



**ESPERIMENTI SEMPLICI
PER CAPIRE UNA
TERRA COMPLESSA**

LA TERRA

E LE SUE ONDE



5

Testo

Juan Martín Gómez González e Susana A. Alaniz Álvarez

Illustrazioni

J. Jesús Silva Corona ed Elisa López

Traduzione a cura di:

Ana Diana Esparza, Eomir Roel Antonio e Michelangelo Martini



Universidad Nacional Autónoma de México

Enrique Luis Graue Wiechers
Rettore

Leonardo Lomelí Vanegas
Segretario Generale

William Henry Lee Alardín
Coordinatore della Ricerca Scientifica

Jorge Volpi Escalante
Coordinatore della Diffusione Generale



Socorro Venegas Pérez
Direttrice Generale delle Pubblicazioni e Sviluppo Editoriale

Lucia Capra Pedol
Direttrice del Centro per le Geoscienze

Susana A. Alaniz Álvarez
Ángel F. Nieto Samaniego
Yadira H. Hernández Pérez
Coordinatori della Serie

J. Jesús Silva C. ed Elisa López Alaniz
Design

Juan Carlos Mesino Hernández
Formazione

Traduzione a cura di Ana Diana Esparza Herrera, Eomir Roel Antonio Solis e Michelangelo Martini

Prima edizione, 1 febbraio 2021
D.R. Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, México
Centro per le Geoscienze
Universidad Nacional Autónoma de México
Boulevard Juriquilla n. 3001, Juriquilla, Querétaro,
C.P. 76230, México.

ISBN (Collection intégrale): 978-607-02-9178-4
ISBN: 978-607-30-4633-6

Stampato in Messico

Questo libro non può essere riprodotto in tutto o in parte, con qualsiasi mezzo, elettronico o altro, senza l'autorizzazione scritta degli editori.

**“Esperimenti semplici
per capire una Terra
complessa”**

5 La Terra e le sue onde

Indice

Introduzione
pag. 5

Le onde nella vita quotidiana
pag. 6

Proprietà delle onde
pag. 6

Onde che viaggiano nell'acqua: onde e tsunami
pag. 9

Onde che viaggiano nei solidi: i sismi
pag. 14

Onde che viaggiano nell'aria: il suono
pag. 18

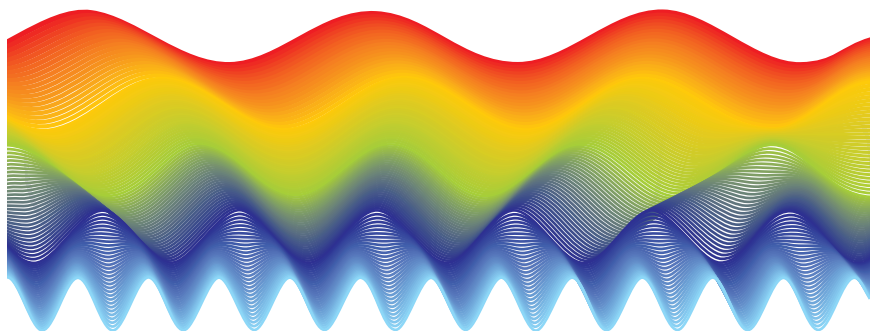
Onde che non hanno bisogno di un mezzo per
propagarsi: le onde elettromagnetiche
pag. 20

Diverse contribuzioni di Thomas Young (1773-1829)
pag. 30

Ringraziamenti
pag. 31

Sugli autori
31

A proposito dei traduttori
32



INTRODUZIONE

Ai primi uomini che abitarono la Terra, molti fenomeni naturali provocavano stupore e addirittura paura. Le spiegazioni che venivano date a questi fenomeni erano semplici e, a volte, perfino fantasiose. Poco a poco che migliorò la conoscenza del mondo circostante, cambiò il modo di spiegare il suo funzionamento.

Con il passare del tempo la conoscenza migliorava e l'osservazione della natura si basò su quello che si conosce come il metodo scientifico. Nonostante il rigore che esige, il metodo scientifico non implica smettere di formulare ipotesi e presentare descrizioni semplici dei fenomeni naturali. In questo modo, una volta capito il fenomeno, l'essere umano cerca di riprodurlo e, con il tempo, di costruire modelli sempre più complessi ed elaborati. Un esempio è l'aereo, la cui prima concezione è rappresentata dall'ornitottero di Leonardo da Vinci, una sorta di aeroplano che batteva le ali meccanicamente. Nessuno si immaginava, in quel momento, che la sua idea si sarebbe evoluta così tanto fino alla versione attuale degli aerei moderni.

In questo fascicolo, parleremo della sovrapposizione delle onde su cui si è basata l'analisi delle caratteristiche della luce. Questo concetto è stato fondamentale per sapere se la luce si comporta come delle particelle o come delle onde. Ora si sa che entrambi questi comportamenti sono parte della luce. Fu Thomas Young a dimostrare che la luce si comporta come delle onde, sulla base dello studio del fenomeno dell'interferenza. La dimostrazione della natura ondulatoria della luce fa parte dei dieci esperimenti più belli della fisica. In questo fascicolo si cerca di mostrare la somiglianza che esiste tra il comportamento delle onde che compongono la luce e le onde generate durante altri fenomeni che hanno luogo sulla Terra.

Le onde nella vita quotidiana

Intorno a noi, si verificano molte situazioni in cui intervengono le onde, per esempio quelle che si producono quando si suona uno strumento musicale, oppure quando avviene un terremoto. Nella musica, quando si fanno vibrare le corde di uno strumento, l'energia che si applica mentre si arpeggia si propaga in forma di onde che viaggiano in diverse direzioni. Un fenomeno simile accade con le vibrazioni del terreno provocate dai terremoti, le quali si propagano in tutta la Terra. Le onde sono parte anche della nostra vita quotidiana, come quelle emesse dalla radio, la televisione, il telefono di casa ed il cellulare, il forno a microonde, alcuni strumenti medici, eccetera. In tutti questi apparati c'è una fonte che genera onde, le quali sono una forma di energia che viaggia da un lato all'altro, ed i loro effetti possono essere diversi.

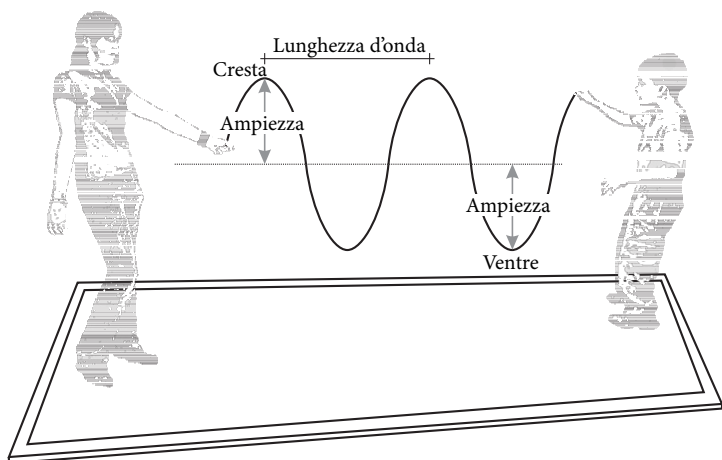
Le onde si comportano in modo molto simile tra di loro, anche se sono state generate in modi diversi. Queste somiglianze hanno permesso di capire, per esempio, il comportamento della luce, osservando come le onde che la compongono si propagano nell'acqua. Come ben sai, la luce viaggia a grande velocità, e questo impedisce di osservare facilmente il suo comportamento.

Sicuramente hai visto che le onde si incontrano e si "sovrappongono". Questo comportamento si chiama interferenza, la quale è anche la causa della molteplicità di colori che si osserva in varie occasioni, come quando la luce si riflette nelle bolle di sapone, nell'olio che galleggia sull'acqua, o sulla superficie di un CD. Alcuni di questi fenomeni li vedremo in questo libro e cercheremo di capire l'effetto dell'interferenza delle onde attraverso vari esperimenti.

Proprietà delle onde

Un'onda, dal punto di vista più semplice, è una perturbazione che si muove con il passare del tempo; perciò, un'onda implica uno spostamento di energia. Un'onda può ripetersi varie volte nello stesso punto durante un certo tempo (il suono della nota di un violino, per esempio), oppure si può presentare in modo non ripetitivo (ad esempio il fracasso di un'esplosione o il movimento ondulatorio di una corda quando si scuote).

Se scuotiamo una corda, vedremo che si forma una linea che sale e scende continuamente. Nel caso della luce o del suono, la dimensione delle onde è milioni di volte più piccola di quelle della corda.

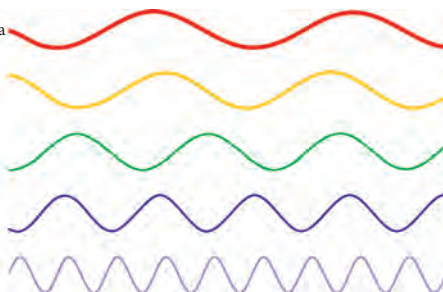


Prima di cominciare a descrivere gli esperimenti, ti diremo il nome delle parti più importanti che compongono le onde. Il punto più alto di ogni onda si chiama cresta ed il più basso ventre. La distanza tra la cresta o il ventre rispetto al livello “zero” (posizione della corda prima della perturbazione) si conosce come ampiezza. La distanza tra due creste o due ventri consecutivi si conosce come lunghezza d’onda. Se conti le creste (o i ventri) di un’onda che passa di fronte a te durante un secondo, per esempio nell’acqua o in un oscilloscopio, conoscerai la frequenza dell’onda.

Le differenze tra le caratteristiche delle onde si possono percepire facilmente analizzando il suono e la luce. Per esempio, nella musica, una frequenza alta è associata ad un tono acuto, come quello che emette un violino; al contrario, una frequenza bassa si associa ad un suono grave, come quello emesso da un contrabbasso. Se l’ampiezza dell’onda è alta, lo sarà anche l’intensità del suono (cioè il volume). Nel caso della luce, la frequenza e la lunghezza d’onda sono associate al colore; l’ampiezza, invece, alla sua intensità, cioè, definisce se il colore è più o meno brillante. Il rapporto tra frequenza e lunghezza d’onda si vedrà più avanti.

La velocità di un'onda non cambia nel mezzo in cui si propaga, però varia quando questa cambia di mezzo. Qualcosa di simile a ciò che avviene quando corri in una zona con del cemento e passi ad un'altra sabbiosa ed infine nell'acqua; ogni volta che cambi il substrato, la tua corsa sarà più lenta. Per esempio, le onde del suono viaggiano più velocemente nei liquidi e nei solidi rispetto all'aria -sono fino a 5 volte più rapide nell'acqua e fino a 10 volte più rapide nell'acciaio-.

Onda a bassa frequenza - Maggiore lunghezza d'onda



Onda ad alta frequenza - Minore lunghezza d'onda

D'altro canto, quando la velocità delle onde è costante, se si incrementa la frequenza, diminuirà la lunghezza d'onda e, al contrario, se si aumenta la lunghezza d'onda diminuirà la frequenza. Dunque, quando si avvicina un'ambulanza verso di te, senti la sirena emettere un suono molto acuto dato che le onde sonore diminuiscono la loro lunghezza d'onda e, di conseguenza, aumentano la loro frequenza. Al contrario, nel momento in cui l'ambulanza si allontana, le onde si espandono e, così facendo, aumentano la loro lunghezza d'onda, diminuendo la loro frequenza e risultando in un suono più grave.



ONDE CHE VIAGGIANO NELL'ACQUA:

Onde marine e tsunami

Sicuramente avrai notato che, quando getti dei sassi in uno stagno, si formano dei cerchi che nascono dallo stesso centro (concentrici); si tratta di onde che si propagano nell'acqua. Nel seguente esperimento, impareremo come si produce questo tipo di onde e vedremo la forma che assumono. Fai attenzione al momento in cui due onde passano allo stesso tempo in uno stesso punto, perché questo fenomeno si conosce come interferenza.

Esperimento 1

Materiali:

- 1 contenitore con dell'acqua
- 2 cannuce

Procedimento:

Prima utilizzeremo una cannuccia: colloca uno degli estremi nella tua bocca e l'altro estremo sulla superficie dell'acqua; poi soffia leggermente attraverso la cannuccia. Affinché l'esperimento riesca meglio, la cannuccia deve appena sfiorare la superficie dell'acqua.

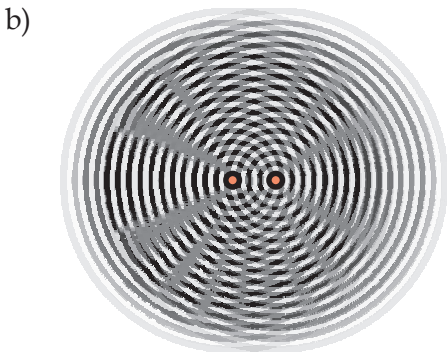
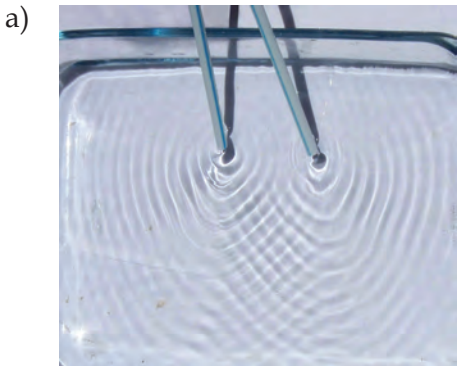
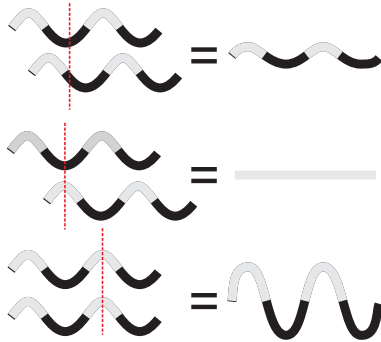
Cos'è successo?

Nel momento in cui si soffia attraverso la cannuccia si formano delle onde, le quali si propagano in tutto il contenitore. La forza del soffio controlla la forma e l'ampiezza delle onde. Se orienti la cannuccia perpendicolarmente alla superficie dell'acqua i cerchi saranno concentrici.

Dov'è l'interferenza?

La forma circolare delle onde nell'acqua si modifica quando queste rimbalzano sui bordi del contenitore e tornano (si riflettono) verso il centro. Queste onde, incontrandosi con quelle che continuano a generarsi dalla punta della cannuccia si sovrappongono. Quindi, accade che onde diverse passano per uno stesso punto nello stesso

momento; in questo momento esatto avviene l'interferenza. Quando le creste di due onde si incontrano tra di loro, le loro ampiezze si sommano, producendo un'onda ancora più grande; questo fenomeno si conosce come interferenza costruttiva. Se però coincidono una cresta con un ventre, l'ampiezza dell'onda risultante diminuisce; questo fenomeno si conosce come interferenza distruttiva.



a) Modello d'interferenza generato usando due cannucce.
 b) Modificazione dell'ampiezza d'onda a causa dell'interferenza costruttiva e distruttiva. Quando due creste o ventri coincidono l'interferenza è costruttiva; si osservano delle frange brillanti se le creste delle onde coincidono, frange più scure se i ventri coincidono. Quando coincidono un ventre ed una cresta, l'interferenza è distruttiva e si osserva una zona senza onda (fascie grigie perpendicolari alle onde nel diagramma).

Variante con due cannuce:

Per rendere più netta l'interferenza modificheremo leggermente l'esperimento. Ora impiegheremo due cannuce.

Procedimento:

Colloca la punta delle cannuce nella tua bocca ed aprile in forma di "V"; appoggia l'estremo di ogni cannuccia sulla superficie dell'acqua. Ora soffia leggermente nelle canucce.

Cos'è successo?

Dalla punta di ogni cannuccia si formano gruppi di cerchi concentrici. Dopo alcuni secondi, i cerchi poco a poco crescono e si sovrappongono e cominciano ad interferire tra di loro. Nel momento in cui le onde incominciano a sommarsi e sottrarsi, si forma sulla superficie dell'acqua una figura che si conosce come "modello di interferenza".



Un'ultima modificazione:

Puoi scegliere una delle seguenti opzioni per modificare l'interferenza:

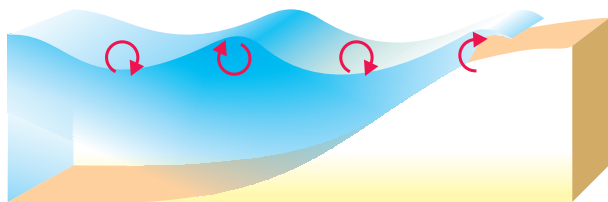
1. Variare la forza del soffio.
2. Cambiare la distanza tra le punte delle cannuce.

In entrambi i casi vedrai come si modifica il modello di interferenza.

Applicalo alla tua vita:

Nel mare si formano delle onde, la cui ampiezza e lunghezza d'onda dipendono dalla forza del vento, in modo simile a quanto è successo nell'esperimento. Il vento che agita l'acqua può far crescere le onde in modo sostanziale. Arrivando ad una certa altezza, le onde perdono il loro equilibrio e "si rompono" per due differenti ragioni: 1) quando la loro altezza aumenta a tal punto che l'onda

non può più mantenere il proprio peso (si è calcolato che l'onda si rompe quando l'ampiezza è maggiore di circa $1/7$ della lunghezza d'onda) e 2) quando l'onda sbatte contro la riva, allora la sua parte superiore viaggerà più rapido che la parte inferiore, permettendo che l'onda si rompa così come si osserva sulla spiaggia.

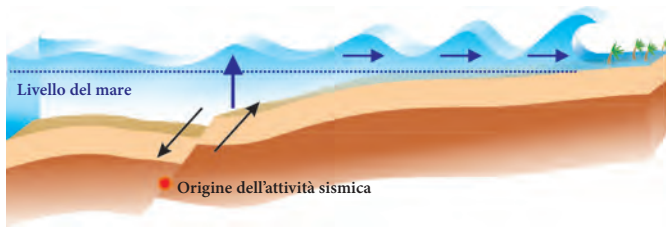


Movimento delle particelle d'acqua (indicato dalle frecce) nel mare vicino alla riva.

Quando vai al mare puoi vedere che ci sono delle onde più grandi di altre. Quando le creste (o i ventri) di due onde con caratteristiche simili si incontrano, la loro ampiezza aumenta e devi fare attenzione quando queste onde si avvicinano alla riva. Altre volte, vedrai che ci sono delle onde che si vedono grandi in lontananza, ma in realtà non sono tanto grandi quando si avvicinano alla riva; in questo caso si è verificata un'interferenza distruttiva e le onde si sono cancellate tra di loro.

Esempi nella natura: Gli tsunami

Gli tsunami (o maremoti) sono onde molto grandi che possono essere generate da un sisma, un vulcano in attività, una frana sottomarina, o la caduta di un meteorite. Uno tsunami si è originato vicino all'isola di Sumatra il 26 dicembre del 2004. Prima c'è stato un grande terremoto a 30 km di profondità sotto il livello del mare che ha scosso l'isola, raggiungendo un'intensità di VII e una magnitudo Richter di 9.2. In quel terremoto si è verificato un innalzamento del fondo marino che ha prodotto il tsunami, il quale è cresciuto talmente da provocare un gran disastro pochi minuti dopo nella parte nordest della grande isola di Sumatra. Le onde più alte hanno raggiunto un'altezza di circa 25 metri vicino alla riva e la loro lunghezza d'onda ha raggiunto più di 100 km in mare aperto. La differenza tra un'onda di spiaggia e una generata durante uno tsunami, oltre all'altezza, è che la prima muove solo le particelle d'acqua vicine alla superficie del mare, mentre, nel secondo caso, l'onda si forma a partire dall'acqua che si trova in tutta la massa oceanica, dalla superficie fino al fondo oceanico.



Scala Mercalli modificata (semplificata)

- I. Avvertito unicamente dagli strumenti.
- II. Avvertito da persone in riposo. Gli oggetti sospesi possono oscillare.
- III. Percepito all'interno degli edifici. I veicoli parcheggiati possono oscillare leggermente.
- IV. Percepito all'esterno degli edifici. Stoviglie, vetri delle finestre e porte vibrano e i muri scricchiolano. Le macchine parcheggiate oscillano chiaramente.
- V. Percepito all'esterno degli edifici. Stoviglie e vetri delle finestre si rompono e cadono oggetti instabili.
- VI. Percepito da tutti. Alcuni mobili pesanti si spostano. Leggeri sprofondamenti e crolli degli edifici.
- VII. Danni minori a palazzi ben progettati e costruiti, e danni rilevanti a quelli mal progettati. Avvertito da persone che stanno guidando.
- VIII. Danni importanti a palazzi ordinari e crollo parziale; i crolli sono maggiori per le strutture più deboli. I mobili pesanti cadono. Perdita di controllo dei veicoli in movimento.
- IX. Danni ingenti a palazzi con crollo parziale. I palazzi escono dalle loro fondamenta. Il terreno si screpola notevolmente. Le tubature sotterranee si frantumano.
- X. La grande maggioranza dei palazzi si distrugge fino alle fondamenta. Screpolatura considerevole del terreno. Smottamenti considerevoli lungo i margini dei fiumi e tutte le superfici inclinate.
- XI. Vengono distrutti i ponti e le strutture in muratura. Lunghe crepe sul terreno. Crolli e sprofondamenti del terreno blando.
- XII. Distruzione totale. Onde visibili sul terreno. Oggetti lanciati verso l'alto nell'aria.

La scala Mercalli si usa per determinare l'intensità di un terremoto secondo i danni causati, ed è diversa da un posto all'altro. È diversa dalla scala di magnitudo Richter, in quanto quest'ultima, invece, misura l'energia liberata durante il sisma, la quale è registrata dai sismografi ed ha uno stesso valore in ogni luogo.

ONDE CHE VIAGGIANO NEI SOLIDI:

I terremoti

Interferenza di onde nell'acqua e nei solidi

Hai notato che in posti come uno stagno, o anche dentro ad una tinozza, la superficie dell'acqua non è quasi mai perfettamente piatta? Se ti avvicini vedrai che questa presenta delle ondulazioni che sono costantemente in movimento.

Nel prossimo esperimento vedremo che queste ondulazioni si producono dall'interazione tra le onde quando si propagano nell'acqua.

Esperimento 2

Materiali:

- Un recipiente trasparente (per esempio un contenitore di vetro o plastica)
- Acqua
- Luce del sole a mezzogiorno

Procedimento:

Sotto i raggi del sole, sostieni il contenitore con le due mani o mettilo su un tavolo o una base di vetro o plastica trasparente. Versa nel contenitore dell'acqua fino alla metà. Il contenitore deve essere separato dal pavimento almeno 50 centimetri. Adesso colpisci una delle pareti del contenitore.



Cos'è successo?

Se colpisci il contenitore, vedrai un'onda sull'acqua che viaggia da un lato all'altro. Le onde si vedranno come strisce chiare e scure. Se osservi con attenzione, ti accorgerai che poco dopo aver colpito il contenitore appariranno delle onde e, tra di queste, vedrai inizialmente delle onde di maggiore ampiezza seguite poi da altre

con un'ampiezza minore. Questo si deve al fatto che, quando si colpisce il contenitore, le onde viaggiano più veloci attraverso le sue pareti (solide) che nell'acqua (liquida). Vibrando, tutte le pareti del contenitore producono delle onde nell'acqua. Questa è una maniera di verificare che la velocità delle onde in due mezzi diversi è diversa. Inoltre, propagandosi più rapidamente le onde nella parte solida del contenitore, potrai vedere, quasi allo stesso tempo, un'onda di ampiezza simile alla prima propagarsi dalla parete opposta di quella che hai colpito.

Spiegalo:

Se due o più onde che viaggiano in un mezzo si incontrano, il risultato in qualsiasi punto sarà la somma delle singole onde. Questo fenomeno lo vedrai materializzato sotto forma di strisce di diverse tonalità. Le strisce chiare e scure si formano per l'interferenza costruttiva, cioè quando coincidono le creste ed i ventri, rispettivamente. Infine, questo effetto genera quella sorta di rete luminosa che si muove continuamente con il movimento dell'acqua, così come si osserva nelle piscine.

Esempi di propagazione di onde nei solidi: gli effetti dei terremoti

I terremoti si verificano quando occorre uno spostamento tra due blocchi della crosta terrestre; allora, l'energia liberata si propaga in tutte le direzioni dentro la Terra, in forma di onde sismiche.

A volte, durante la propagazione delle onde, queste rimangono intrappolate vicino alla superficie della Terra e continuano a rimbalzare tra le strutture che formano la crosta. Questo fenomeno è avvenuto durante il terremoto di Michoacán del 19 settembre del 1985 (di magnitudo 8.1 della scala Richter, e con un'intensità di IX di quella Mercalli). L'energia che si è liberata nel punto di origine del terremoto è arrivata alla Valle Centrale del Messico e le onde sono rimaste intrappolate in quello che era l'antico lago, composto principalmente di sedimenti argillosi, sabbie e ghiaie. Per questo, le onde cominciarono a rimbalzare nella roccia più rigida alla base delle montagne circostanti, come quelle di Chapultepec e della Estrella. Questi rimbalzi hanno provocato che le onde sismiche si concentrassero in certe zone e, interferendo costruttivamente,

aumentassero la loro ampiezza, così come nell'esperimento in cui abbiamo colpito il contenitore con dell'acqua. La frequenza di vibrazione del terreno ha coinciso con l'oscillazione di certi edifici e, di conseguenza, questi sono entrati in risonanza. Quest'ultima è un'altra forma di chiamare l'interferenza costruttiva. La risonanza è stata la causa del crollo di vari edifici durante il terremoto.

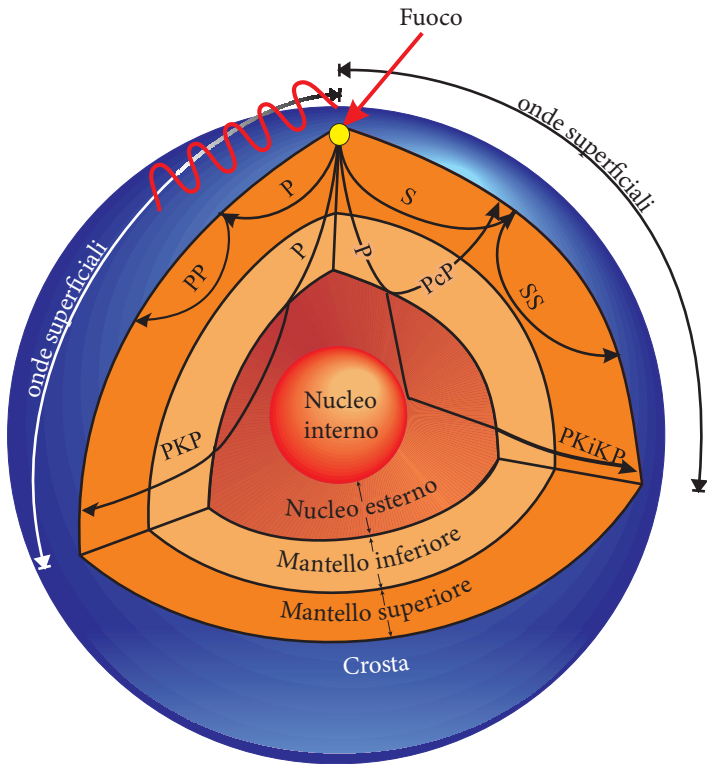
Esempio di come si possono usare le onde per conoscere l'interno della Terra

Un'esplosione, oppure un terremoto, sono fonti di energia che generano onde sismiche, le quali viaggiano e si riflettono sui diversi strati all'interno della Terra. Queste onde possono essere registrate da un insieme di sensori situati sulla superficie del pianeta.

Quando si cercano il petrolio, l'acqua ed i minerali, si usa la sismologia d'esplorazione, la quale utilizza dei detettori di onde chiamati geofoni. Nel caso del registro dell'energia liberata dai terremoti, i detettori che si usano si chiamano sismografi. Il tempo che impiegano le onde sismiche ad arrivare dal punto di origine ai detettori permette di calcolare la profondità degli strati che compongono la Terra.

Quando si verifica un terremoto, si registrano principalmente due tipi di onde che viaggiano all'interno del pianeta. Le prime onde che giungono al sismografo sono le onde "P", che si trasmettono tanto nei solidi come nei liquidi; le onde "S" giungono pochi momenti dopo, ma queste si trasmettono solo nei solidi. Grazie a questa differenza nel comportamento delle onde, si sa che dentro la Terra ci sono strati solidi (crosta, mantello inferiore e nucleo interno), uno strato plastico localizzato nel mantello superiore e che si conosce come astenosfera e uno strato liquido nel nucleo esterno. A proposito, in questo strato liquido si produce un effetto di convezione che produce il campo magnetico terrestre.

Se il terremoto si verifica a poca profondità, si generano anche delle onde superficiali, che sono quelle che provocano il movimento che senti sotto i piedi.



Si è riusciti ad identificare i diversi strati che compongono la Terra grazie all'uso delle onde sismiche, il cui comportamento differente a seconda del mezzo che attraversano è stato fondamentale per questo proposito. Le P sono onde primarie dirette; le PP sono onde che si sono riflesse sulla superficie; PcP sono onde riflesse sul nucleo esterno; PKiKP sono onde PKP riflesse sul nucleo interno; S sono onde secondarie dirette; SS onde S riflesse sulla superficie della Terra.

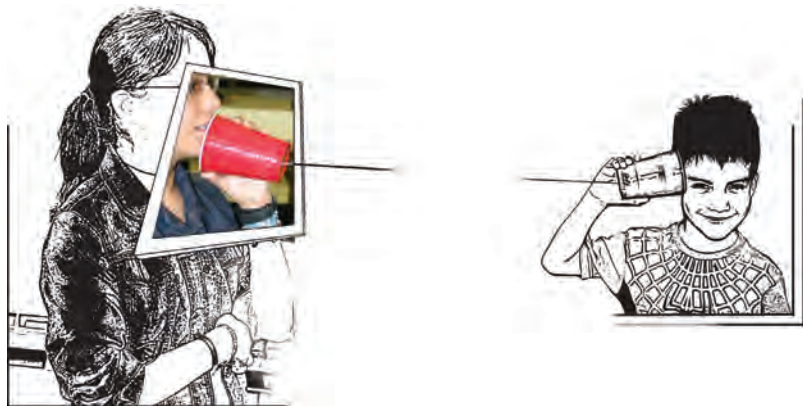
Onde che viaggiano nell'aria: Il suono Esperimento 3

Materiali:

- Due bicchieri di plastica
- Più di cinque metri di cordicella

Procedimento:

Fai un buco in fondo ai bicchieri e legali ad ognuno degli estremi della cordicella. Chiedi ad un amico di prendere uno dei bicchieri e allontanatevi uno dall'altro, affinché la corda stia più tesa possibile. Adesso bisbiglia qualche parola nel bicchiere. Ti accorgerai che, anche parlando a bassa voce, il tuo amico riuscirà ad ascoltarti.



Spiegalo:

Un corpo emette un suono quando vibra, e quel suono stimola il senso dell'udito. Quando parli dentro il bicchiere, le onde della tua voce si trasmettono attraverso la corda facendola vibrare, come se stessi giocando con uno slinky (giocattolo simile ad una molla molto lunga e molto flessibile). Le onde viaggiano lungo la corda e, quando arrivano al bicchiere dell'altro estremo, passano un'altra volta all'aria come onde acustiche. Quando le onde arrivano al timpano, questo comincia a vibrare e codifica le vibrazioni attraverso un insieme di ossicini che sbattono tra di se nelle ramificazioni del nervo acustico.

Come ti sarai reso conto, il suono non solo si trasmette nell'aria, ma anche in qualsiasi altro materiale, sia gas, liquido o solido; l'unico mezzo in cui non può propagarsi è il vuoto. La velocità media del suono nell'aria è di 331 m/s, nell'acqua del mare è di 1435 m/s, mentre che nei solidi, come l'acciaio, è di 5000 m/s. Ciò dimostra che la velocità con cui si propaga il suono dipende dal materiale che serve come mezzo di trasporto.

Applicalo alla vita quotidiana:

Se vivi oppure vai a volte in campagna, puoi verificare intuitivamente che la velocità del suono è inferiore a quella della luce.

- Per apprezzare la differenza della velocità relativa fra la luce e il suono puoi usare una torcia elettrica e un amico. Allontanatevi qualche decina di metri e grida nel momento in cui accendi la torcia, lui vedrà subito la luce, mentre il tuo urlo arriverà qualche istante dopo. Un esperimento simile l'ha fatto Galileo cercando di determinare la velocità della luce; però, ha potuto soltanto concludere che la velocità del suono è inferiore a quella della luce.
- Quando vai ad una festa dove ci sono dei fuochi d'artificio, renditi conto del fatto che a pochi secondi da aver lanciato il razzo percepisci la luce dell'esplosione, ma il suono arriva qualche secondo dopo.
- Quando c'è una tempesta elettrica e vedi che un lampo solca il cielo, il tuono ti arriva vari secondi dopo. Addirittura, puoi calcolare la distanza a cui cade un lampo. Conta i secondi dal momento in cui vedi la luce e il momento in cui senti il tuono: per ogni tre secondi, la distanza sarà di circa un chilometro dato che la luce viaggia quasi a 300,000 chilometri al secondo (km/s), ragione per cui questa arriva quasi subito ai tuoi occhi, mentre il suono viaggia più lento a 0.331 km/s.

Onde che non hanno bisogno di un mezzo per propagarsi: Le onde elettromagnetiche

In natura esiste un tipo di onde che non hanno bisogno di un mezzo per propagarsi; queste si conoscono come onde elettromagnetiche. Forse queste onde sono le più comuni visto che la luce appartiene a questo tipo di onde.

La luce e la doppia fenditura

Esperimento 4

Thomas Young ha dimostrato che, quando la luce emessa da due fonti s'incontra, appare una figura di interferenza, la quale rappresenta la traccia indubitabile del comportamento della luce come un'onda. Adesso riprodurremo una parte dell'esperimento della doppia fenditura di Young, il quale fu il primo a scoprire questo fenomeno.

Materiale:

- Un pezzo di carta metallica (puoi usare gli involucri dei biscotti o delle patatine).
- Un taglierino
- Una torcia elettrica
- Un righello di metallo

Procedimento:

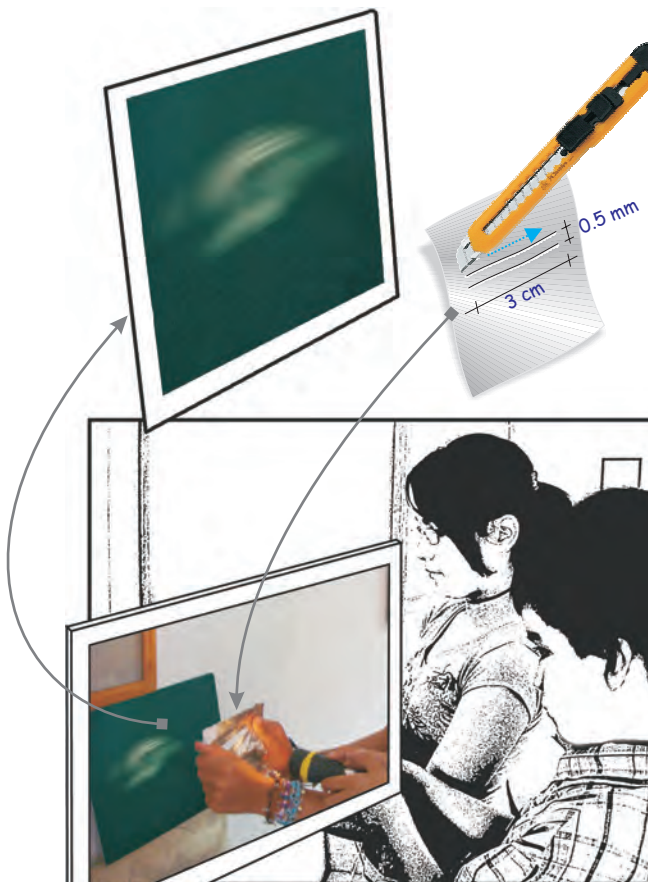
Chiedi ad un adulto di fare dei tagli con il taglierino. Si devono fare un paio di tagli paralleli di approssimativamente 3 centimetri di lunghezza sulla carta metallica. La distanza tra i tagli deve essere minima, circa mezzo millimetro (0.5 mm). Chiedi a qualcuno di sostenere la carta e tenerla ben tesa con le due mani, accendi la torcia elettrica e dirigi il fascio di luce verso le fenditure nella carta. Proietta l'immagine sul muro di una stanza, preferibilmente al buio o in penombra, per osservarne il risultato.

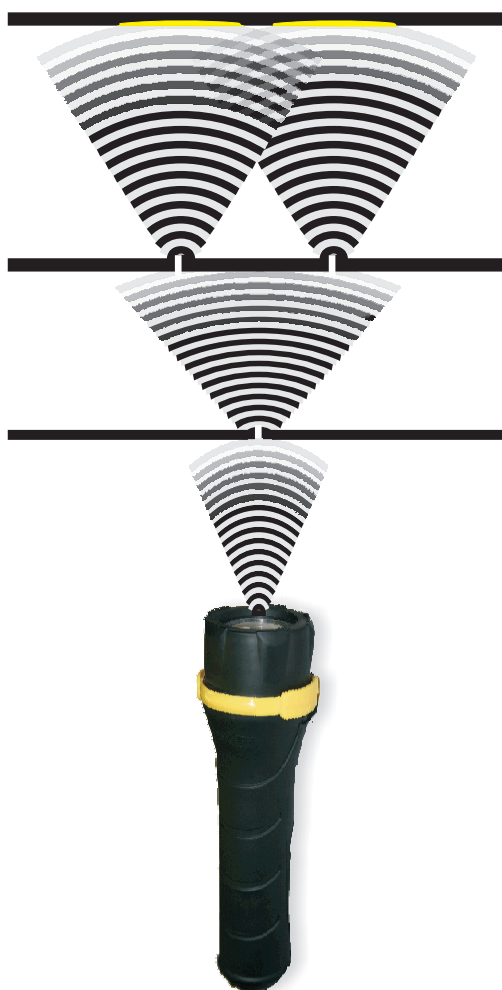
Cos'è successo?

Se il fascio di luce si divide in due quando attraversa le fenditure, quante strisce sottili credi che vedrai proiettate sul muro? Quante ne vedi in realtà?

Spiegalo:

Sul muro vedrai proiettato un insieme di strisce molto sottili scure e chiare prodotte dall'interferenza della luce. Allontana e avvicina la torcia elettrica verso la carta; le strisce modificheranno la loro larghezza dipendendo dalla distanza della torcia elettrica, ma diventeranno anche più nitide o sfocate. Diversamente da ciò che succede nell'acqua, qui le strisce scure mostrano quando si verifica un'interferenza distruttiva, mentre le chiare mostrano un'interferenza costruttiva. Il fatto che ci siano varie strisce, e non due sole, dimostra che la luce si comporta come un'onda.





Nell'esperimento classico della doppia fenditura di Young, si utilizzano due fogli, il primo con una fenditura ed il secondo con due. Nell'immagine che si proietta, si osservano le strisce nitide e scure prodotte dall'interferenza delle due onde che passano il secondo foglio.

Bolle colorate

Credi che il fenomeno dell'interferenza abbia qualche relazione con le bolle di sapone? Sicuramente avrai notato che si vedono tanti colori sulla superficie delle bolle, sai perché? Facciamo un esperimento per scoprirlo.

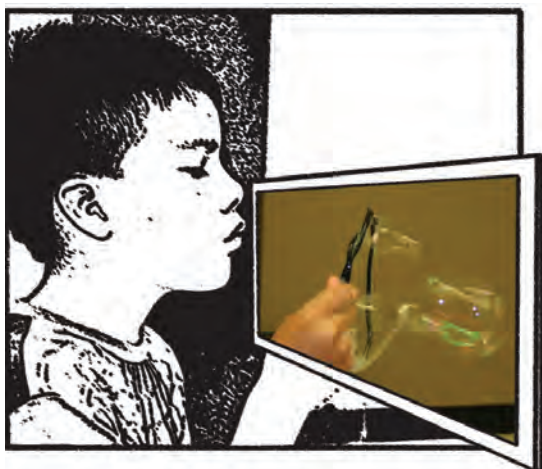
Esperimento 5

Materiali:

- Un contenitore
- Acqua
- Sapone in polvere o liquido
- Filo metallico
- Zucchero o glicerina

Procedimento:

1. Mescola due cucchiaini di sapone e due di zucchero (o glicerina) in un bicchiere d'acqua.
2. Con il filo metallico fai una figura semplice (cerchio, quadrato o triangolo).
3. Metti la figura di metallo dentro il contenitore e mescola un po', verificando che il sapone abbia aderito bene al filo metallico.
4. Tira fuori la figura e muovila lentamente verso di te, fino a veder formarsi una bolla di sapone, sulla cui superficie potrai apprezzare delle strisce colorate.



Cos'è successo?

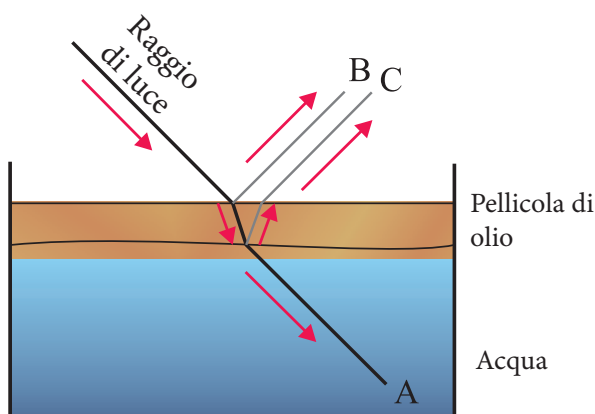
Le strisce colorate che si vedono sulla bolla di sapone appaiono più chiaramente quando trovi l'angolo di riflessione giusto tra i raggi della luce e la superficie della bolla. Ci metterai un po' a trovare l'angolo giusto per vedere bene le strisce.

Dettagli:

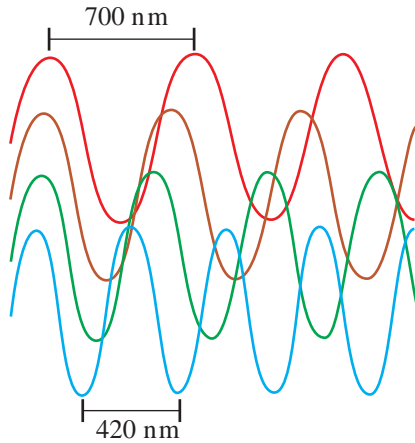
Affinché l'esperimento riesca, l'acqua deve contenere abbastanza sapone e fare un po' di schiuma. Lo zucchero e la glicerina servono a fare più resistenti le bolle. Per garantire una maggiore efficacia, lascia riposare l'acqua saponata qualche minuto. Se la figura di filo metallico non è ben chiusa la bolla non si formerà.

Spiegalo:

Quando la luce passa da un mezzo (l'aria) all'altro (la bolla di sapone), si verificano due fenomeni: una rifrazione, che produce la deviazione del raggio di luce, ed una riflessione, che forza la luce a riflettersi (come la nostra immagine in uno specchio) sulle superfici superiore ed inferiore della parete della bolla. Quando questo accade, le due onde riflesse (B e C nell'immagine) interferiscono tra di loro. L'onda C viaggia con un certo ritardo rispetto all'onda B, e questo ritardo dipende dallo spessore della parete della bolla di sapone. Per certe lunghezze d'onda, questo ritardo rappresenta un'interferenza costruttiva, invece per altre è distruttiva.



Il colore che si vede dipende dalla lunghezza d'onda risultante dall'interferenza. La luce rossa ha una lunghezza d'onda molto piccola, di circa 760 nm, mentre la luce viola ha una lunghezza d'onda ancora più piccola, di circa 400 nm.

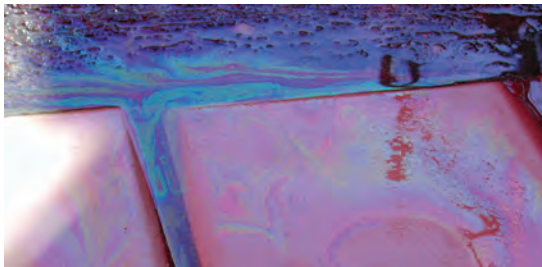


Il colore dipende dalla lunghezza d'onda

Applicalo alla vita quotidiana:

Sicuramente hai visto per strada delle pozzanghere, nelle quali si possono osservare delle strisce colorate sulla superficie. Questo accade quando c'è un piccolo straterello d'olio bruciato di un'auto galleggiando sull'acqua. La stessa cosa che è successa alla luce bianca con la parete della bolla di sapone succede con l'olio.

Se versi dell'olio in un bicchiere d'acqua, non si osserverà la decomposizione della luce in colori perché lo strato d'olio è troppo spesso per provocare questo fenomeno. Solo quando lo spessore dello strato diminuisce ed è dell'ordine della lunghezza d'onda della luce, è quando avviene l'interferenza.



Calze, foulard e luce

Un'altra forma di vedere l'interferenza della luce è mediante l'uso di altri oggetti che puoi trovare facilmente in casa, per esempio un foulard e delle calze.

Esperimento 6

Materiali:

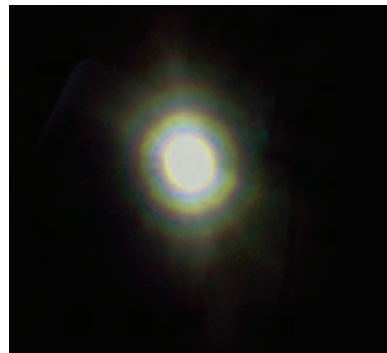
- Calze (nere o marroni) oppure un foulard di seta
- Una lampada di luce bianca

Procedimento:

Tendi le calze o il foulard con le tue mani vicino al tuo viso e dirigi le calze o il foulard verso la fonte di luce. Vedrai che attraverso il tessuto osserverai dei cerchi concentrici colorati.

Cos'è successo?

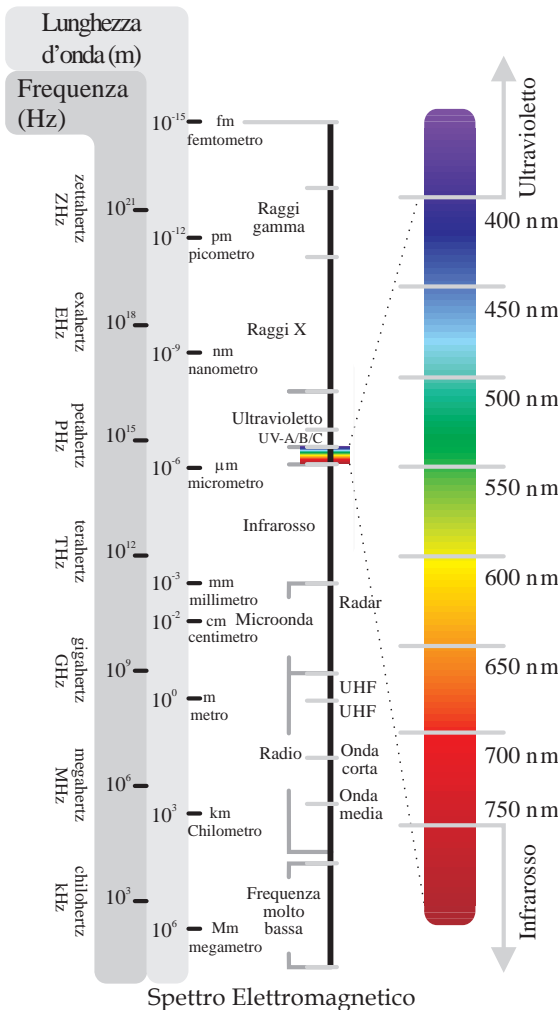
I fili delle calze o del foulard sono molto sottili e la distanza fra di loro è così piccola che favorisce la diffrazione della luce. La diffrazione avviene quando un'onda circonda l'estremo di un ostacolo. Quando i raggi interferiscono fra di loro, questi producono l'interferenza costruttiva e distruttiva che formano il cerchio colorato.



Le onde elettromagnetiche nella vita quotidiana e in Natura

Le onde elettromagnetiche sono un'altro tipo di energia in movimento; non hanno bisogno di un mezzo per propagarsi, sono invisibili e viaggiano quasi alla velocità della luce. Sono molto simili fra di loro e si distinguono in base al loro rango di frequenza (o lunghezza d'onda).

La parte dello spettro di onde elettromagnetiche che troviamo abitualmente è quella che si mostra nella figura. In questa figura si indicano gli intervalli approssimati di lunghezza d'onda e la loro frequenza.



L'essere umano solo percepisce un segmento molto piccolo dello spettro elettromagnetico. Questo intervallo si chiama intervallo visibile della luce, e le sue diverse lunghezze d'onda le percepiamo come colori.

Le onde elettromagnetiche attualmente si utilizzano nelle telecomunicazioni, come per esempio nelle trasmissioni radiofoniche, nella televisione e nella telefonia mobile. Hanno anche un'importante applicazione nella medicina, come nel caso dei raggi X, raggi ultravioletti, raggi gamma ed i raggi laser.

Le onde elettromagnetiche viaggiano nell'aria alla velocità della luce. Abbiamo detto prima che, se aumenta la frequenza di un'onda, diminuisce la sua lunghezza d'onda; perciò le onde con una minore lunghezza d'onda hanno una frequenza più alta. Per farti avere un'idea di com'è il rapporto tra questi due parametri, ti diamo degli esempi. Le onde che trasmette la radio AM hanno certi chilometri di lunghezza con frequenze di centinaia di migliaia di cicli al secondo (da 500 a 1600 kilohertz). Invece, la radio FM funziona con onde che hanno una lunghezza di decine di metri e frequenze di milioni di cicli al secondo (da 88 a 108 MHz, megahertz). Il forno a microonde produce onde che hanno pochi centimetri e millimetri di lunghezza, con frequenze molto più alte, con cicli di centinaia di milioni al secondo. Ci sono tanti sistemi di comunicazione che funzionano attraverso i satelliti. Questi di solito lavorano con frequenze di migliaia di milioni di cicli al secondo (GHz, gigahertz), essendo la loro lunghezza d'onda di appena qualche centimetro o millimetro.

Per evitare che ci siano interferenze fra tanti sistemi di comunicazione basati sulle onde elettromagnetiche, ogni governo, d'accordo alle convenzioni internazionali, vigila che ogni servizio di radiocomunicazione (stazioni radio, televisione, radionavigazione marittima, radiolocalizzazione, radionavigazione aeronautica e servizi di telefoni cellulari) trasmetta in un certo rango di frequenze. Il fatto che ogni apparecchio, o stazione ricevente, rilevi unicamente le onde della sua frequenza assegnata evita la grande maggioranza delle interferenze.

Tre tipi di onde

Esperimento 7

Questo esperimento ti permetterà di visualizzare il diverso comportamento delle onde elastiche (che si propagano nei solidi), acustiche (che si propagano nell'aria) ed elettromagnetiche (che non hanno bisogno di un mezzo per propagarsi).

Materiali:

- Sveglia digitale
- Boccetta di vetro

Procedimento:

1. Colloca la sveglia dentro una boccetta de vetro appoggiata sul tavolo.
2. Imposta la sveglia affinché suoni tra uno o due minuti. Quando suona, potrai distinguere i seguenti effetti:
 - Tutto il tempo sarai capace di osservare le cifre della sveglia (onde elettromagnetiche), perché la luce si propaga senza problema nell'aria.
 - Quando la sveglia suona, parte della sua energia sarà trasmessa in forma di onde acustiche attraverso l'aria e sarà in gran parte assorbita dal solido della boccetta, perciò sentirai che il suo suono è attutito.
 - Con le vibrazioni, la sveglia colpirà il tavolo su cui è appoggiata; così, un'altra parte della sua energia verrà trasmessa come onde elastiche.

Se la bocetta non contenesse l'aria e la sveglia suonasse, questa sarebbe sempre visibile ma il suo suono non sarebbe percepibile, anche se continueresti a percepire le vibrazioni sul tavolo. Se punti la sveglia con un raggio laser (onda elettromagnetica) verificherai come questo si propaga senza bisogno di un mezzo come l'aria. Finalmente, se ripeti l'esperimento senza aria appendendo la sveglia con un filo nella parte superiore della bottiglia, in modo da non farle toccare il tavolo, continuerai ad osservare la sveglia, ma spariranno il suono e le vibrazioni sul tavolo.



Qualche notizia su Thomas Young (1773-1829)

Thomas Young fu uno scienziato denominato universale, grazie alle sue apportazioni in diversi campi della conoscenza. I suoi interessi nella ricerca scientifica riguardarono campi molto diversi, come la Fisica, la Fisiologia medica e l'Egittologia. Young nacque il 13 giugno del 1773 in Inghilterra. Studiò Medicina presso le università di Londra, Edimburgo, Göttingen e Cambridge. Studiò il funzionamento dell'occhio umano e stabilì tre tipi di ricettori, ognuno d'essi sensibile ad ognuno dei colori primari. Scoprì anche come cambia la curvatura del cristallino dell'occhio per focalizzare oggetti a diverse distanze. Nel 1801 scoprì la causa dell'astigmatismo e cominciò ad interessarsi all'ottica.

Nel 1803 Young ha condotto uno dei suoi più celebri esperimenti, il quale porta il suo nome. Nel 1807 Young presentò la teoria della visione del colore conosciuta come di Young-Helmholtz. Riaffermò la teoria ondulatoria della luce di Huygens e, attraverso vari esperimenti, dimostrò i fenomeni di dispersione e rifrazione. In altri studi di Fisica, studiò la tensione superficiale dei liquidi e l'elasticità dei solidi, calcolando per questi ultimi il coefficiente di elasticità di diversi materiali. Questo coefficiente fu poi chiamato modulo di Young.

Nel 1820 Thomas Young stabilì la lunghezza d'onda delle componenti della luce. Fu il primo a dimostrare che la luce cambia velocità quando attraversa mezzi più densi. Oltre al suo interesse per la Fisica, Young ebbe altre passioni, per esempio l'Egittologia. Fu lui uno tra i primi a decifrare e interpretare i geroglifici di svariati papiri.

Ringraziamenti

Gli autori vogliono ringraziare le seguenti persone, che con le loro osservazioni hanno contribuito al miglioramento sostanziale del testo. I dottori Bernardino Barrientos, Manuel Lozano Leyva, Rafael Alberto Méndez Sánchez, Gil Bor, Carlos Mendoza e Angel F. Nieto Samaniego hanno controllato i concetti teorici del manoscritto. Maria Elena Estrello ha realizzato la correzione stilistica. Juan José Martínez, Ofelia Teja, Matías Santiago, Karina e Daniele Gómez hanno verificato che la riproduzione degli esperimenti fosse fattibile.

Sugli agli autori

Juan Martín Gómez González

Ricercatore del Centro di Geoscienze dell'Università Nazionale Autonoma del Messico (UNAM), a Juriquilla, Querétaro. Ha ottenuto il dottorato in Sismologia all'Università di Parigi VII, in Francia. Si è laureato presso la Facoltà di Ingegneria della UNAM. Attualmente è professore di corsi di master e specializzazione in Scienze della Terra della UNAM e appartiene al Sistema Nazionale dei Ricercatori. Ha pubblicato diversi articoli sulla modellazione di onde sismiche e generazione e propagazione della fonte sismica. Esegue anche il monitoraggio sismico nella regione della Meseta e l'Altopiano Centrale per localizzare e capire l'origine della sismicità in quelle aree del paese.

Susana A. Alaniz Álvarez

Ricercatrice del Centro di Geoscienze della UNAM. Ha ottenuto il dottorato in Scienze della Terra nel 1996. Appartiene all'Accademia Messicana di Scienze ed è accademica di numero dell'Accademia di Ingegneria. Svolge le sue ricerche nel campo della deformazione della crosta superiore ed il suo rapporto con il vulcanismo. È livello II del Sistema Nazionale dei Ricercatori. Offre il corso di Geologia Strutturale nel programma di master e studi specialistici di Scienze della Terra della UNAM ed è caporedattrice della Rivista Messicana di Scienze Geologiche. Nel 2004 ha ricevuto dalla UNAM il premio Juana Ramírez de Asbaje.

A PROPOSITO DEI TRADUTTORI

Ana Diana Esparza Herrera. È laureata in Lingua e Letteratura Italiana, Lettere italiane presso la Facoltà di Filosofia e Lettere dell'Università Nazionale Autonoma del Messico (UNAM) con specializzazione in traduzione. Nel 2005 ha frequentato il corso di Lingua Italiana e Cultura Ligure presso l'Università di Genova, sede estiva. Attualmente lavora come insegnante di italiano presso la Scuola Nazionale Preparatoria della UNAM.

Eomir Roel Antonio Solis. È professore di lingua italiana dal 2011 presso varie istituzioni, tra cui il CELEX del Politecnico Nazionale e la UNAM. Nel 2008 ha frequentato il corso di Lingua e Cultura Italiana presso l'Università del Salento, Lecce, Italia. Attualmente lavora come docente della materia "A" della lingua italiana straniera presso la Scuola Nazionale Preparatoria dal 2015.

Michelangelo Martini. Si è laureato in geologia presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa nel 2004. Ha fatto il dottorato presso il Centro di Geoscienze della UNAM e attualmente svolge attività di ricerca presso l'Istituto di Geologia della UNAM. La sua area di ricerca è l'evoluzione dei bacini sedimentari del Mesozoico associati alla rottura della Pangea.

Questo fascicolo beneficia del sostegno concesso da DGAPA-UNAM ai progetti: PE106919, responsabile per il quale è la dott.ssa Susana A. Alaniz Álvarez e PE400216 "Lingue straniere nella divulgazione delle scienze biologiche e della salute", responsabile per il quale è Dr. Yadira Alma Hadassa Hernández Pérez. Lo scopo comune è sostenere l'insegnamento e l'apprendimento dei contenuti scientifici nelle lingue straniere.

La stampa di questo fascicolo è stata finanziata dalla
Coordinazione della Ricerca Scientifica
dell'Università Nazionale Autonoma del Messico.
PAPIME Pe106919





La serie “Experimenti semplici per capire una Terra complessa” è basata sull'elenco degli esperimenti più belli della storia, pubblicata dalla rivista Physics World a settembre del 2002. Sono stati scelti per la loro semplicità, eleganza e per la trasformazione che hanno provocato nel pensiero scientifico della loro epoca.

Ogni fascicolo di questa serie è dedicato ad uno di questi esperimenti. Il nostro proposito è che tu riesca a capire, attraverso la sperimentazione, fenomeni che avvengono tanto nella nostra vita quotidiana come nel nostro pianeta.

Questo fascicolo è dedicato all'esperimento “L'interferenza dei raggi luminosi” di Thomas Young.

Libri de questa serie

1. La pressione atmosferica e la caduta dei corpi.
2. La luce e i colori.
3. Eureka! i continenti e gli oceani galleggiano.
4. Il clima appeso a un filo
5. **La Terra e le sue onde**

La serie completa la puoi scaricare dal sito web:

<https://tellus.geociencias.unam.mx/index.php/lenguas-ciencia/>

<https://sites.google.com/site/recursos4miradas/8>