

FISICAST

SxT
per

L'arcobaleno

di
Giovanni Organtini



L' Arcobaleno

Giovanni Organtini

Abstract:

Si dice che ai piedi dell'arcobaleno si trova sempre un tesoro, ma come mai nessuno l'ha mai trovato? Perché nessuno potrà mai raggiungerne il punto in cui ha inizio, visto che si tratta di un fenomeno ottico nel quale ognuno di noi, di fatto, vede un arcobaleno diverso.

In questa puntata di Fisicast Giovanni Organtini ci spiega la sorprendente origine di questa meraviglia della Natura.

INIZIO

Si dice che ai piedi dell'arcobaleno si trova sempre un tesoro, ma come mai nessuno l'ha mai trovato? Perché nessuno potrà mai raggiungerne il punto in cui ha inizio, visto che si tratta di un fenomeno ottico nel quale ognuno di noi, di fatto, vede un arcobaleno diverso.

In questa puntata di Fisicast Giovanni Organtini ci spiega la sorprendente origine di questa meraviglia della Natura.

Rumori da esterno (da giornata di pioggia dopo la quale è tornato il sereno)

A: Bello l'arcobaleno, eh?

Q: Bellissimo, ma ormai ti conosco troppo bene per non sapere che stai per distruggerne la magia con una delle tue spiegazioni...

A: perché dici così? Pensi davvero che la bellezza di un fenomeno naturale si possa apprezzare soltanto se non ne sai spiegare l'origine? Io la penso esattamente al contrario.

Q: beh, insomma...il mistero affascina sempre, no?

A: certo, ma il bello del mistero è che si può svelare. Di cosa dovrei stupirmi credendo che l'arcobaleno sia un fenomeno soprannaturale, opera di qualcuno con poteri straordinari? Bella forza! Hai i poteri! Sapere invece che l'arcobaleno è il risultato della diversa velocità della luce nell'aria e nell'acqua, per me, lo rende molto più affascinante. È incredibile che una cosa tanto semplice produca un effetto così straordinario, non trovi?

Q: beh...messa così, in effetti...ma come sarebbe a dire che l'arcobaleno dipende dalla diversa velocità della luce?

A: la luce viaggia nel vuoto e nell'aria a una velocità di 300000 km/s, ma in un materiale trasparente diverso come il vetro o l'acqua si muove a velocità un po' più basse. La

conseguenza di questa diversa velocità è che la direzione dei raggi luminosi cambia passando da un materiale all'altro.

Q: e perché se cambia la velocità cambia la direzione?

A: come sai la luce è un'onda che si propaga. Fino a quando l'onda viaggia nello stesso materiale si propaga in linea retta. Pensa alle onde del mare al largo. Il fronte dell'onda, cioè tutti i punti di una cresta, viaggiano insieme tutti alla stessa velocità. Vicino alla costa, dove l'acqua è più bassa, la velocità dell'onda si riduce, e le onde cambiano direzione. Puoi rendertene conto guardando con attenzione alcune foto satellitari su Google Maps.

Q: non capisco perché ...

A: immagina il fronte d'onda come l'asse delle ruote di un'automobile che si muove nella direzione dell'onda. Fino a quando entrambe le ruote dell'asse si muovono alla stessa velocità la macchina va dritta. Se però una delle due ruote comincia a rallentare l'auto fa una curva e cambia direzione: è il trucco che usano i mezzi cingolati per sterzare. Questo può succedere se le ruote si muovono indipendentemente l'una dall'altra e una delle due si trova a passare da una superficie come l'asfalto a una superficie diversa, come la sabbia. La stessa cosa succede all'onda luminosa che dall'aria entra nell'acqua inclinata rispetto alla superficie di questa: i punti del fronte che incontrano prima la linea di separazione tra due materiali cominciano a muoversi più lentamente e restano indietro rispetto agli altri con il risultato che il fronte, complessivamente, si "piega" facendo cambiare direzione alla luce. L'effetto che ne risulta è che la luce sembra provenire da una direzione diversa.

Lo puoi vedere bene osservando una cannuccia immersa in un bicchier d'acqua. La cannuccia sembra piegata, ma non lo è. È la luce che proviene da essa che viaggia con angoli diversi secondo che provenga dall'aria o dall'acqua. Il fenomeno si chiama "rifrazione".

Q: l'arcobaleno però è un'altra cosa...

A: sì, ma prodotto dallo stesso effetto. Infatti, saprai che la luce bianca è la somma di luci di colori diversi...

Q: sì, lo so. Ricordo un gioco che si faceva da bambina: si metteva un disco diviso in tanti spicchi colorati su qualcosa che girava rapidamente e così il disco appariva bianco.

A: bene. Devi sapere che la luce rossa si muove nell'acqua a una velocità diversa da quella blu...

Q: quindi quando la luce rossa entra in un bicchiere d'acqua devia di un angolo diverso da quello della luce blu?

A: esattamente. Se fai passare della luce bianca attraverso un materiale trasparente, quindi, questa si scompone nei suoi componenti colorati perché ciascuno prosegue la sua corsa in una direzione diversa dall'altro.

Q: mmhhh... non mi pare di vedere la luce che attraversa le mie finestre scomporsi in colori diversi ..

A: perché il vetro della tua finestra non è abbastanza spesso, non devia molto i raggi del sole e, soprattutto, non ha la forma adatta...

Q: ah, quindi dipende dalla forma?

A: sì perché quando i raggi deviati nel vetro di una finestra ne escono per tornare nell'aria, l'angolo con il quale sono nuovamente deflessi è per così dire il contrario di quello di prima e questo li fa tornare ad avere tutti la stessa direzione originale. Serve un materiale trasparente, nel quale i diversi colori viaggiano con velocità molto diverse l'uno dall'altro, che non abbia le facce parallele...

Q: un prisma!

A: Dì la verità, te lo ricordavi da quel che hai studiato a Scuola.

Q: lo ammetto...

A: ok. Comunque è sufficiente che il materiale attraversato abbia le facce di entrata e di uscita della luce non parallele. Una goccia d'acqua per esempio va benissimo: è sferica! Ci sono condizioni nelle quali la luce entra in una goccia d'acqua, si scompone nei diversi colori e ne esce con un angolo molto grande rispetto a quello originale, per effetto di riflessioni multiple all'interno della goccia.

Q: aspetta un attimo...quando la luce entra nella goccia che è trasparente, viene deviata e va bene...ma quando poi arriva su un punto diverso della parete della goccia dovrebbe ripassare nell'aria...dov'è che viene riflessa?

A: se mi fai questa domanda sei convinta, come molti, che quando un raggio di luce incontra un materiale trasparente non può che entrarvi. Secondo te per riflettere la luce il materiale su cui incide non deve essere trasparente, ma lucido, vero?

Q: sì, perché? Non è forse così?

A: allora spiegami come mai in certe condizioni puoi vedere la tua immagine riflessa nel vetro di una finestra...

Q: in effetti..., non c'avevo pensato...

A: tranquilla. Sono in molti a non farlo! La luce che incontra la superficie che separa due materiali trasparenti in parte viene rifratta e in parte riflessa. La percentuale di luce riflessa dipende dall'angolo di incidenza della luce e dalla velocità della luce nei due materiali. Ci sono casi in cui questa percentuale può arrivare al 100%, come nelle fibre ottiche, che sono trasparenti, ma dalle cui pareti la luce non esce.

Q: Su questo punto mi hai convinta. Torniamo all'arcobaleno.

A: L'arcobaleno si verifica in circostanze particolari. Devono esserci molte goccioline d'acqua sospese nell'aria (dopo un temporale, per esempio, ce ne sono parecchie, ma

puoi vedere un arcobaleno anche vicino agli irrigatori o ancora vicino alle fontane). Quando il Sole ha un'altezza favorevole sull'orizzonte, la sua luce incide sulle goccioline in modo tale da essere rifratta e scomposta nelle sue componenti all'interno della goccia; la luce rifratta giunge sulla parete interna della goccia e qui può essere riflessa per poi uscire dal lato da cui è entrata con un'ulteriore rifrazione. Quando esce dalla goccia i raggi di luce di diversi colori non sono più paralleli tra loro, ma viaggiano in direzioni diverse, anche se molto vicine l'una all'altra. Per questa ragione, guardando in direzione delle goccioline, vedi luce di diversi colori provenire da angoli leggermente diversi.

Q: ma perché la forma è quella di un arco?

A: Provo a spiegartelo facendo qualche approssimazione grossolana, ma efficace. Immagina di avere il Sole alle tue spalle, a qualche decina di gradi sopra l'orizzonte. Immagina tre goccioline d'acqua in po' in alto davanti a te. La luce bianca del Sole incide con lo stesso angolo su tutte e tre. Considera la gocciolina di mezzo: la luce entra e si scompone nei diversi colori; raggiunge il fondo della goccia e viene riflessa più o meno all'indietro; a questo punto esce dalla goccia muovendosi nella tua direzione, ma i diversi colori hanno direzioni diverse. Immaginiamo che il raggio di colore verde arrivi al tuo occhio...

Q: quindi io vedrò della luce di colore verde arrivare dal punto in cui si trova la gocciolina.

A: perfetto! Da quella stessa gocciolina viene fuori anche un raggio rosso che però è deviato di più rispetto a quello verde e quindi arriverà a colpirti un po' più in basso, diciamo all'altezza del mento...

Q: quindi non lo vedo...

A: infatti...il raggio blu che esce sempre dalla stessa gocciolina, invece, essendo meno deviato di quello verde...

Q: mi passerà sopra la testa!!

A: brava! La stessa cosa accade con le altre goccioline, ma poiché stanno ad altezze differenti, da quella più in alto ti arriverà il raggio rosso, che prima ti colpiva sul mento, mentre da quella più in basso ti arriverà il raggio blu, che prima ti passava sopra la testa.

Q: Ho capito: per questo allora nell'arcobaleno il rosso sta in alto e il blu in basso

A: È proprio per questo. E la forma di arco dipende dal fatto che tu vedi la luce di un colore solo se arriva da un particolare angolo. Tutte le rette che formano lo stesso angolo con la direzione nella quale guardi formano un cono. Quello che tu vedi è la sezione della base del cono.

Q: scusa Giovanni, ma guardando bene mi pare proprio di vedere un secondo arcobaleno, molto più tenue, sopra quello di cui stiamo parlando...

A: è quello che si chiama arcobaleno secondario. L'arcobaleno primario si forma in seguito alla deviazione della luce del sole nella goccia, seguita da una riflessione interna alla goccia e un'ulteriore deviazione in uscita. L'arcobaleno secondario invece si forma in seguito al fatto che un raggio di luce che entra nella goccia, dopo essere stato riflesso una volta, giungendo sulla superficie della goccia non ne esce, ma viene riflesso una seconda volta per uscire quindi con un angolo abbastanza più grande. Non si vede sempre perché l'intensità della luce riflessa due volte è molto più bassa di quella riflessa una sola volta. Ma se guardi bene noterai anche che il cielo sotto l'arcobaleno è più luminoso di quello sopra.

Q: è vero!

A: il motivo è che la descrizione che ti ho fatto prima della formazione di un arcobaleno è molto semplificata. Ho infatti assunto che la luce di un certo colore proveniente dalle goccioline formi sempre lo stesso angolo con la direzione della luce solare, ma non è così. Le goccioline infatti hanno una forma complicata, che possiamo approssimare a quella di una sfera, perciò la luce viene deviata in modo diverso, secondo il punto in cui incide sulla superficie della goccia. L'angolo del quale la luce è deviata dipende da come la luce incide sulla parete delle gocce, che cambia secondo il punto in cui la luce bianca incide su essa.

Q: quindi la luce di un certo colore potrebbe provenire da direzioni molto diverse?

A: proprio così, ma ci sono angoli più probabili di altri. La luce blu, per esempio, in effetti prende molte direzioni, ma la maggior parte finisce per essere deviata all'interno di un intervallo di angoli abbastanza stretto. Per questo, in prima approssimazione, puoi far finta che l'angolo di deviazione sia costante.

Q: e questo cosa c'entra col fatto che il cielo è più chiaro sotto?

A: c'entra perché la luce che comunque non prende quelle direzioni particolari finisce per essere deviata in modo tale da provenire da angoli più piccoli rispetto alla direzione dei raggi solari, quindi dall'interno dell'arcobaleno. In questa zona la luce (debolissima) di tutti i colori si mescola e quindi appare come luce bianca, che si somma a quella già presente nel cielo. Per questo quella parte del cielo sembra più luminosa e chiara di quella all'esterno dell'arcobaleno.

Q: ho capito. Beh, certo che in effetti è incredibile che il solo fatto che la luce abbia diverse velocità nei diversi materiali provochi una cosa tanto bella!

A: e pensare che c'è gente che pensa che la scienza sia "arida"...

Q: tutt'altro! Avevi proprio ragione. Gli aspetti della Natura che suscitano meraviglia sono molto più affascinanti se ne conosci l'origine, specialmente quando ti rendi conto che, in fondo, la ragione per cui si verificano è incredibilmente semplice.

FINE