

Mostra laboratorio a.s. 2011-2012

**"IL SUONO DELLA TERRA,
STRUMENTI, GIOCHI, ARMONIE E RITMI,
ALLA SCOPERTA DELLA MAGIA DELLE ONDE".**



Contenuti teorici delle esperienze- Postazioni



Ufficio Supporto autonomia scolastica

Area scienze

S.occhipinti@regione.vda.it

in collaborazione con

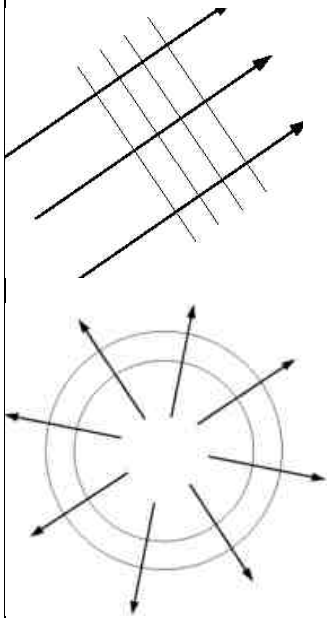


Sezione VALLE
©

- aif.sezionevda@gmail.com
- Ufficio "Didattica delle arti e fruizione dei beni culturali"
- p.salomone@regione.vda.it



1° POSTAZIONE : CHE COSA SONO LE ONDE



Onda = Perturbazione

• E' prodotta da una sorgente che vibra con una certa frequenza
Si propaga in un mezzo, costituito da elementi che interagiscono, e che compiono solo piccoli spostamenti (oscillazioni) intorno alla loro posizione iniziale - di equilibrio - (mezzo elastico)

- Nel mezzo l'onda si propaga con una certa velocità
- L'onda trasporta energia e non materia
- Anche la "ola" è un'onda

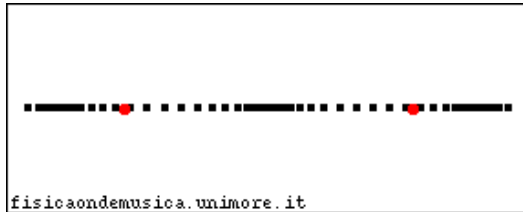
Classificazione delle onde

- Le onde possono essere
 - **onde elastiche** quando si propagano in un mezzo elastico
 - **onde impulsive** quando la sorgente produce nel mezzo di propagazione un solo impulso
 - **onde periodiche** quando la sorgente produce nel mezzo più impulsi regolari nel tempo.
[Le onde periodiche + semplici sono le onde armoniche, in cui le particelle del mezzo si muovono di moto armonico - approfondimento]
- Si dice **fronte d'onda** l'insieme dei punti che vengono **raggiunti nello stesso istante dalla perturbazione** nel mezzo di propagazione dell'onda
- Si dice **raggio la direzione in cui si propaga l'onda**, cioè la linea perpendicolare ai fronti d'onda.
N.B. Il raggio si costruisce graficamente
- A seconda della forma che l'onda ha nel mezzo di propagazione si visualizzano onde con **fronti d'onda**
 - **circolari** oppure
 - **piani**



2° POSTAZIONE : ONDE TRASVERSALI E ONDE LONGITUDINALI

a) b) trasversale



http://fisicaondemusica.unimore.it/Immagine_Fronte_circolare.html

- A seconda della direzione del movimento della sorgente rispetto alla direzione di propagazione dell'onda nel mezzo si creano

- **onde trasversali**, se le particelle del mezzo si muovono perpendicolarmente alla direzione di propagazione della perturbazione.

La "ola" è un'onda trasversale *polarizzata*: le persone che costituiscono il mezzo di trasmissione si muovono perpendicolarmente (e sempre nella stessa direzione) rispetto alla propagazione dell'onda.

- **onde longitudinali**, se le particelle del mezzo si muovono parallelamente alla direzione di propagazione della perturbazione
- **onde torsionali**, se le particelle del mezzo ruotano intorno alla direzione di propagazione dell'onda.

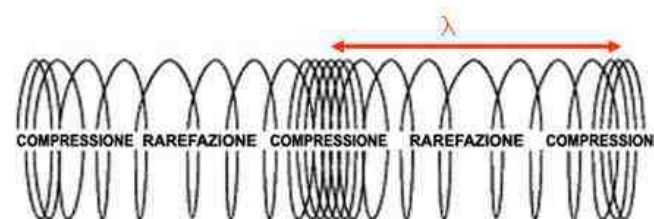
Animazione di un' onda trasversale - pc sul tavolo

Animazioni: le particelle del mezzo che oscillano per effetto di un'onda Longitudinale

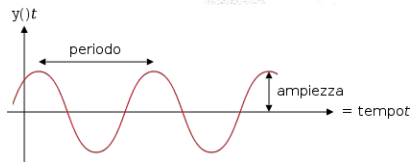
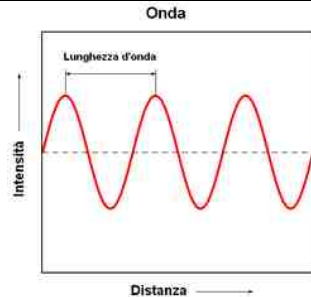


Onda trasversale in una molla

Onda longitudinale in una molla



POSTAZIONE 3 PROPRIETÀ DELLE ONDE- LUNGHEZZA, AMPIEZZA, VELOCITÀ , FREQUENZA



La lunghezza d'onda λ

è la distanza tra due punti del mezzo che vibrano allo stesso modo; essi si dicono punti corrispondenti e sono ad es. due punti successivi che si trovano a livello di massima oscillazione o di minima oscillazione. Si misura in **metri**.

Tutti i punti che nel mezzo si trovano distanziati di un numero intero di lunghezze d'onda λ (es 1λ , 2λ , 3λ ,...) **oscillano insieme** e si dicono **in fase**.

Tutti i punti che nel mezzo si trovano distanziati di $\lambda/2$, $3\lambda/2$, $5\lambda/2$... **hanno movimenti in senso opposto** e si dice che oscillano in **opposizione di fase**.

L'ampiezza di un'onda

Indica la differenza tra lo spostamento massimo delle particelle del mezzo durante l'oscillazione e la loro posizione di equilibrio.

periodo T indica il tempo necessario all'onda a compiere un'intera oscillazione nel mezzo di propagazione.

È il tempo necessario alla perturbazione nel mezzo a percorrere la distanza λ .

Indica il "**ritardo**" T che esiste tra due punti che nel mezzo si trovano a distanza λ .

È un tempo e quindi si misura in **secondi**.

La frequenza f

Indica il numero di oscillazioni complete che la perturbazione produce nel mezzo in 1 secondo.

È legata al periodo T dalla relazione **$f = 1/T$** .

Si misura in **Hertz** ($\text{Hz} = 1/\text{secondi} = \text{oscillazioni}/\text{secondo}$).

Indica la relazione esistente tra lo spazio percorso dalla perturbazione e il tempo impiegato a percorrere quello spazio. **$v = \frac{\text{spazio}}{\text{tempo}}$**

Se si prende in considerazione lo spazio λ , il **tempo** corrispondente è T la velocità si può calcolare anche con la relazione **$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$**

- Se la velocità è costante, λ e f sono inversamente proporzionali

- **La velocità dell'onda cambia a seconda**

della lunghezza d'onda (in maniera direttamente proporzionale):

se diminuisce λ , diminuisce il cammino che l'onda deve percorrere, quindi diminuisce v e viceversa

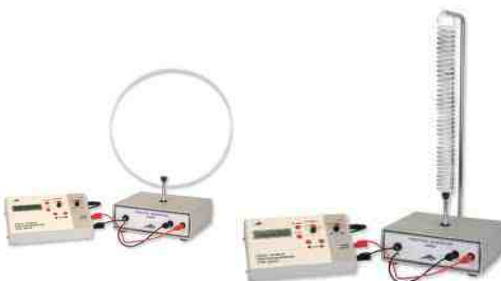
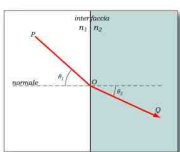
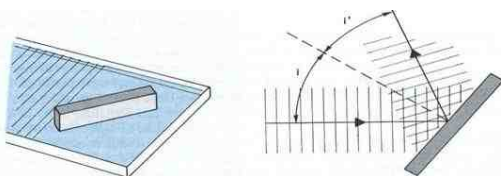
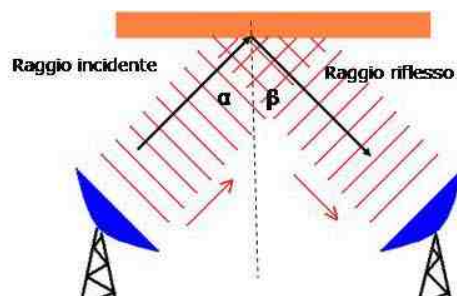
- ✓ della frequenza con cui oscilla la sorgente
- ✓ delle proprietà del mezzo in cui si propaga l'onda.

In particolare:

a) se l'onda passa da un mezzo - denso ad un + denso, λ diminuisce e con essa anche v

b) se l'onda passa da un mezzo + denso ad un - denso, λ aumenta e con essa anche v

4 POSTAZIONE PROPRIETÀ DELLE ONDE - RIFLESSIONE E RIFRAZIONE



Tutte le onde si comportano seguendo le leggi della riflessione, rifrazione, interferenza e diffrazione.

I) Le onde quando incontrano un ostacolo si riflettono:

- La riflessione avviene quando l'onda, propagandosi in un mezzo, incontra un ostacolo che non permette la sua ulteriore propagazione.
- Nel mezzo si hanno 2 onde: quella incidente e quella riflessa, che si propagano in verso opposto.
- L'onda incidente e quella riflessa hanno stessa ampiezza, stessa λ , stessa frequenza e stessa velocità (infatti sono generate dalla vibrazione della stessa sorgente e viaggiano nello stesso mezzo).
- Le direzioni di propagazione (= i raggi) delle due onde formano angoli di uguale ampiezza con la perpendicolare alla superficie riflettente.
- Vale la legge **angolo di incidenza = angolo di riflessione**

Per le onde sonore il fenomeno della riflessione si ha nel caso dell'ECO e del RIMBOMBO

Le onde cambiano frequenza durante il fenomeno della rifrazione

Avviene quando l'onda passa attraverso due o più mezzi con caratteristiche diverse (ad es. onde nell'acqua con diverse profondità, onde nell'aria e poi nell'acqua, onde in aria di diversa densità...)

Nel secondo mezzo cambia la direzione di propagazione dell'onda

La frequenza dell'onda nei 2 mezzi è la stessa, poiché dipende dalla frequenza di vibrazione della sorgente, che è unica. Cambiano la lunghezza d'onda e quindi la velocità di propagazione.

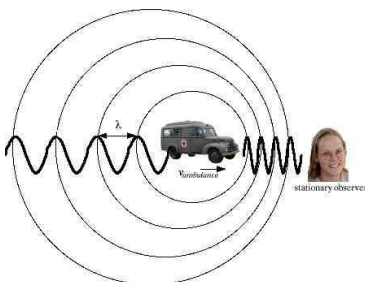
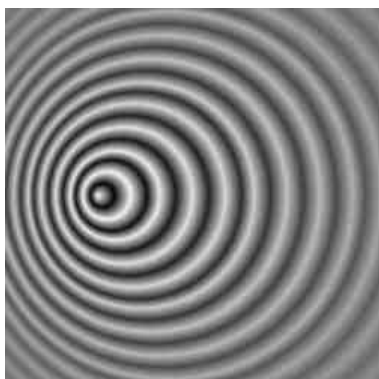
In particolare

se l'onda passa da un mezzo - denso ad un + denso, λ diminuisce e con essa anche v ,

se l'onda passa da un mezzo + denso ad un - denso, λ aumenta e con essa anche v

N.B. nel caso dell'acqua il cambiamento di mezzo (e quindi di velocità e di λ) può anche essere semplicemente dovuto ad un cambio di profondità dell'acqua

5 POSTAZIONE - QUANDO LA SORGENTE DI ONDE SI MUOVE (EFFETTO DOPPLER)



- E' un fenomeno osservabile sia per le onde meccaniche (ad esempio in un endoscopio), sia per il suono (Esempio suono di un'ambulanza in corsa), sia per le onde elettromagnetiche (Esempio: eco-doppler).

- Consiste in un cambiamento apparente della frequenza (o della lunghezza d'onda) di un'onda percepita da un osservatore che si trova in movimento o in quiete rispetto alla sorgente delle onde, anch'essa in movimento o in quiete.

Cioè la frequenza (f') dell'onda rilevata da un ricevitore in movimento relativo rispetto alla sorgente dell'onda è diversa dalla frequenza f nel caso di sorgente e rilevatore fermi:

In particolare

1. Se la sorgente è ferma e il rilevatore è in movimento rispetto alla sorgente si ha

- $f' > f$ se il rilevatore si avvicina alla sorgente.

Infatti è come se, andando incontro alla sorgente il rilevatore incontrasse i fronti d'onda con una minore distanza (minore λ), a causa del fatto che si sta muovendo incontrandoli.

Nel caso del suono il rilevatore percepisce un suono più acuto

- $f' < f$ se il rilevatore si allontana dalla sorgente.

Infatti, allontanandosi incontra meno fronti d'onda e questo viene percepito come un suono con maggiore λ .

Il rilevatore percepisce un suono più grave

2. Se la sorgente è in movimento il rilevatore è fermo

- $f' > f$ se la sorgente si avvicina al rilevatore.

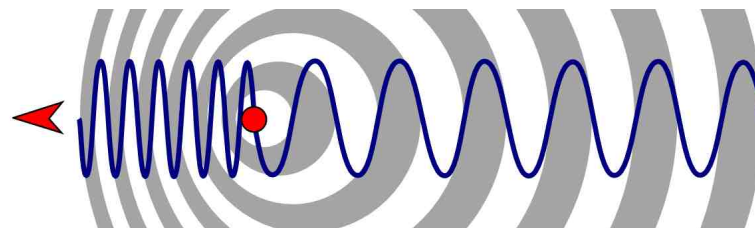
Infatti è come se i fronti d'onda si "ammucchiassero" davanti alla sorgente verso il rilevatore che percepisce un'onda con una minore λ .

Nel caso del suono di un'ambulanza o del fischio di un treno in movimento il rilevatore ode un suono più acuto.

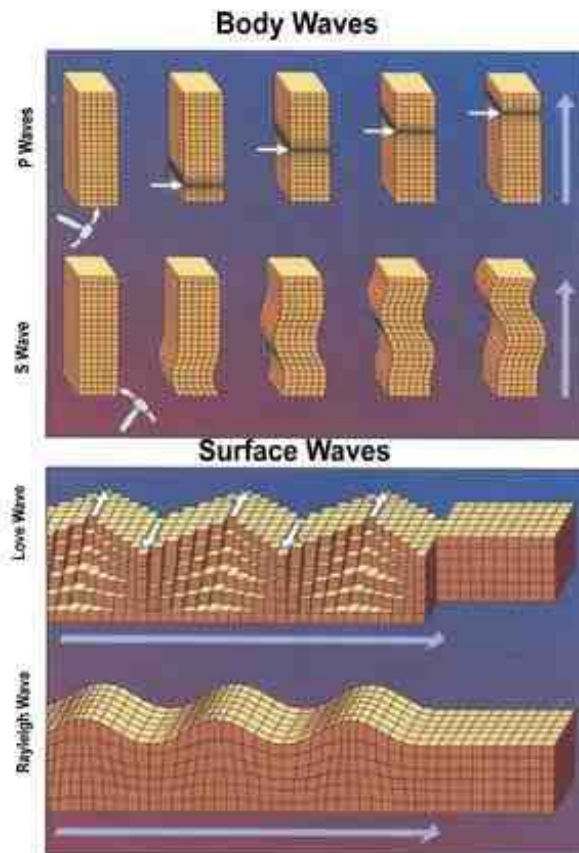
- $f' < f$ se la sorgente si allontana dal ricevitore

Infatti è come se i fronti d'onda, a causa del movimento relativo sorgente - rilevatore, si "allontanassero" dal rilevatore, che percepisce un'onda con una maggiore λ .

Nel caso del suono di un'ambulanza o del fischio di un treno in movimento, il rilevatore ode un suono più grave.



6 POSTAZIONE – LE ONDE NEI SOLIDI - I TERREMOTI- ONDE TRASVERSALI E LONGITUDINALI

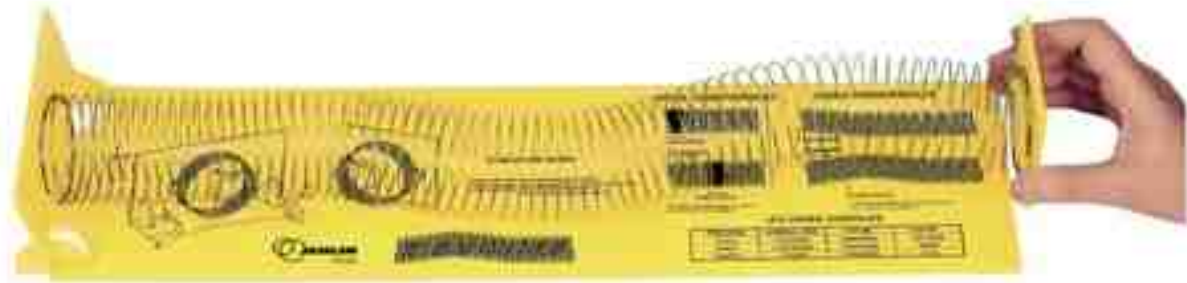


Le **onde sismiche** sono **onde** che si propagano attraverso il **globo terrestre**, generate da un **terremoto**, da attività **vulcanica** o artificialmente ad opera dell'uomo tramite un'**esplosione** o un'altra forma di energizzazione del terreno.

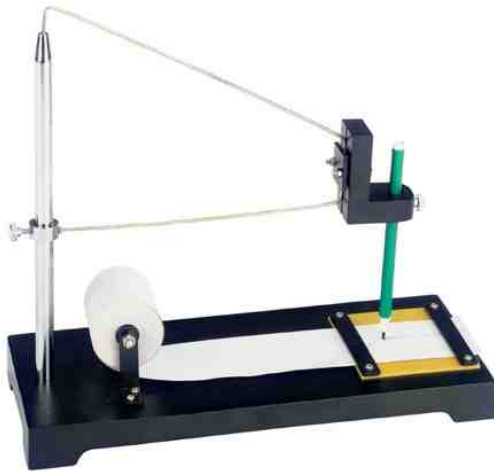
Si distinguono Onde **P** (o Primarie) sono le più veloci. Esse si propagano come le onde sonore nell'aria. Sono infatti anche dette "longitudinali" perché fanno oscillare le particelle di roccia che attraversano parallelamente alla loro direzione di propagazione. In sostanza, al loro passaggio, le rocce si comprimono e si dilatano continuamente.

Le Onde **S** (o Secondarie) viaggiano più lentamente delle "P". L'oscillazione delle particelle di roccia che attraversano avviene trasversalmente rispetto alla loro direzione di propagazione. A differenza delle Onde P, le Onde S non causano variazioni di volume al loro passaggio e non si propagano nei fluidi.

Quando le Onde P e le Onde S raggiungono un qualsiasi punto della superficie terrestre allora comincia a propagarsi concentricamente un'onda superficiale più lenta delle "onde di volume". I due tipi principali sono: Le Onde di **Rayleigh** assomigliano a quelle che si propagano quando un sasso viene lanciato in uno stagno. Esse fanno vibrare il terreno secondo orbite ellittiche e retrograde rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.



7 POSTAZIONE – LE ONDE NEI SOLIDI - I TERREMOTI- EFFETTI E MISURE

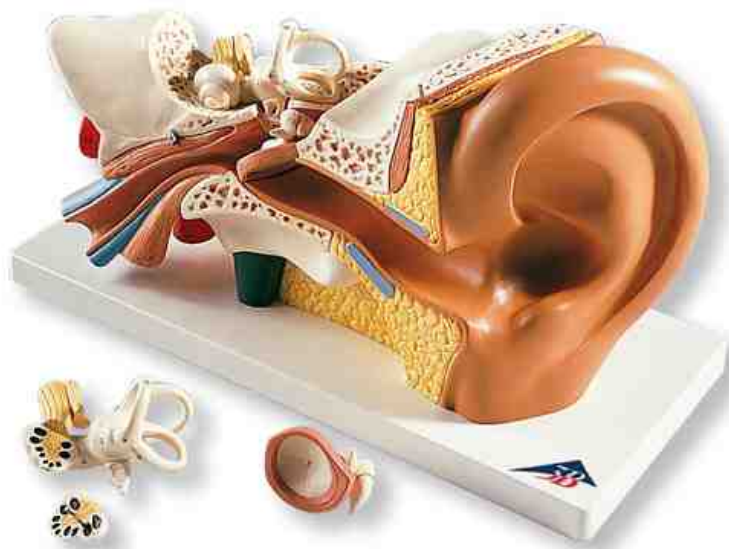


Un' onda può essere definita come una perturbazione elastica che si propaga da punto a punto attraverso un materiale, o sulla sua superficie senza che ciò implichi uno spostamento definitivo di materiale. Tranne che nelle immediate vicinanze di una **sorgente sismica** naturale, solitamente una **faglia**, le rocce tornano nella posizione di partenza, dopo il passaggio dei moti transienti prodotti dalla stessa sorgente. Vibrazioni di questo tipo producono piccole **deformazioni elastiche**, in risposta alle forze agenti all'interno delle **rocce (stress)**. La **teoria dell'elasticità lineare** fornisce le relazioni matematiche per descrivere, mediante deformazioni e tensioni, il moto del materiale (chiamato di solito impropriamente suolo o terreno) causato da una sorgente sismica. Applicate le giuste condizioni al contorno tale moto è descrivibile attraverso funzioni oscillanti del tempo (**onde**).

Sono presentati sismografi di vario tipo, una piastra vibrante con modellini di case,



8 POSTAZIONE – LE ONDE E L'ORECCHIO - IL SUONO E IL RUMORE



A seconda del tipo di perturbazione e della sorgente che le produce si dividono in

onde meccaniche : la perturbazione è prodotta da una sorgente che vibra

onde elettromagnetiche, generate da cariche elettriche che vibrano negli atomi.

(per esempio facendo vibrare le corde vocali, percuotendo una membrana, pizzicando una corda, soffiando un getto d'aria sull'acqua – Ondoscopio-, gettando un sasso nell'acqua, scuotendo una molla....). Sono quindi esempi di onde meccaniche: le onde nelle corde, sull'acqua, nelle molle.

La presenza del mezzo è condizione essenziale per la propagazione di questo tipo di onde.

N.B. Le onde sonore sono onde meccaniche longitudinali .

Il loro mezzo di propagazione è l'aria.

Sono prodotte dalle corde vocali, dagli strumenti a corda, a fiato, a percussione o elettronici....

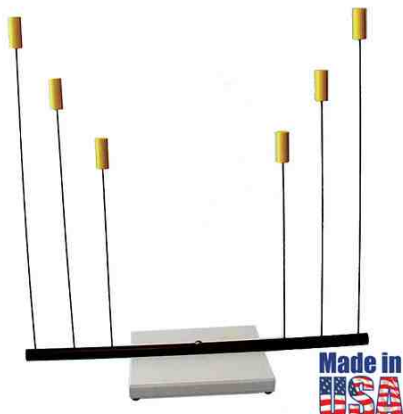
Possono venire rilevate dall'orecchio (in particolare dalla membrana del timpano) o da altri strumenti (per esempio i microfoni).

Possono essere visualizzate su strumenti che trasformano il suono in corrente elettrica: per esempio negli oscilloscopi

Sono rappresentati l'orecchio esterno, l'orecchio medio e l'orecchio interno. Il timpano con il martello e l'incudine, il labirinto con la staffa, la chiocciola, il nervo acustico e dell'equilibrio sono staccabili.

fonometro

9-POSTAZIONE LE ONDE ACUSTICHE



IL SUONO È UN'ONDA **che si ascolta e che si può vedere sia osservando le corde in vibrazione, l'acqua, le membrane, s che si può "sentire" con tutto il corpo, materialmente**

e si può misurare (abbastanza facilmente)

Le onde sonore sono onde meccaniche longitudinali.

Il loro mezzo di propagazione è l'aria.

Sono prodotte dalle corde vocali, dagli strumenti a corda, a fiato, a percussione o elettronici...

Possono venire rilevate dall'orecchio (in particolare dalla membrana del timpano) o da altri strumenti (per esempio i microfoni).

Possono essere visualizzate su strumenti che trasformano il suono in corrente elettrica: per esempio negli oscilloscopi

a) espone concretamente alcuni strumenti musicali e permette l'utilizzo di alcuni di essi

b) pone in relazione il loro specifico funzionamento acustico con strumenti "sonori" non formali e esemplifica alcuni caratteri salienti delle onde sonore

permette di misurare e di vedere, anche tramite software specifici, le qualità più rilevanti

i risuonatori di Helmholtz

strumenti per la risonanza

piastra di Chadini di grosse dimensioni

diapason e diapason in risonanza



10 POSTAZIONE LE ONDE ACUSTICHE STRUMENTI "ORIGINALI"



Vengono proposti alcuni software per mettere in relazione il suono e le onde che lo producono

L'utilizzo di software digitali specifici infatti permette di visualizzare le qualità più rilevanti delle onde sonore (nello specifico, le cosiddette qualità del suono studiate anche dai musicisti: altezza, durata, timbro) e di sperimentare direttamente il rapporto tra la forma dell'onda sonora e il suono percepito.

Inoltre vengono proposti alcuni strumenti originali con cui è possibile produrre suoni, ma anche "musiche"

campane tubolari (energy chimes) bicchieri sonori

set di tubi sonori (sound tubes, boomwhacker), tubi e barre risonanti (singing rod, singing pipe)

E' possibile trovare le animazioni con le dimostrazioni sul sito Education innovation – sound and waves



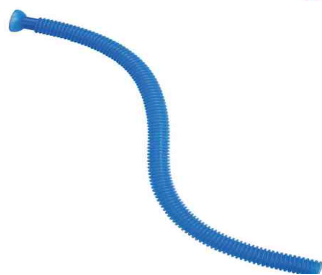
11 POSTAZIONE LE ONDE ACUSTICHE STRUMENTI A FIATO



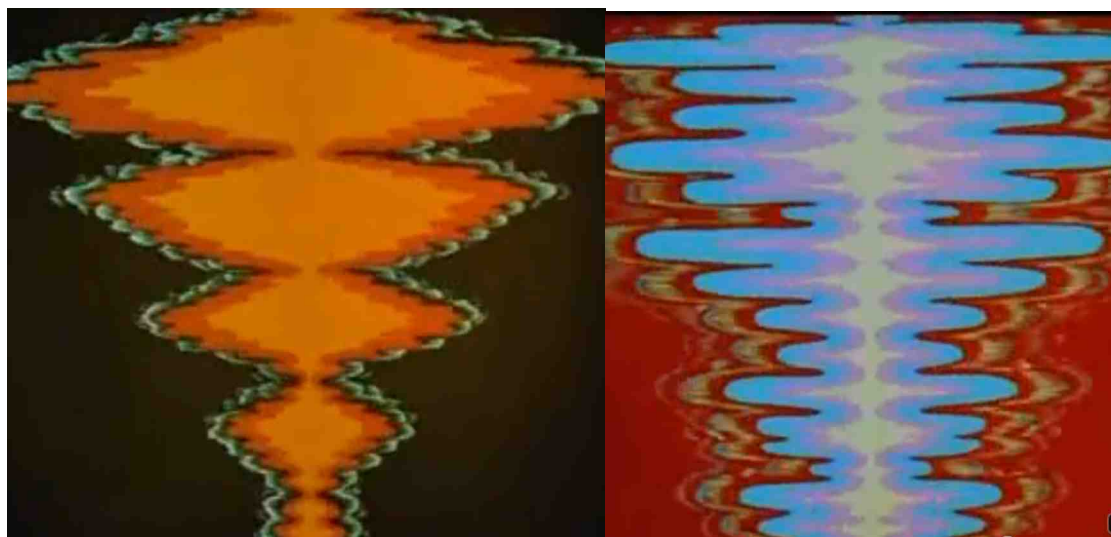
Educational
Innovations
www.teachersource.com

Close Window

Sound Tubes



Vengono esposti alcuni strumenti a fiato trombone -tromba coulisse, ma anche strumenti realizzati con tubi e imbuti



e la rappresentazione della loro colonna sonora

12 POSTAZIONE LE ONDE ACUSTICHE –STRUMENTI A PERCUSSIONE E A CORDA

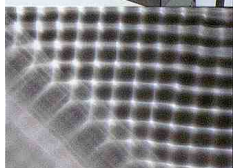
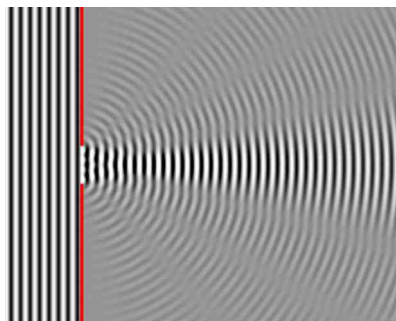
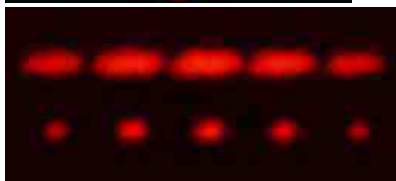
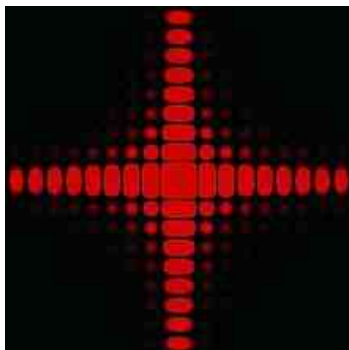
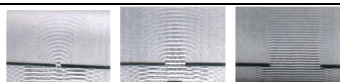


Alcuni strumenti a barre sonore (*xilofoni e metallofoni*) permettono di sperimentare concretamente, facendoli suonare (ponendoli in vibrazione secondo varie modalità), i rapporti tra dimensioni dell'oggetto sonoro (lunghezza, spessore, consistenza) e altezza del suono prodotto.



Vengono esposti alcuni strumenti a corda (*violino, violoncello, cetra*) per valutarne le caratteristiche strutturali.

13 POSTAZIONE PROPRIETÀ DELLE ONDE- DIFFRAZIONE E INTERFERENZA



- Le onde aggirano gli ostacoli e subiscono il fenomeno della diffrazione. Il fenomeno si ha quando l'onda, nella sua direzione di propagazione, incontrando degli ostacoli o delle aperture (=fenditure) sul suo cammino.
- Si osservano gli effetti della diffrazione quanto più la lunghezza d'onda λ è comparabile con la larghezza dell'ostacolo.

Se la larghezza della fenditura è + grande della lunghezza d'onda, il fenomeno è quasi assente; la deflessione dei raggi si ha solo in corrispondenza dei bordi della fenditura e in maniera poco marcata.

- Se la larghezza della fenditura è minore di λ , in questo caso il fenomeno è marcato e le onde che emettono dalla fenditura sono praticamente circolari.
- È tipica di ogni genere di onda, come il suono, le onde sulla superficie dell'acqua o le onde elettromagnetiche, ad esempio la luce o le onde radio.
- Ad esempio per la luce visibile (λ = circa 0,5 μm) si hanno fenomeni di diffrazione quando essa interviene su oggetti di dimensione al di sotto dei millimetri.
- La diffrazione della luce si può osservare con i reticoli di diffrazione: trame di fili disposti a rete più o meno fitte. Per esempio le tracce incise sulla superficie di un CD o di un DVD agiscono come un reticolo di diffrazione.
- Quando due o più onde si propagano nello stesso mezzo si ha sovrapposizione di onde, dovuta al fatto che le onde sono energia e non materia. Infatti:

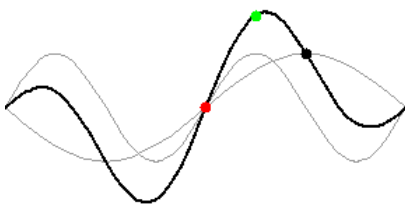
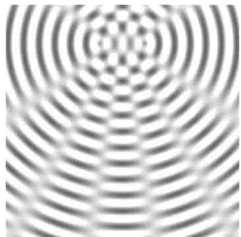
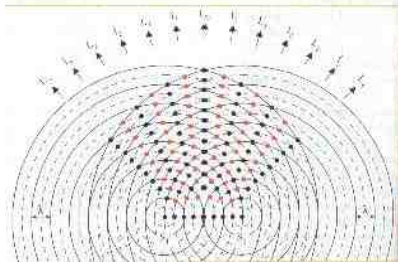
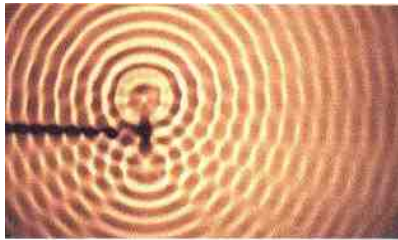
- ✓ per i corpi dotati di massa vale il principio di impenetrabilità: quando due palline si urtano possono rimbalzare oppure deformarsi, eventualmente incastrandosi;
- ✓ per le onde invece vale il principio di sovrapposizione: quando si incontrano due o più onde non si modificano reciprocamente ma si propagano indipendentemente le une dalle altre.

Ognuna di esse provoca una modificazione del mezzo in cui si trova.

Queste modificazioni si sovrappongono punto per punto nel mezzo:

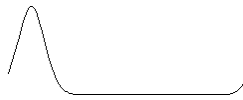
di conseguenza le particelle che compongono il mezzo hanno spostamenti provocati dalla sovrapposizione degli spostamenti che ogni singola onda produce.

- La sovrapposizione delle onde si dice **interferenza**.
 - Le onde sovrapponendosi si possono :
 - a) sommare $\longrightarrow$ **interferenza costruttiva**.
I punti in cui ciò avviene si dicono **ventri**: in essi la sovrapposizione produce un'oscillazione di **intensità maggiore** nelle particelle del mezzo (talvolta anche di intensità doppia) di quella prodotta dalle singole onde.
 - b) oppure **sottrarre** **interferenza distruttiva**.
I punti in cui ciò avviene si dicono **nodi**: in essi la sovrapposizione produce un'oscillazione di **intensità minore** nelle particelle del mezzo (talvolta anche di intensità nulla) di quella prodotta dalle singole onde.

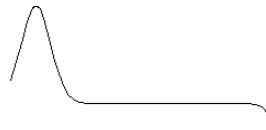


fisicaondemusic.unimore.it

fisicaondemusic.unimore.it



SOVRAPPOSIZIONE COSTRUTTIVA



fisicaondemusic.unimore.it

SOVRAPPOSIZIONE DISTRUTTIVA

Se le due onde che interferiscono hanno la stessa frequenza si possono formare **zone** dette **linee nodali** (in cui si trovano allineati tutti i punti in cui la vibrazione delle due onde è nulla) e **zone** dette **linee antinodali** (in cui si trovano allineati tutti i punti in cui la vibrazione delle due onde è massima).

Il fenomeno è visibile nelle tratte da figure di interferenza nell'acqua di un ondoscopio

- I puntini neri indicano le linee antinodali I puntini rossi le linee nodali

1) Si sovrappongono 2 onde di differente lunghezza d'onda e differente velocità che si propagano nello stesso verso

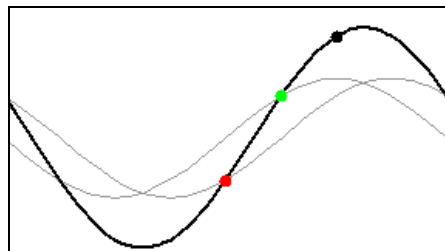
Non si possono individuare nodi e ventri fissi nello spazio e la forma dell'onda risultante in nero cambia durante la propagazione. Infatti nell'onda nera risultante la posizione di ogni massimo si sposta ad una velocità diversa dalle velocità delle due onde componenti.

2) Si sovrappongono 2 onde di uguale lunghezza d'onda e uguale velocità che si propagano nello stesso verso ma la seconda è in ritardo (sfasamento) rispetto alla prima di un certo intervallo di tempo

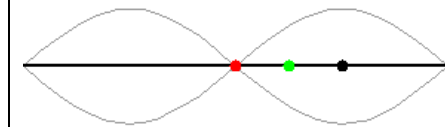
La situazione potrebbe essere quella di una stessa sorgente che emette due onde in tempi successivi con uno sfasamento temporale costante.

Se la sorgente è la stessa tanto vale dire che allora essa emetta direttamente l'onda nera! Tale onda ha l'aspetto di un'onda "progressiva" che avanza con velocità uguale a quella delle due onde che la compongono. Tale moto non si trasmette ai punti colorati: essi oscillano in verticale assumendo in tempi successivi la massima ampiezza di oscillazione.

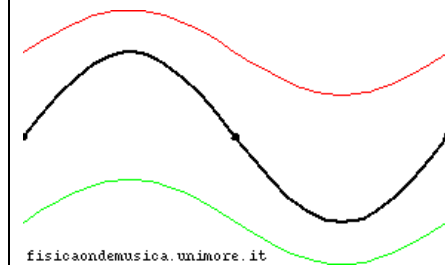
3) Si sovrappongono 2 onde di uguale lunghezza d'onda e uguale velocità che si propagano in verso opposto



fisicaondemusica.unimore.it



fisicaondemusica.unimore.it



fisicaondemusica.unimore.it

Il punto rosso è soggetto alla massima interferenza costruttiva poiché si trova nel punto in cui i due massimi delle onde interferenti si incontrano.

Nel **punto verde** tale "condizione di incontro" non è verificata e la sovrapposizione avviene egualmente dando luogo ad un'oscillazione di ampiezza minore di quella massima possibile.

Il punto nero è invece sede della massima interferenza distruttiva: esso rimane sempre in quiete e si dice **nodo**. Nel punto nero il massimo di una delle due onde interferenti incontra il minimo dell'altra onda.

L'onda nera non ha l'aspetto di onda progressiva che si propaga nello spazio; essa sembra piuttosto "stazionare" tra due nodi: per tale motivo essa viene detta **onda stazionaria**.

N.B. Questo caso descrive anche la sovrapposizione e l'interferenza dell'onda incidente e della sua riflessa, che inverte il proprio cammino, in un mezzo di dimensioni finite.

L'onda incidente e quella riflessa hanno infatti la stessa ampiezza, la stessa frequenza e si propagano in verso opposto nel mezzo.

Le **onde stazionarie** sono particolari tipi di oscillazioni di un mezzo in cui l'energia non si propaga da un punto all'altro (come accade invece per le onde viaggianti che si sovrappongono), ma resta distribuita nello spazio in modo invariato nel tempo.

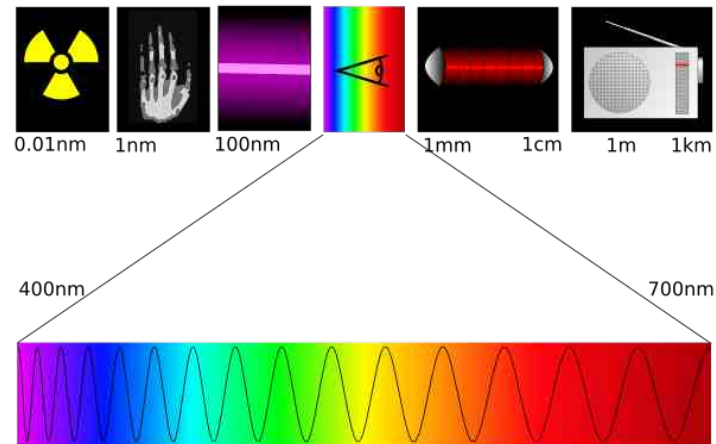
Osservando l'animazione (sul sito fisicaondemusica.unimore.it) si nota che l'oscillazione in nero è stazionaria.

Infatti ogni nodo, indicato da un dischetto **nero**, resta fisso nel tempo, e così ogni ventre, che si colloca a metà strada tra due nodi consecutivi.

In **rosso e verde**, invece sono indicate onde viaggianti, i cui nodi (e ventri) si muovono con velocità costante rispettivamente verso destra e verso sinistra.

Osserviamo che l'onda stazionaria nera è ottenuta sommando le due onde viaggianti.

14 POSTAZIONE LE ONDE ELETTROMAGNETICHE



Tipo di radiazione elettromagnetica	Frequenza	Lunghezza d'onda
Onde radio	< 3 GHz	> 10 cm
Microonde	3 GHz – 300 GHz	1mm – 10cm
Infrarossi	300 GHz – 428 THz	700nm – 1 mm
Luce visibile	428 THz – 749 THz	400 nm – 700 nm
Ultravioletti	749 THz – 30 PHz	10 nm – 400 nm
Raggi X	30 PHz – 300 EHz	1 pm – 10 nm
Raggi gamma	> 300 EHz	< 1 pm



onde elettromagnetiche, generate da cariche elettriche che vibrano negli atomi.

Possono essere prodotte in particolari circuiti elettrici e in generale dagli atomi.

Sono esempi di onde elettromagnetiche:

le radiazioni calorifiche (= raggi infrarossi) le onde radio, le microonde, la luce visibile, i raggi X. I raggi γ...

La loro classificazione avviene a seconda della loro lunghezza d'onda.

Oltre che in un mezzo qualsiasi si possono propagare anche nel vuoto.

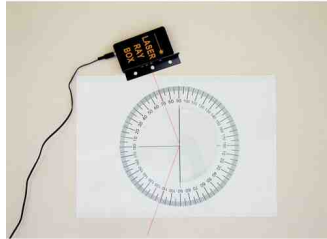
Nel vuoto hanno la loro massima velocità di circa 300000 Km/secondo.

Campana a vuoto: ci sono onde che si propagano nel vuoto- la luce

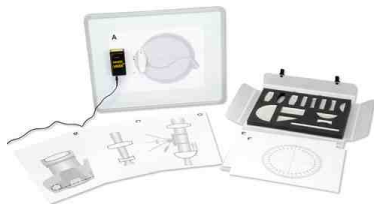
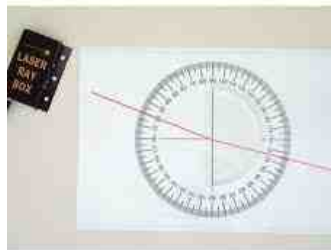
E altre che no: il suono

Ferrofluid – onde e campi magnetici

15 POSTAZIONE LA LUCE È UN'ONDA



r



Il termine **luce** (dal **latino** *lux*) si riferisce alla porzione dello **spettro elettromagnetico** visibile dall'occhio umano, ed è approssimativamente compresa tra 400 e 700 **nanometri** di lunghezza d'onda, ovvero tra 750 e 430 **THz** di **frequenza**. Questo intervallo coincide con il centro della regione spettrale della luce emessa dal **sole** che riesce ad arrivare al suolo attraverso l'atmosfera. I limiti dello spettro visibile all'occhio umano non sono uguali per tutte le persone, ma variano soggettivamente e possono raggiungere i 730 nanometri, avvicinandosi agli **infrarossi**, e i 380 nanometri avvicinandosi agli **ultravioletti**. La presenza contemporanea di tutte le lunghezze d'onda visibili, in quantità proporzionali a quelle della luce solare, forma la *luce bianca*.

La luce, come tutte le onde elettromagnetiche, interagisce con la materia. I fenomeni che più comunemente influenzano o impediscono la **trasmissione** della luce attraverso la materia sono: l'**assorbimento**, la **diffusione** (*scattering*), la **riflessione** speculare o **diffusa**, la **rifrazione** e la **diffrazione**. La **riflessione diffusa** da parte delle superfici, da sola o combinata con l'**assorbimento**, è il principale meccanismo attraverso il quale gli oggetti si rivelano ai nostri occhi, mentre la **diffusione** da parte dell'atmosfera è responsabile della luminosità del cielo.

Sebbene nell'**elettromagnetismo** classico la luce sia descritta come un'onda, l'avvento della **meccanica quantistica** agli inizi del **XX secolo** ha permesso di capire che questa possiede anche proprietà tipiche delle particelle e di spiegare fenomeni come l'**effetto fotoelettrico**. Nella fisica moderna la luce (e tutta la radiazione elettromagnetica) viene composta da unità fondamentali, o **quanti**, di **campo elettromagnetico** chiamati **fotoni**.

Si dimostrano le stesse proprietà già illustrate per le onde d'acqua

Riflessione

Rifrazione

Diffrazione

Fibre ottiche