

ZONE SISMICHE

I terremoti avvengono generalmente in corrispondenza dei bordi tra due **zolle della litosfera**.

Le zolle hanno un movimento relativo che provoca accumulo di **tensioni** che si scaricano periodicamente in **terremoti**.

L'energia prodotta si propaga fino alla superficie sotto forma di

ONDE SISMICHE

ONDE P PRIME

Successione di compressioni e dilatazioni delle rocce (onde longitudinali). Sono le prime ad arrivare in superficie.

ONDE S SECONDE

Sono onde trasversali, cioè deformazioni delle rocce in senso perpendicolare alla direzione di propagazione.

ONDE R E L DI LOVE E RAYLEIGH

Onde di superficie cioè che viaggiano nello strato superficiale della crosta terrestre, possono compiere più volte il circuito terrestre.



Planisfero degli epicentri dei terremoti, anno 1967.

In media l'80% dei terremoti avviene nelle faglie ai bordi dell'oceano Pacifico, sappiamo dove avvengono i terremoti, ma tranne casi molto rari non siamo in grado di sapere quando avverranno.

La frequenza delle onde sismiche varia da qualche millesimo di Hz a qualche decina di Hz.

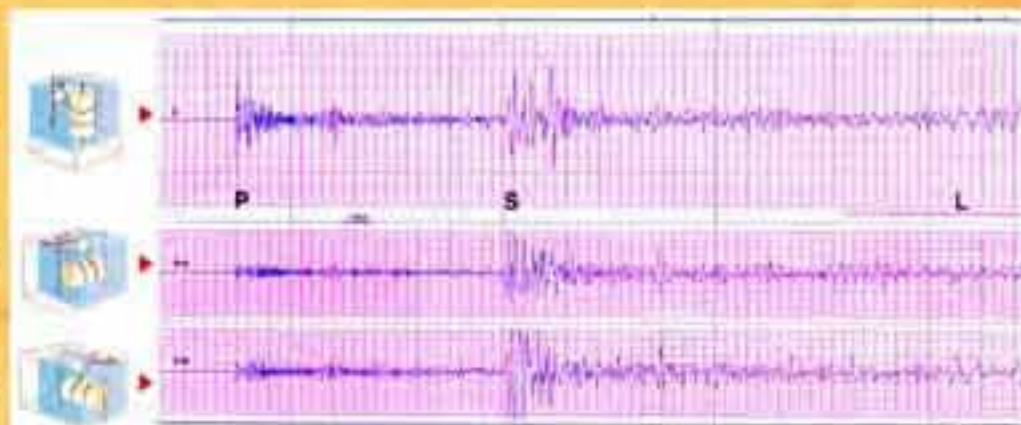
LE ONDE SISMICHE SONO ONDE IN TRE DIMENSIONI

I sismografi registrano le componenti delle onde sismiche nelle tre direzioni:

Z
verticale

NS
nord-sud

EW
est-ovest



Onde P, L, S, in sismogramma del terremoto in Messico del 20.08.1973 (Osservatorio di Parigi).



Città del Messico 19 settembre 1985, i piani del Benito Juárez Hospital sono collassati uno sull'altro, solo a Città del Messico le vittime furono 9.700.



I binari della ferrovia messicana sulla costa del Pacifico dopo il terremoto del 1985.

Il terremoto più rovinoso del Novecento è quello del 1976 in Cina a Tang-Shan con oltre 700.000 morti.

Il terremoto più rovinoso in Italia è quello del 1908 a Messina e Reggio Calabria con 85.000 vittime.

>>> DALLA MECCANICA ALL' ELETTROMAGNETISMO

RAGIONAMENTO PER ANALOGIA



SUONO

SE

presenta leggi di riflessione, rifrazione, effetto Doppler.



E SE

LUCE

presenta **stesse** leggi di riflessione, rifrazione, effetto Doppler.



ALLORA

I fenomeni acustici e ottici hanno la stessa natura ondulatoria.

RAGIONAMENTO SECONDO UN MODELLO MECCANICO



SUONO

SE

occorre un mezzo elastico (aria, acqua, rocce)
per trasmettere le onde acustiche, sismiche, ecc.



ALLORA

LUCE

dovrà esistere un mezzo che trasmette le onde luminose:
etere cosmico.



CONCLUSIONE

Tutto secondo logica, non secondo realtà
l'**etere cosmico non è stato trovato sperimentalmente.**



SCELTA OBBLIGATA

Abbandono del modello meccanico - etere -
nuovo oggetto esplicativo **campo elettromagnetico.**

“Quindi la luce è fatta di onde? Mi sembra assurdo...”

“In realtà questo spiega tante cose...”



“Ma non spiega perché io non veda queste onde...”

QUESTO È VERO
FINO A UN CERTO PUNTO

Le onde luminose hanno una frequenza superiore ai 10^{14} Hz, in pratica oscillano centomila miliardi di volte in 1 sec, l'occhio non può accorgersene.

LA LUCE VIAGGIA
COME RAGGI RETTILINEI

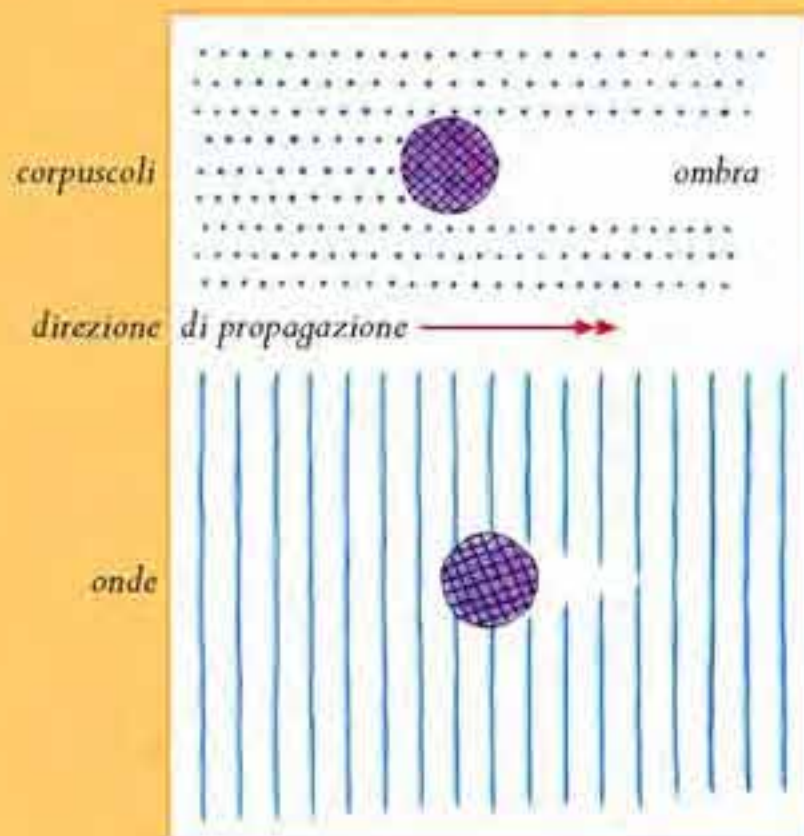


Il teatro d'ombre nasce in Cina nel I sec. a.C., si diffuse in Occidente già in epoca antica, ebbe grande successo nell'Ottocento con pièces anche molto complesse come si vede in questa attrezzatura di un teatro d'ombre tedesco del XIX sec., è il progenitore del cinema e della TV.

Se sono raggi allora la luce è fatta di corpuscoli – biglie luminose- e non di onde.

PERÒ

OSTACOLO
FILIFORME

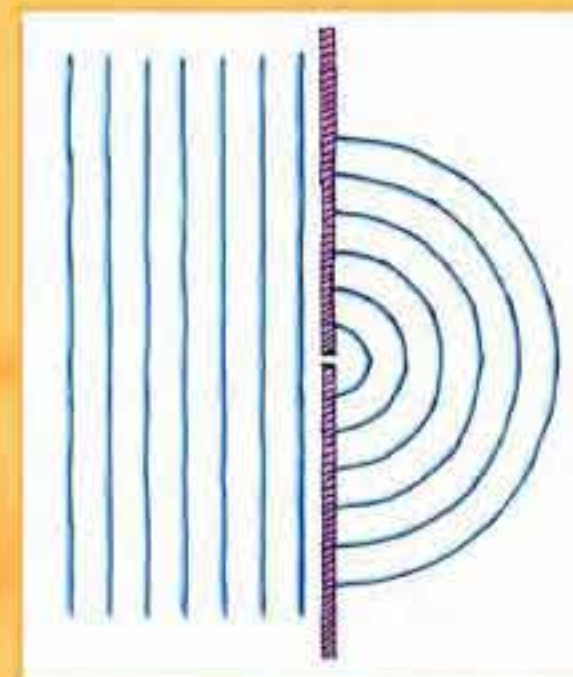


La luce corpuscolare farebbe sempre l'ombra.

Le onde avvolgono i fili, i fili non fanno ombra, la luce avvolge un filo come fa l'acqua con un palo.

“Chi non sa fare luce, almeno non faccia ombra” (proverbio).

PERÒ FENDITURA STRETTA



La fessura è piccola rispetto alla lunghezza d'onda della luce che è dell'ordine del decimillesimo di mm.

fenomeno della **diffrazione**

La luce che incide su una fessura molto stretta si sparpaglia.

Questo possono farlo solo le onde, i corpuscoli non ne sono capaci.

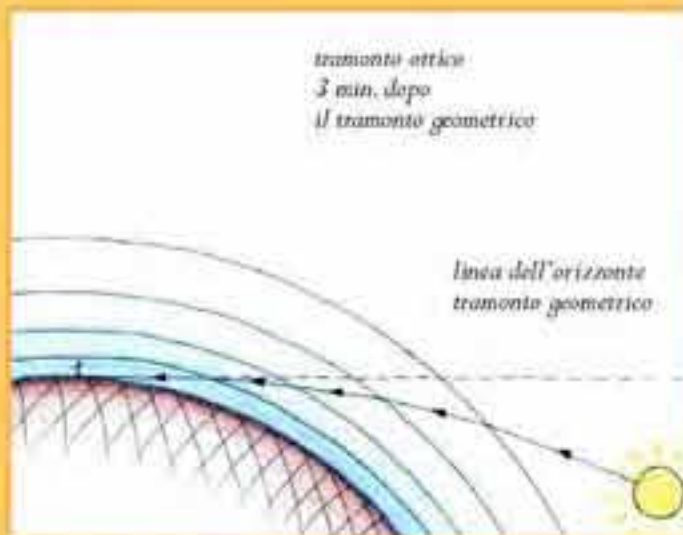
“Insisto che la luce viaggia in linea retta se non si mettono strani marchingegni.”

“Quando mai! Hai mai guardato un corpo immerso in acqua, sembra spezzato.”

“Una moneta in un bicchiere appare più in alto dopo che si è versata l'acqua.”



“Vista dall'acqua sta più in alto.”



Grazie alla rifrazione vediamo il Sole prima che sorga e dopo che è tramontato, cioè quando è ancora sotto l'orizzonte. L'effetto di rifrazione dovuto all'atmosfera "alza" il Sole, il tramonto ottico segue di circa 3 minuti quello geometrico.

Deformazioni del disco solare dovute agli strati irregolari dell'atmosfera.



RIFRAZIONE

La luce quando passa da un materiale all'altro cambia direzione, questo accade perché i due materiali hanno caratteristiche fisiche diverse, diverse densità come l'acqua e l'aria, diversi indici di rifrazione.

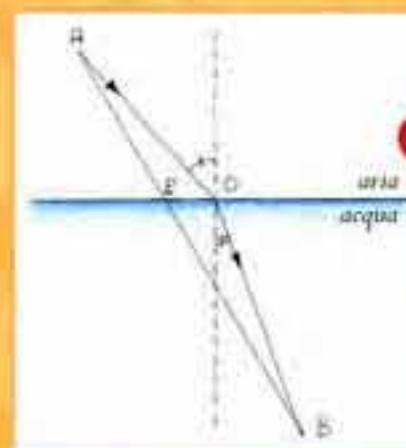


Pierre de Fermat (1601-1665)
giurista e matematico francese.

“Vi dico io che direzione prende la luce.”

PRINCIPIO DI FERMAT

La luce per andare da A a B non "sceglie" il percorso più breve APB, "sceglie" la strada per cui impiega il minor tempo possibile AOB.



La luce viaggia più veloce nell'aria, così "preferisce" stare più tempo lì.

Da tenere presente quando si vuole arrivare prima degli altri a salvare una bella ragazza: sulla spiaggia si corre più veloci, è meglio il percorso del tempo minimo che della minima distanza.



“Voglio qualcosa che rifletta perfettamente la luce.”

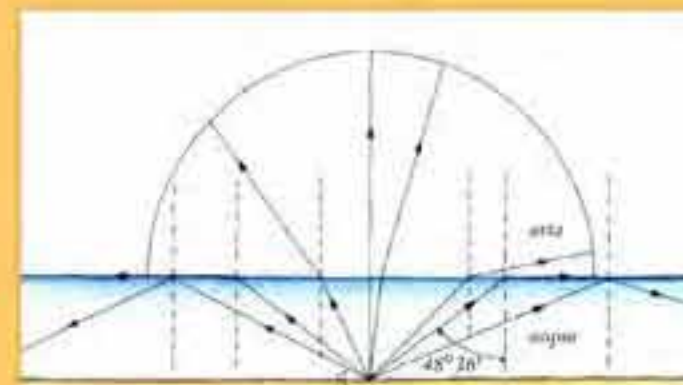
“Va bene uno specchio?”

“Non c'è qualcosa di meglio?”

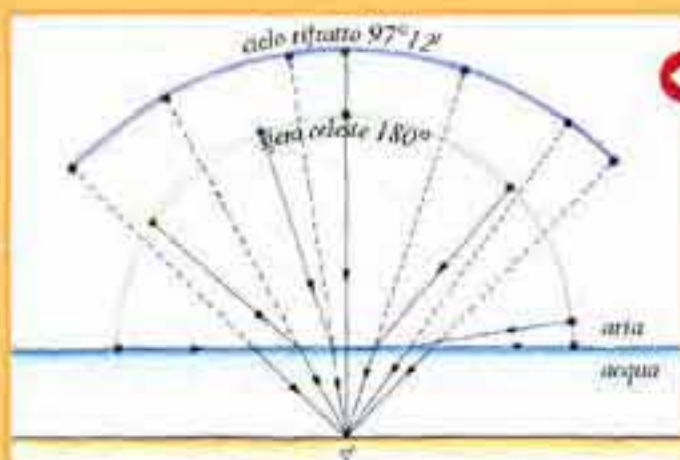
“Allora dell'acqua o un pezzo di vetro.”



Quando la luce passa da un mezzo di indice di rifrazione maggiore – vetro o acqua – ad uno di indice di rifrazione minore – aria –, la sua traiettoria si allontana sempre più dalla perpendicolare.



◀ ◀ Vale anche il contrario ▶ ▶



Il cielo stellato visto da sott'acqua si compatta in $97^{\circ}12'$ anziché 180°

Quando non può allargarsi di più – **angolo limite** –, allora si riflette e questa è una **riflessione totale**, migliore di quella degli specchi.



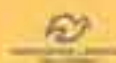
Si nota l'intensa luminosità del "cerchio" del cielo. Pesca sub, Foto Zara.



La superficie di separazione aria-acqua riflette l'immagine del sub. Pesca sub, Foto Laudati.

Gli astronauti hanno lasciato sulla Luna tanti prismi di vetro a riflessione totale. E' stato così possibile calcolare con grandissima precisione la distanza Terra-Luna sparando un raggio laser e aspettandone il ritorno.

Distanza media Terra-Luna ≈ 384.000 Km
Tempo di andata-ritorno quasi 3 sec.
Nota la velocità della luce la distanza venne determinata con una precisione dell'ordine del centimetro, una precisione di 1 su 10^{10} .



“Nel deserto ci sono miraggi: distese d'acqua compaiono sulla sabbia e non si possono raggiungere perché non esistono.”



“L'effetto Sahara” si vede d'estate sull'asfalto. Nelle giornate calde capita di avere la sensazione di asfalto bagnato, e delle auto davanti che viaggiano sull'acqua.”

Evidentemente quell'acqua non c'è, è un miraggio spiegabile col “principio di Fermat”.

MIRAGGI



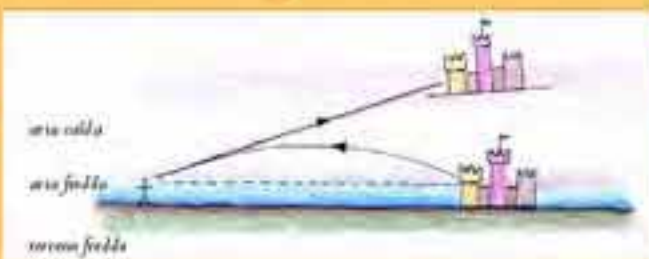
La luce viaggia più velocemente negli strati caldi.

In prossimità dell'asfalto gli strati d'aria sono più caldi, quindi meno densi.

La luce segue il percorso del tempo minimo – linea curva – “preferendolo” al percorso geometricamente più breve – linea tratteggiata – Fermat.

L'immagine della porzione di cielo sembra provenire dalla strada dando l'impressione di acqua.

Se sono più freddi gli strati d'aria vicini al terreno, allora accade il contrario – castelli in aria.

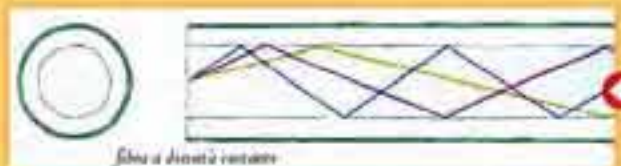


“In fotografia i miraggi vengono un disastro, accontentiamoci del disegno.”

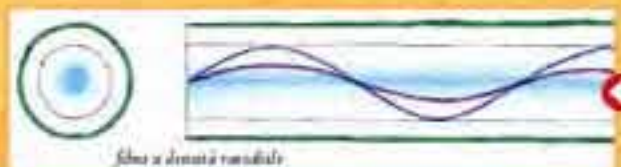


IL “MIRAGGIO” NELLE FIBRE OTTICHE

Nelle fibre ottiche i raggi restano confinati nella zona centrale.



Se la fibra ha indice di rifrazione uniforme, i raggi che subiscono molte riflessioni arrivano dopo quelli con meno riflessioni, inconveniente chiamato “dispersione modale”.



Per superarlo le fibre hanno indice di rifrazione maggiore al centro, i raggi più all'esterno viaggiano più veloci di quelli interni, seguono il percorso del tempo minimo evitando la “dispersione modale”.



“Perché l'arcobaleno è rotondo? Non potrebbe essere quadrato, triangolare?”

COSA ACCADE IN UNA GOCCIA D'ACQUA

Quando un raggio solare incide in una goccia d'acqua subisce riflessioni e rifrazioni.



La componente violetta ($\nu = 770 \cdot 10^{12}$ Hz, $\lambda = 390 \cdot 10^{-7}$ cm) subisce una rifrazione maggiore della componente rossa ($\nu = 385 \cdot 10^{12}$ Hz, $\lambda = 780 \cdot 10^{-7}$ cm).

Questo fenomeno è la **dispersione** della luce, la principale causa degli arcobaleni.

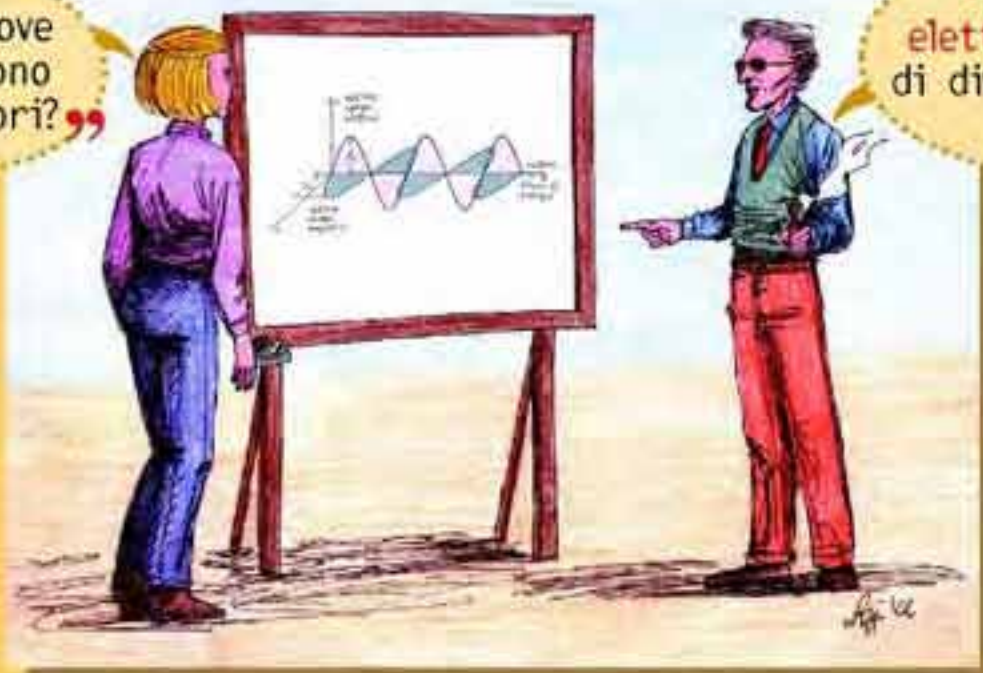
Il gioco delle riflessioni e rifrazioni fa sì che l'arcobaleno secondario abbia i colori invertiti rispetto a quello primario.



A TUTTO COLORE



“Da dove vengono i colori?”



“Da onde elettromagnetiche di diverse lunghezze d'onda.”

“Le onde elettromagnetiche sono colorate?”



“I corpi materiali non sono né colorati, né luminosi, sono delle nubi di atomi che emettono onde elettromagnetiche che per loro natura non possono essere né luminose, né colorate. I colori sono sensazioni, dipendono dal cervello.”

I colori puri sono quelli che fanno parte dello spettro della luce visibile.



La luce visibile è detta “bianca” perché costituita da onde elettromagnetiche di diversa lunghezza d'onda – colori –, un prisma di vetro è in grado di separare i colori che si mescolano nella luce – **spettro** –.



Mescolando i colori se ne possono ottenere di nuovi.



MESCOLANZA DENTRO L'OCCHIO



Georges Seurat (1859-1891)
 “Il ponte di Port-en-Bessin”
 “I pittori non devono mescolare tanto i colori, ma applicare per quanto possono i pigmenti puri uno accanto all'altro” – divisionismo –



Sintesi additiva.

Così si ottengono i colori nello schermo TV e nel disco di Newton.

“Ma i colori dell'arcobaleno non erano 7?”



“Sette:
 7 i toni dell'ottava musicale,
 7 i giorni della settimana,
 7 i fori della testa umana,
 7 i pianeti dell'antica cosmologia,
 7 i sacramenti, 7 i vizi capitali,
 7 i doni dello Spirito,
 7 i colli di Roma,
 7 le leghe degli stivali, 7 le arti,
 7 i gradini che conducono al tempio della saggezza,
 7 i sigilli di Salomone, 7 i giorni di una lunazione, posso continuare per un pezzo, fino ai 7 colori dell'arcobaleno.”



Isaac Newton (1642-1727) aggiunse tra il blu e il viola, l'indaco perché 7 è un numero mitico. Newton praticava l'alchimia, credeva nelle numerologie e non poteva resistere a questa splendida tentazione coloristica.

MESCOLANZA FUORI DALL'OCCHIO → VERNICI



Stampe in quadricromia = azzurro + rosso + giallo + nero da quadricromia



Sintesi sottrattiva.



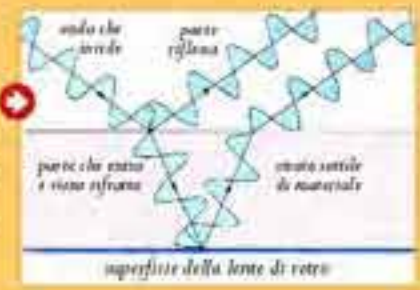
“Mi passi i miei filtri selettivi in frequenza e in lunghezza d'onda.”



NON È FACILE VEDERE L'INTERFERENZA

FILTRI

Queste due onde escono in interferenza distruttiva, si annullano dando oscurità.

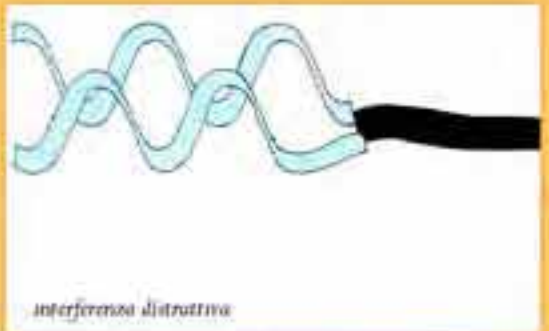


Mettiamo uno strato sottile di materiale — fluoruro di magnesio — sopra la lente, questo consente di realizzare filtri che distruggono certe lunghezze d'onda in riflessione.

COSA SUCCEDDE QUANDO LE ONDE SI INCONTRANO

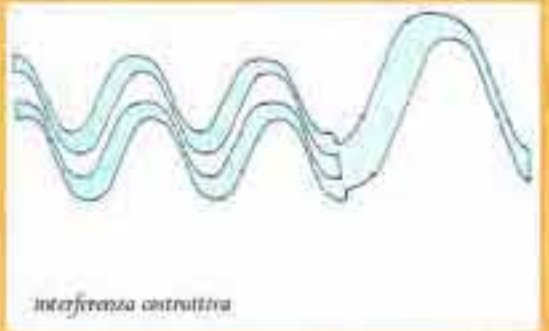
INTERFERENZA

Interferenza distruttiva

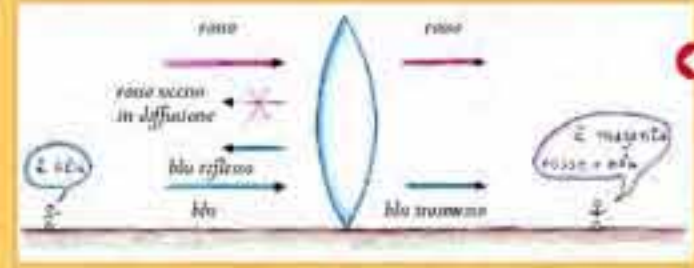


Quando due onde luminose hanno andamenti opposti — **opposizione di fase** — il loro effetto si annulla.

Interferenza costruttiva



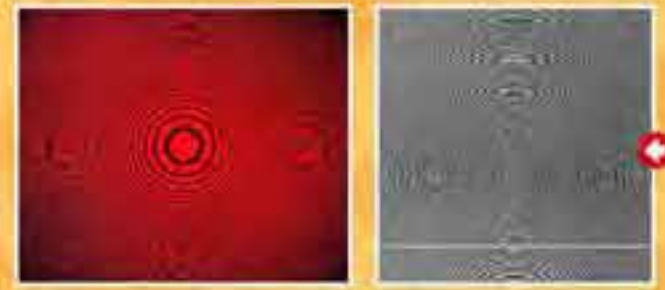
Quando due onde hanno lo stesso andamento — **concordanza di fase** — il loro effetto si amplifica.



Questi filtri hanno colori diversi se visti in riflessione o in trasmissione, si ottengono colori ottici, cioè prodotti dalla selezione di poche lunghezze d'onda e non da colorazione del vetro.

EFFETTO MOIRÉ

Due disegni identici si sovrappongono, in alcune zone le linee bianche vanno a coincidere dando sensazione di luminosità, in altre zone due linee nere finiscono una accanto all'altra diminuendo molto la luminosità, questo crea il "moiré pattern".



L'effetto moiré è visibile anche con una sola figura semplicemente per lo spostamento dell'immagine sulla retina.

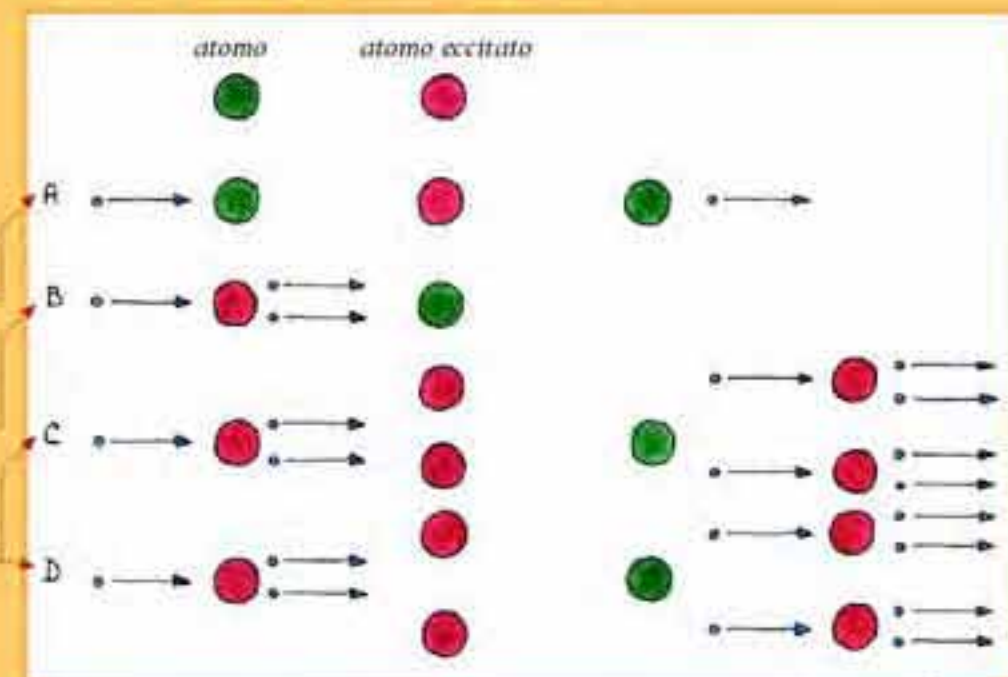
OGM ONDE GENETICAMENTE MODIFICATE OVVERO IL LASER



IL LASER È UN'INVASIONE DI FOTONI CLONATI

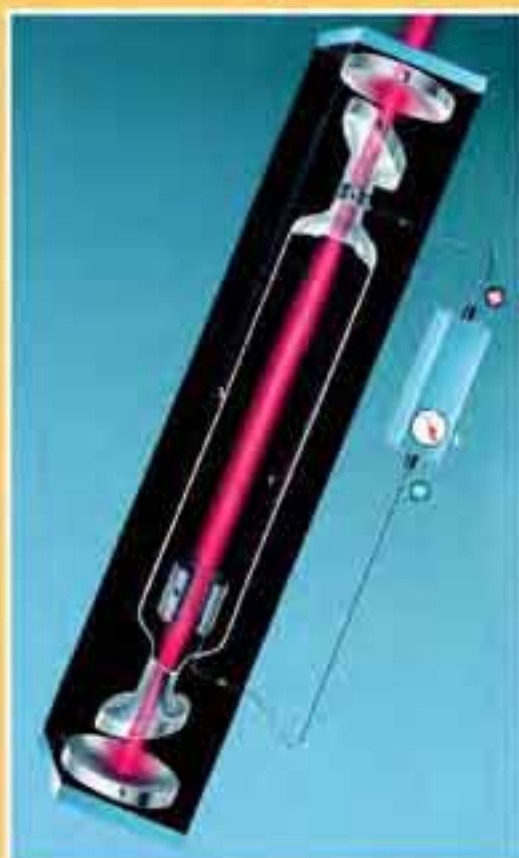


- A) Se una particella di luce – **fotone** – colpisce un atomo questo acquista energia – si eccita – e poi cede energia emettendo un fotone.
- B) Se l'atomo è già eccitato quando viene colpito emette 2 fotoni identici, **emissione stimolata**.
- C-D) Se abbiamo tanti atomi già eccitati possiamo produrre molti **fotoni identici**, luce coerente.



I fotoni prodotti in emissione stimolata sono fotoni clonati, cioè tutti uguali, il che equivale a onde di una sola lunghezza d'onda – monocromatiche – in fase, in moto nella stessa direzione.

QUESTO IN TEORIA, IN PRATICA...



- 1) Raggio laser
- 2) Specchio che riflette il 35% della luce
- 3) Finestra terminale
- 4) Anodo
- 5) Tubo a vuoto d'aria
- 6) Alimentatore ad alta tensione
- 7) Miscela gassosa
- 8) Catodo
- 9) Specchio a riflessione totale



I fotoni della luce laser sono emessi tutti nella stessa direzione, il fascio laser non si sparpaglia, è arrivato sulla Luna e ritornato a "illuminare" la Terra.

DOMANDA CRUCIALE

LA LUCE
È FATTA DA PARTICELLE
-FOTONI-
O DA ONDE
-ELETTROMAGNETICHE-?



In realtà è entrambe le cose, talvolta si comporta da onda, talvolta da particella.

“Caro Albert la luce ha due aspetti complementari, del resto anche gli elettroni hanno caratteristiche ondulatorie.”

Niels Bohr (1885-1962)
fisico danese,
autore del "principio di complementarità".



Albert Einstein

“Non ci credo, c'è dell'altro perché la natura è unitaria.”

