

**L'angolo di zio Albert  
Primi passi nella Fisica**

## I COLORI DELL'ARCOBALENO

Di Sergio Musazzi \*

\* Ricercatore e divulgatore scientifico

*Una rubrica per guidare i bambini della scuola primaria ad «accorgersi» della varietà dei fenomeni fisici presenti nella realtà quotidiana. Per dare soddisfazione a quella curiosità infantile, definita «sacra» da Albert Einstein e tipica dei grandi scienziati, ma che è spesso mortificata da approcci ludici o fantasiosi se non addirittura aridamente formalistici.*

*Una sfida che l'autore ha raccolto, coniugando semplicità e rigore concettuale e linguistico.*

*«Zio Albert» conduce i suoi piccoli lettori a scoprire il segreto di quel meraviglioso arco fatto di tutti i colori dell'iride che possiamo contemplare in cielo: l'arcobaleno.*

Un caro saluto ai miei piccoli lettori. Questa volta vorrei parlarvi di un fenomeno luminoso che, nonostante sia ben conosciuto, non finisce mai di stupire per la sua bellezza e grandiosità.

Si tratta, come avrete probabilmente intuito, dell'arcobaleno: quel maestoso arco luminoso dai vividi colori che a volte, quando le condizioni di luce sono favorevoli, appare sullo sfondo del cielo al termine di un temporale o in prossimità di una cascata.

Immagino che dopo un primo istante di stupore vi sarete chiesti perché si verifica questo fenomeno e da dove nascono i magnifici colori che lo caratterizzano. Se avete un po' di pazienza cercherò di spiegarvelo con parole semplici.

Innanzitutto dobbiamo notare che l'arcobaleno compare solo quando è presente il Sole, alle nostre spalle, e nell'aria sono sospese minuscole goccioline d'acqua. È ragionevole, perciò, ipotizzare che il fenomeno osservato sia una conseguenza dell'interazione della luce del Sole con queste gocce. Cosa succede, infatti, quando un raggio di luce solare incontra una goccia d'acqua posta davanti a noi?

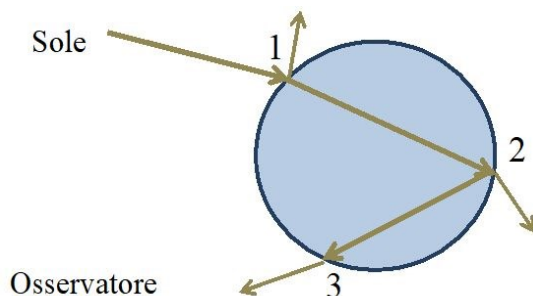
Come mostrato nella *figura sottostante*, il raggio che incide sulla goccia nel punto 1 viene in parte riflesso (e si perde nell'aria) e in parte penetra nella goccia cambiando la sua direzione di propagazione a causa del fenomeno della rifrazione (di cui vi avevo già parlato a proposito de "Gli Scherzi della luce: i miraggi" nel n° 65 - Giugno 2017 della rivista).

In pratica, quando un raggio luminoso attraversa la superficie di una goccia deve rallentare (poiché in un liquido o in un solido la luce si propaga più lentamente che in un gas) ed è proprio questo rallentamento il responsabile del suo cambio di direzione (questa affermazione risulterà più chiara con l'esperimento che vi proporrò).

Dopo essere penetrato nella goccia, il raggio di luce rimbalza più volte sulla sua superficie interna (per semplicità la figura che segue mostra un solo rimbalzo nel punto 2) e a ogni rimbalzo una parte viene riflessa e prosegue la sua corsa all'interno della goccia, mentre una parte viene rifratta e fuoriesce dalla goccia.



Il raggio che viene rifratto nel punto 3 della figura e propaga nell'aria nel verso opposto a quello che aveva nel punto 1 (cioè allontanandosi dalla goccia), è proprio quello che contribuisce alla formazione dell'arcobaleno assieme ad altri raggi che hanno fatto lo stesso percorso in altre gocce



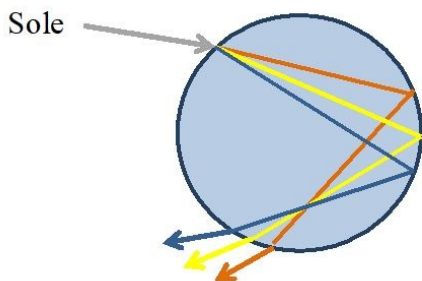
E questo spiega perché per osservare l'arcobaleno, il Sole deve stare alle nostre spalle.

*Come nascono i colori dell'arcobaleno?*

Per risolvere questo quesito dobbiamo ricordare che la luce del Sole non è di un unico colore. Noi la vediamo bianca, ma in realtà questo colore è il risultato della sovrapposizione di un'ampia gamma di altri colori: quelli dell'arcobaleno per l'appunto!

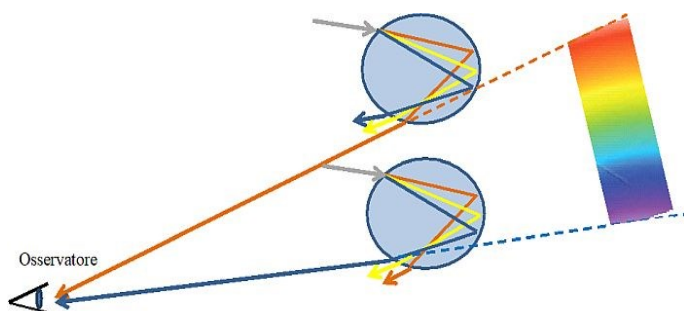
Le gocce d'acqua, infatti, scompongono la luce del Sole nelle sue componenti cromatiche, mostrandocene poi separate. Il meccanismo responsabile di questo fenomeno è, ancora una volta, la rifrazione. Le radiazioni luminose di colore diverso vengono frenate diversamente dall'acqua e quindi sono deviate ad angoli diversi; quando un raggio di Sole colpisce una goccia, perciò, le sue componenti cromatiche vengono deviate ad angoli leggermente diversi, dando così origine a uno sparpagliamento angolare dei vari colori.

Come mostrato nella *figura sottostante*, raggi di diverso colore si muovono nella goccia seguendo percorsi diversi. Di conseguenza, la componente cromatica rossa, che è quella meno deviata, emerge dalla goccia nella posizione inferiore del ventaglio di colori, mentre quella violetta, che subisce la deviazione maggiore, occupa la posizione più alta.



Poiché i raggi rossi sono quelli più inclinati rispetto alla direzione di osservazione, essi sembrano provenire da una quota più elevata, e questo spiega perché il colore rosso occupa la parte superiore dell'arcobaleno.

Per il motivo opposto, il violetto appare nella parte inferiore. Gli altri colori appariranno ovviamente distribuiti fra questi due estremi (vedi *figura sottostante*).



### *Perché l'arcobaleno ha forma circolare?*

Rimane da capire perché l'arcobaleno mantiene sempre la stessa forma circolare anche cambiando la posizione da cui lo osserviamo.

La spiegazione è sostanzialmente di tipo geometrico. Se osservate le precedenti figure, noterete che l'angolo formato dal raggio di Sole che colpisce la goccia e quello che fuoriesce dalla goccia nella direzione dell'osservatore, è ben definito: è compreso fra 40 e 42 gradi a seconda della componente cromatica considerata.

Questo significa che l'arcobaleno compare ai nostri occhi solo all'interno di questo piccolo angolo. Detto in altri termini, le goccioline d'acqua responsabili della formazione dell'arcobaleno sono solo quelle che inviano la luce rifratta ai nostri occhi esattamente nella regione angolare compresa fra 40 e 42 gradi rispetto alla direzione dei raggi del Sole. Queste goccioline (se esistono) sono proprio quelle contenute nella porzione di cielo perfettamente circolare occupata dall'arcobaleno.

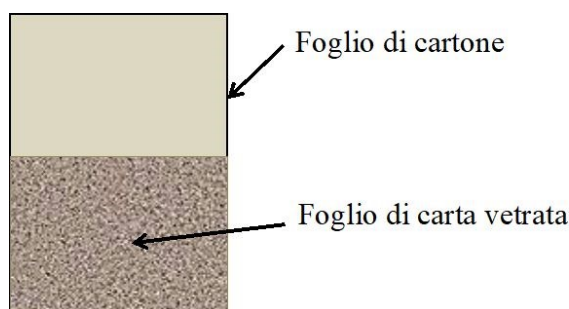
### **Esperimento**

Vorrei ora proporvi un semplice esperimento che consente di riprodurre meccanicamente il fenomeno della rifrazione che, come abbiamo visto, è alla base della formazione dell'arcobaleno.

Vi servono: alcuni libri, un foglio di cartone rigido e liscio, un foglio di carta vetrata e un carrello formato da due ruote rigidamente collegate fra loro da un asse. Se non riuscite a procurarvelo smontando un'automobilina, potete realizzarlo con due dischi di sughero, ottenuti affettando un tappo, da collegare fra loro con uno stuzzicadenti.

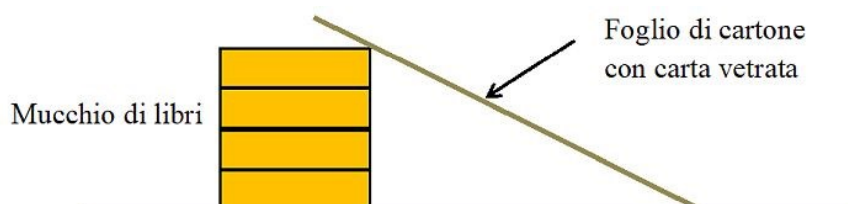
### *Primo passo*

Applicate con del nastro biadesivo il foglio di carta vetrata al foglio di cartone, in modo da occupare circa metà della sua superficie.



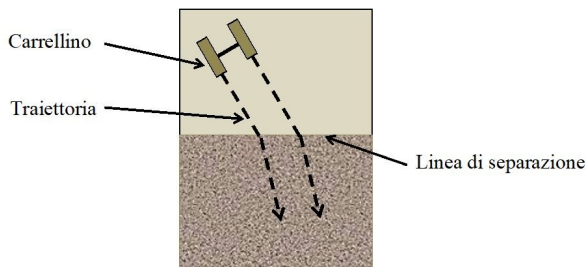
### *Secondo passo*

Costruite un piano inclinato appoggiando il foglio di cartone con la carta vetrata a dei libri ammucchiati. Rapporto altezza/base del piano inclinato circa 1/4.



*Terzo passo*

Fate scendere dal piano inclinato il carrellino a due ruote. Se la sua traiettoria forma un angolo diverso da 90 gradi rispetto alla linea di separazione fra la parte liscia del cartone e la zona occupata dalla carta vetrata, noterete che il carrellino cambia improvvisamente la sua direzione di moto quando incontra la superficie più ruvida della carta vetrata.



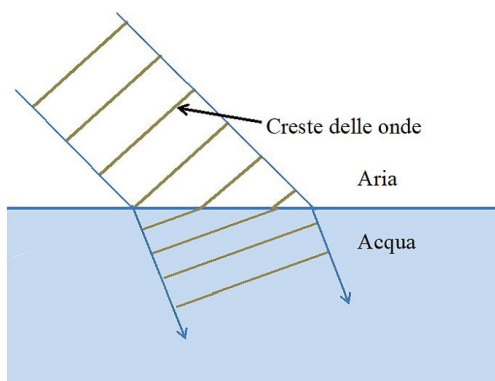
*Spiegazione semplice*

Le due regioni del piano inclinato, quella liscia e quella più ruvida rappresentano due mezzi in cui la luce si propaga con velocità diversa, come ad esempio l'aria e l'acqua (la superficie più rugosa rappresenta il materiale in cui la luce si propaga più lentamente, nel nostro caso l'acqua). Il carrellino riproduce il comportamento di un raggio di luce che attraversa i due mezzi.

*Per chi vuole saperne di più*

Il motivo per cui il carrellino cambia direzione quando incontra la superficie più ruvida è il rallentamento di una ruota rispetto all'altra. La ruota che per prima incontra la zona ruvida, infatti, rallenta a causa del maggiore attrito, mentre l'altra ruota (che si trova ancora sulla parte liscia) mantiene la sua velocità iniziale. Il risultato è una rotazione attorno alla ruota frenata (è lo stesso principio usato dai mezzi cingolati per curvare).

La stessa cosa accade quando un fascio di luce incontra un materiale trasparente che lo costringe a rallentare (vedi Figura che segue).



Possiamo immaginare il fascio di luce come un plotone di soldati che marciano ben allineati. In questo caso la luce va pensata come un treno di onde che propaga in una certa direzione, e le linee che individuano le creste (o le valli) delle onde rappresentano le file di soldati.

Quando il plotone incontra una zona paludosa, i soldati che per primi entrano in acqua rallentano perché fanno più fatica a marciare, mentre quelli della stessa fila che sono ancora all'asciutto mantengono la propria velocità.

Il risultato è una rotazione delle singole file man mano che queste entrano nell'acqua e, di conseguenza, un cambiamento nella direzione di marcia dell'intero plotone nel mezzo che causa il rallentamento (come mostrato nell'ultima Figura).

Sergio Musazzi

(Ricercatore e divulgatore scientifico)

*Chi Siamo*

*Vai alla Home-Page della Rivista*

*Vai alla Sezione SCIENZ@SCUOLA*

*Vai agli SPECIALI della Rivista*