

# **Percorso didattico sulle onde in una quarta liceo scientifico**

**Silvia Pirollo**

**Liceo Scientifico Gramsci**

**FIRENZE**

**CIDI di FIRENZE**

**14° SEMINARIO NAZIONALE  
SUL CURRICOLO VERTICALE**

**5 maggio 2019**

---

## Dalle indicazioni nazionali:

- SECONDO BIENNIO:

Si inizierà lo studio dei fenomeni ondulatori con le onde meccaniche, introducendone le grandezze caratteristiche e la formalizzazione matematica; si esamineranno i fenomeni relativi alla loro propagazione con particolare attenzione alla sovrapposizione, interferenza e diffrazione. In questo contesto lo studente familiarizzerà con il suono (come esempio di onda meccanica particolarmente significativa) e completerà lo studio della luce con quei fenomeni che ne evidenziano la natura ondulatoria.

---

# UN PERCORSO SULLE ONDE

2 mesi di lezione: gennaio - marzo

25 ore, di cui:

8 ore in laboratorio  $\left\{ \begin{array}{ll} 3 \text{ ore} & \text{MOLLE} \\ 1 \text{ ora} & \text{DIAPASON, molle} \\ 3 \text{ ore} & \text{ONDOSCOPIO} \\ 1 \text{ ora} & \text{LASER} \end{array} \right.$

15 ore in classe

2 verifiche

---

# UN PERCORSO SULLE ONDE

Guida all'insegnamento della fisica, A.B. Arons:

«Una delle trattazioni migliori dal punto di vista pedagogico e fondata su basi più sicure è ancora quella della «Fisica del PSSC» nella sua sesta edizione.

.....

Se combinate con dimostrazioni, esperimenti con l'ondoscopio e filmati che mostrino riflessione, rifrazione e interferenza di onde sulla superficie di un liquido... risultano estremamente efficaci nel generare la comprensione del comportamento ondulatorio». ...

E' importante « un'esperienza diretta in laboratorio con corde, molle, ondoscopi».

---

# UN PERCORSO SULLE ONDE



**Cosa c'entra con le onde?**

**In un'onda cosa si propaga?**

---

# LAVORIAMO CON UNA MOLLA SLINKY



Un'onda: qualcosa  
che si propaga.  
Cosa?

Pongo l'attenzione su un  
determinato punto della  
molla.

**Sta fermo o si muove?**

**Come si muove?**

**La molla si sposta?**

## **La distinzione tra velocità delle particelle e velocità di propagazione.**

Arons:

.. «nel caso delle onde trasversali.... molti studenti ammettono che le velocità sono mutuamente perpendicolari, ma non riescono a capire che i loro moduli sono del tutto diversi tra di loro» .

Attacciamo un pezzo di scotch in un punto della molla e ne osserviamo il movimento

---

# LAVORIAMO CON UNA MOLLA SLINKY

Osserviamo che:

- ◆ La velocità dell'onda è costante, mentre quella del singolo pezzo varia (può essere positiva, negativa o uguale a 0).
- ◆ L'onda si muove lungo la direzione della molla e trasla; la particella si muove perpendicolarmente al moto dell'onda, ha quindi direzione trasversale.





## **La distinzione tra velocità delle particelle e velocità di propagazione.**

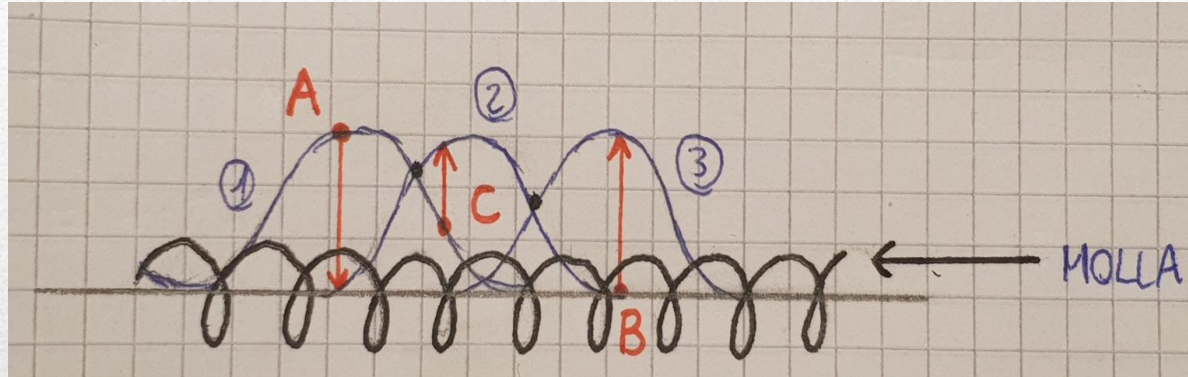
Si cerca di evidenziare che la velocità delle particelle non è costante e di lavorare molto con i grafici.

Si utilizzano disegni con impulsi non sinusoidali e asimmetrici

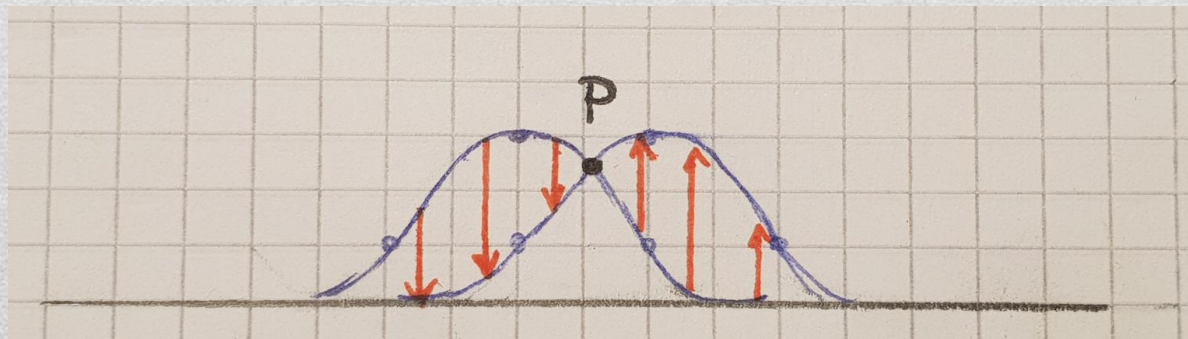
---

# DISTINZIONE TRA V PARTICELLE E V DI PROPAGAZIONE

Disegnare direzione e verso relativi alle velocità di alcuni punti (A, B, C) all'istante  $t_1$  (grafico A) . Le onde 2 e 3 si riferiscono a due istanti successivi



Il punto A ha il verso della velocità rivolto verso il basso poiché è già stato attraversata dall'onda quindi “scende”, mentre sia B che C “salgono” poiché non sono state ancora attraversate.



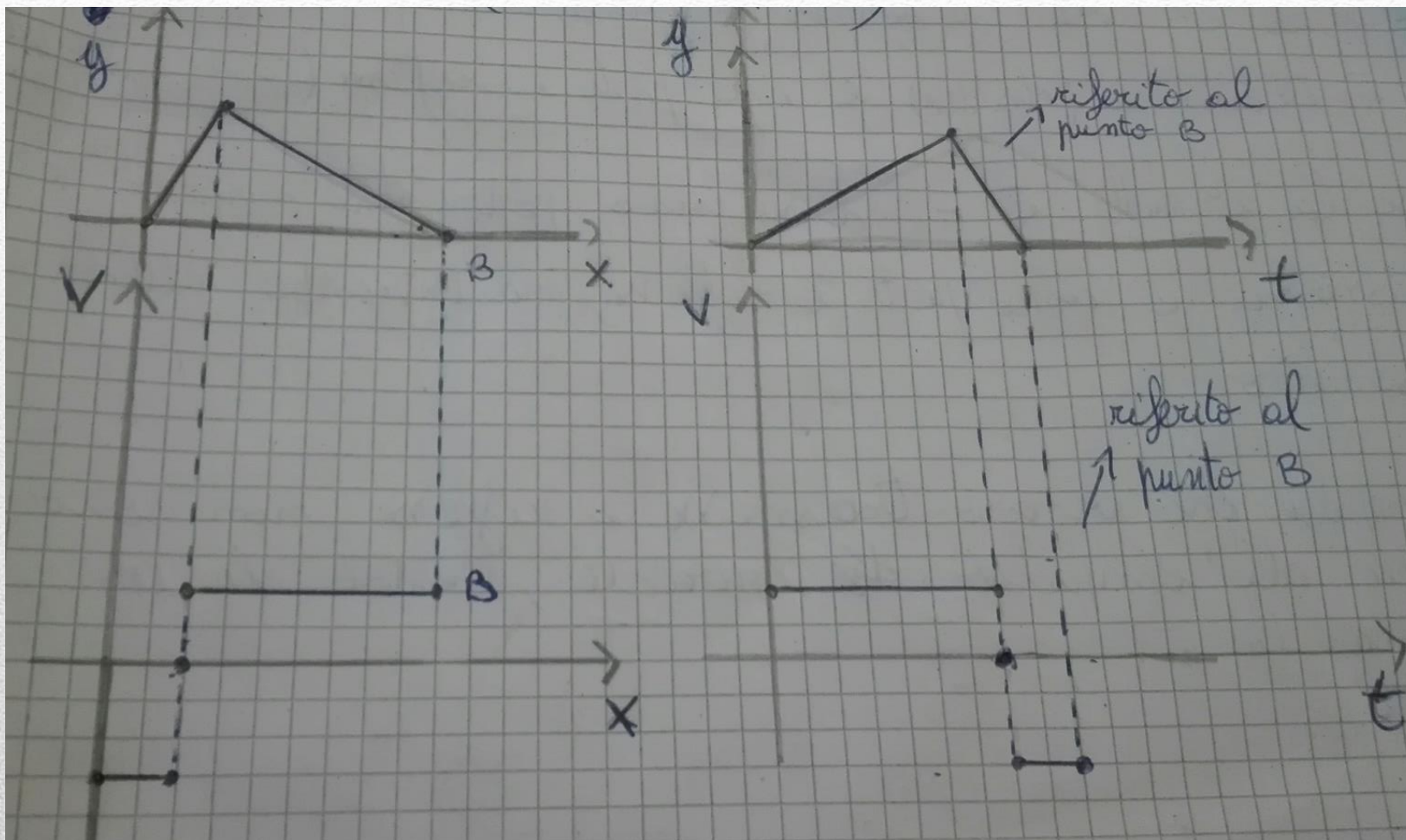
# DISTINZIONE TRA V PARTICELLE E V DI PROPAGAZIONE

Grafico di  $y$  in funzione di  $x$  (posizione)



Quando abbiamo il grafico  $y$  in funzione di  $x$ , viene "fotografato" un esatto istante ed o le posizioni o le velocità di tutti i punti.

# DISTINZIONE TRA V PARTICELLE E V DI PROPAGAZIONE



# LAVORIAMO CON UNA MOLLA SLINKY

ANALIZZIAMO LA VELOCITA' DI PROPAGAZIONE DELL'ONDA:

Facciamo alcune misure di velocità di propagazione della molla:

- a) La velocità dipende dall'ampiezza dell'impulso?**
  - b) Come varia la velocità con la tensione della molla?**
  - c) Confrontiamo la velocità di propagazione dell'onda su due molle diverse
-

# LAVORIAMO CON UNA MOLLA SLINKY

Dall'analisi delle misure di velocità dell'onda, concludiamo che

a) La  $v$  non dipende dall'ampiezza

→ **Non dipende dalla sorgente**

b) La  $v$  diminuisce se aumenta la tensione

→ **Dipende dal mezzo**

Qualcuno si ricorda della RIFRAZIONE della luce, studiata al biennio

c) La  $v$  dipende dalla molla



# LAVORIAMO CON UNA MOLLA SLINKY

SOVRAPPOSIZIONE

**Che succede se si scontrano due palline?**

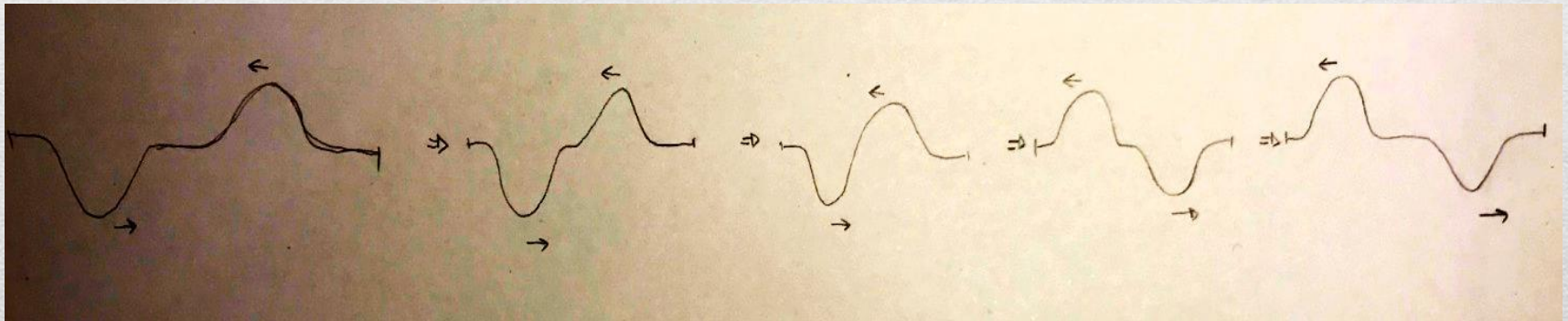
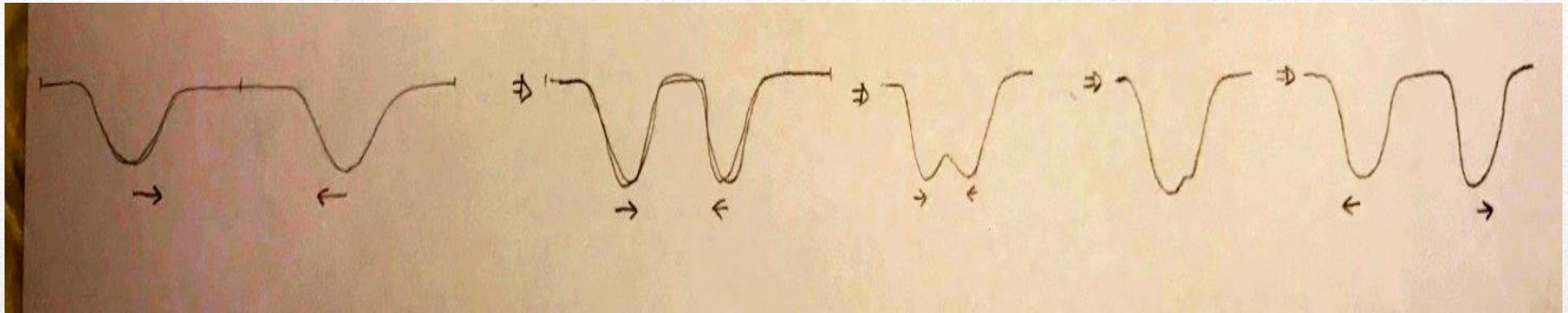
L'urto influenza il moto delle palline.

**Se arrivano due onde contemporaneamente cosa succede?**

Conclusione: lo scontro tra due onde non è un urto perché, una volta avvenuto l'incontro, le onde si scambiano e continuano il loro moto indisturbate.

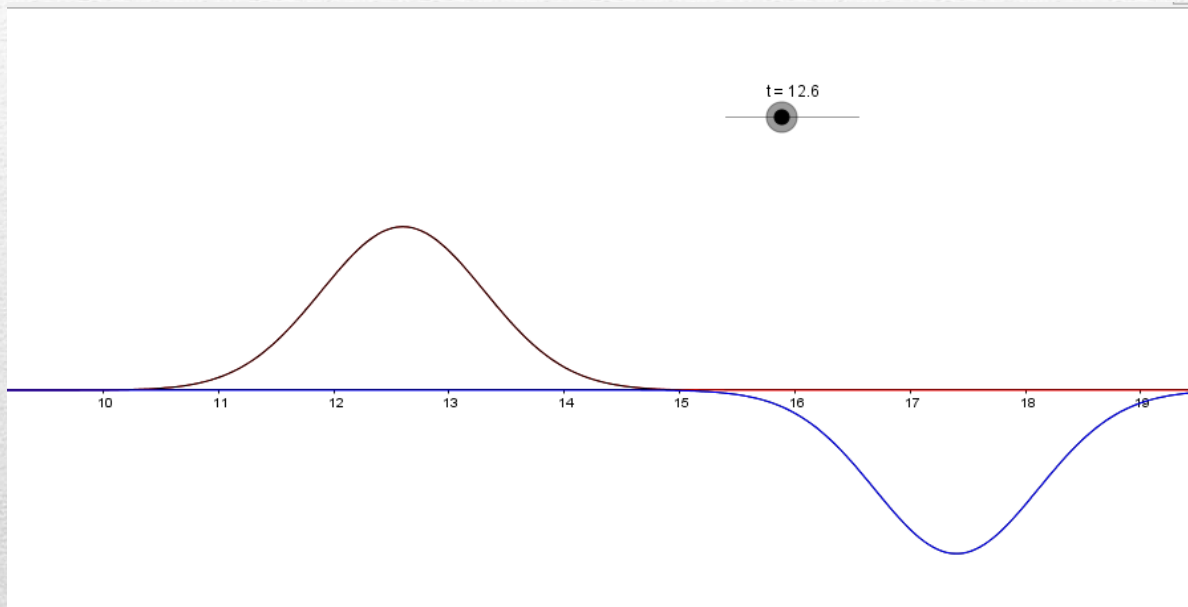


# PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE





Visualizzazione del principio di sovrapposizione anche con geogebra:



# LAVORIAMO CON UNA MOLLA SLINKY

Attacciamo insieme due molle diverse: **che succede all'onda?**

L'impulso si divide in due parti:

Una parte si riflette capovolta

Una parte prosegue nella seconda molla



# LAVORIAMO CON UNA MOLLA SLINKY

Invertiamo la posizione delle due molle.

Anche questa volta l'impulso si divide in due parti, ma l'impulso riflesso non si capovolge

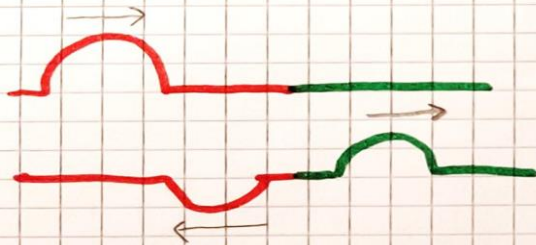


## 2 MOLLE DIVERSE: IMPULSO RIFLESSO E TRASMESSO

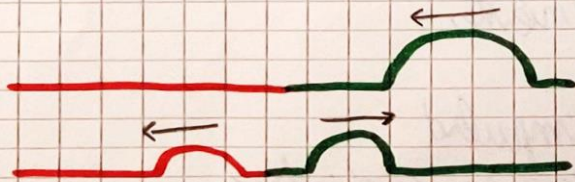
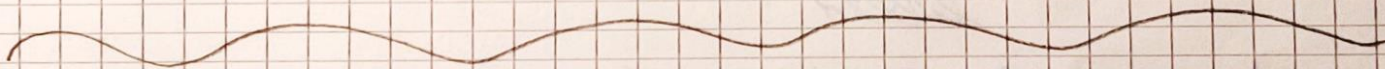
in rosso la molla con raggio più grande ma con massa e densità minori



in verde la molla con raggio minore ma con massa e densità più elevate



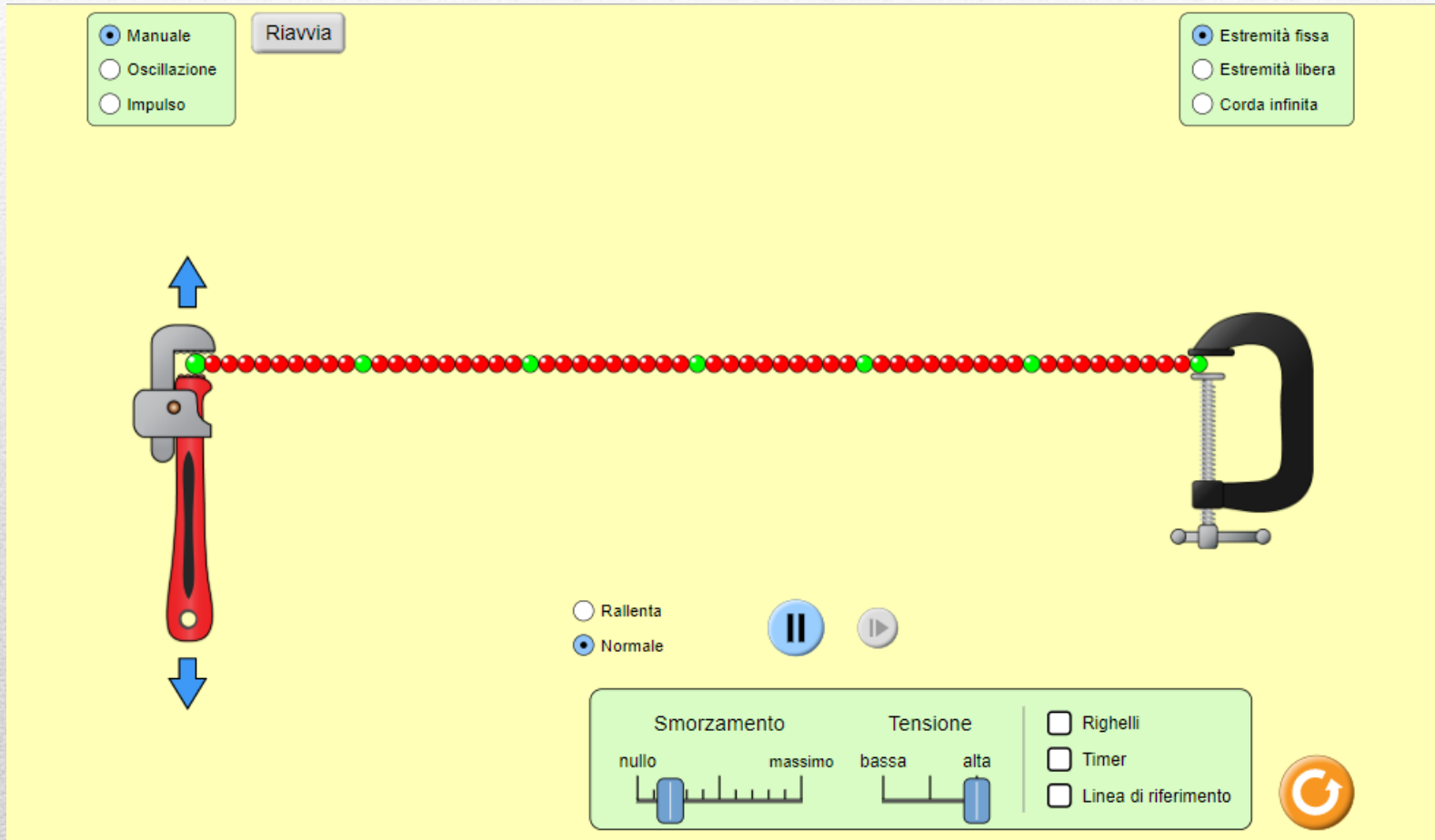
primo caso:  
l'impulso parte dalla  
molla leggera



secondo caso:  
l'impulso parte dalla  
molla pesante

# IMPULSO RIFLESSO

Si analizza la differenza nell'impulso riflesso nel caso di estremità fissa e libera anche utilizzando la simulazione di [phet.colorado.edu](http://phet.colorado.edu)



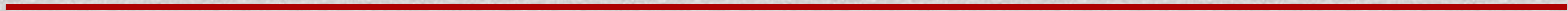
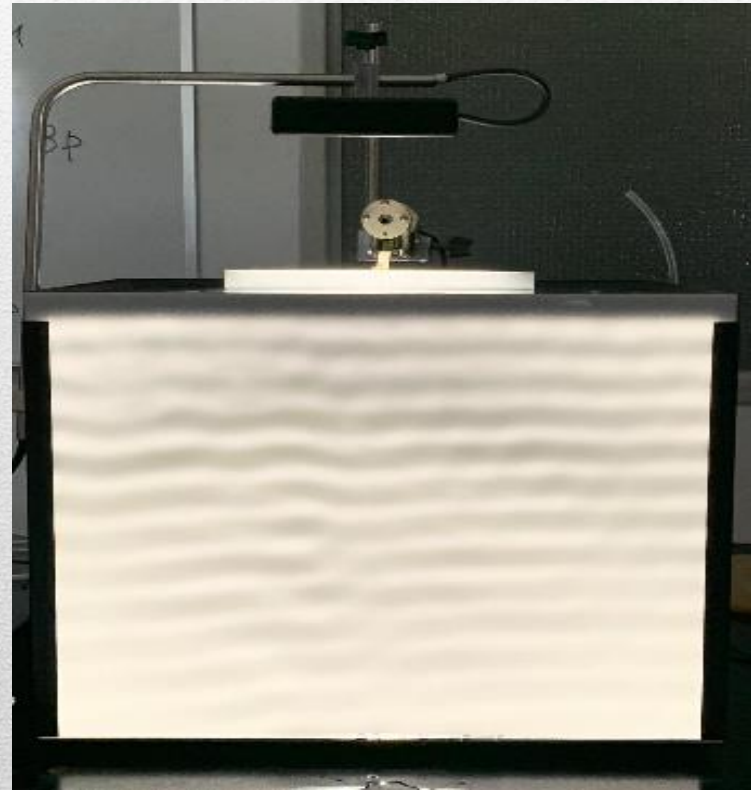
# LAVORIAMO CON L'ONDOSCOPIO

COMINCIAMO A LAVORARE CON IMPULSI  
PERIODICI



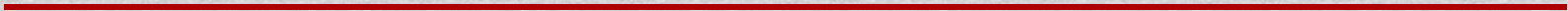
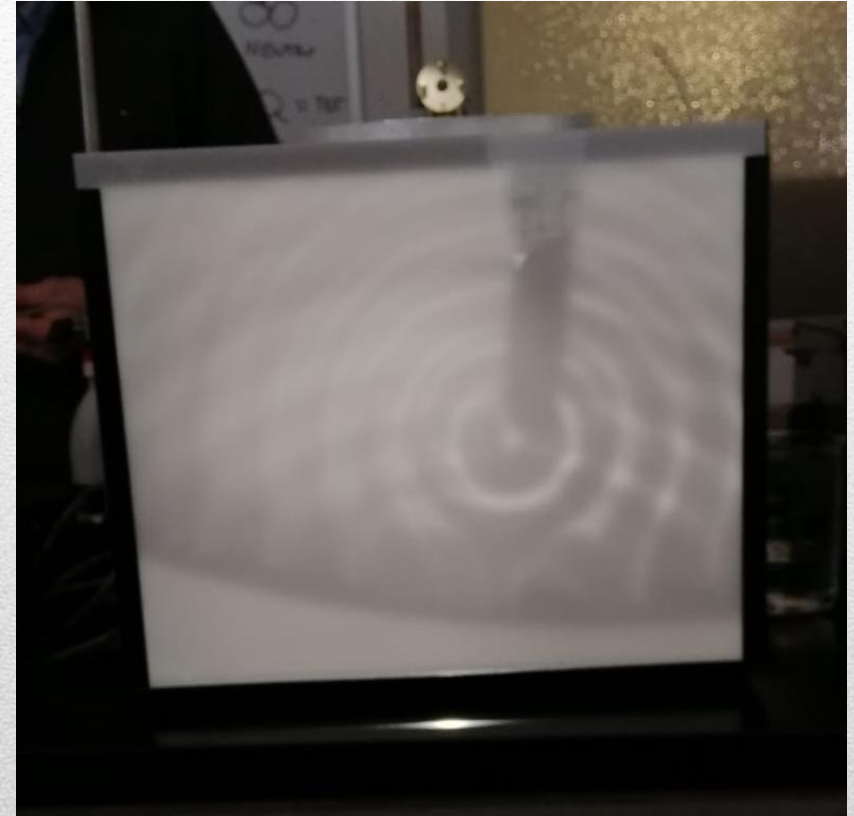
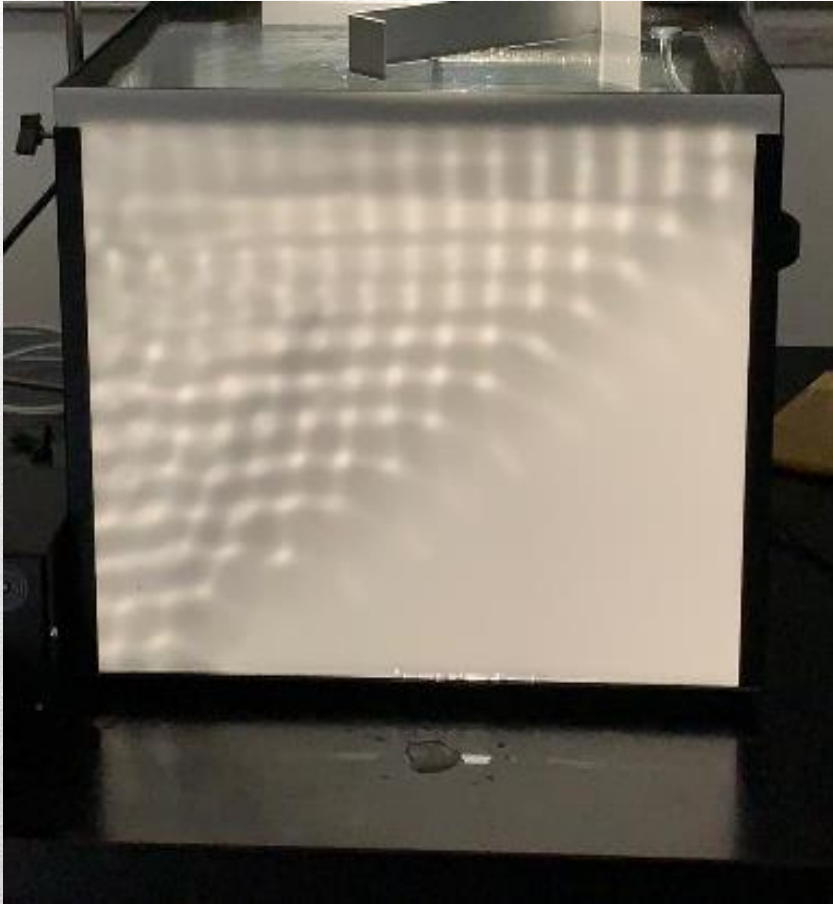
# LAVORIAMO CON L'ONDOSCOPIO

**“Se variamo la frequenza cosa succede alla lunghezza d’onda? Aumenta, diminuisce o rimane la stessa?”**



# LAVORIAMO CON L'ONDOSCOPIO

**RIFLESSIONE** di un'onda piana su una superficie piana e di un'onda sferica su superficie curva





# LAVORIAMO CON L'ONDOSCOPIO

Cosa succede alla lunghezza d'onda se inserisco un ostacolo per diminuire la profondità dell'acqua? E la direzione di propagazione dell'onda?

## **RIFRAZIONE**



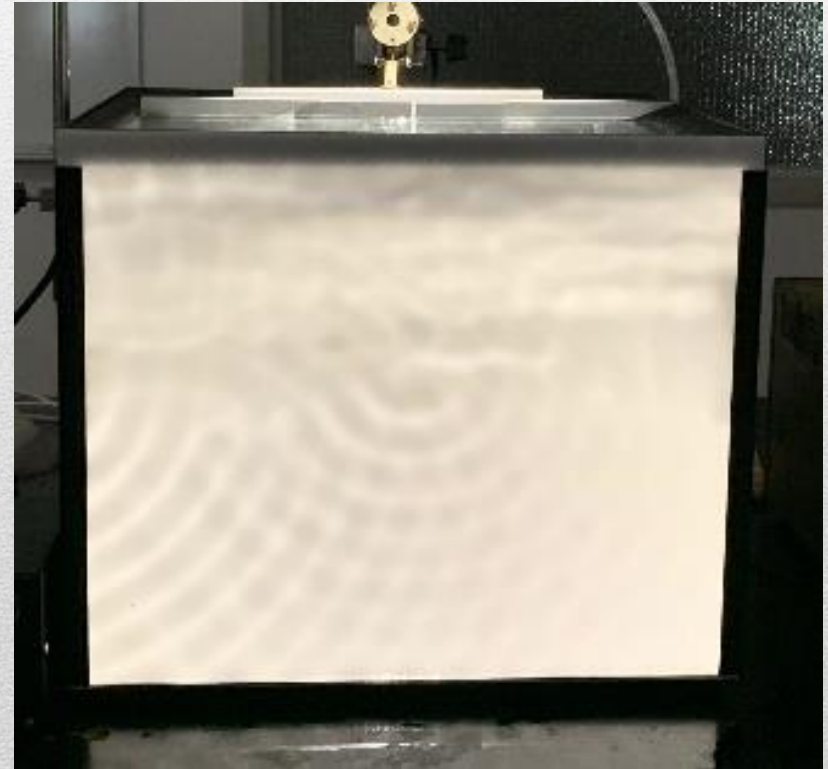
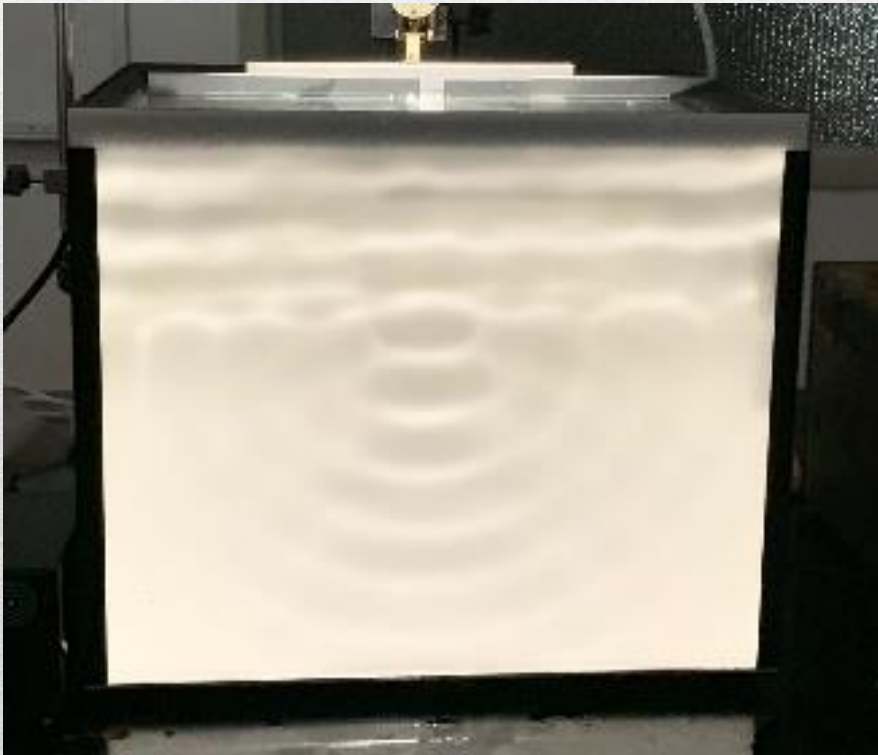
# LAVORIAMO CON L'ONDOSCOPIO

## Onda piana con una fenditura

Diminuiamo la larghezza della fenditura.

L'onda si incurva maggiormente

**Conclusioni: più la fessura è stretta e più l'onda sembra superare l'ostacolo.**

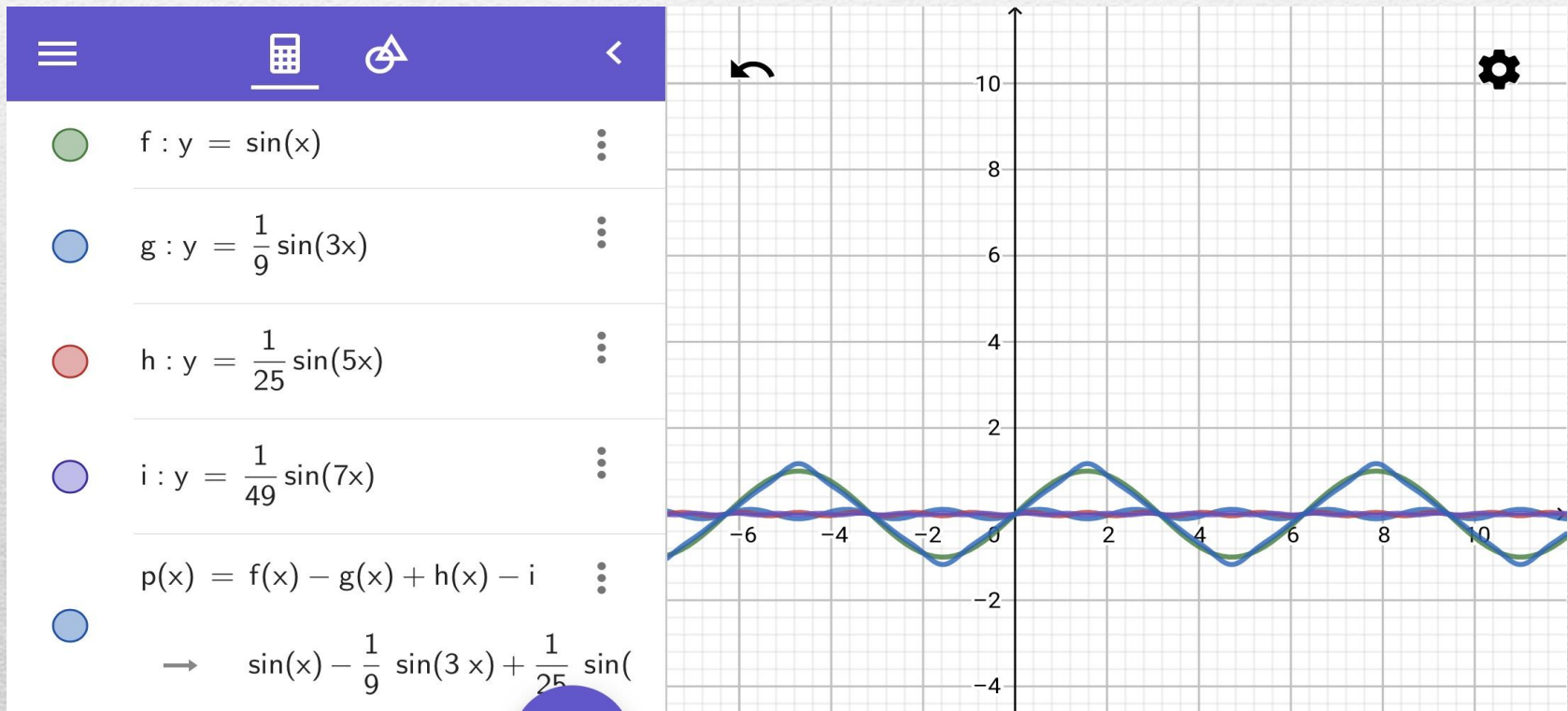


# GEOGEBRA

Dopo aver ricavato la funzione d'onda, utilizziamo geogebra per visualizzare che è possibile ottenere segnali periodici di forme diverse come somma di onde armoniche

## ONDA TRIANGOLARE

$$y = \frac{1}{m^2} \sin(mx)$$



## ONDA A DENTE DI SEGA

$$y = \frac{1}{m} \operatorname{sen}(mx)$$

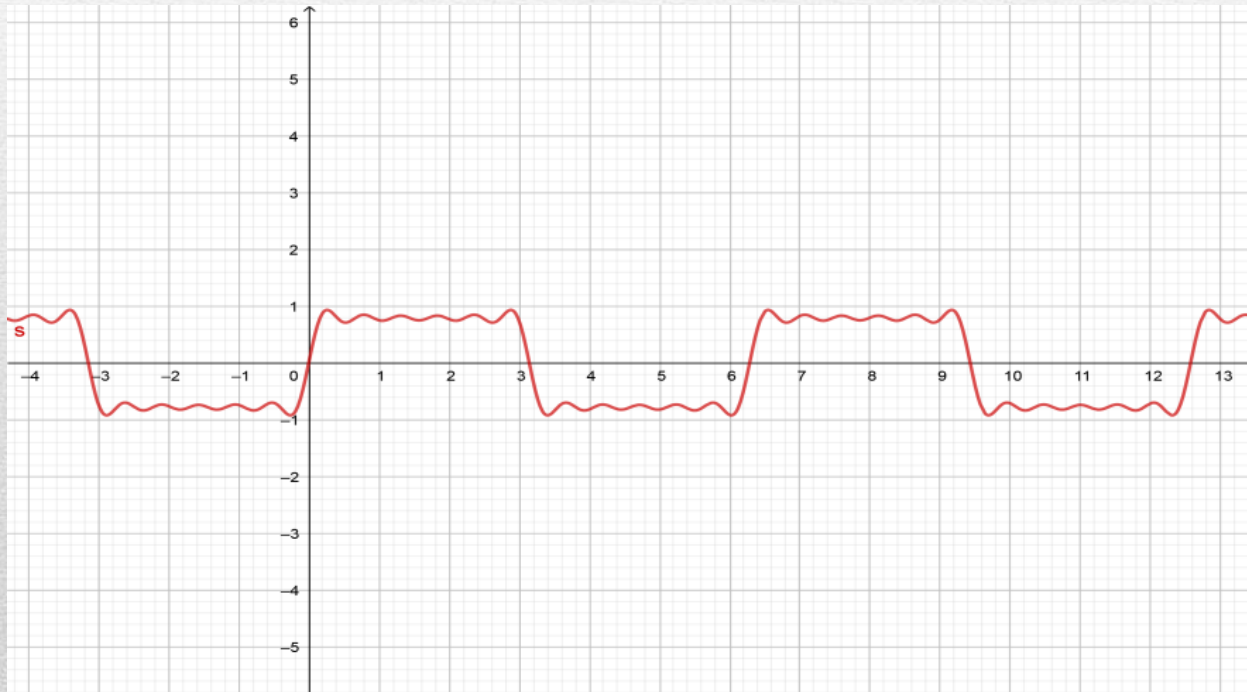
$$n = 1, 2, 3, 4, 5 \dots$$



## ONDA RETTANGOLARE

$$y = \frac{1}{m} \operatorname{sen}(mx)$$

n dispari;  $n = 1, 3, 5, 7, \dots$



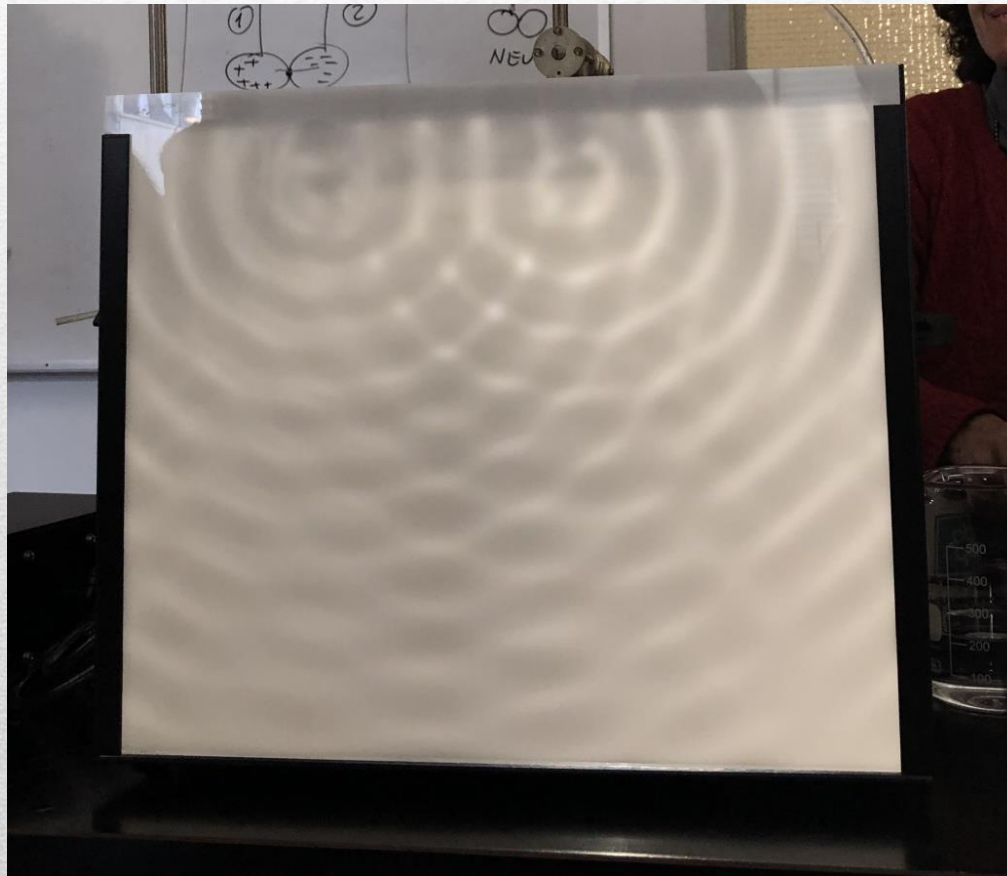
# LAVORIAMO CON L'ONDOSCOPIO

**EFFETTO DOPPLER:** sorgente in movimento, si modifica la lunghezza d'onda



# LAVORIAMO CON L'ONDOSCOPIO

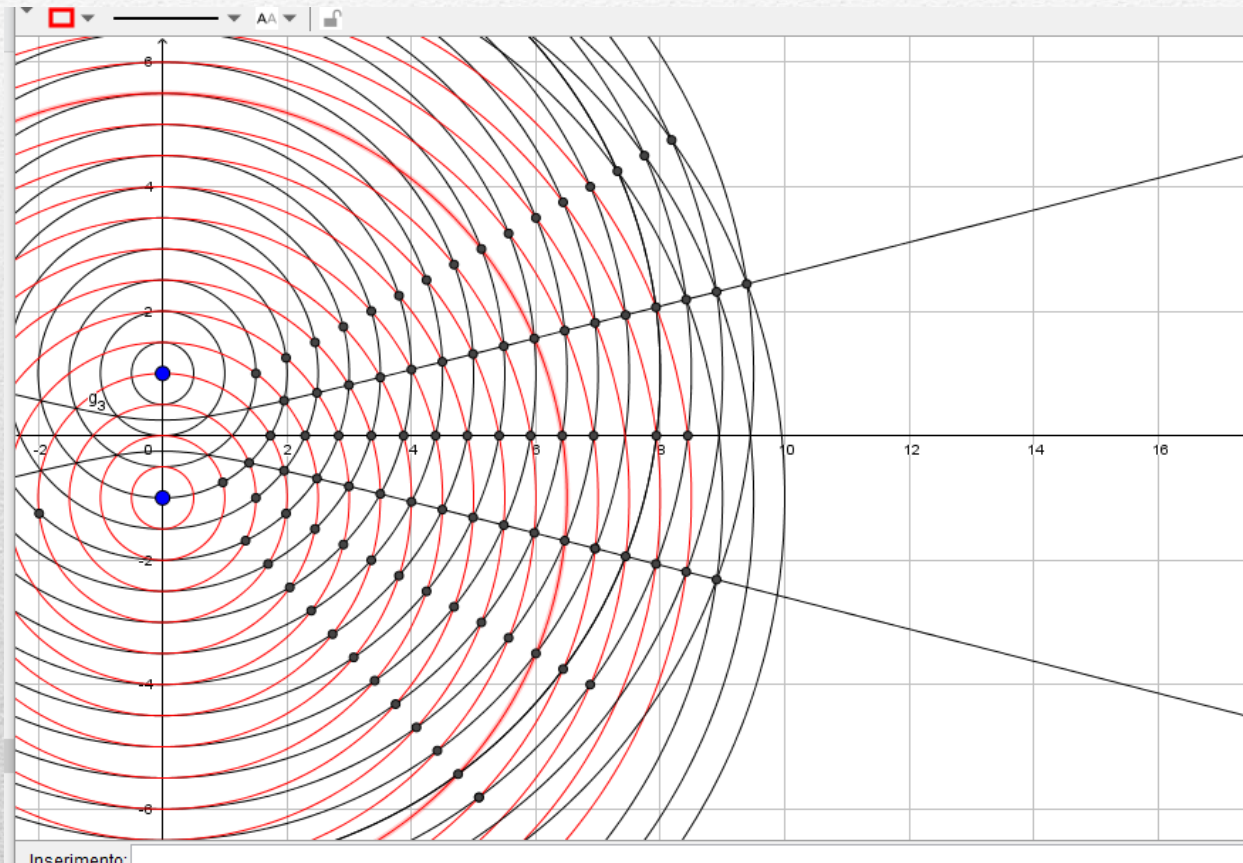
**INTERFERENZA** di due sorgenti puntiformi:  
Sovrapposizione di due onde periodiche con formazione di NODI.



**INTERFERENZA** di due sorgenti puntiformi:

Con geogebra si costruiscono le linee antinodali:

I cerchi rappresentano le creste, i punti sono le intersezioni tra due creste, le linee che uniscono le creste sono delle iperboli con i fuochi nelle sorgenti.





# LABORATORIO: IL SUONO

Esperimenti con i diapason:

Analizziamo il suono con il computer, facciamo un po' di prove.

- Variando l'intensità del suono, diminuisce l'ampiezza del grafico.
  - Osserviamo anche con l'analizzatore di frequenza: 440 Hz
  - Aggiungiamo un pesetto ad uno dei rebbi : la frequenza varia: 430Hz, 423Hz etc
  - Poniamo i due diapason con le casse aperte rivolte una verso l'altra e ne suoniamo soltanto uno. Il diapason suonato causa la vibrazione di quello a "riposo".
  - Con il pesetto su uno dei due diapason, il secondo diapason non risponde. Per osservare meglio, utilizziamo una pallina legata ad un filo.
-

# LABORATORIO: IL SUONO



# LABORATORIO: IL SUONO

## I BATTIMENTI

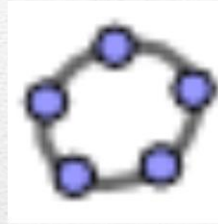
Domanda: Se due onde hanno frequenza leggermente diversa, cosa sentiamo? **Sentiamo due suoni con altezza diversa?**



# ONDA STAZIONARIA



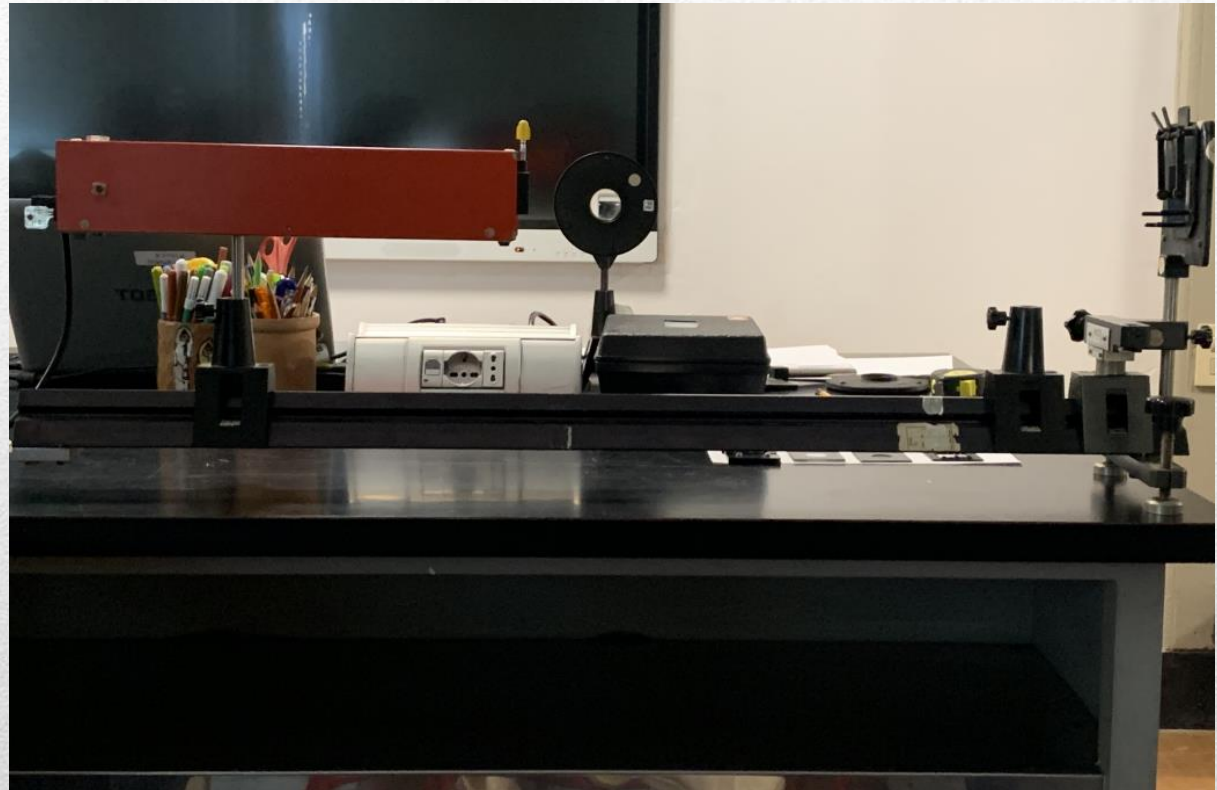
# ONDA STAZIONARIA: GEOGEBRA



onda stazionaria.ggb

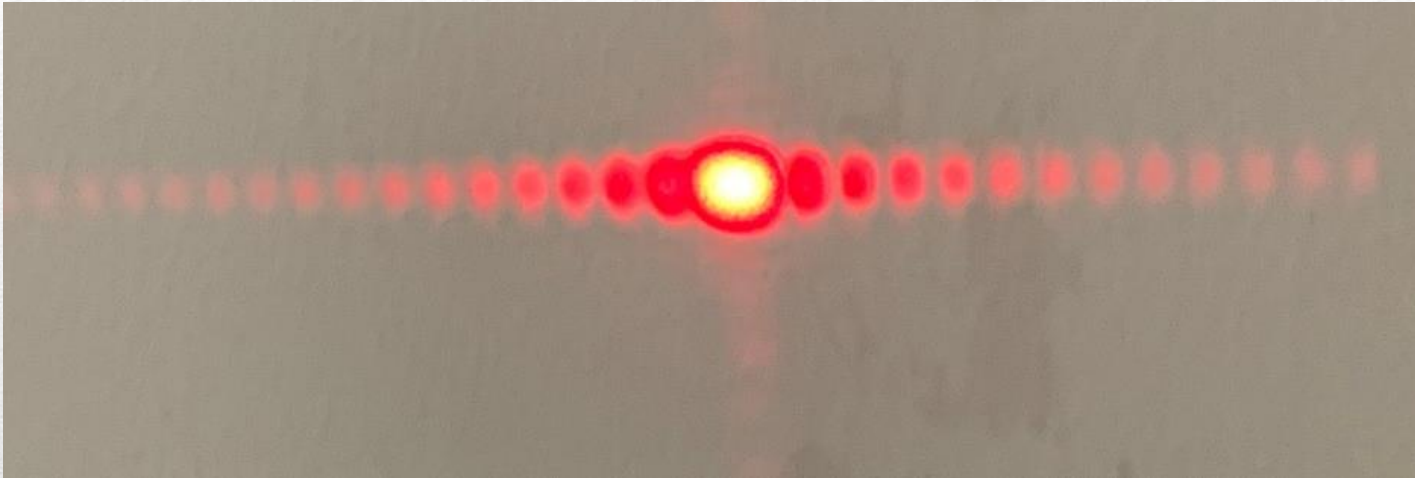
---

# LABORATORIO: IL LASER



# LABORATORIO: IL LASER

**Diffrazione:** fenditure lineari di dimensioni diverse:  
0,25 mm; 0,5 mm; 0,8 mm



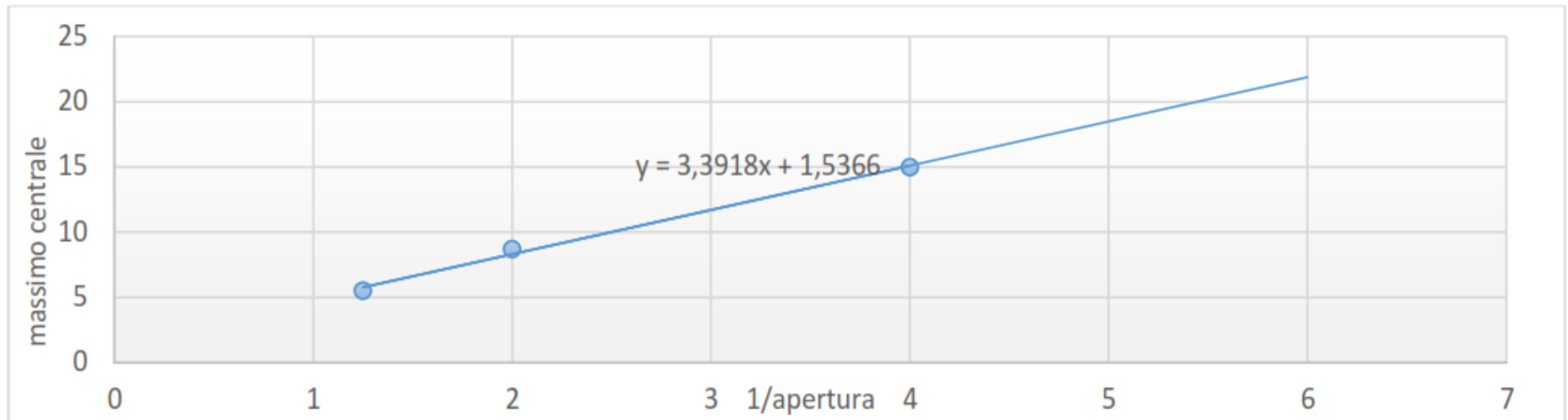
Apertura della fenditura[mm]	Larghezza del massimo centrale[mm]
0,8	5,5
0,25	15
0,5	8,7

## Osservazione:

Al diminuire della larghezza della fenditura, aumenta l'ampiezza del massimo centrale

## Diffrazione da fenditura lineare

**Analisi dei dati:** dalla misura della dimensione della figura di diffrazione, si ottiene una stima dell'ordine di grandezza di  $\lambda$ , in accordo con il valore fornito.



$$y = 2L\lambda \frac{1}{W}$$

dove  $L$  è la distanza tra la fenditura e lo schermo,  $W$  la dimensione della fenditura.

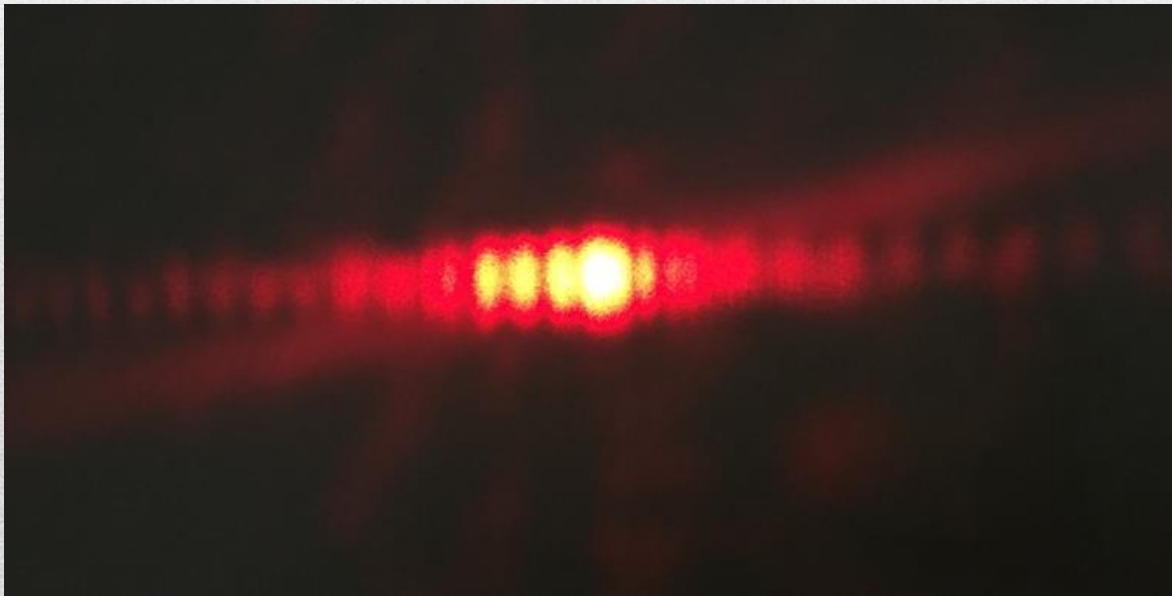
---



## Diffrazione da filo

Diffrazione prodotta da fili di dimensioni:  
0,25 mm; 0,5 mm; 0,8 mm

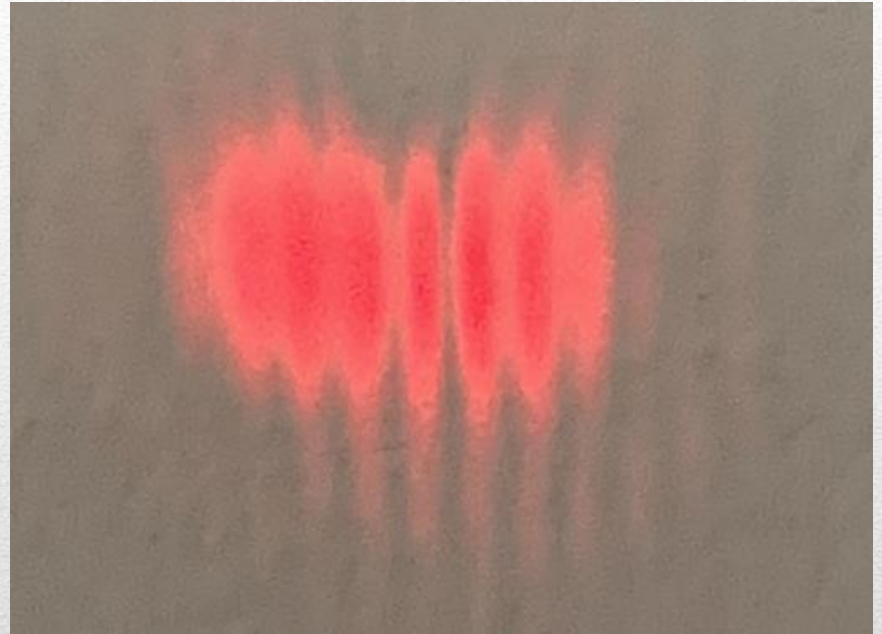
Teoricamente al diminuire dello spessore, la larghezza del massimo centrale dovrebbe aumentare, anche se nell'esperimento non risulta evidente.



## **Diffrazione: fenditura circolare**



## **Interferenza: esperimento di Young**



2 fenditure circolari di diametro 0,4 mm e distanza di 1,2mm. Abbiamo tappato un foro e otteniamo la figura di diffrazione da singolo foro.

---