

# Sound and noise: proposal for an interdisciplinary learning path

Vera Montalbano

Department of Physics, Earth And Environmental Sciences,  
University of Siena, Italy.



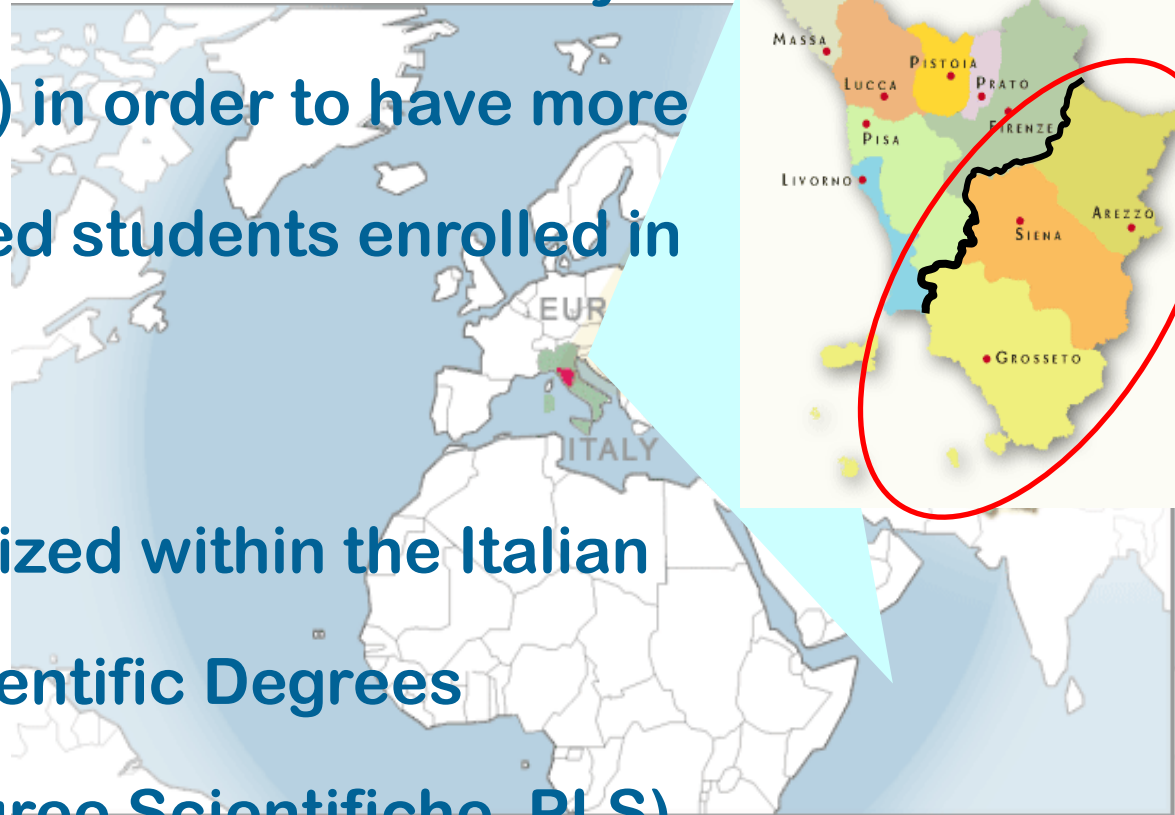
# Summary

- Introduction
- Purpose for an activity on sound and noise
- Interdisciplinary aspects
- MM tools enhance active learning
- A pilot experience
- Remarks and conclusions

# Introduction

Improve Physics Education in Secondary School (14 -18 years) in order to have more talented and prepared students enrolled in Scientific degrees

All activities are realized within the Italian National Plan for Scientific Degrees (Piano nazionale Lauree Scientifiche, PLS)



# Introduction

**More attention to Laboratory**

**Laboratories which approach the discipline and  
develop scientific vocations**

**Self-assessment laboratories for improving the  
standard required by graduate courses**

**Deepening laboratory for motivated and**

**talented students**



**waves and sound**

# Sound and noise

## Main Purpose

A classic topic in physics  sound

An actual problem in our society  noise

Lack of awareness of the damage caused by noise

Correlate physics to student's day life

Physics is useful in other sciences like biology, physiology, phonetic, electronics, etc.



an interdisciplinary learning path

# Interdisciplinary

*“ Interdisciplinary: a knowledge view and curriculum approach that consciously applies methodology and language from more than one discipline to examine a central theme, topic, issue, problem, or work. ”*

Heidi Hayes Jacobs  
INTERDISCIPLINARY CURRICULUM:  
DESIGN AND IMPLEMENTATION (1989)

- build a bridge between different disciplines
- allows a better understanding of complex concepts utilized in science (energy transport and transfer, resonance, transduction)
- allows a synergy in acquiring a deeper knowledge of the world in which we live (advanced scientific literacy)

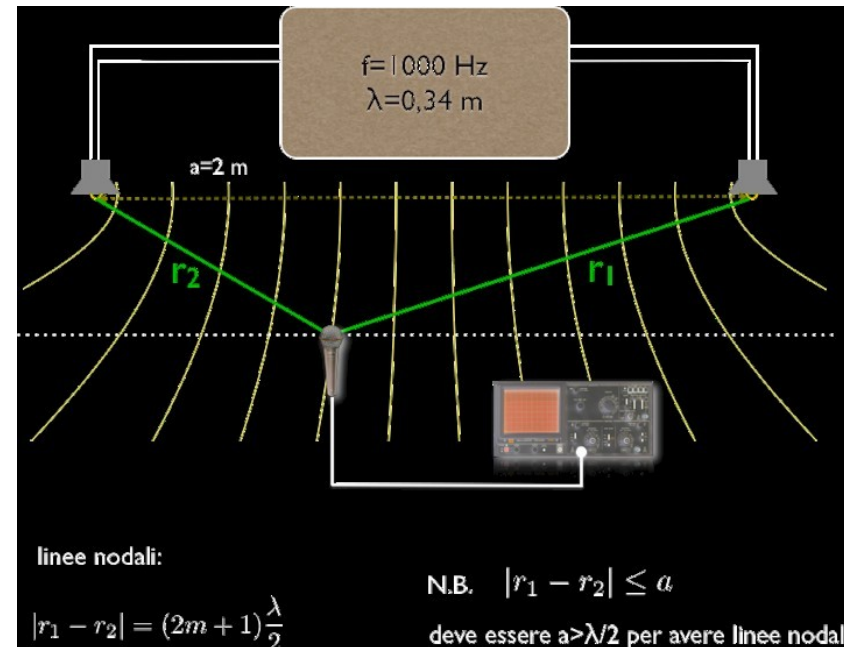
# A learning path on Sound and Noise

Vibrating mechanical systems  $\longrightarrow$  Waves

Sound waves  $\longrightarrow$  characterize a sound wave

## Interference of sound waves

- complementary to interference with laser light
- measure the speed of sound
- energy considerations
- problems and connected applications of interference field acoustics

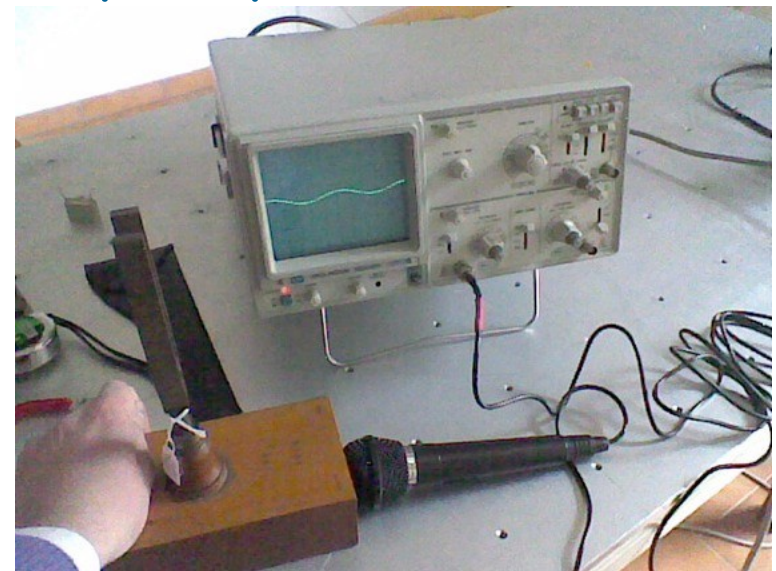
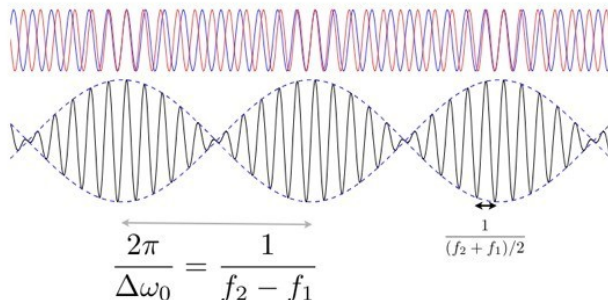




# A learning path on Sound and Noise

## More lab on sound waves

- Oscilloscope for visualizing sound waves
- Harmonic wave
- Period and Frequency measurements
- Musical notes
- Comparison with known height (tempered scale)
- Further verification of the principle of superimposition
- measurement of Beat Period
- Comparison with the expected value
- Examples of patterns of beats periodic in light (Moiré fringes)





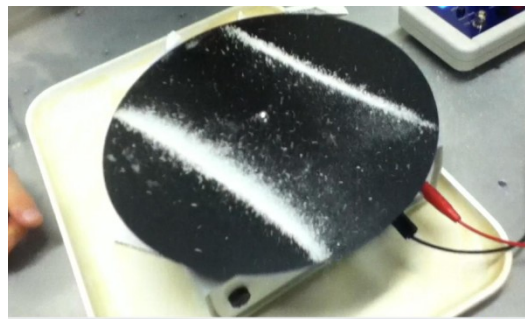
# A learning path on Sound and Noise

## More lab on sound waves

### Energy transfer and resonance

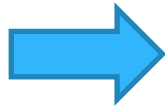
By using a speaker connected to a function generator, a resonant system can be obtained by placing a metal plate over it. When sound is resonant with one frequency of the plate, salt starts jumping leaving from the vibrating surface and cumulating in fixed zones. The figures formed by salt (Chladni figures) depend on the shape of plates, materials, thickness and boundary conditions (existence of constrained points).

In this case is very easy to recognize resonance.



# A learning path on Sound and Noise

Sound is the basis of our communication system



language

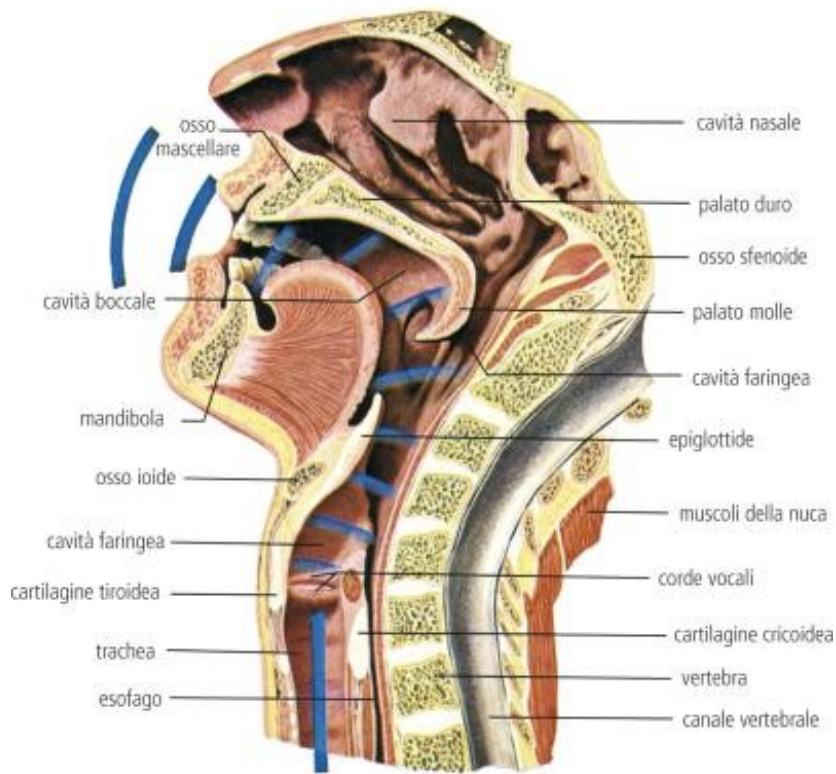
Sound production: phonetics

From the electrochemical signal processed by the brain to the sound produced by the human voice

Perception of sound: from the sound that interacts with the ear to the electrochemical signal that the brain receives and interprets (psychoacoustics)

# Phonetics

From the electrochemical signal processed by the brain to the sound produced by the human voice



### Fonetica articolatoria

La produzione dei suoni del linguaggio umano implica i seguenti momenti:

- 1) realizzazione di una **corrente d'aria espiratoria** da parte dei polmoni;
- 2) all'interno della laringe tale corrente produce il **tono glottidale** (materiale sonoro di base della fonazione);
- 3) il tono glottidale di base viene **modificato dai risonatori superiori**, che producono i suoni differenziati del linguaggio.

Energia elettrochimica  
↓  
Energia meccanica  
↓  
Onda sonora

**FONAZIONE C)** Passaggio dell'aria indicato dalle frecce, attraverso la laringe, la faringe e la cavità nasale. Il palato molle (ugola) si abbassa sulla lingua, la quale, a sua volta, si solleva verso il palato escludendo così la cavità boccale. Questo movimento permette la pronuncia delle consonanti nasali (m, n).

[medicinapertutti.altervista.org/argomento/muscoli-della-laringe](http://medicinapertutti.altervista.org/argomento/muscoli-della-laringe)  
[www.ch.unich.it/facolta/lingue/contributi/0809/consani/LG\\_0809fonetono.pdf](http://www.ch.unich.it/facolta/lingue/contributi/0809/consani/LG_0809fonetono.pdf)



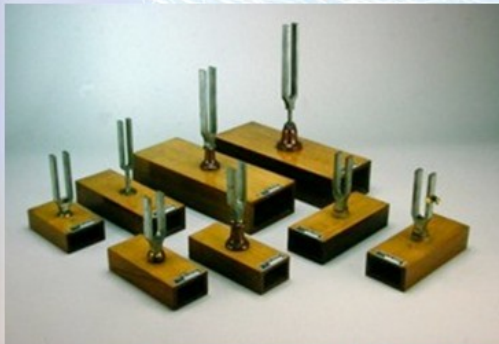
# Phonetics

## Focus on resonance



### Fonetica articolatoria


Abbiamo già incontrato questo fenomeno con le cavità acustiche risonanti. Il diapason in aria vibra ma emette un suono debolissimo, se invece è accoppiato ad una cavità risonante opportuna si crea un'onda stazionaria nella cavità di intensità ben udibile, se cerco di far vibrare l'aria contenuta nella cavità ad una frequenza che non è propria non si ha la risonanza e la vibrazione si estingue per attrito in brevissimo tempo.




E l'energia?

### Fonetica articolatoria

#### Il meccanismo laringeo



Assenza del meccanismo laringeo  
(le pliche vocali non vibrano)  
→ suoni **SORDI**



Presenza del meccanismo laringeo  
(le pliche vocali vibrano)  
→ suoni **SONORI**

Fonte: Alberto Lomon, "Fonari" (2002), Pirosanti & Fontana, Cosenza, p. 48

Viene prodotta un'onda di pressione nella colonna d'aria

#### Vocali e consonanti

**VOCALI**  
Il flusso d'aria fuoriesce senza trovare ostacoli  
Sono sempre sonore

**CONSONANTI**  
Il flusso d'aria trova ostacoli nel tratto vocale (per esempio il contatto fra due articolatori)  
Possono essere sorde o sonore

		meccanismo laringeo	ostacolo nel tratto vocale
vocali		+	-
consonanti	sonore	+	+
	sorda	-	+

#### La posizione del velo palatino



Velo innalzato  
→ suoni **ORALI**



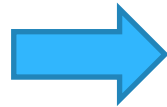
Velo abbassato  
→ suoni **NASALI**

Fonte: <http://www.unil.it/didattico/lingua>

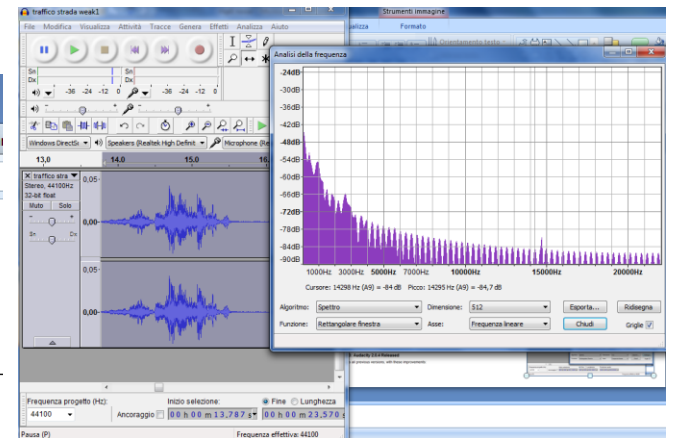
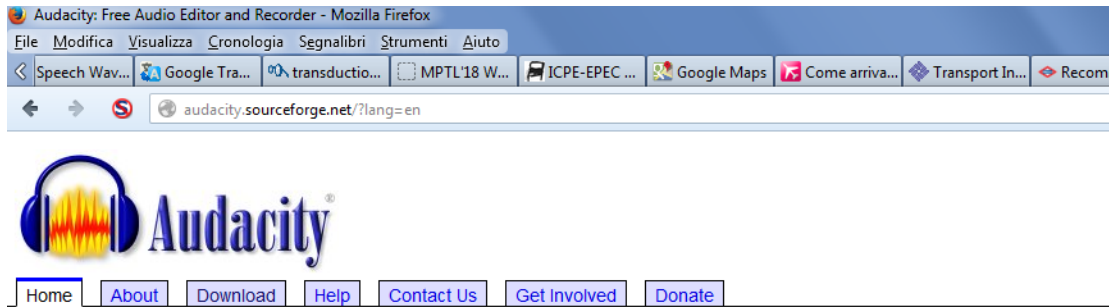
Le cavità risonanti modulabili in cui l'onda passa selezionano le frequenze e la modulazione dell'onda attraverso la risonanza: le frequenze che non sono proprie (stazionarie) della cavità si estinguono mentre sopravvivono rafforzate solo quelle proprie.

# Phonetics

Phonemes



free and open source software



**Audacity® is free, open source, cross-platform software for recording and editing sounds.**

Audacity is available for Windows®, Mac®, GNU/Linux® and other operating systems. Check our [feature list](#), [wiki](#), and [forum](#) for more information.

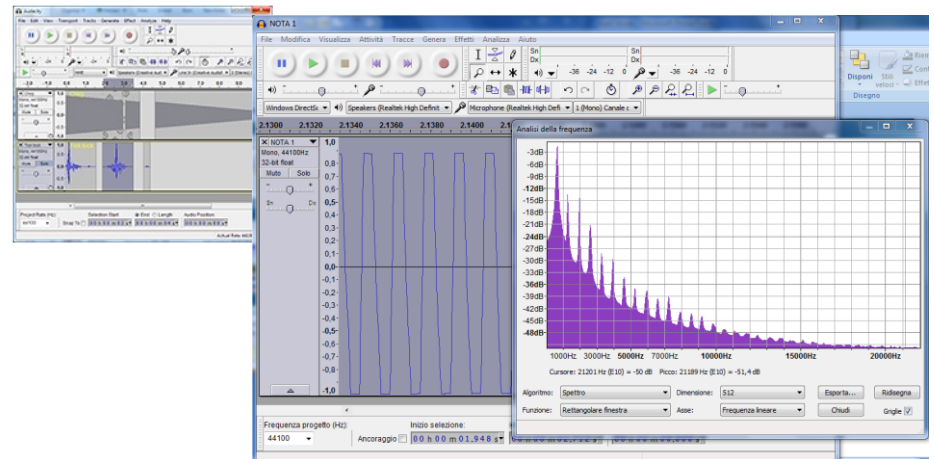
**Download Audacity 2.0.4**  
[for Windows 2000/XP/Vista](#)  
[/Windows 7/Windows 8](#)

[Other Audacity Downloads for Windows](#)

[All Audacity Downloads](#)

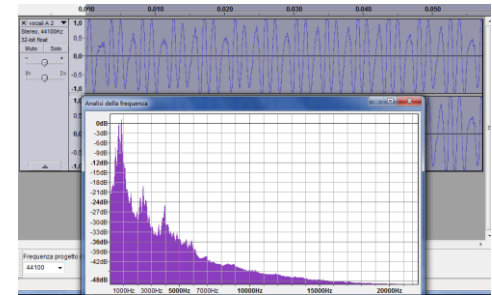
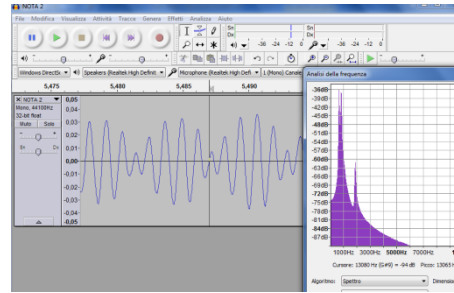
**September 06, 2013: Audacity 2.0.4 Released**

[Audacity 2.0.4](#) replaces all previous versions, with these improvements:



# Phonetics

Characterize phonemes



produce simpler phonemes (a, e,...)  
(ma, ba,da,...., mo, lo, lo)

Students can record them

analyze waveform and spectrum

Inquired-based lab  What happens if.....? Let's try

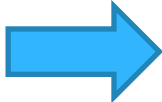
Learn to use properly PC+software system

Advanced topic can emerge and be discussed

# Noise I

## What is noise?

Day life  mixed and unidentified sounds

Language  noise (noiz) n.

1.
  - a. Sound or a sound that is loud, unpleasant, unexpected, or undesired.
  - b. Sound or a sound of any kind: The only noise was the wind in the pines.
2. A loud outcry or commotion: the noise of the mob; a lot of noise over the new law.
3. Physics A disturbance, especially a random and persistent disturbance, that obscures or reduces the clarity of a signal.
4. Computer Science Irrelevant or meaningless data.



# Noise I

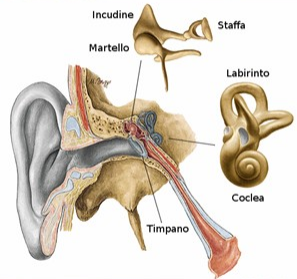
For a well-defined concept of noise it is necessary to know how sounds are perceived by humans

## → Psychoacoustics

How sound waves are detected by ears and transduced to an electrochemical signal for the brain (energy aspects)

### Fonetica uditiva

**L'orecchio esterno**  
L'orecchio esterno è costituito dal padiglione auricolare e dal condotto uditivo esterno, un sottile "tubo" che termina in una membrana (tamburo).



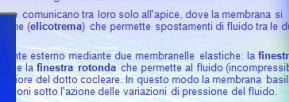
**L'orecchio medio**  
È costituito dal timpano, l'incudine, il martello, la staffa, il labirinto, la coclea, il chiocciolo, le gallerie a spirale.

**L'orecchio interno**  
La coclea, il chiocciolo, le gallerie a spirale.

**Altre parti**  
la tromba di Eustachio che collega l'orecchio medio al labirinto connesso alla coclea.

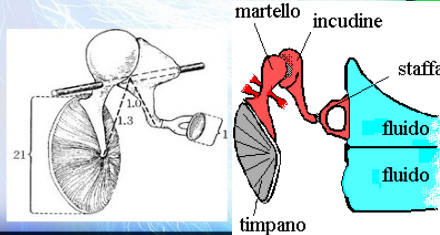
### Fonetica uditiva

**L'orecchio interno**  
La cavità cocleare srotolata ha la forma di una tromba all'interno della quale sporgono diametralmente due creste ossee che sostengono la membrana basilare.



### Fonetica uditiva

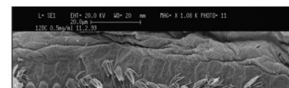
**L'orecchio medio**  
Il timpano è una sottilissima membrana, tenuta in tensione dal muscolo timpanico, e capace di entrare in vibrazione, se investita dall'onda sonora proveniente dall'esterno attraverso il condotto uditivo. Grazie alle proprietà di elasticità di tale membrana e ad un meccanismo di amplificazione che descriveremo tra poco la sensibilità del timpano è straordinaria: è sufficiente un livello di pressione pari 0,2 milionesimi della pressione atmosferica per attivare la sensazione sonora; a questi livelli di pressione lo spostamento della membrana timpanica è dell'ordine di  $10^{-9}$  cm (un decimo circa del raggio dell'atomo di idrogeno).



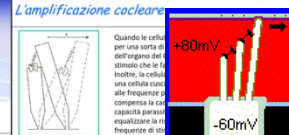
### Fonetica uditiva

#### Effetti ototossicità

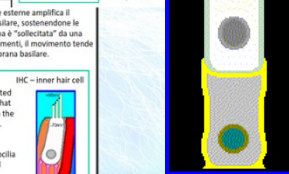
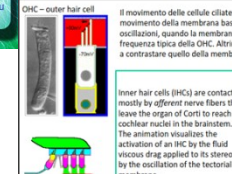
Si parla di ototossicità quando un agente esterno provoca la morte delle cellule ciliate esterne.



#### L'amplificazione cocleare



#### Cellule ciliate esterne ed interne



# Noise II

Environmental noise

Health

How is it possible to reduce it?

.....

In physics?

S/N ratio

White noise, coloured noise, ect.

.....



L'orecchio umano non ha una sensibilità lineare del rumore, sia per quanto riguarda l'intensità sia per la frequenza dello stesso, per questo Fletcher e Munson crearono le curve isofoniche, che descrivono l'andamento della sensibilità umana per i suoni di diversa intensità e frequenza, l'unità di misura di queste curve sono i phon, che riportano la scala decibel secondo la scala di sensibilità dell'orecchio umano. Da queste curve è possibile vedere come la soglia d'udibilità minima sia più alta per le basse frequenze (sotto i 400 Hz) rispetto alle medie frequenze, soglia che aumenta superati i 4.000 Hz, valore cui si ha la maggiore sensibilità rispetto alle altre frequenze.

**Inquinamento acustico**

tabella con alcuni esempi di valori in decibel per suoni o rumori. I numeri devono essere considerati come indicativi.

dB	Sorgente
300	Eruzione del vulcano nel
250	All'interno di un
180	Razzo al decollo
140	Colpo di pistola a 1 m
130	Soglia del dolore
125	Aereo al decollo a 50m
120	Sirena, Auto di Formula 1 in pista
110	110
100	Discoteca, concerto rock
90	Ufo, fischietto
80	Camion pesante a 1 m
70	Aspirapolvere a 1 m, adulto volume
60	L'ufficio rumoroso, radio, conversazione
50	Ambiente domestico, a 10 m
40	Quartiere di notte, di mare
30	Suavoni a 1 m
20	Risparmio umano
0	Soglia dell'udibile
-2	

**Rumore e dintorni**

**Rumore (acustica)**  
Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.  
Il **rumore** è un segnale di disturbo rispetto all'informazione trasmessa in un sistema. Come i suoni, il rumore è costituito da onde di pressione sonora. Il rumore è un fenomeno oscillatorio che consente la trasmissione di energia attraverso un mezzo. Nel vuoto non è possibile la trasmissione di rumori o di vibrazioni. Il rumore viene definito come una somma di oscillazioni irregolari, intermittenti o statisticamente casuali. Dal punto di vista fisiopatologico, facendo riferimento all'impatto sul soggetto che lo subisce, il rumore può essere meglio definito come un suono non desiderato e disturbante.

**È in fisica?**

Il rapporto segnale/rumore è un numero puro o adimensionale dato dal rapporto fra due grandezze omogenee che esprime quanto il segnale sia più potente del rumore nel sistema considerato.

~ 4

~ 0,05

<http://webusers.fis.uniroma3.it/bemieri/pdf/RapportoSN.pdf>

# MM relevance

- Enhance comprehension of some topics  
(e.g. transduction by applets)
- allow student to perform measurements outside of  
laboratory
- Improve active learning
- It is free: every teacher and every student can use it

# A pilot experience

- PLS laboratory

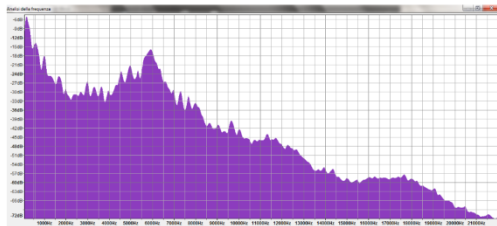
Deepening laboratory for motivated and talented students

3-4 students from Scientific High School (GR)

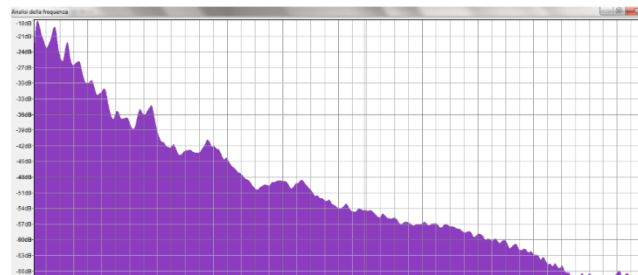
4-5 h/month for 3 years (16-20 h/y)

- students were very engaged and active

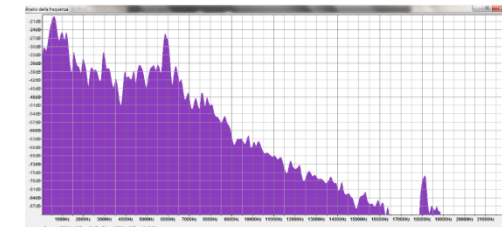
COMPOSIZIONE PERCUSSIVA PER CHITARRA ACUSTICA



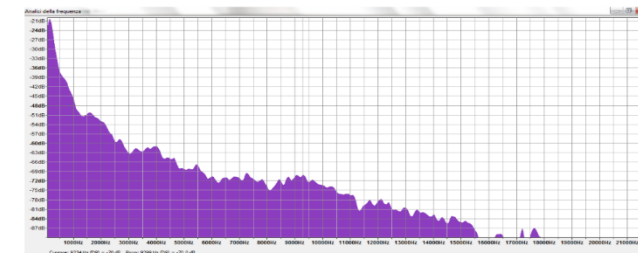
MARE CON VENTO 1



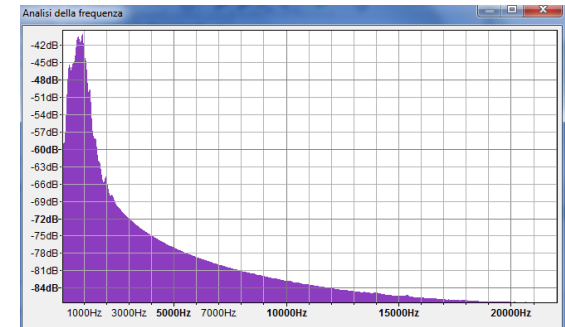
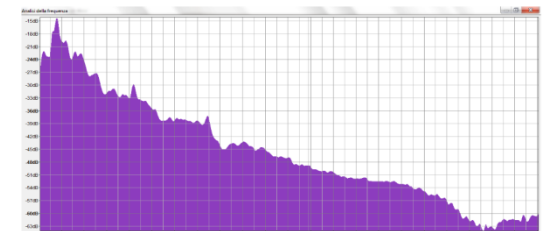
ASSOLO DI CHITARRA ELETTRICA



VENTO AL FINESTRINO



AUTORADIO





# Remarks and conclusions

- **Pilot exp showed limits in an optional lab**
  - Too distributed in time**
  - Analysis and final understanding are limited due to lack of discussion with teacher**
- **proposal for an interdisciplinary learning path at school with physics, mathematics, science teachers involved**
  - **learning path can be adapted to different situations and enlarged following students' interests**