



Acustica

Parte 1

Prof. Filippo Milotta
milotta@dmi.unict.it



Suono e Audio

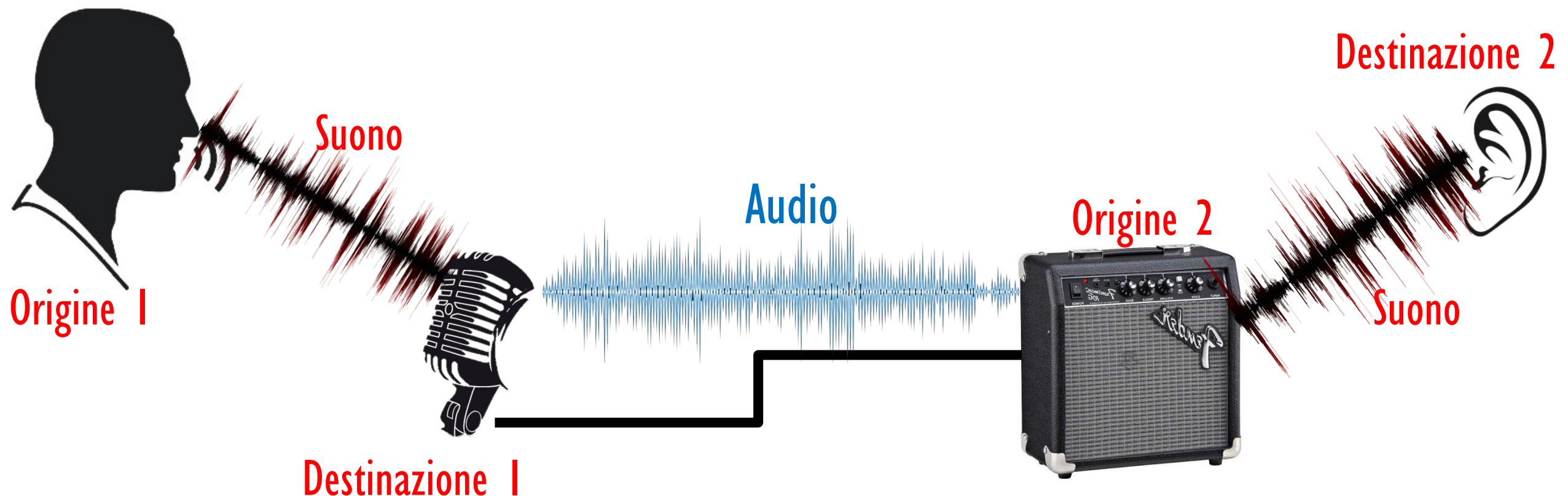
Il **suono** è un insieme di onde meccaniche longitudinali. L'oggetto che origina il suono produce una vibrazione che si propaga attraverso un mezzo modificando nel tempo la pressione locale delle particelle che lo costituiscono.





Suono e Audio

L'audio è un **segnale elettromagnetico** che rappresenta e trasporta informazione sonora. L'audio e il suono sono quindi fisicamente differenti, in particolare il primo permette di trasmettere il secondo facendolo viaggiare attraverso apparecchiature elettroniche.



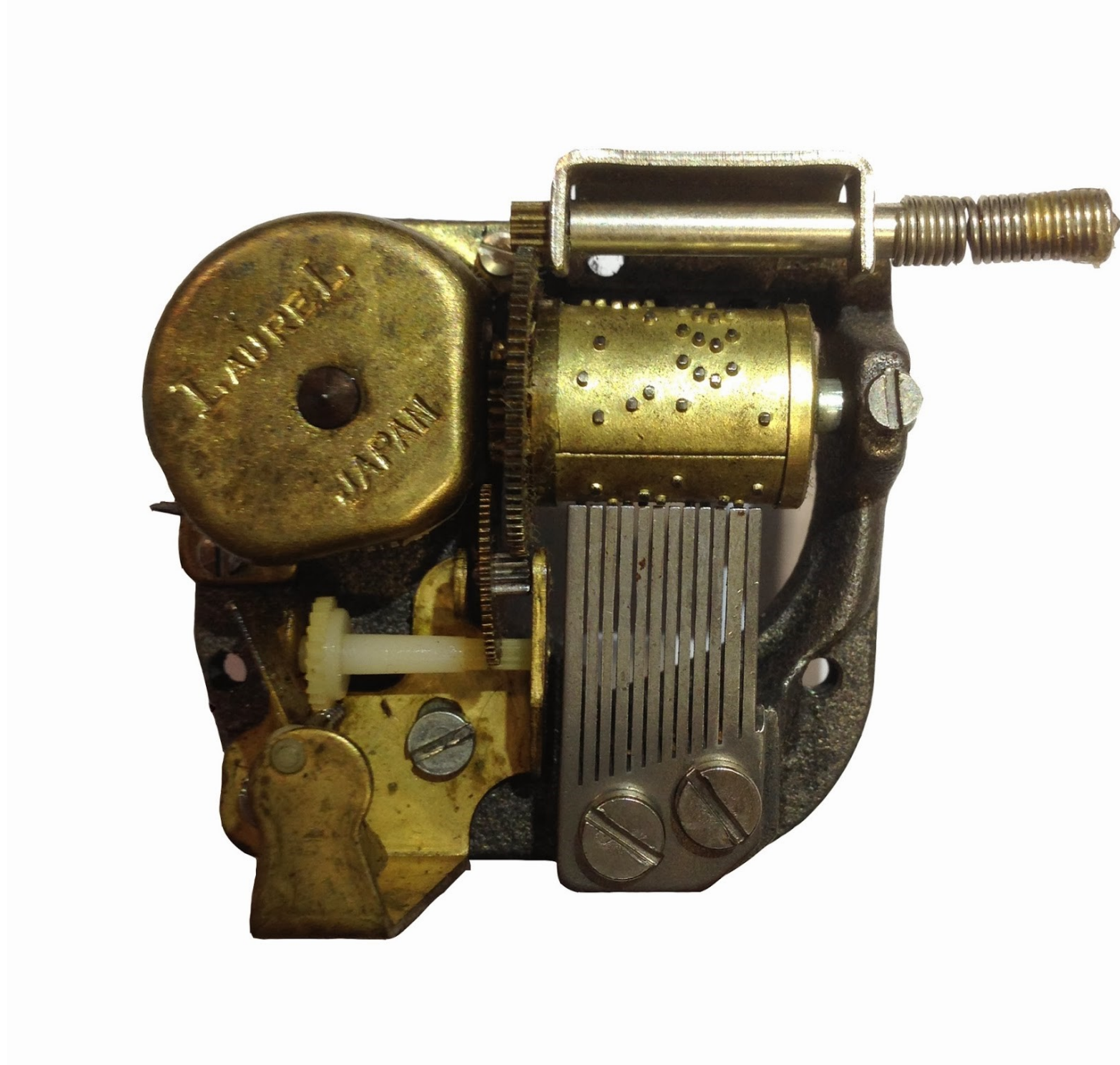


Storia

- Riproduzione di suoni pre-registrati e registrazione non automatica (IX secolo).
- Registrazione automatica di suoni arbitrari, ma impossibili da riprodurre (1857).
- Riproduzione e registrazione di suoni arbitrari (1877).



Storia – Carillon (XIV secolo)



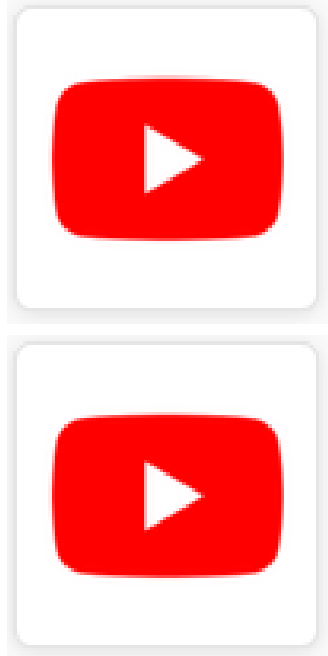
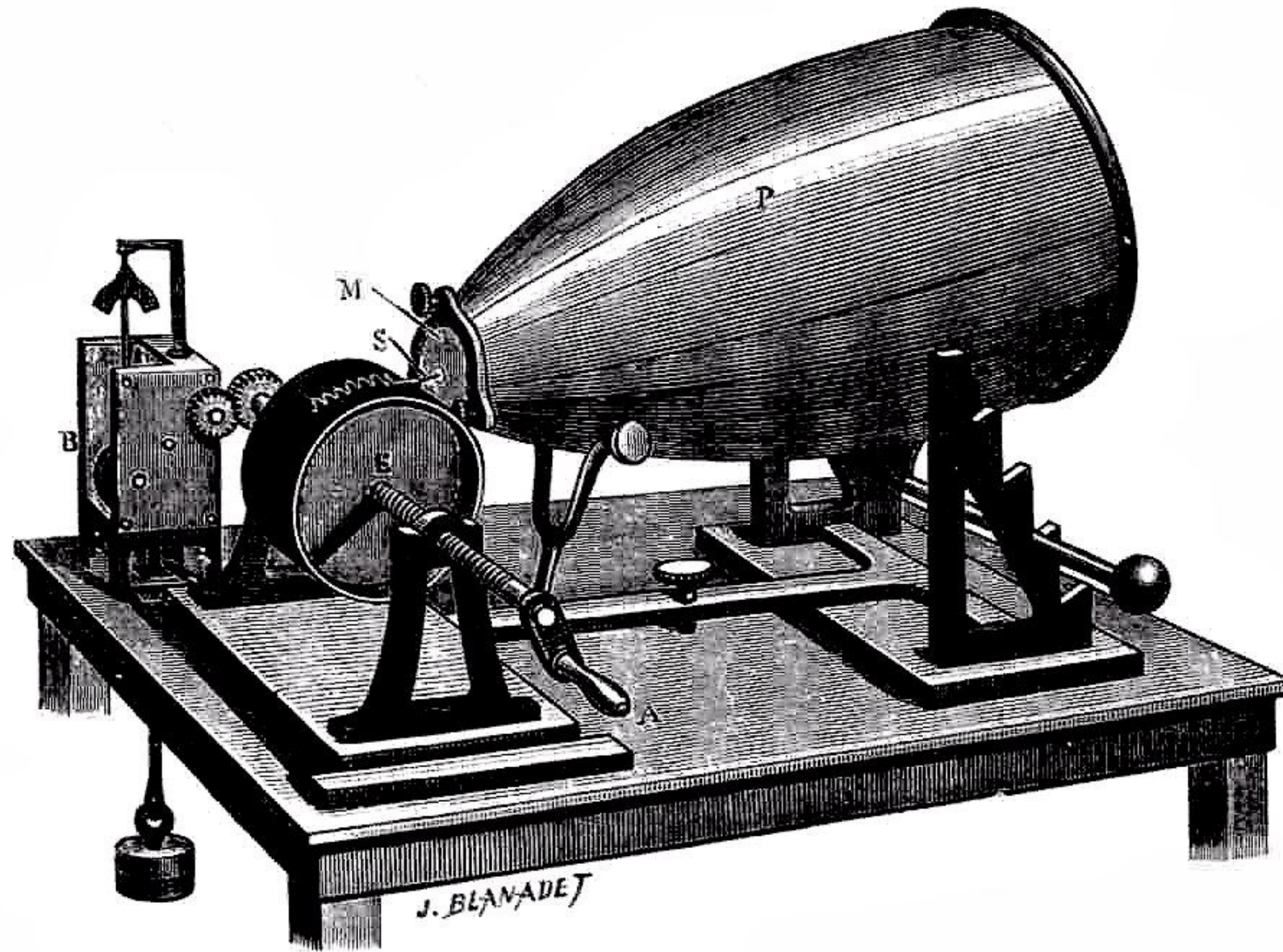
Marble Machine



<https://www.youtube.com/watch?v=OsjG1aEdogw>



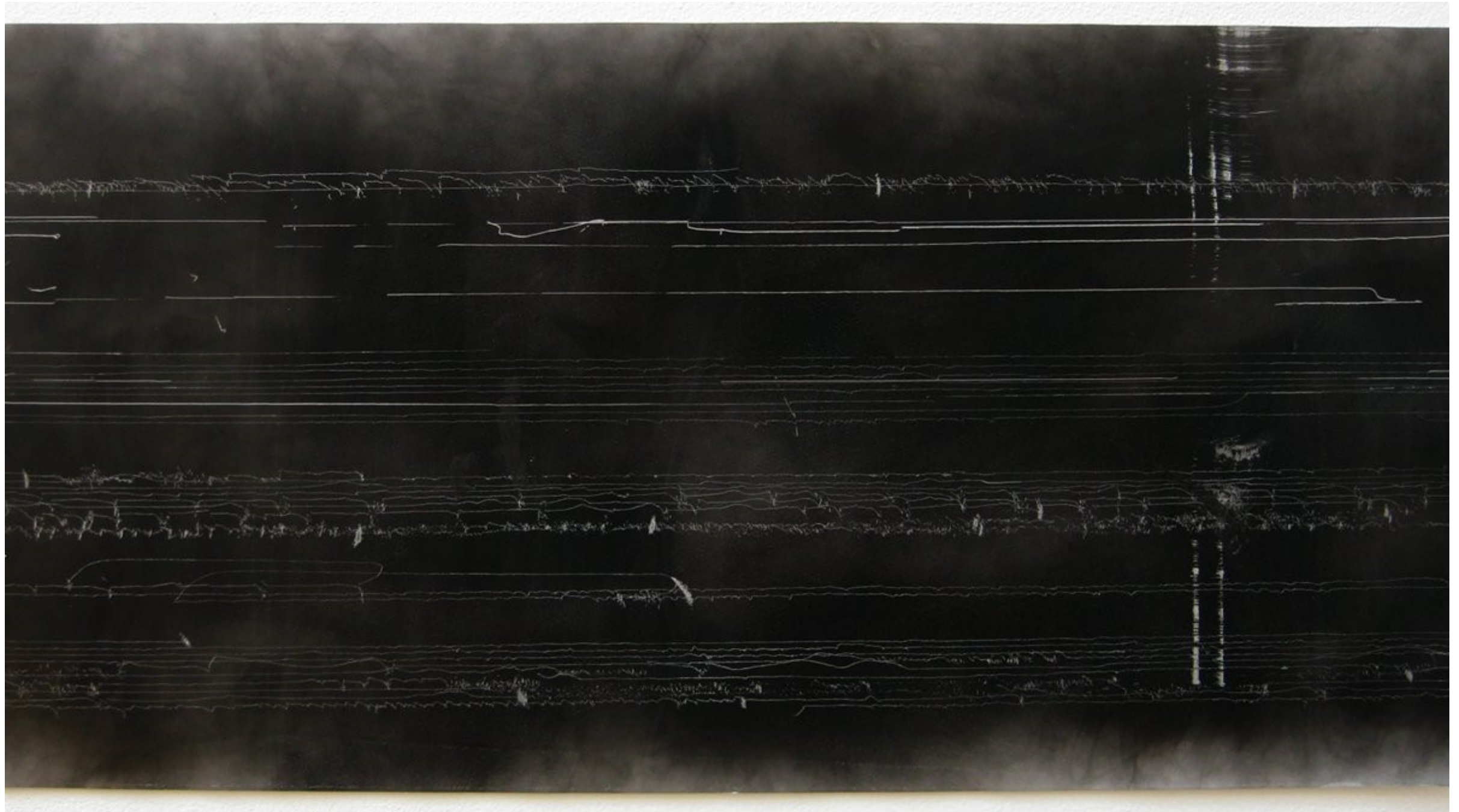
Storia – Fonautografo (1857)



<https://www.youtube.com/watch?v=znKNQXo58pE>

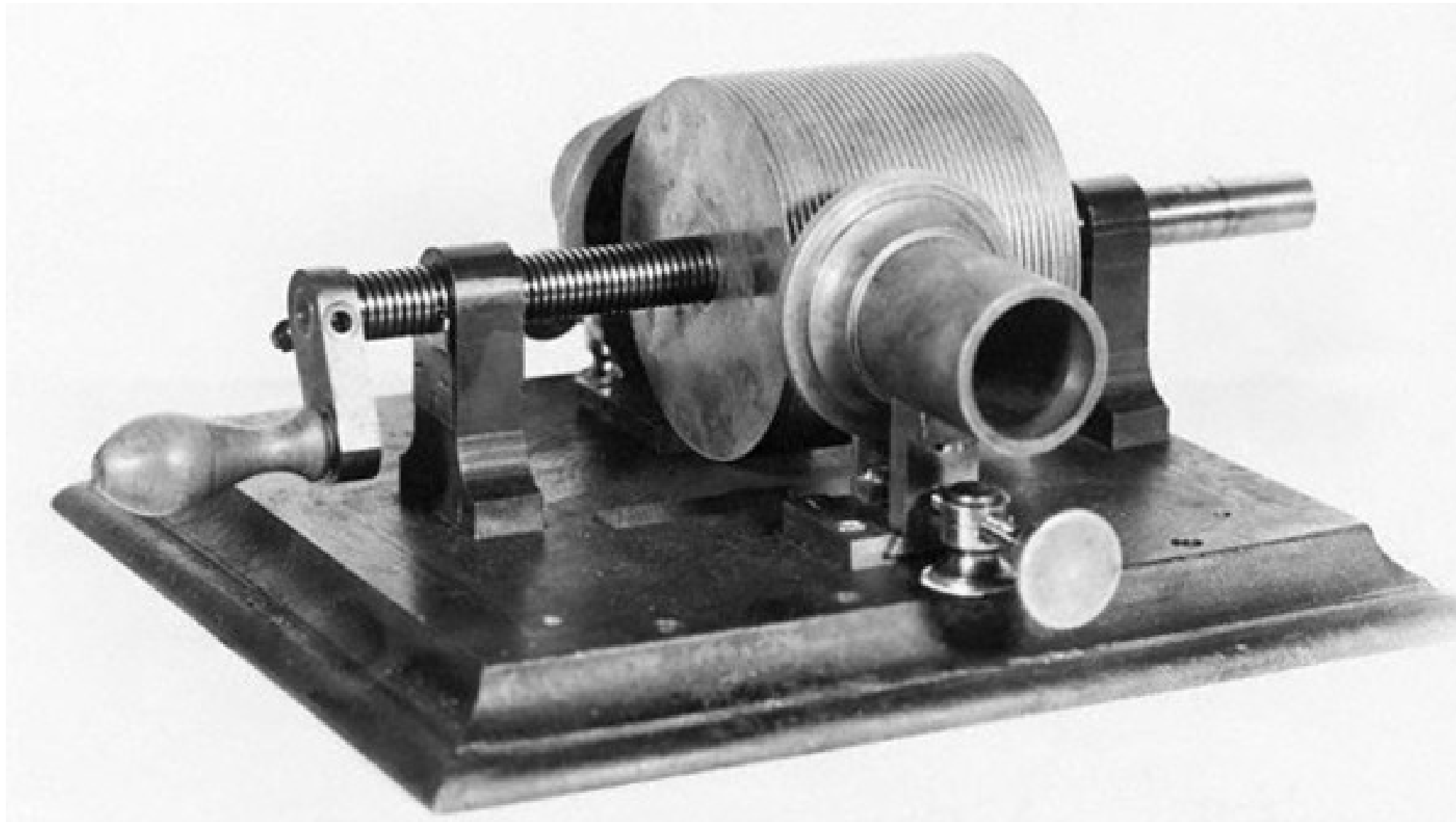


Storia - Fonautogramma





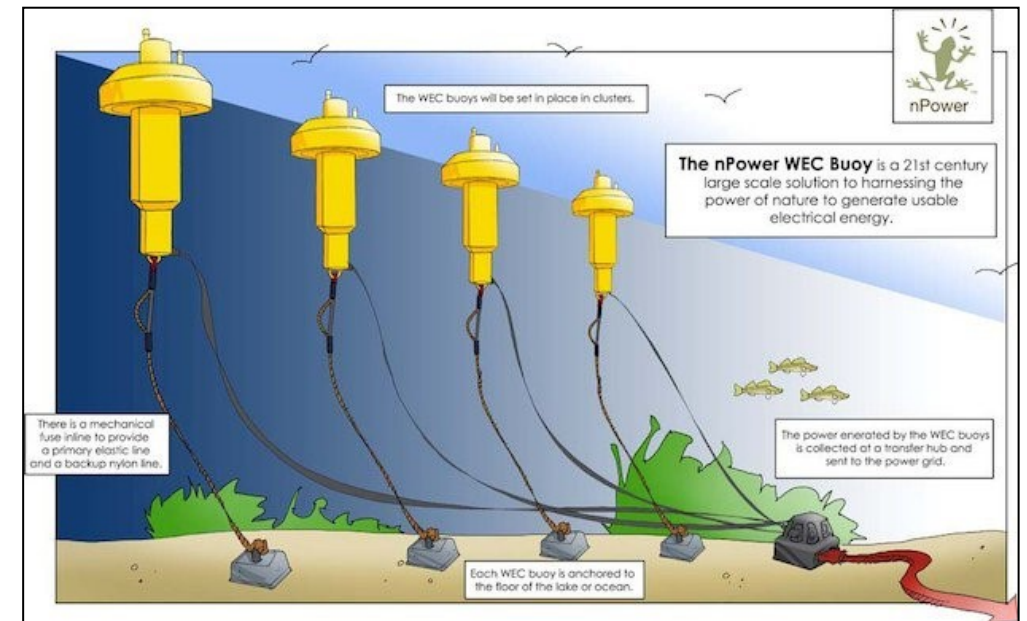
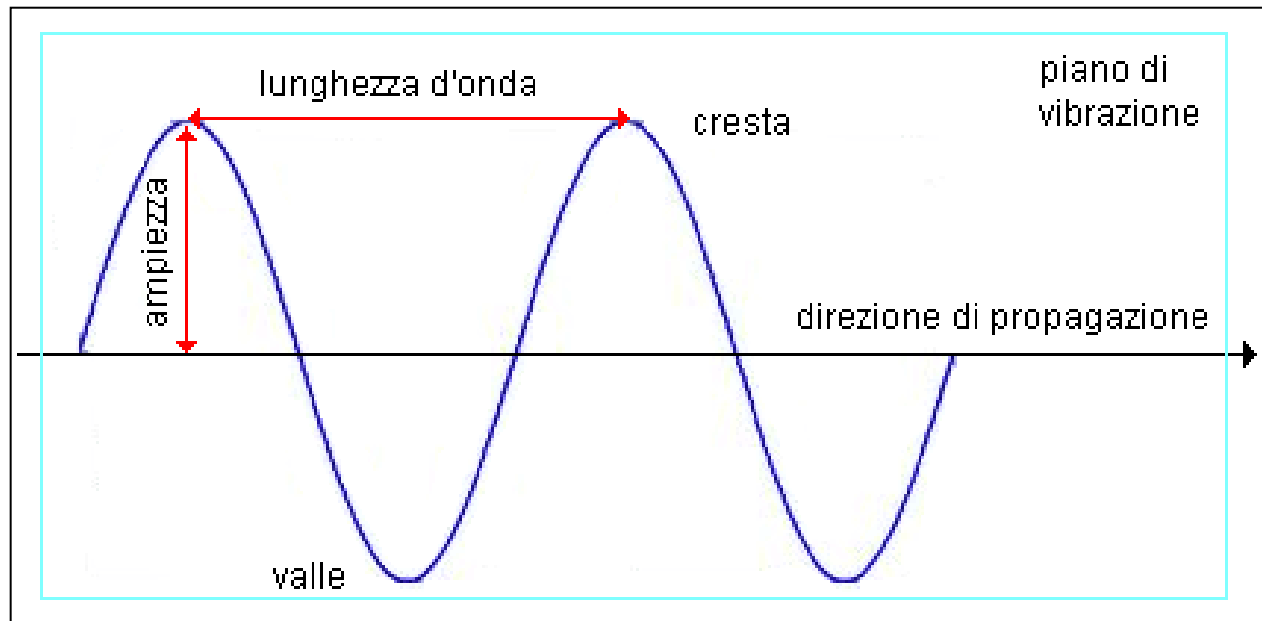
Storia – Fonografo (1877)



<https://www.youtube.com/watch?v=YBXyuY2J20o>

Definizione di onda

- Spostamento di energia a cui non è associato spostamento di materia





Cenni sulle onde

Un'onda è una perturbazione di una grandezza fisica che si propaga nel tempo trasportando energia o quantità di moto.

Classificazione:

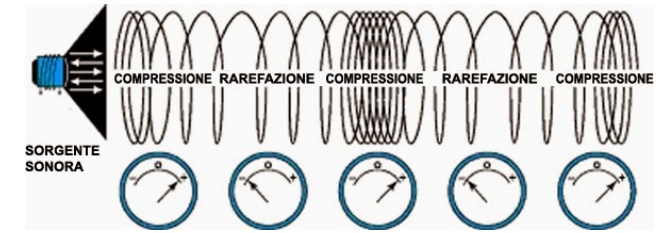
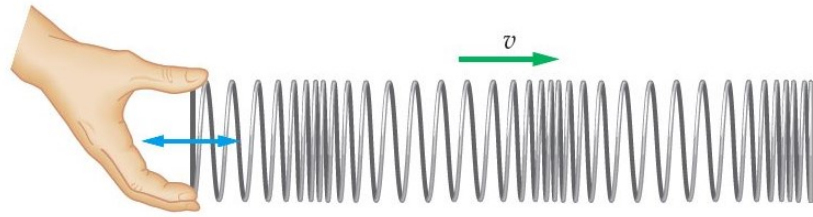
- Rispetto al mezzo di propagazione.
- Rispetto alla **direzione** di movimento delle particelle.
- Rispetto alla **forma**.
- Rispetto alla **periodicità**.



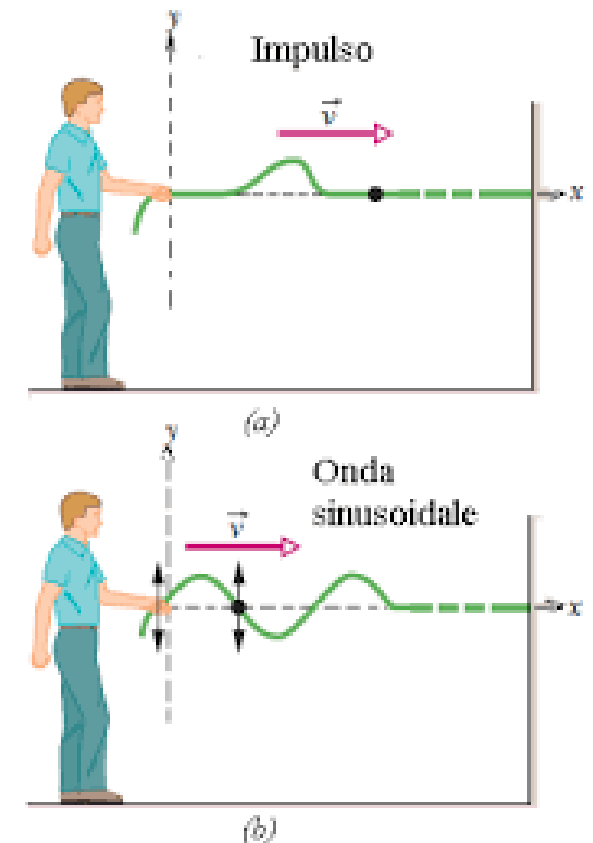
Classificazione onde - Mezzo

- **Onda meccanica:** la perturbazione interessa particelle di materia. Affinché avvenga la propagazione serve quindi un mezzo materiale in forma gassosa, liquida o solida.
- **Onda elettromagnetica:** la perturbazione interessa grandezze elettromagnetiche, in particolare la variazione di campi elettrici e magnetici. Si può propagare nel vuoto.

Classificazione onde - Direzione



- **Onda longitudinale:** le particelle perturbate si muovono lungo la stessa direzione di propagazione dell'onda (parallelamente o longitudinalmente).
- **Onda trasversale:** le particelle perturbate si muovono lungo la direzione perpendicolare a quella di propagazione dell'onda (trasversalmente).





Classificazione onde - Forma

La forma d'onda è il grafico che descrive l'ampiezza dell'onda in funzione del tempo.

- **Onda sinusoidale:** la relazione tra il tempo e l'intensità dell'onda è descritta dalla funzione seno. Dunque la forma d'onda corrisponde al grafico della funzione seno.
- **Altre onde:** nonostante per alcune sia nota la funzione che le descrive, la maggior parte delle onde ha una forma generica.



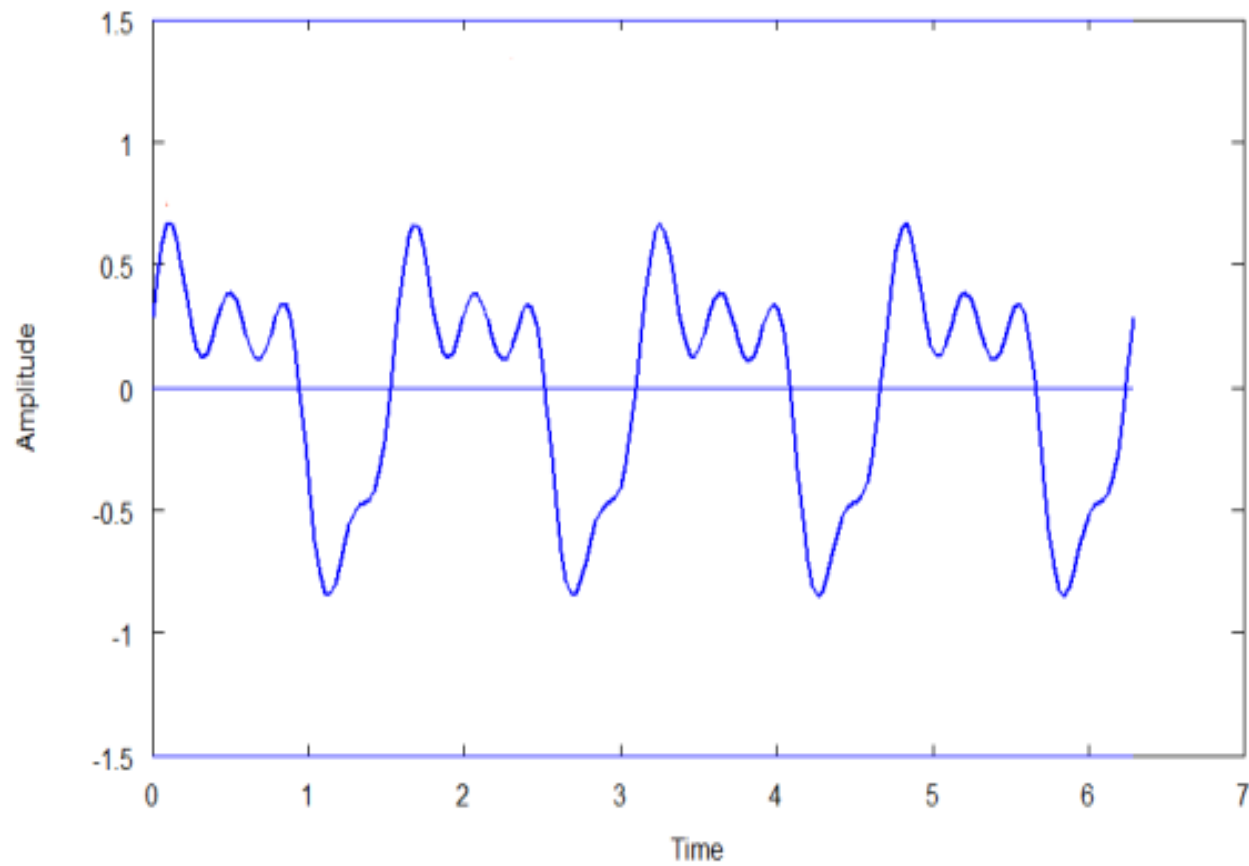
Classificazione - Periodicità

- Un'onda si dice **periodica** e di periodo T se è costituita da una sequenza di oscillazioni che si ripetono ad intervalli di tempo regolari e pari a T . Si può descrivere matematicamente tramite una funzione periodica di periodo T .
- Un'onda si dice **aperiodica** o **non periodica** se non si può individuare una regolarità nelle oscillazioni. Spesso è difficile da descrivere tramite una funzione matematica, ma quando ciò accade si utilizza una funzione non periodica.

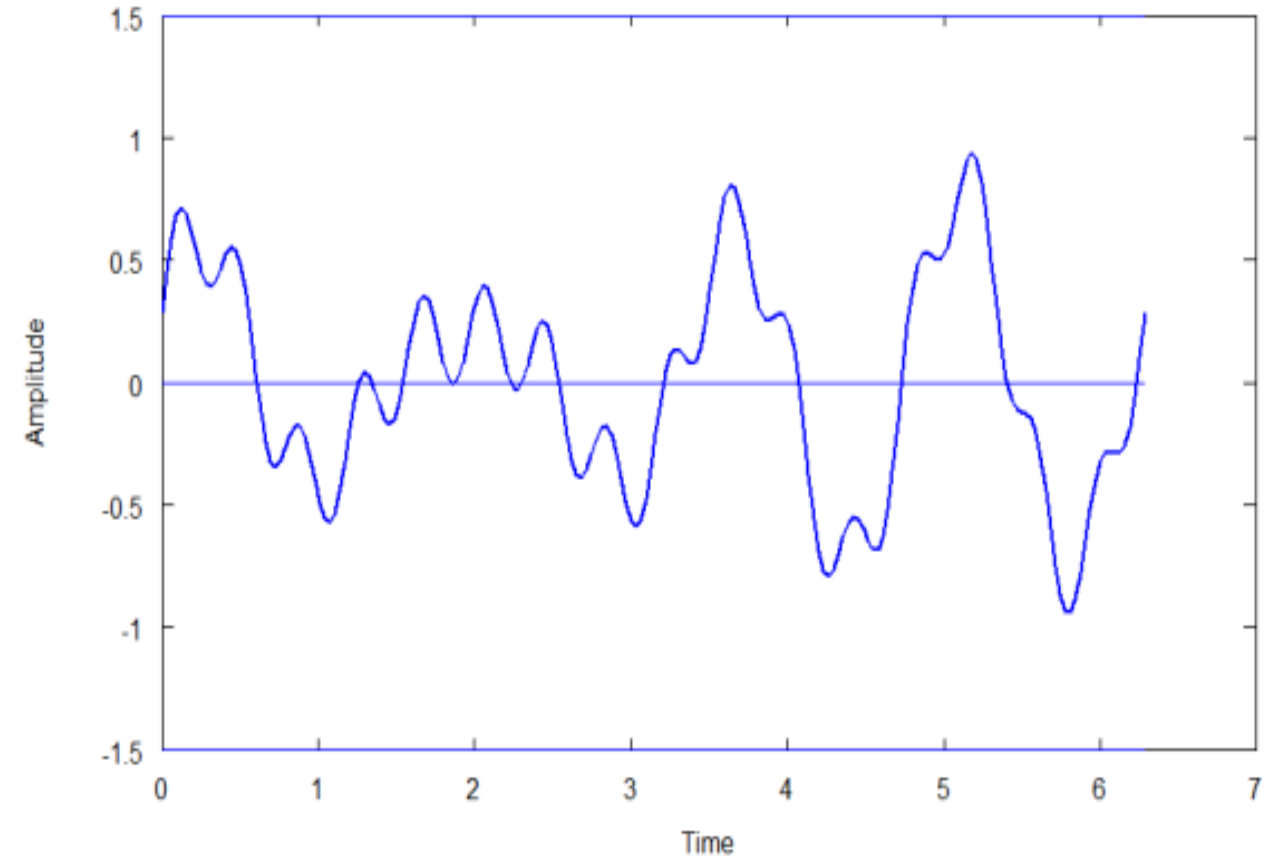


Periodicità - Esempio

Onda periodica

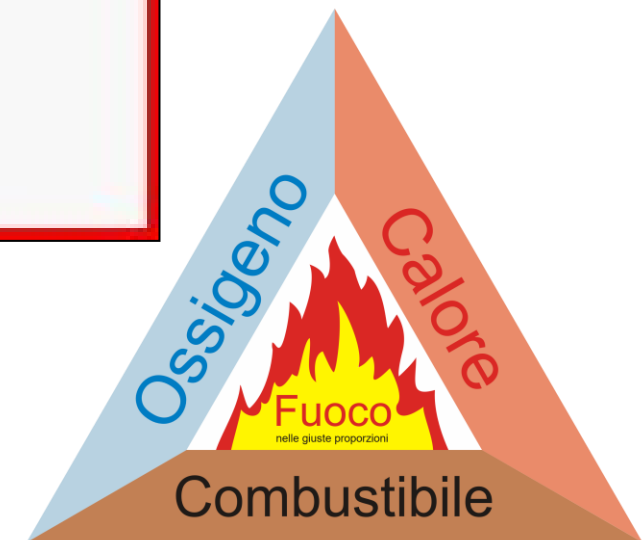
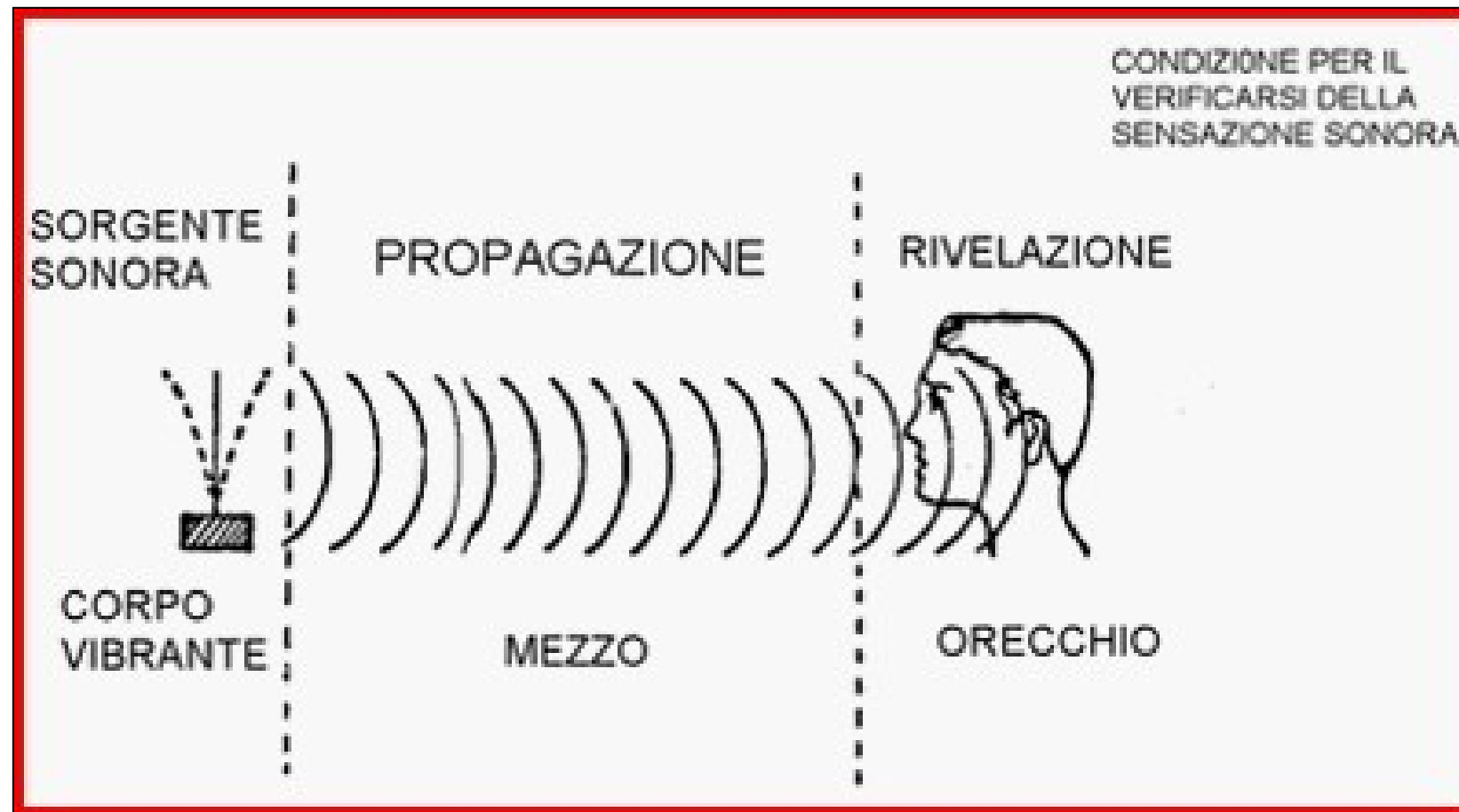


Onda aperiodica





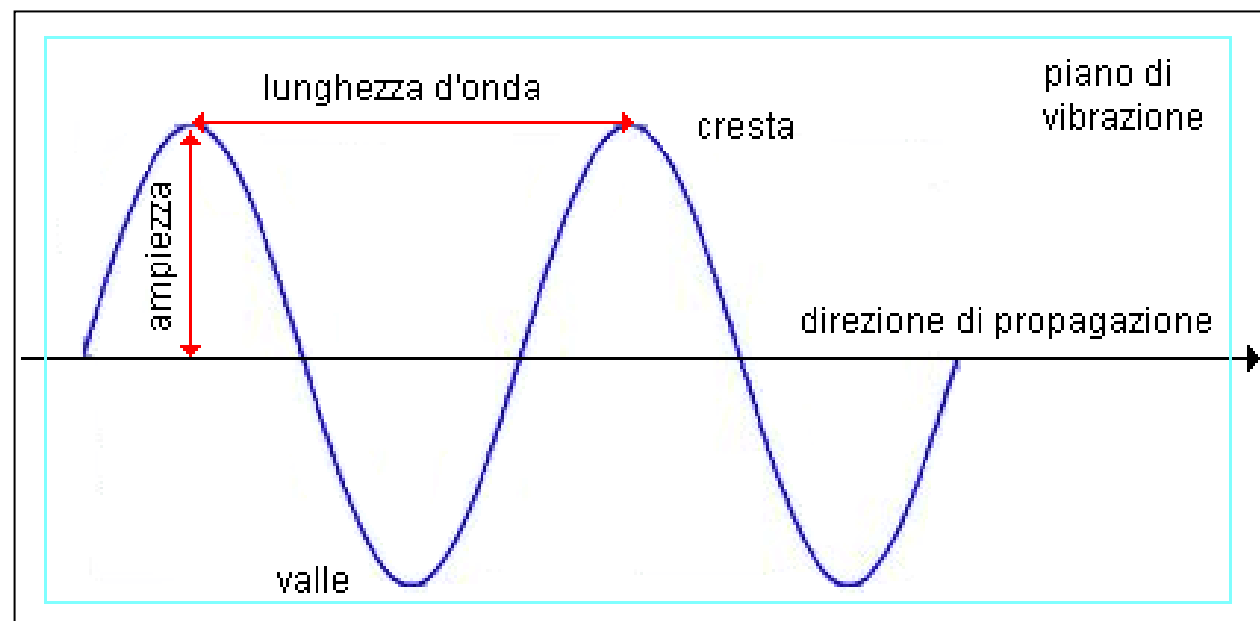
Vibrazione, Propagazione, Rivelazione





Ampiezza, Periodo, Frequenza, Fase, Lunghezza d'onda

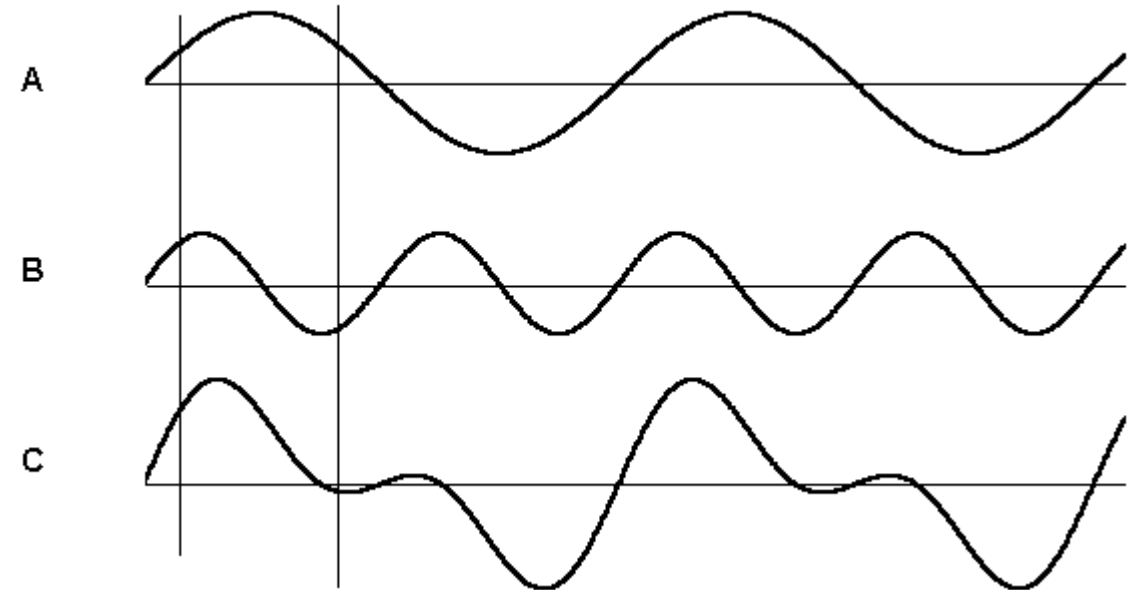
- Ampiezza: intensità del suono
 - Volume del suono (bisbiglio VS urlo)
 - Proporzionale all'energia trasportata dall'onda
- Frequenza: altezza di un suono
 - Suono acuto VS grave
- Fase: spazializzazione del suono





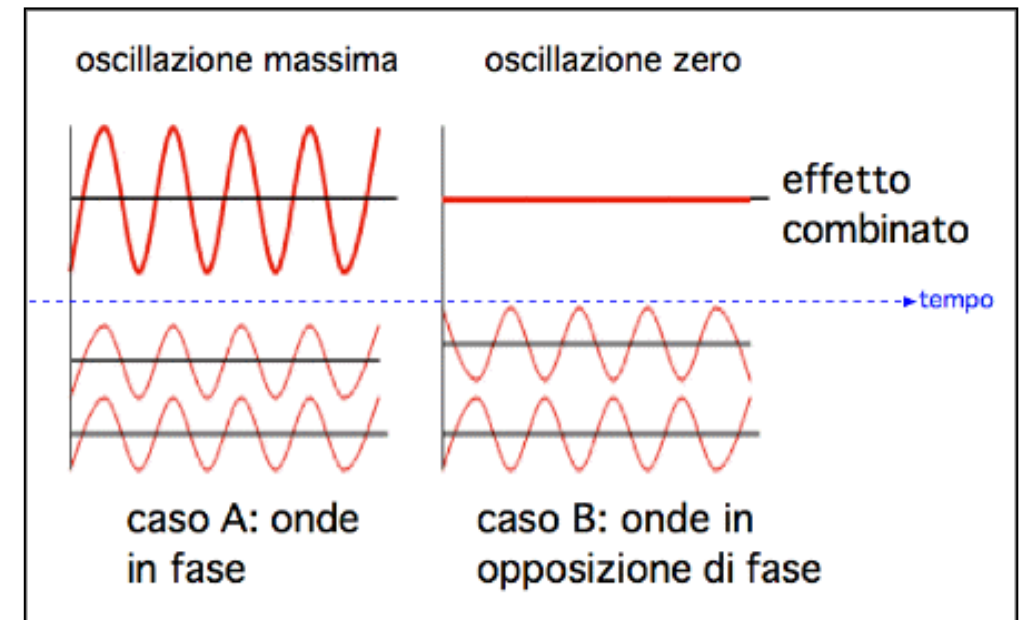
Principio di sovrapposizione delle onde

- *Se due o più onde della stessa natura (onde elettromagnetiche, onde sonore) che si propagano nello stesso mezzo si sovrappongono in un certo punto dello spazio, → **allora** la perturbazione generata è pari **alla somma algebrica** delle oscillazioni di ciascuna onda presa singolarmente*
- Qualunque sia il numero di sorgenti sonore presenti, al nostro orecchio giunge una sola onda sonora, risultato eventualmente della somma delle onde sonore prodotte dalle varie sorgenti
- Istante per istante i valori istantanei dell'ampiezza delle diverse onde si sommano algebricamente, cioè con il loro segno, positivo o negativo





Ampiezza, Periodo, Frequenza, Fase, Lunghezza d'onda



■ Onde in fase:

- Due o più onde con la stessa frequenza raggiungono l'ampiezza max nello stesso istante

■ Onde in opposizione di fase:

- Due o più onde con la stessa frequenza raggiungono rispettivamente l'ampiezza max e min nello stesso istante
- Presentano una differenza di fase di 180°



Esercitazione Pratica (dal testo)

Libro di testo: sezione
ed esercizio

■ 1.8:2 – Nozione di fase

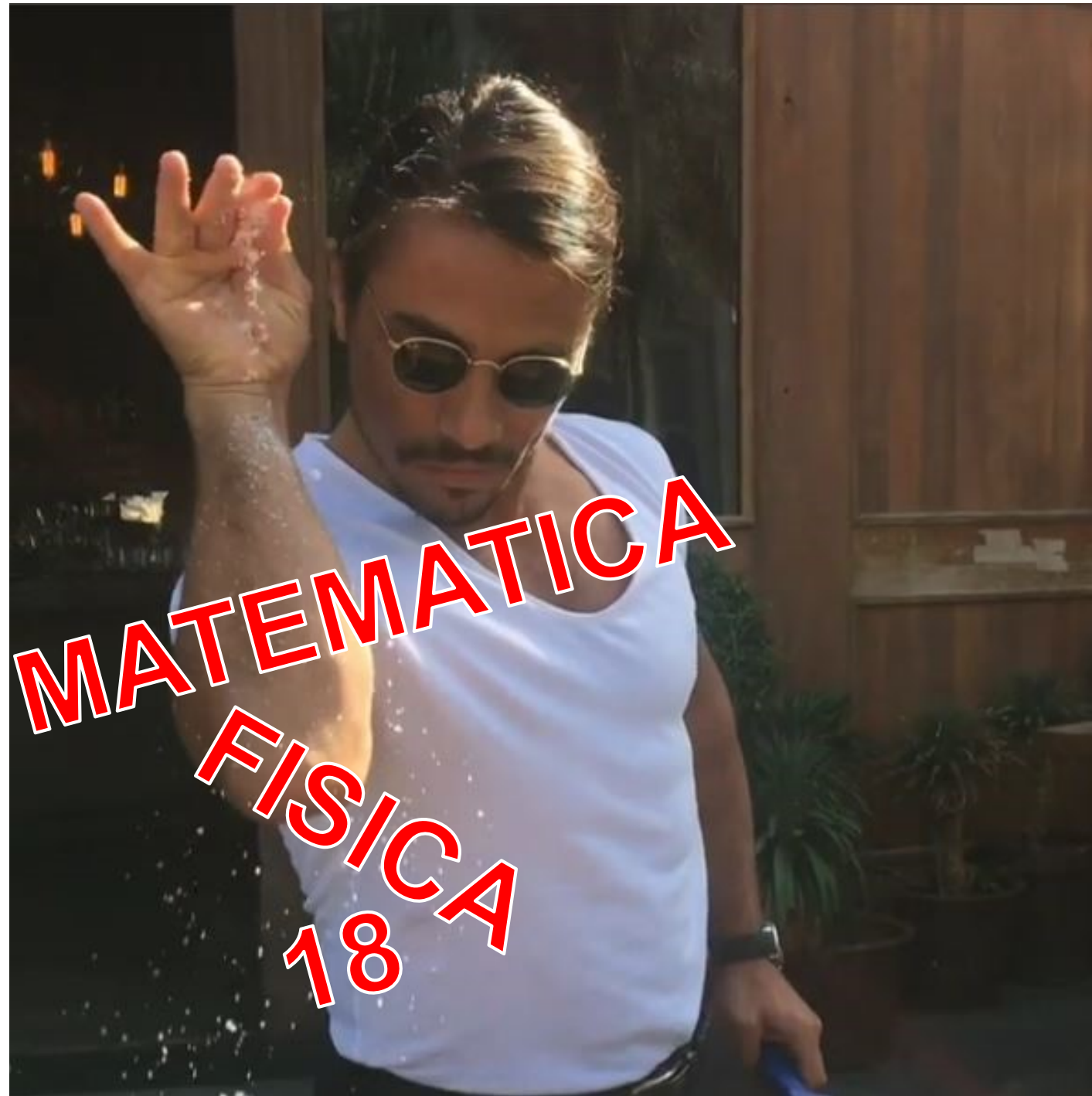
In un editor audio generare due onde sinusoidali identiche.

- Invertire la fase di una delle due.
- Mixare le due tracce verificando di aver ottenuto il silenzio.



Esercitazione Pratica – I battimenti (dal testo)

- 1.8.6 – Forma d'onda: i battimenti
In un editor audio generare due onde sinusoidali con frequenze vicine
 - 300 Hz e 302 Hz, con ampiezza 0,5
 - Mixare le due tracce





Onda periodica – Funzione matematica

Una funzione f si dice *periodica* e di periodo T quando:

$$\exists T > 0 : \forall t \in \mathbb{R} \quad f(t) = f(t + T)$$

Esempio: un tipico esempio è quello delle funzioni trigonometriche, come seno o coseno. Infatti:

$$\sin(x) = \sin(x + T) \quad \text{per} \quad T = 2\pi$$

Lo stesso vale per la funzione coseno.



Grandezze fisiche - Onda periodica

- **Frequenza:** indica il numero di oscillazioni complete nell'unità di tempo. Si misura in Hertz [Hz] ([1/s]).
- **Periodo:** indica il tempo necessario per compiere un'oscillazione completa. Si misura in secondi [s]. Se f è la frequenza, il periodo T vale:

$$T = \frac{1}{f}$$

- **Ampiezza:** serve a descrivere il range massimo di oscillazione. L'unità di misura dipende dalla grandezza fisica perturbata



Grandezze fisiche - Onda periodica

- **Fase:** rappresenta una generica parte di periodo trascorso rispetto ad un istante di tempo fissato. Può avere altri significati che dipendono dallo specifico tipo di onda.
- **Fase iniziale:** rappresenta il periodo trascorso rispetto all'istante di tempo 0.
- **Pulsazione:** numero di oscillazioni complete in un tempo pari a 2π . Si misura tipicamente in radianti al secondo [rad/s]. Se f è la frequenza (e T il periodo), la pulsazione ω vale:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Queste **tre** grandezze possono avere diversi significati in base al tipo di onda. Per semplicità riferiamoci ad esse con il significato che hanno per le **onde sinusoidali**.



Grandezze fisiche - Onda periodica

- **Velocità d'onda:** è lo spazio percorso dalla perturbazione nel tempo. Si misura in metri al secondo [m/s]. Dipende dal mezzo in cui l'onda si propaga.
- **Lunghezza d'onda:** è la distanza percorsa dall'onda, nel tempo necessario a passare da un punto di massimo o di minimo al corrispondente punto di massimo o di minimo dell'oscillazione successiva, chiamati rispettivamente **creste** e **ventri**. Si misura in metri [m]. Se v è la velocità dell'onda

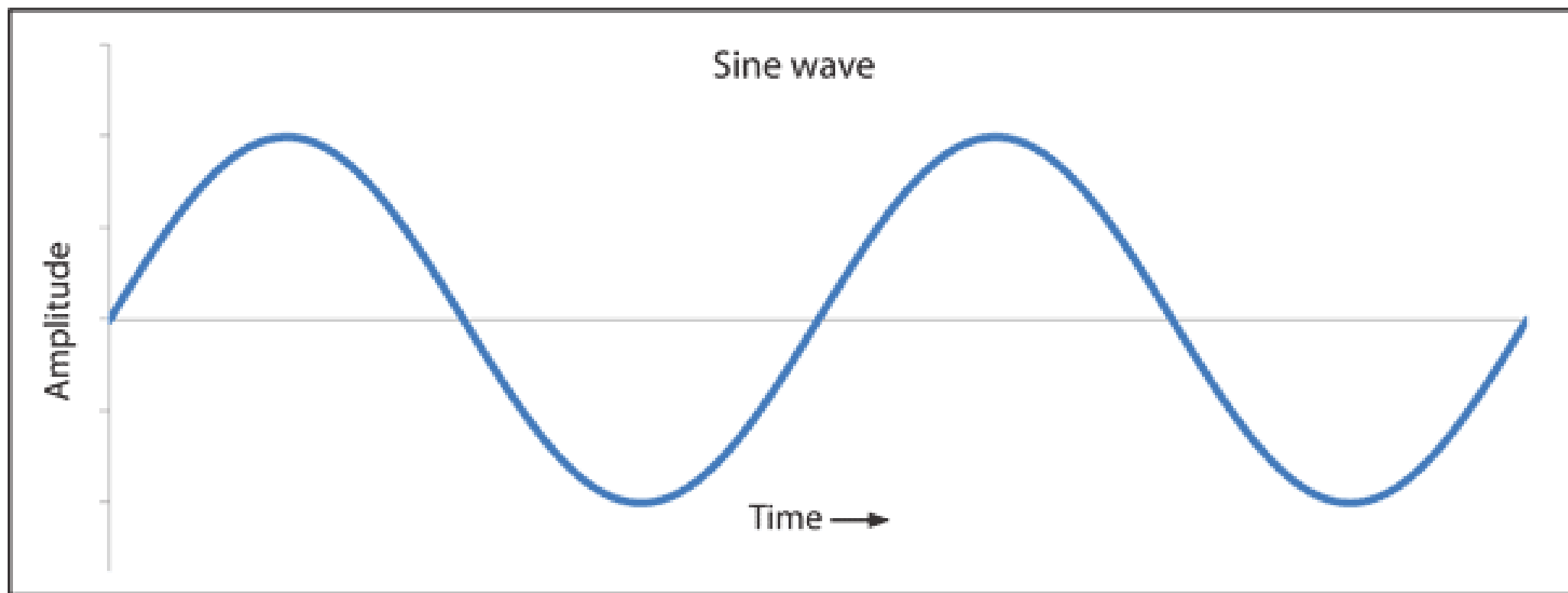
$$\lambda = vT = \frac{v}{f}$$



Esempio – Onda sinusoidale

Un'onda sinusoidale può essere descritta matematicamente dalla seguente funzione periodica:

$$y(t) = A \sin(2\pi f t + \varphi_0)$$

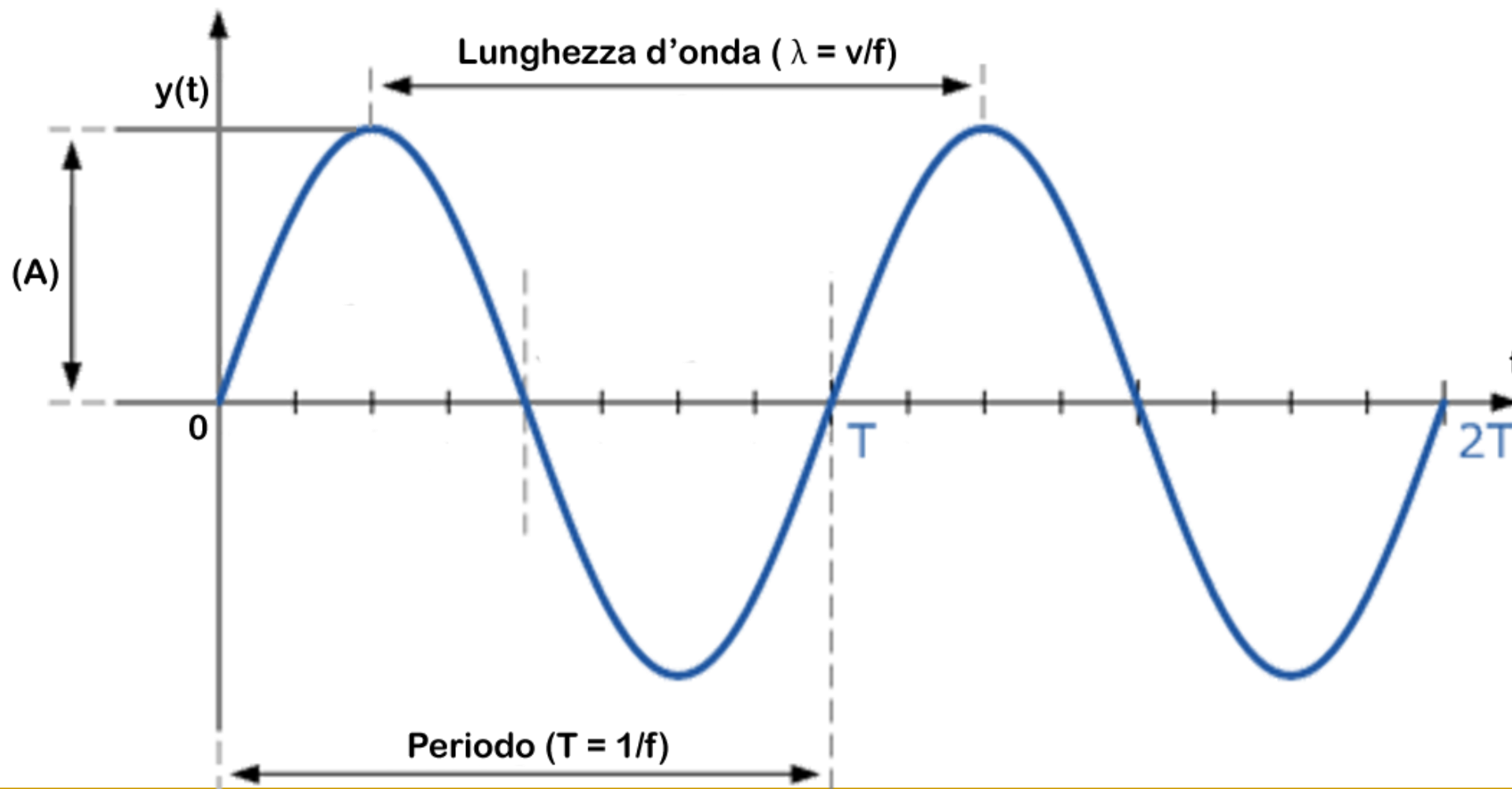




Esempio – Onda sinusoidale

$$y(t) = A \sin(2\pi ft + \varphi_0)$$

Dove A è la metà dell'ampiezza, f la frequenza. In questo caso, il termine $2\pi ft + \varphi_0$ è la fase, mentre φ_0 è la fase iniziale





Parametri fisici

Onda sinusoidale

- Data l'equazione sinusoidale

$$y(t) = 10\sin(4 * \pi * t + 4)$$

- Quanto vale l'ampiezza?
 - 10
- Quanto vale la frequenza?
 - 2
- Quanto vale la fase?
 - 4



Approfondimenti

- *Introduzione alla Musica Elettronica*

https://www.itimarconinocera.org/sito/menu/dipartimenti/tecnico_scientifico_informatica/corso_musica_elettronica/index.htm

- **Progetto 17 – 2019/20: Suoni dello spazio**
A cura di Leotta G., Bellanca A.M., Jansen E.

<https://fmilotta.github.io/teaching/computermusic19/Projects/ComputerMusic-Project-17b-2019-IT.pdf>