduci un filo nei fori fatti nel fondo delle due scatole e annodalo all'interno in modo che non possa uscire.

**Perché i suoni si trasmettono attraverso certi materiali e non altri?**

### **Telefono a scatole di latta**

A due scatole di latta togli il coperchio, lavale bene e fai un piccolo foro nel fondo. Poi collega le due scatole con un filo lungo e robusto. Tenendo il filo ben teso, un ragazzo appoggia la sua scatola all'orecchio e l'altro parla sottovoce nella sua. La voce arriverà chiara al primo ragazzo. Ora ripeti l'operazione con il filo piuttosto allentato: la voce non arriverà più.

★ Quando parli nella scatola, produci onde sonore. Queste viaggiano dalla prima scatola lungo il filo ben teso, fino all'altra scatola. Solo se è ben teso il filo può vibrare e trasportare le onde sonore: se non è teso, il filo non può vibrare e non trasmette i suoni.





Provare a sostituire il barattolo di latta con due bicchieri di plastica e poi a sostituire di nuovo con contenitori di altri materiali.

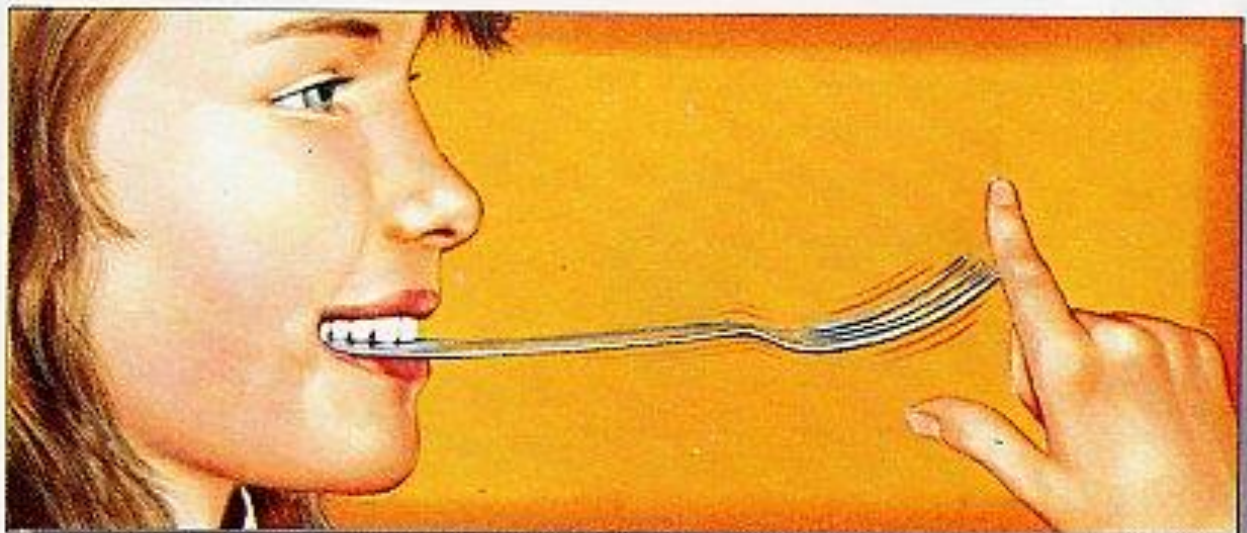
# Un campanaccio di cucchiai

Costruire un campanaccio come quello in foto e ascoltarne il suono.

Ascoltarlo di nuovo appoggiando alle orecchie le estremità delle corde.



## Il suono di una forchetta



△ Stai attento a non rovinarti i denti o la bocca. Per avere i migliori risultati usa una forchetta con rebbi lunghi e sottili.

### I suoni nel cranio

Prendi in mano una forchetta e fanne vibrare i rebbi, cioè i denti o le punte: sentirai una debole vibrazione. Ora stringine il manico tra i denti e falla vibrare di nuovo: un forte rumore risuonerà nella tua testa.

★ La prima volta, il suono emesso dalle punte della forchetta viaggia nell'aria, la seconda volta si propaga lungo il metallo della forchetta e le ossa della mascella e del cranio. Il suono viaggia molto più facilmente attraverso i metalli e le ossa che non attraverso l'aria. Ecco perché la seconda volta hai sentito un suono più forte.

## Materiali fonoassorbenti

Produrre un suono - far suonare una sveglia, un telefonino - all'interno di una scatola realizzata con materiali diversi fonoassorbenti. Vanno bene il sughero e la stifferite (**materiale usato nell'edilizia per costruire pannelli isolanti**) ad esempio.



## **Padiglioni auricolari**

Costruire coppie di padiglioni auricolari orientabili di diverse dimensioni.

Ascoltare come viene percepito il suono, ogni volta in modo diverso.

## **Ascoltare suoni stando immersi nell'acqua**

Dentro l'acqua la percezione dei suoni è diversa: è come se venissero prodotti più vicino a noi di quanto non accada in realtà.

## Suoni diversi con casse armoniche diverse

Contropodena.



**Mediante una manopola si fa roteare il disco. Il suono è prodotto dal tubo ondolato che sfrega sulle bottiglie**



## Bidofono



**Il movimento del bambù che scorre sulla corda crea suoni più o meno acuti.**



**Particolare della corda fissata al manico**



**Ruotando la chiave si può  
variare la tensione della  
corda**





## Scala di bottiglie



**Qualche  
informazione  
sul suono**

# Oscillazioni e onde

Quando si parla di onde viene spontaneo pensare a quelle che si formano sulla superficie dell'acqua, ma ci sono anche onde di altro tipo, che noi non vediamo, ma delle quali possiamo constatare in altro modo gli effetti. Tra queste sono le onde sonore che, rivelate dall'orecchio e interpretate dal cervello, producono in noi sensazioni gradevoli, come l'armonioso suono del violino, o fastidiose fino all'insopportabilità, come il frastuono del martello pneumatico.



Ti sarà probabilmente capitato, a causa di un raffreddore o in occasione di un viaggio in montagna, di provare una fastidiosa sensazione di scarsa capacità uditiva, come se ti si fosse formato un «tappo » nelle orecchie. Sai da che cosa è provocato questo inconveniente? La causa (e il rimedio) ti appariranno chiari quando avrai conosciuto il meccanismo di formazione e ricezione dei suoni.

Il suono non è l'unico fenomeno ondulatorio importante per l'uomo, però è certo che la nostra capacità di comunicare si riduce grandemente se ci troviamo nell'impossibilità di parlare e di udire. Ci sono animali, come il gatto, che basano le maggiori probabilità di avvistamento della preda proprio sull'efficienza particolare del loro apparato uditivo. Altri animali, e valga l'esempio del pipistrello, hanno la facoltà di emettere suoni «che non fanno rumore » *{ultrasuoni}* e di riceverne l'eco riflessa dagli ostacoli.

L'uomo non ha queste doti, però sa costruire apparecchi generatori di ultrasuoni dei quali si serve in numerose occasioni, ad esempio per scandagliare il fondo marino o per localizzare corpi immersi. Il *sonar* è il rilevatore sottomarino a ultrasuoni che ha molto contribuito, durante l'ultima guerra, a sventare l'insidia dei sottomarini tedeschi.

## Una deformazione che viaggia: onde elastiche

Intendiamo proporre un esperimento che richiede l'uso di una corda elastica lunga tre o quattro metri: si può adoperare, per esempio, una corda elastica del tipo di quelle che si usano per fissare i bagagli sul portapacchi delle automobili.

L'esperimento è semplice da realizzare: dopo aver fissato un estremo della corda a un supporto fisso (quale potrebbe essere, per esempio, una parete, un albero...) si deve mantenere tesa, ma non troppo, la fune, impugnandola saldamente all'altro estremo; a questo punto si dà una scossa alla corda per farla oscillare in senso verticale. Che cosa accade?

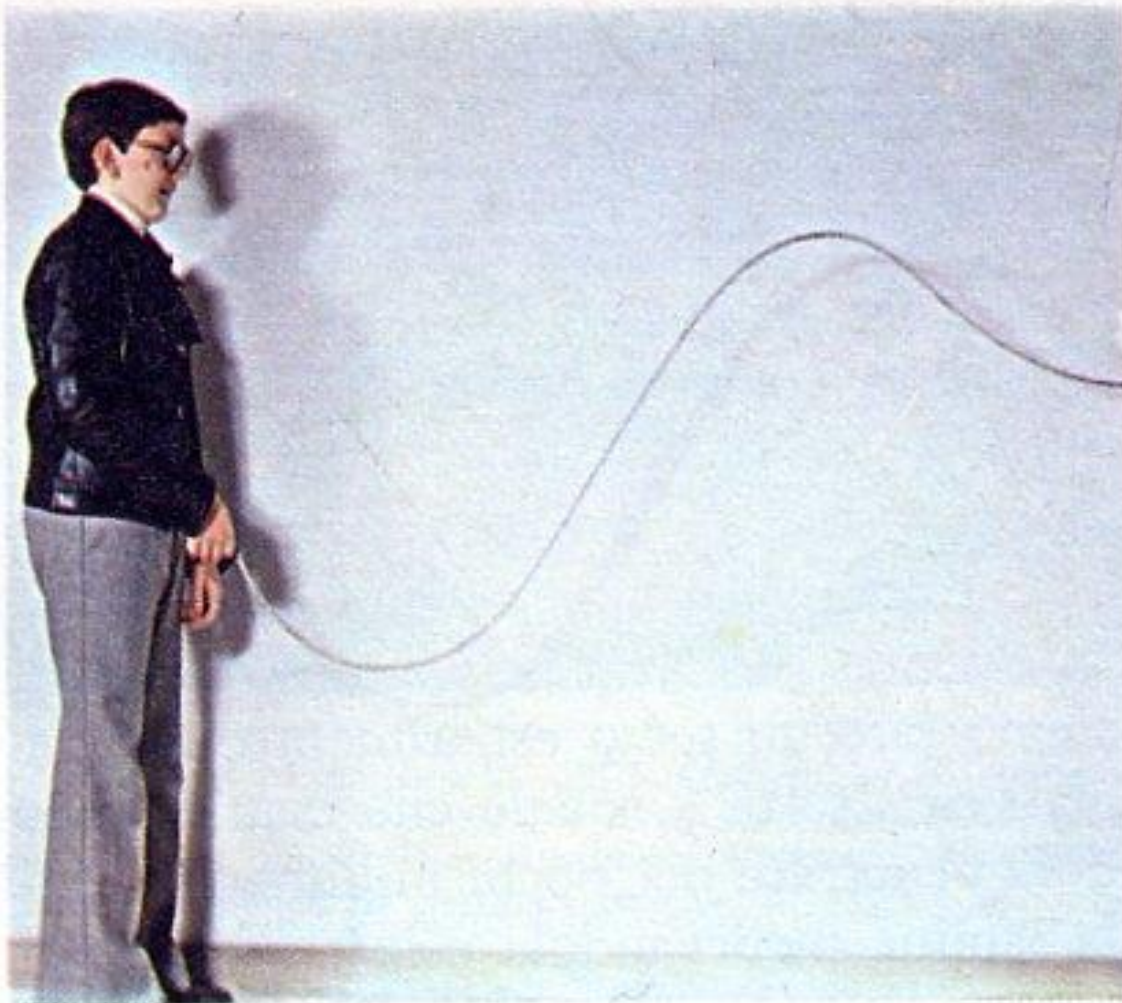
È facile osservare che l'impulso oscillatorio impresso a un estremo non si esaurisce sul posto, ma provoca una deformazione che si propaga lungo tutta la corda fino all'estremo opposto. L'aspetto notevole consiste nell'aver ottenuto di *spostare una deformazione lungo la corda senza spostare la corda*, rimasta saldamente in mano all'operatore.

Tutto qui? Non è cosa da poco se si tiene conto che un *terremoto*, per esempio, si propaga pressappoco nello stesso modo.

La deformazione della corda elastica ci richiama il profilo di un'onda che corre sull'acqua. A questo proposito possiamo fare un esperimento che richiede l'uso di una vaschetta poco profonda, con il diametro o il lato almeno di circa 50 cm. Dopo averla riempita d'acqua per un'altezza di una decina di centimetri, ne toccheremo la superficie liquida con l'estremità di un bastoncino tenuto verticalmente.

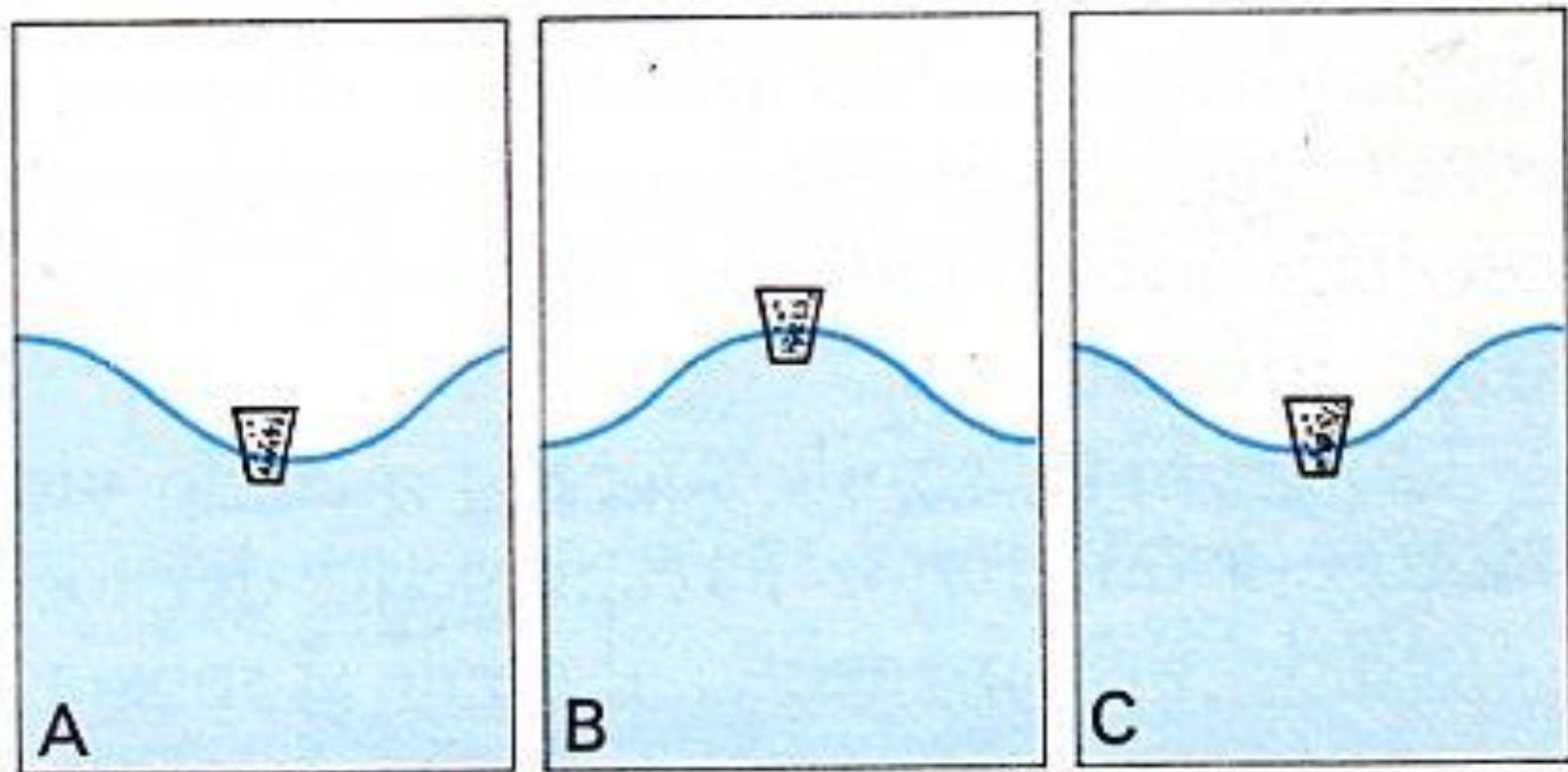
A ogni contatto con il bastoncino si genera un'onda sull'acqua. Un turacciolo o altro galleggiante, disposto lontano dai bordi della vasca, oscilla verticalmente al passaggio dell'onda, ma possiamo osservare che questo suo altalenare non si accompagna ad alcuno spostamento laterale. Analoga constatazione possiamo fare se osserviamo ciò che avviene a un corpo galleggiante su uno stagno quando generiamo delle onde lanciandovi un sasso.

Mettendo in relazione i due esperimenti diremo che lungo la corda, così come sulla superficie dell'acqua, si propagano onde, ma *non* si propaga materia. La corda e l'acqua, in questi esperimenti, continuano a cambiare forma e a ritornare come prima, dimostrando che le onde da noi osservate non sono altro che *deformazioni* passeggerie di un mezzo materiale. La deformazione è dovuta all'energia che viene impressa al mezzo; il propagarsi della deformazione ondulatoria comprova perciò un *trasferimento di energia* non accompagnato da trasferimento di materia.



Facendo oscillare una corda elastica saldamente fissata ad un estremo vediamo delle onde che si propagano lungo la corda, senza che la corda stessa si sposti nella direzione dell'onda: l'onda è una deformazione che viaggia e che comporta un **trasferimento di energia** non accompagnato da trasferimento di materia.

Un turacciolo galleggiante su uno specchio d'acqua su cui corrono delle onde oscilla verticalmente sempre sullo stesso posto. Ciò dimostra che si propaga l'onda (e con essa l'energia che l'ha provocata), ma non la materia nella quale l'onda si forma.



## Onde nell'aria: il suono

Le onde sulla corda sono provocate dalle *oscillazioni* impresse con la mano sull'estremo libero, le onde sull'acqua sono causate dalle *oscillazioni* del bastoncino sulla superficie liquida. Possiamo concludere che un'oscillazione è *sempre* causa di onde?

Generalizzare con un « sempre » dopo due casi osservati potrebbe essere azzardato, perciò proseguiremo nella ricerca sulle onde per acquisire nuovi elementi di valutazione. Possiamo fare un terzo esperimento, questa volta con una lamina elastica stretta e sottile che conficcheremo in un legno facendola penetrare per pochi millimetri. Se adesso facciamo vibrare la lamina incurvandola e lasciandola poi libera di oscillare, ci accorgiamo che alle vibrazioni si accompagna un suono. Vogliamo tentare un'ipotesi sulla natura del suono?

Dal momento che nasce in seguito a un'oscillazione, anche il suono potrebbe essere un fenomeno ondulatorio. Il movimento della lamina è un va e vieni che ogni volta, dopo avere *compresso* l'aria attorno, consente a quest'aria di *espandersi* elasticamente. Solo l'aria molto vicina alla lamina è immediatamente e direttamente interessata all'alternanza di compressioni e rarefazioni, ma a sua volta quest'aria trasmette le stesse deformazioni a altra aria a essa adiacente, questa a altra ancora e così via, con il risultato che ogni particella d'aria si limita a oscillare avanti-indietro sul posto, mentre la deformazione si trasmette lontano.

Qualcosa di simile succede quando viene agganciato il locomotore a un treno: i respingenti del locomotore comprimono quelli del primo vagone, il quale si sposta di poco comprimendo i respingenti del secondo vagone; subito dopo le molle compresse dei respingenti si distendono e il primo vagone ne è rimandato verso il locomotore, seguito dal secondo e così via... Ogni vagone si limita a oscillare avanti-indietro sul posto, mentre l'onda di deformazione delle molle dei respingenti si propaga lungo tutto il treno.



## Velocità del suono

Abbiamo formulato l'ipotesi che il suono sia dovuto a onde che si propagano per mezzo dell'aria; non resta che proseguire con gli esperimenti e i ragionamenti per trovarne o delle conferme... o la contraddizione che la metterebbe in crisi.

Intanto, se il suono è formato da onde che nascono per vibrazione elastica di un mezzo come l'aria, quelle onde devono prodursi in qualsiasi altro mezzo che possieda il requisito essenziale *dell'elasticità*. Ricordiamo che un corpo si definisce elastico quando riprende spontaneamente la forma iniziale col cessare di una causa deformante. Per esempio, sono elastici il legno e l'acciaio, sono ben poco elastici la cera, il piombo, la plastilina. I liquidi si devono considerare perfettamente elastici: infatti, se immergiamo un dito nell'acqua e poi lo togliamo, l'acqua riprende immediatamente la sua forma. Dobbiamo quindi aspettarci che il suono si propaghi anche nei liquidi. Per accertare sperimentalmente la propagazione del suono *nell'acqua* basta immergervi un campanello e farlo suonare mantenendo sottacqua anche la testa, o almeno un orecchio. Le condizioni ideali per questo esperimento si presentano evidentemente sulle spiagge del mare e dei laghi, durante la stagione balneare.

È molto più comodo eseguire un esperimento di propagazione del suono nei corpi solidi. Per esempio, appoggiando l'orecchio a un tavolo sul quale si trovi un orologio se ne percepisce distintamente il ticchettio che invece non è sentito, a pari distanza, attraverso l'aria. Ciò prova che il suono si propaga meglio nel legno che nell'aria.

La velocità del suono nei vari mezzi è stata misurata ed è nota: nell'aria risulta di circa 340 m/s, valore che può variare alquanto in conseguenza delle variazioni di umidità e di densità dell'aria, oltre che per la presenza di vento. La velocità del suono nell'acqua sale a circa 1 500 m/s ed è ancora maggiore nei solidi, nei quali arriva a valori di 4 000-5 000 m/s.

In conclusione, è fondata l'ipotesi che il suono sia un fenomeno ondulatorio che si propaga mediante deformazioni della materia. Ne consegue che il suono *non può propagarsi nel vuoto*, e questa deduzione deve essere dimostrabile sperimentalmente. L'esperimento di far suonare un campanello elettrico in un recipiente nel quale si sia fatto il vuoto non manca di difficoltà, soprattutto per impedire che il suono sia trasmesso all'esterno dalle vibrazioni del mezzo solido di sospensione del campanello, ma è realizzabile con soddisfacente attendibilità. Si constata in tal caso che nessun suono è percepibile all'esterno.

## Onde nella Terra: i terremoti

Anche il suolo è un mezzo in cui possono propagarsi onde. Chi non ha mai visto, nei film o nei fumetti, un indiano che scende da cavallo e mette un orecchio a terra per sentire se stanno arrivando gli aborriti visi pallidi? Egli intercetta in tal modo le onde sonore generate dal galoppo dei cavalli.

Nel suolo terrestre si propagano inoltre le *onde sismiche* dovute ai terremoti. Il terremoto è un movimento vibratorio di masse rocciose che si assestano sotto le tremende pressioni dovute al peso soprastante e allo spostamento lento e continuo dei continenti. I disastrosi effetti di molti terremoti sono una terrificante conferma del fatto che l'onda si deve intendere come spostamento di energia in un mezzo materiale, senza che ci sia trasporto di materia.

Solo una parte dell'energia sviluppata dal terremoto è portata in superficie dalle onde sismiche, tuttavia ciò è sufficiente, spesso, a causare danni gravissimi nei luoghi abitati e deformazioni permanenti nelle rocce e nei terreni. Gli strumenti di rilevazione sismica ( i sismografi) segnalano che vi sono ogni giorno un migliaio di terremoti sulla Terra; gli effetti disastrosi però si hanno solo quando un terremoto abbastanza intenso avviene a poche decine di chilometri dalla superficie.

Il punto di origine sotterranea di un terremoto prende il nome di ipocentro (ipo - = sotto), il suo corrispondente verticale sulla superficie viene detto epicentro (epi - = sopra). Quando l'ipocentro di un terremoto è sotto il mare possono formarsi onde di eccezionale energia (maremoti), capaci di attraversare gli oceani da una sponda all'altra. In alcune occasioni le isole del Giappone sono state flagellate da maremoti formatisi circa 22 ore prima sulle coste del Cile, a 17 000 km di distanza.

Si noti che le onde del maremoto, propagandosi all'interno della massa liquida, non producono particolari effetti visibili in superficie durante il passaggio nei grandi spessori d'acqua degli oceani; quando però, avvicinandosi ai bassi fondali delle coste, lo spessore dell'acqua diminuisce, gli strati superficiali s'innalzano progressivamente fino a formare onde che raggiungono talvolta altezze di qualche decina di metri. A volte il mare si ritira, quasi a prendere la rincorsa, per tornare dopo qualche minuto ( o perfino dopo mezz'ora) con una o più ondate capaci di esercitare una spaventosa azione distruttiva.

## Lo specchio dei suoni

I Greci antichi, non possedendo le conoscenze scientifiche necessarie a dare una spiegazione logica della maggior parte dei fenomeni naturali, ripiegavano su interpretazioni di fantasia che, pure essendo spesso ricche di contenuto poetico, non contribuivano a migliorare la conoscenza del mondo fisico. La mitologia narra così di una ninfa che si era innamorata del giovane Narciso, ma essendo stata da lui respinta, ne aveva riportato tale dolore che si era letteralmente consumata: di lei non era rimasto altro che la voce, una voce che vaga da allora per il mondo ripetendo le parole altrui. La ninfa sfortunata si chiamava Eco.

In maniera prosaica, ma scientificamente corretta, noi attribuiamo il fenomeno dell'Eco sonora alla riflessione delle onde acustiche respinte da un ostacolo. L'acustica è quella parte della fisica che si occupa del suono; parlare perciò di « onde acustiche » equivale a dire onde sonore. Queste onde, comunque denominate, quando incontrano, per esempio, la parete di una casa o il fianco di un monte, ne sono in parte assorbite, in parte trasmesse e per il resto riflesse.

Perché si abbia l'eco è necessario che il suono riflesso dall'ostacolo arrivi all'orecchio distanziato di almeno 1/10 di secondo dal suono precedente, poiché questo è l'intervallo minimo di tempo necessario ad avvertire distintamente una sillaba di ritorno. A quale distanza minima deve trovarsi la parete riflettente perché risulti rispettata questa condizione?

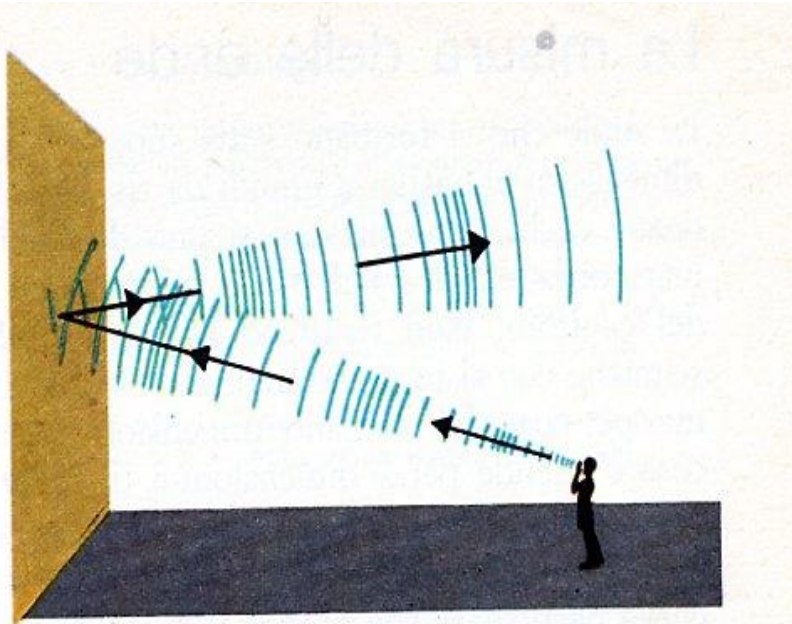
Tenuto conto che la velocità del suono nell'aria è 340m / s , lo spazio percorso dal suono nell'aria in 1/10 di secondo è così calcolabile:

$$s = v \cdot t =$$

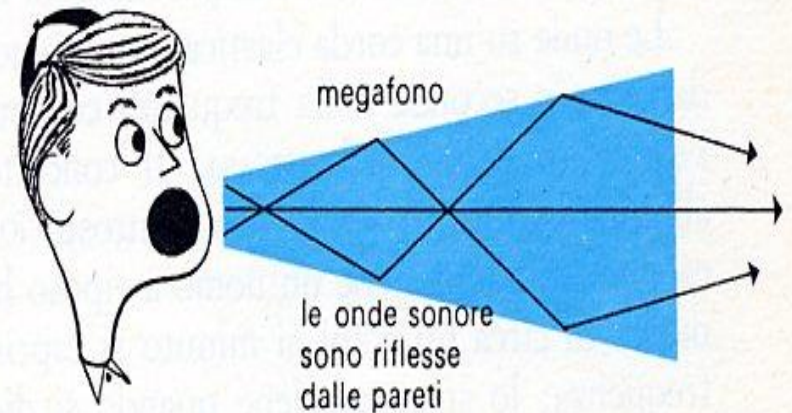
$$= 340 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1}{10} \text{ s} = 34 \text{ m}$$

La parete riflettente deve perciò trovarsi almeno a 17 m di distanza dalla sorgente del suono: infatti 17 m all'andata più 17 m al ritorno fanno 34 m. Se l'ostacolo si trova a due, tre volte 17 m, si può avvertire un'eco di due, tre sillabe.

Quando parliamo in una normale stanza, le onde sonore che emettiamo vengono riflesse con rimbalzi dovuti ai numerosi ostacoli presenti (mobili, pareti, lampadari...), i quali ne assorbono una buona parte. Le onde riflesse, data la breve distanza, si sovrappongono a quelle di andata e il nostro orecchio percepisce un suono unico, più o meno rinforzato. In un locale vuoto l'assorbimento è minimo e le onde riflesse, non spezzettate dagli ostacoli, provocano uno sgradevole rimbombo.



Le onde sonore che incontrano un ostacolo ne vengono in parte assorbite, in parte trasmesse e in parte riflesse. Il fenomeno dell'eco è una conseguenza della riflessione delle onde sonore.



Il megafono rafforza i suoni perché impedisce che le onde sonore in uscita dalla sorgente si propagino indifferentemente in tutte le direzioni. La forma a imbuto ha infatti lo scopo di provocare una successione di riflessioni che concentrano le onde sonore in un più ristretto fascio di direzioni.

## La misura delle onde

Le onde che si formano sulla superficie di un liquido hanno dimensioni abbastanza grandi da risultare facilmente visibili ai nostri occhi, e altrettanto si può dire delle onde generate in una corda elastica nel modo che abbiamo descritto all'inizio del capitolo. Non risultano invece visibili le onde sonore e sismiche che si formano nell'interno dei corpi, per cui dobbiamo pensare che abbiano dimensioni molto piccole. Ma che cosa s'intende per « dimensioni » di un'onda?

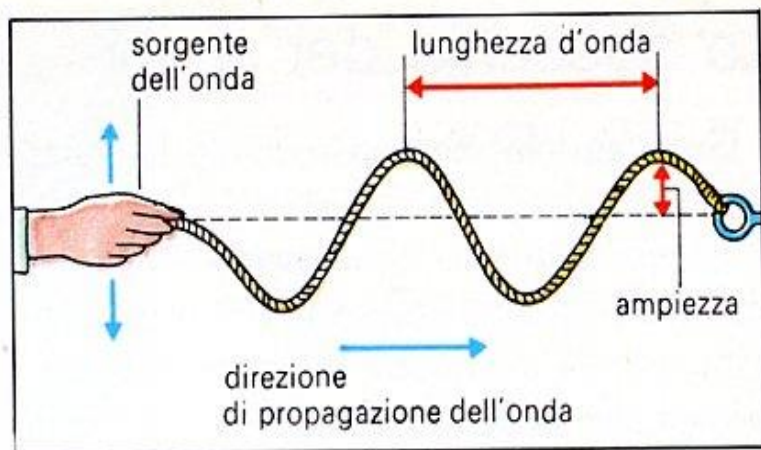
Per rappresentare nel modo più generale le caratteristiche di un insieme di onde che si susseguono si può ricorrere a una curva particolare che prende il nome di senoide. In una fune elastica fatta oscillare nei due sensi rispetto alla posizione di riposo si formano onde sinusoidali. La distanza tra due creste consecutive dell'onda sinusoidale prende il nome di lunghezza d'onda; si chiama invece ampiezza dell'onda la distanza tra la cresta dell'onda e la posizione di riposo.

Le onde su una corda elastica si susseguono più o meno rapidamente a seconda della frequenza con cui facciamo oscillare l'estremità della corda stessa. Il concetto di frequenza è abbastanza intuitivo e di uso piuttosto comune: quando per esempio si afferma che un uomo a riposo ha il battito cardiaco medio di circa 60 colpi al minuto si esprime in tal modo una frequenza; lo stesso avviene quando si dice che da una certa fermata di autobus transitano 4 autobus all'ora. In generale, la frequenza di un fenomeno periodico (ossia che si ripete uguale a se stesso in intervalli uguali di tempo) è data dal numero di ripetizioni nell'unità di tempo.

L'unità di misura della frequenza è denominata hertz (Hz) e corrisponde al numero di ripetizioni in ogni secondo di un fenomeno periodico. L'hertz è la sola unità di frequenza del Sistema Internazionale, anche se in pratica è molto usata, specialmente in radiotecnica, l'espressione « cicli al secondo », che corrisponde all'hertz.

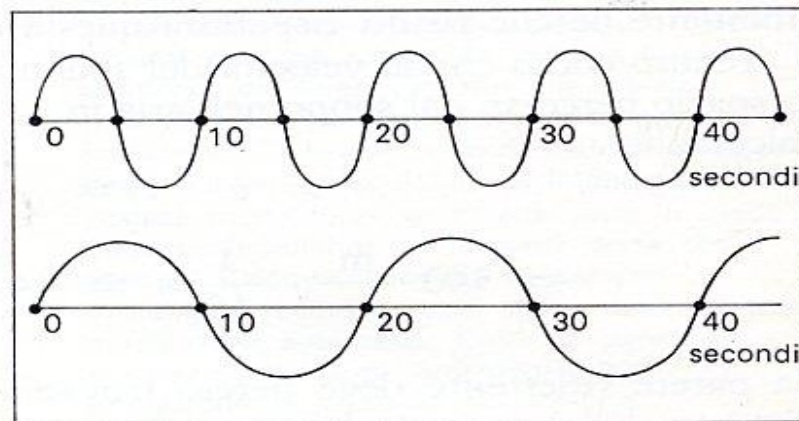
La fascia delle frequenze dei suoni percepibili dall'orecchio umano è piuttosto variabile da individuo a individuo e dipende anche da alcune caratteristiche della sorgente sonora. Una persona giovane in buone condizioni fisiche percepisce suoni di frequenza compresa all'incirca fra 16 e 16 000 Hz; il limite superiore in qualche caso si estende fino a 20 000 Hz. Col passare degli anni il limite superiore di udibilità diminuisce: i suoni di frequenza elevata non sono più percepiti da una persona anziana.

I suoni che hanno frequenza inferiore al limite di udibilità umana di 16 Hz sono detti infrasuoni, quelli che hanno frequenza superiore ai 20 000 Hz prendono il nome di ULTRASUONI.



Le onde si possono rappresentare graficamente con una curva detta **sinusoide**, nella quale è agevole indicare le due caratteristiche fondamentali del moto ondulatorio: la lunghezza d'onda e l'ampiezza.

Sono qui rappresentate due onde di uguale ampiezza, ma di diversa lunghezza d'onda. Come si può constatare dalla figura, lunghezza d'onda e frequenza sono grandezze inversamente proporzionali: infatti a una lunghezza d'onda raddoppiata corrisponde, nello stesso intervallo di tempo, un numero di oscillazioni complete dimezzato. Ricordando che il numero di oscillazioni complete in un secondo è la misura in hertz della frequenza dell'onda, puoi ricavare dal grafico le frequenze delle due onde che vi sono rappresentate.



## Uomini e cani

Chi ha esperienza di guida automobilistica sa che bisogna sempre fare uso del clacson quando si avvistano cani in prossimità della strada, altrimenti può accadere che qualcuno di essi attraversi la carreggiata all'improvviso senza accorgersi del veicolo sopraggiungente. Si deve perciò ritenere che i cani, pur sensibili al suono del clacson, non abbiano sufficiente sensibilità uditiva per il rumore dell'automobile in moto.

D'altra parte i cani riescono a udire i suoni emessi da un fischiello « silenzioso », tale cioè da produrre vibrazioni a frequenza ultrasonora: l'uomo che usa tale fischiello non ne sente il suono, il cane sì. Dunque, la gamma delle frequenze percepibili è diversa per l'uomo e il cane. Quest'ultimo, in particolare, è meno sensibile ai suoni a bassa frequenza, più sensibile invece a quelli ad alta frequenza.

Questo vuoi dire che un suono, pure avendo, caratteristiche fisiche ben determinate, può essere percepito in maniera diversa da organismi diversi. Ciò vale non solo nel confronto fra l'uomo e il cane, ma anche in quello fra uomo e uomo: un suono che per certe persone è gradevole, per altre può essere indifferente o addirittura fastidioso.

Dobbiamo insomma distinguere tra le caratteristiche fisiche di un suono, che sono oggettive, e quelle fisiologiche, dipendenti dall'individuo e perciò soggettive. Le caratteristiche fisiche dei suoni dipendono dalla sorgente e dalle modalità di emissione, ma due suoni fisicamente identici possono essere percepiti in maniera diversa da organismi diversi.

Un suono è fisicamente determinato quando se ne conoscono le principali caratteristiche: la frequenza (o la lunghezza d'onda), l'ampiezza e la forma dell'onda. Come vedremo fra poco, queste caratteristiche fisiche vengono percepite fisiologicamente, attraverso l'orecchio e il cervello, come altezza, intensità e timbro di quel suono.

## Ascoltando una canzone

La voce di un cantante si modifica in base alle esigenze della canzone, ora salendo a toni più acuti, ora facendosi più grave. La caratteristica che permette di distinguere i suoni in acuti e gravi (diciamo anche alti e bassi) si chiama altezza del suono. L'altezza dipende principalmente dalla frequenza di emissione delle onde sonore, ossia, nel nostro esempio, dal numero di vibrazioni al secondo prodotte dal cantante.

L'altezza di un suono non deve essere confusa con la sua intensità. Qualunque suono, sia esso acuto o grave, può essere più o meno intenso. L'intensità di un suono dipende, a parità di distanza dalla sorgente, soprattutto dall'energia con cui si fa vibrare la sorgente che lo produce. Pizzicando una corda di chitarra, per esempio, si ottiene un suono che può presentare intensità diverse a seconda dell'ampiezza delle oscillazioni delle corde, cioè a seconda dello scostamento della corda rispetto alla sua posizione di quiete.

Altezza e intensità non sono gli unici elementi distintivi dei suoni. Si rifletta, per esempio, sul fatto che si può riconoscere a chi appartiene una voce anche senza vedere la persona che parla o canta. L'orecchio percepisce infatti anche il timbro dei suoni, una caratteristica che dipende dalla sorgente sonora che li emette.

Altezza, intensità e timbro di un suono si possono visualizzare collegando una punta scrivente con la sorgente vibrante, in modo da tracciare un diagramma come quello illustrato nella figura sopra. La forma del diagramma ottenuto è legata, oltre che all'ampiezza e alla frequenza del suono, anche al suo timbro. Solo pochi strumenti possono emettere suoni puri, cioè suoni traducibili graficamente con una sinusoide semplice. In genere si ottiene una curva più complessa, ma presentante ancora un andamento periodico. Infine, quando un suono presenta un grafico del tutto irregolare e privo di periodicità, esso è del tipo che tutti comunemente chiamiamo rumore, cioè non suscettibile di provocare sensazioni gradevoli.



## Il meccanismo della voce

Ognuno di noi possiede una propria sorgente sonora che consente di comunicare con gli altri mediante la voce. Per quanto ormai sappiamo sulla natura fisica del suono, ne deduciamo che la sorgente umana deve essere capace di produrre vibrazioni e di *modularle*, ossia di variarne la frequenza e l'ampiezza. Come funziona tale meccanismo?

Provate ad appoggiare leggermente le dita sulla vostra gola mentre parlate o cantate; sentirete distintamente le vibrazioni e avvertirete inoltre che qualcosa si\* sposta nettamente in su e in giù. Quest'ultimo movimento è dovuto alle cartilagini che contribuiscono a formare l'organo della voce: la laringe. Tale organo si trova a far parte delle vie di passaggio dell'aria tra l'esterno e i polmoni; deve perciò consentire sia la respirazione, sia la fonazione, cioè l'emissione dei suoni.

Nella cavità della laringe sporgono pieghe muscolari simili a labbra, delle quali è possibile variare volontariamente la tensione (nel senso che si possono tendere di più o di meno) e la reciproca distanza. Con una denominazione impropria nei riguardi della loro forma, anche se esatta in rapporto alla funzione, queste pieghe sono dette corde vocali.

Durante la normale respirazione le corde vocali restano ben distaccate e l'aria vi può passare liberamente. Quando si vuole emettere un suono si fanno agire i numerosi piccoli muscoli che sono connessi alle corde vocali e alle cartilagini della laringe; si modifica così l'ampiezza del passaggio dell'aria, la quale perciò esce in modo discontinuo, a soffi successivi. Le corde vocali ne sono fatte vibrare con una frequenza che dipende soprattutto dalla tensione delle corde stesse, ma anche dalla loro massa carnosa. La massa muscolare delle corde vocali è maggiore nell'uomo che nella donna, ed è questo uno dei motivi per cui le voci maschili sono generalmente meno acute di quelle femminili.

Mettendo in relazione i caratteri fisiologici del suono, che già conosciamo, con l'emissione della voce, ne ricaviamo schematicamente che:

•con la tensione delle corde vocali si regola l'altezza del suono;

•con la pressione dell'aria emessa dai polmoni si regola l'intensità di emissione del suono.

Quanto al timbro, esso dipende soprattutto, come sappiamo, dalle caratteristiche della sorgente sonora; pertanto, negli esseri umani sarà variabile da individuo a individuo in rapporto alla massa muscolare, alla statura, alla conformazione anatomica non solo della laringe, ma anche della bocca e delle cavità nasali.

Si può variare volontariamente il timbro, così come si può fare con l'altezza e l'intensità del suono? La risposta è affermativa e l'abilità di alcune persone nell'imitare le voci altrui sta a dimostrarlo.

## Come si progetta un orecchio

Un gesto istintivo di chi voglia percepire suoni fiochi o lontani è portare la mano all'orecchio come per farne un ampliamento del padiglione auricolare. È un gesto indicativo della funzione del padiglione, che consiste nel raccogliere i suoni per convogliarli, lungo il condotto uditivo, alle parti interne dell'orecchio.

Anche se comunemente quando si dice « orecchio » si pensa alla parte esterna ben visibile, il meccanismo vero e proprio del nostro organo uditivo è invece nascosto e protetto entro l'osso temporale, in cavità che costituiscono l'orecchio medio e l'orecchio interno.

Il padiglione auricolare (che assieme al condotto uditivo costituisce l'orecchio esterno) è una soluzione al problema di captare i suoni, soluzione che presso certi animali (il gatto, per esempio) si perfeziona grazie all'orientabilità del padiglione stesso, che consente di localizzare un rumore senza bisogno di muovere la testa. Il problema più difficile da risolvere non è però la raccolta dei suoni, bensì la loro rivelazione. Per raggiungere questo scopo occorre prima di tutto che le onde sonore mettano in vibrazione una parte opportuna dell'organismo.

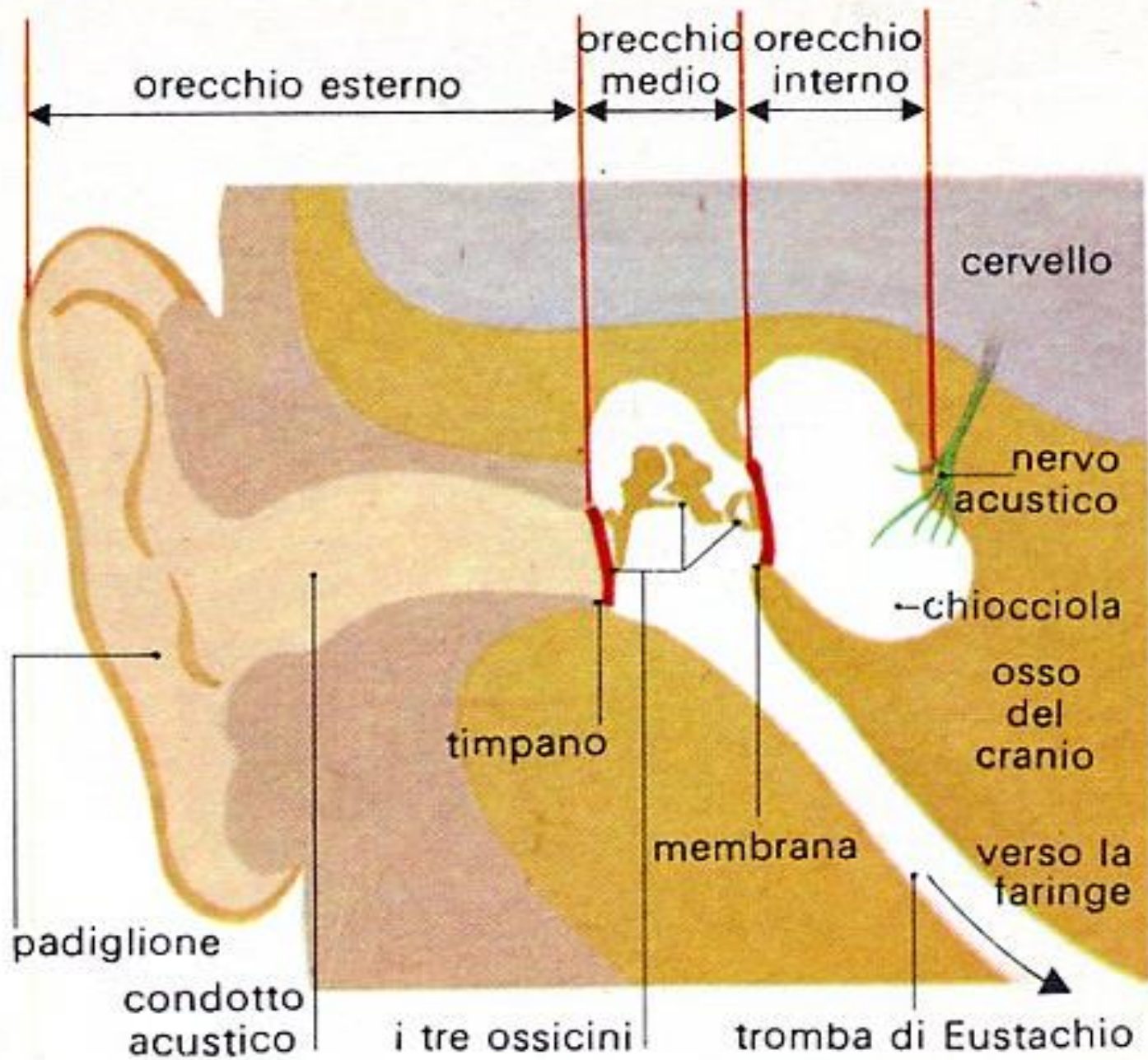
Che cosa dovrà vibrare? Non certo una grande massa, altrimenti sarebbe insensibile ai suoni lievi. Un rivelatore efficiente potrebbe essere formato da corde sottilissime, per esempio da una cortina di fili, ma per possedere sufficiente resistenza la cortina dovrebbe essere tanto fitta... da divenire una sottile membrana. Nell'orecchio la membrana è il timpano, situato al termine del condotto uditivo, quasi a segnare il confine tra orecchio esterno e orecchio medio.

Non si creda che il problema di rivelare i suoni sia risolto con le vibrazioni del timpano, perché questo risultato è solo l'inizio della soluzione. Tanto per cominciare, bisogna fare in modo che il passaggio consentito alle onde sonore sia invece impedito ai corpuscoli estranei, come polvere e insetti, i quali potrebbero danneggiare la membrana timpanica se riuscissero a raggiungerla. Questa selettività del passaggio è garantita dal cerume, la sostanza untuosa e giallastra che viene prodotta da apposite ghiandole del condotto uditivo: il cerume invischia e blocca ogni corpuscolo che tenti di avanzare nel condotto.

I problemi non sono finiti. Un eccesso di pressione da una sola parte del timpano (per esempio in conseguenza di un rumore violento, di uno scoppio...) potrebbe causare lo sfondamento della delicata membrana se non fosse equilibrato da analoga contropressione dall'altra parte. Come ottenere questa contropressione? Il modo più semplice consiste nel fare in modo che anche l'altra parte del timpano sia in collegamento con l'esterno.

La cavità dell'orecchio medio, che ha inizio col timpano, è infatti in comunicazione con la faringe mediante la tromba di Eustachio, un condotto che si apre in seguito a particolari movimenti della bocca e del retrobocca: con la deglutizione, per esempio, o con lo sbadiglio. In tal modo nella cavità timpanica può entrare o uscire aria nella quantità occorrente a equilibrare la pressione esterna.

La tromba di Eustachio ha dunque la funzione di equilibratore di pressione. Potete adesso rendervi conto del perché, in montagna, una rapida diminuzione di quota provoca la fastidiosa sensazione di « tappo » alle orecchie. Avviene infatti che alla variazione di quota si accompagna la corrispondente variazione della pressione atmosferica che agisce all'esterno contro il timpano, senza che ciò riesca a provocare la pronta apertura della tromba di Eustachio. Il timpano resta allora ostacolato nelle sue vibrazioni fino a quando non entrerà abbastanza aria nella cavità timpanica, un evento questo che si può facilitare deglutendo.



## Il messaggio nervoso

Le vibrazioni del timpano possono diventare sensazioni sonore solo dopo essere state interpretate dal cervello, ma perché questo avvenga occorre prima trasformarle in impulsi nervosi, i soli che il cervello possa ricevere. La trasmissione delle vibrazioni timpaniche agli organi che le traducono in un messaggio nervoso, adatto a essere ricevuto dal cervello, si avvale di una minuscola catena di ossicini, presenti nell'orecchio medio, che per la loro forma sono denominati rispettivamente martello, incudine, staffa. Funzionando come leve, essi hanno anche lo scopo di amplificare le vibrazioni che trasmettono.

In conclusione, l'orecchio esterno serve alla raccolta dei suoni e al loro convogliamento fino al timpano, quello medio ha funzioni equilibratrici della pressione e di trasmissione delle vibrazioni timpaniche all'orecchio interno; quest'ultimo, molto complesso, è il traduttore del messaggio meccanico, fatto di vibrazioni, in messaggio nervoso.

Non ci addentreremo nella descrizione dell'orecchio interno, la cui complessità di struttura gli ha meritato il nome di labirinto. Una parte del labirinto è un canale a forma di chiocciola (e questo è infatti il suo nome) che contiene la struttura più sensibile e specializzata dell'orecchio nella quale si trovano speciali cellule ciliate; queste, stimolate dalle vibrazioni meccaniche, le traducono in una serie di segnali nervosi che trasmettono al cervello lungo il nervo acustico.

Una seconda parte del labirinto serve come organo dell'equilibrio statico.