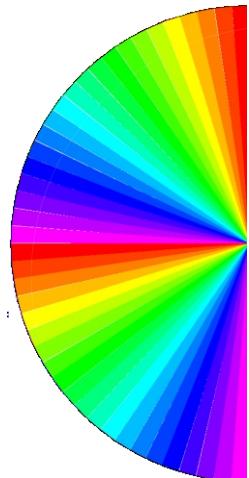


ESPERIMENTI SEMPLICI PER CAPIRE UNA TERRA COMPLESSA



2 La luce e i colori

Testo: Bernardino Barrientos García

Illustrazioni: Luis Adán Martínez Jiménez

Traduzione a cura di: Verónica Nájera Martínez,
María Luisa Pedraglio, Michelangelo Martini

Universidad Nacional Autónoma de México

Enrique Luis Graue Wiechers
Rettore

Leonardo Lomelí Vanegas
Segretario Generale

William Henry Lee Alardín
Coordinatore delle Ricerche Scientifiche



Jorge Volpi Escalante
Coordinatore de Diffusione Culturale

Joaquín Díez Canedo Flores
Direttore Generale di Pubblicazioni e Promozione Editoriale

Lucía Capra Pedol
Direttore del Centro di Geoscienze

Susana A. Alaniz Álvarez
Ángel F. Nieto Samaniego
Manuel Lozano Leyva
Serie Coordinatori

Elisa López Alaniz
Disegno

Lluvia Landaverde
Formazione

Prima edizione: Giugno 2018
D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, México

Centro de Geociencias
Universidad Nacional Autónoma de México
No. 3001, Boulevard Juriquilla, Querétaro
C.P. 76230, Messico

ISBN (Opera Completa): 978-607-02-9178-4
ISBN: 978-607-30-0467-1
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.

Índice

| | |
|---|----|
| Introduzione | 3 |
| Esperimenti di Newton | 4 |
| Rifrazione della luce | 6 |
| L'arcobaleno | 8 |
| Crea un arcobaleno | 9 |
| — Come misurare la dimensione di un arcobaleno? | 10 |
| Il disco di Newton | 10 |
| La polarizzazione della luce | 11 |
| Crea il tuo spettro di colore | 11 |
| L'arcobaleno secondario | 12 |
| Aspetti curiosi dell'arcobaleno | 12 |
| Il mondo dei colori | 14 |
| Conclusione | 18 |
| Ringraziamenti | 19 |
| Isaac Newton | 20 |
| Sull'autore | 21 |

E come sarebbe il mondo senza colori?
Di che cosa è fatto l'arcobaleno?
Perché è fatto di colori?
Perché è un arco circolare?

Introduzione

La luce è uno dei mezzi più importanti con il quale noi tutti interagiamo con il mondo che ci circonda. Questo lo facciamo tramite il nostro senso della vista. In questo modo, mediante il senso della vista, possiamo ottenere il cibo, metterci in contatto con gli altri, spostarci da un posto ad un altro, o semplicemente contemplare la natura. Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, chi di noi non si è stupito quando ha guardato il blu del cielo, i diversi colori dell'arcobaleno o le tonalità rossastre di un tramonto? Lungo il corso della storia, questi fenomeni hanno sorpreso le diverse culture per le loro caratteristiche tipiche e straordinarie. In particolare, l'arcobaleno impressiona per la sua forma d'arco circolare, per il fatto che appare galleggiando tra la terra e il cielo e per i suoi colori. Ma come sarebbe il mondo senza colori? In questo opuscolo esamineremo i diversi aspetti necessari per la formazione di un arcobaleno e anche la forma attraverso la quale percepiamo gli oggetti e i colori con cui li vediamo.



Prima di tutto, lasciatemi presentare i nostri due amici: il criceto Isaac e il suo grande amico il gatto Carmelo, i quali in questo momento stanno parlando di cose molto interessanti riguardo alla luce.

Esperimenti di Newton

Gatto Carmelo: Sai Isaac? Ieri m'è toccato vedere un arcobaleno spettacolare e mi sono venute in mente diverse domande a cui non ho potuto rispondere.

Criceto Isaac: Di che domande si tratta? Forse io ti posso aiutare a rispondere.

Gatto Carmelo: Di che cosa è fatto l'arcobaleno? Perché è un arco circolare? Perché è fatto di colori?

Criceto Isaac: Sono molto interessanti le tue domande! Sai Carmelo, una delle prime persone a dare delle risposte esatte a queste domande è stato il mio omonimo Isaac Newton, uno degli scienziati più geniali di tutti i tempi.

Gatto Carmelo: Oh! E come l'ha fatto?

Criceto Isaac: Nel 1666, Isaac Newton ha realizzato il seguente esperimento. Nella sua stanza buia, ha fatto passare un raggio di luce bianca del sole attraverso un piccolo buco praticato in una delle finestre oscurate, e poi ha fatto passare questo raggio di luce attraverso un pezzo di vetro in forma di prisma. Newton ha osservato che la luce passando attraverso il prisma formava un raggio di luce più largo, il quale conteneva tutti i colori, con una distribuzione simile a quella che si osservava in un arcobaleno. Oggi, questa fascia multicolore viene conosciuta come spettro dei colori. I nostri occhi possono distinguere, senza molta fatica, sette tipi di colori.

Newton ha anche notato che questi colori apparivano sempre nello stesso ordine; per esempio, dall'alto in basso: prima rosso, poi arancione, giallo, verde, blu, blu marino (indaco), e infine il violetto. Per essere sicuro che la luce bianca era quella che conteneva tutti i colori e che la generazione di essi non era una proprietà del

Per ragioni di visualizzazione, la luce bianca viene rappresentata in giallo.



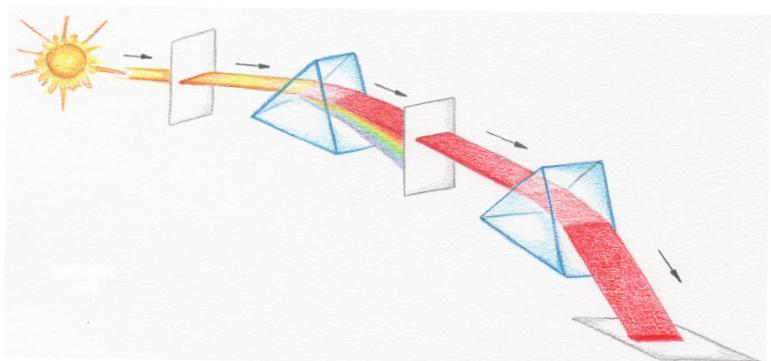
Quando un raggio di luce bianca (o di luce che proviene dal Sole) attraversa il prisma di vetro, il raggio viene decomposto in diversi colori.



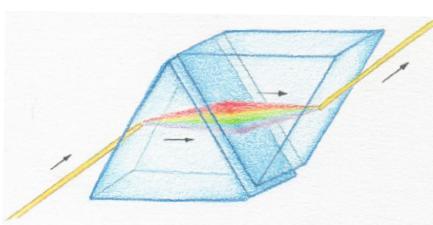
Molto interessante!

prisma, a partire dal raggio multicolore formato da un primo prisma, Newton ha scelto un solo componente di colore, frapponendo un pezzo di cartone con un piccolo foro fra il punto di partenza e il punto di arrivo del raggio. Facendo passare questo componente di luce attraverso un secondo prisma, ha osservato che questo non veniva separato nuovamente in vari colori. Con questo semplice esperimento Newton ha concluso che la luce bianca conteneva tutti i colori e che la sua separazione (chiamata dispersione cromatica della luce) era dovuta al fatto che ogni colore veniva deviato o rifratto con un angolo differente quando il raggio passava attraverso il prisma.

Gatto Carmelo: Dispersione cromatica? È veramente strano questo nome!



Criceto Isaac: Inoltre, Newton ha pensato che se tutti i colori prodotti all'uscita del prisma erano contenuti nel raggio di luce bianca, allora, se venivano combinati nuovamente, essi avrebbero prodotto luce bianca. Per verificare, Newton ha fatto passare il raggio multicolore attraverso un secondo prisma di vetro, ma capovolto. Aveva ragione: la striscia di colori, quando è stata combinata nuovamente, ha prodotto luce bianca.



Se i nostri amici sono interessati a fare questo esperimento loro stessi, devono trovare due prismi di vetro, che si possono acquistare presso il Centro di Ricerca Ottica (www.cio.mx) e metterli come viene mostrato, a circa due o tre millimetri di distanza tra di loro.

Rifrazione della luce

Criceto Isaac: Carmelo, sai cosa succede a un raggio di luce quando passa da un mezzo trasparente, per esempio l'aria, ad un altro differente, per esempio il vetro?

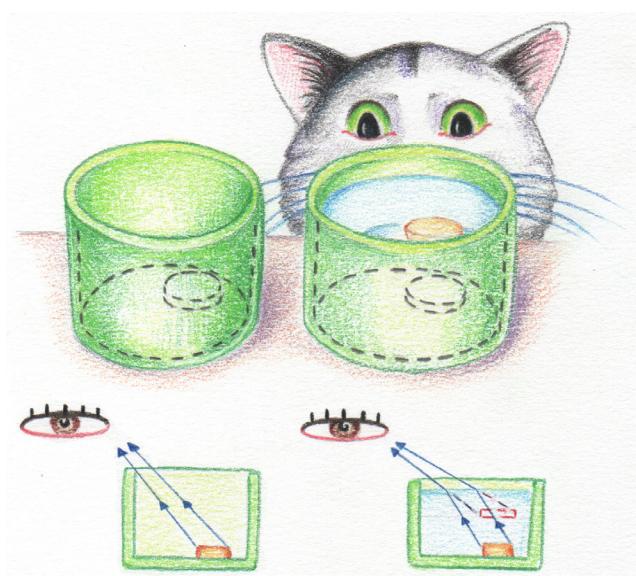
Gatto Carmelo: No, cosa succede?

Criceto Isaac: Allora, subisce una deviazione nella sua traiettoria. Questo fenomeno viene conosciuto come rifrazione della luce. Con il prisma puoi renderti conto che sia il raggio che entra come quello che esce subiscono una deviazione. All'ingresso, la luce passa da aria a vetro e, di conseguenza, viene rifratta; lo stesso succede all'uscita, perché la luce adesso passa da vetro ad aria.

Gatto Carmelo: Non capisco bene, spiegami un po' di più.

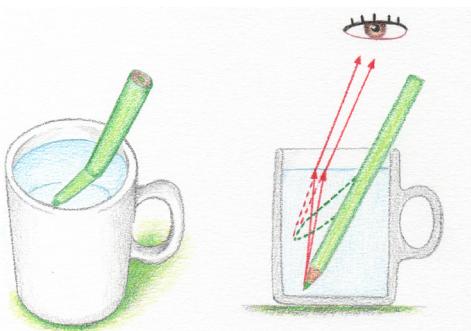
Criceto Isaac: Per capire meglio cos'è la rifrazione della luce, invitiamo i nostri amici a fare il seguente esperimento. Mettete una moneta piccola nel fondo di una tazza, in modo che la possiate vedere da una certa posizione. Poi, allontanatevi piano piano fino a quando si veda solo l'orlo della moneta. La luce che esce dall'orlo della moneta viaggia direttamente verso i vostri occhi. Senza muovervi, chiedete a un amico che versi dell'acqua piano piano dentro la tazza. Che cosa succede? Sì, ecco, la moneta comincia ad apparire completa! Perché, Carmelo?

Gatto Carmelo: Allora... eeeh... beh, mmm.



Esperimento dell'apparizione della moneta. Senza acqua, la luce proveniente dal punto A viaggia in linea retta verso l'occhio di Isaac. Con l'acqua, la luce di ogni punto della moneta viaggia attraverso due traiettorie verso l'occhio di Isaac.

Criceto Isaac: Con l'acqua, il raggio che va dall'orlo della moneta verso il tuo occhio passa dall'acqua all'aria e dunque viene rifratto. Questa rifrazione produce un'illusione ottica che fa pensare che la luce provenga dal punto da dove la vediamo, che si trova più in alto rispetto a dove è veramente. Dato che succede lo stesso con tutti i punti della superficie della moneta, avrai l'impressione che essa si trova più in alto rispetto alla sua posizione reale. Lo stesso spiega perché gli oggetti in una piscina si vedono più vicini. Sai? Nell'antichità alcuni aborigeni che usavano arpioni per pescare, li lanciavano in modo che intuitivamente compensassero l'effetto della rifrazione, cioè, invece di lanciare l'arpione nella direzione dove la loro vista percepiva il pesce, lo lanciavano con un angolo tale che potevano colpire il punto dove il pesce si trovava veramente. L'immagine che vediamo dentro un bicchiere con dell'acqua viene conosciuta come immagine virtuale, dato che non esiste nella posizione in cui noi la vediamo.



Distorsione
di un oggetto
dovuta al
fenomeno della
rifrazione.
L'immagine di
destra mostra
che la punta
della matita la
percepiamo più
in alto rispetto
a quando non
c'è l'acqua.

Gatto Carmelo: Miau! Incredibile!

Criceto Isaac: La rifrazione spiega anche perché cambia la forma degli oggetti quando vengono introdotti nell'acqua.

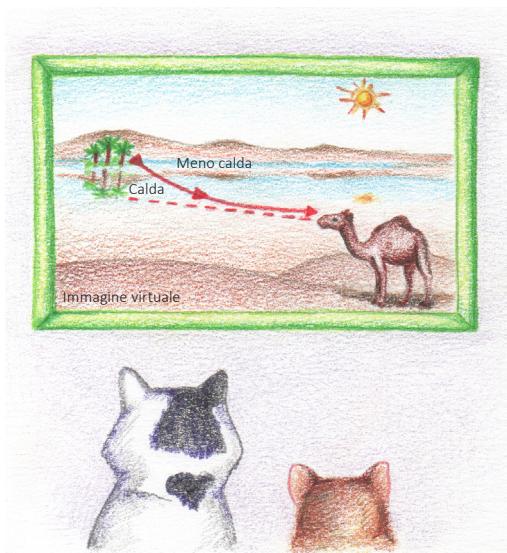
Anche i miraggi che si producono nel deserto o quando si viaggia in autostrada sono dovuti alla rifrazione della luce. In questi casi ci sembra di percepire che in lontananza ci siano degli oggetti (in genere acqua) sul suolo, ma quando arriviamo a quel punto non c'è niente. Questo è un altro esempio della formazione di immagini virtuali.

Gatto Carmelo: Aaaaah! Ma come succede tutto questo?

Criceto Isaac: Ti faccio un altro esempio attraverso la scena rappresentata in quel quadro che vedi sulla parete. Lì, il cammello vede apparentemente che in lontananza c'è una palma sul suolo circondata dalle acque di un lago. Vediamo quello

che succede. In pieno giorno, l'aria che si trova vicino al suolo si riscalda molto di più di quella che è più lontana. Questa differenza di temperatura fa sì che la luce venga rifratta con un angolo diverso a differenti altezze, cioè, la capacità dell'aria di rifrangere la luce dipende dalla sua temperatura. Dato che l'aria ha diverse temperature a diverse altezze, la luce che viaggia da un oggetto lontano (come la palma) viene decomposta in diverse traiettorie prima di arrivare all'occhio dell'osservatore. Quello che apparentemente sembra essere un lago è il cielo la cui immagine virtuale si osserva sul suolo.

Gatto Carmelo: Ah! Come nei film!



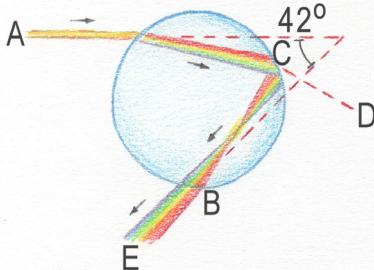
L'aria vicina a una superficie calda produce immagini virtuali di oggetti che si trovano relativamente lontani dall'osservatore. Questo fenomeno viene conosciuto come miraggio.

Criceto Isaac: Finora hai imparato perché la luce viene deviata o rifratta, ma non sai ancora perché ogni colore viene deviato con un angolo diverso, come nell'esempio della decomposizione di colori nel prisma. La spiegazione moderna è che un materiale trasparente risponde in modo diverso a ogni colore dovuto alla sua struttura atomica.

Gatto Carmelo: umm!

L'arcobaleno

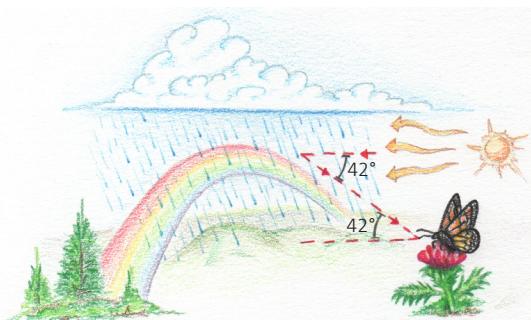
Criceto Isaac: Allora, la dispersione cromatica è la decomposizione della luce bianca in tutti i suoi colori dovuto al fatto che ogni colore viene rifratto in modo differente quando passa da un mezzo a un altro. Un esempio spettacolare è la formazione di un arcobaleno, il quale si forma perché la luce bianca del Sole viene dispersa cromaticamente e si riflette dentro le gocce della pioggia; te lo faccio vedere in una figura. Prima, la luce viene dispersa quando passa attraverso una goccia



(punto A), e quando arriva nuovamente alla superficie (punto C) subisce una riflessione, fatto molto simile a quello che succede in uno specchio. In questo modo, una frazione della luce che proviene da A si riflette verso B e un'altra viene trasmessa verso D, la quale non arriva agli occhi dell'osservatore (E). Dopo questa riflessione, i raggi continuano a separarsi fino a quando escono dalla goccia (punto B). Dunque, ogni goccia provoca una piccola dispersione alla luce del Sole e tutte le gocce che si trovano in una posizione adeguata tra l'osservatore e il Sole contribuiscono a che noi vediamo un'immagine virtuale di un arco multicolore chiamato precisamente arcobaleno.

Con un angolo di 42° tra la direzione d'osservazione e la direzione d'incidenza della luce il fenomeno è più manifesto. Inoltre, se si prende in considerazione la simmetria sferica delle gocce, cioè, che siano percepite uguali da qualsiasi direzione, allora tutte le gocce che rientrano in detto angolo, formano un arco circolare.

Gatto Carmelo: ¡Uhm!

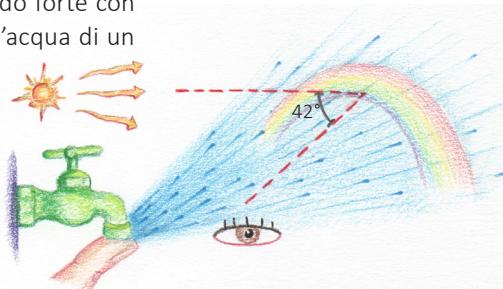


La formazione dell'arcobaleno si deve alla dispersione cromatica e alla riflessione della luce proveniente dal Sole dentro le gocce d'acqua della pioggia.

Crea un arcobaleno

Criceto Isaac: In un giorno soleggiato possiamo creare un piccolo acquazzone premendo forte con un dito sulla parte da dove fuoriesce l'acqua di un rubinetto o di una pompa per innaffiare.

Poi, per osservare l'arcobaleno dobbiamo solo fare attenzione a che l'angolo tra la direzione d'incidenza della luce e la direzione di osservazione sia di 42° .



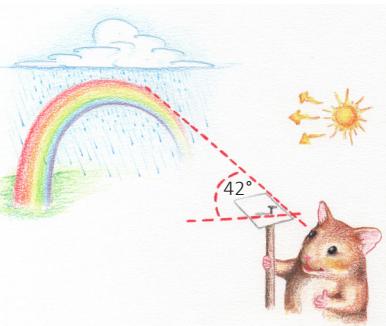
Come misurare la dimensione di un arcobaleno?

Criceto Isaac: Dimmi, Carmelo, come pensi di poter misurare la dimensione angolare di un arcobaleno?

Gatto Carmelo: Con un righello? No?

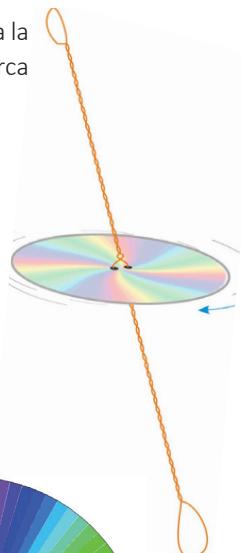
Criceto Isaac: Non esattamente, ma ti propongo di fare quest'altro esperimento. Taglia un pezzo di cartone in forma rettangolare, più o meno di 10 x 20 centimetri, e mettilo sopra una superficie d'appoggio verticale con un chiodo. Dirigi uno degli estremi del pezzo di cartone verso il bordo della parte più alta dell'arcobaleno. Misura l'angolo tra l'ombra del chiodo, che indicherà la direzione della luce del Sole, e il bordo del cartone. Questo angolo rappresenta la metà della dimensione angolare dell'arcobaleno e sarà all'incirca di 42°. Questa è la dimensione dell'arcobaleno.

Gatto Carmelo: Miau!



Il disco di Newton

Criceto Isaac: Per ricombinare luce dei diversi colori e così ottenere luce bianca si possono utilizzare i due prismi o, alternativamente, un disco che contenga i sette colori dell'arcobaleno. Quando fai girare il disco, per esempio, unendolo a un ventilatore o a un volano, i tuoi occhi percepiscono il disco di un colore vicino al bianco.



La polarizzazione della luce

Criceto Isaac: Carmelo, come già sai, perché si formi un arcobaleno è necessario che ci siano la pioggia e la luce del Sole, cioè, il cielo non deve essere completamente nuvoloso. Inoltre, l'angolo tra la direzione d'incidenza della luce e la direzione di osservazione deve essere di 42°.

In un giorno con pioggia e Sole localizza l'arcobaleno. Trova degli occhiali da sole polarizzati e osserva l'arcobaleno; cosa succede? Una parte dell'arcobaleno sparisce! Senza toglierti gli occhiali, gira la tua testa di quasi 90° in qualsiasi direzione e osserva il cambiamento.

Oltre al colore, un'altra caratteristica importante della luce è la polarizzazione. Gli occhiali polarizzati, così come gli occhi di alcuni insetti a differenza di quelli degli esseri umani, hanno la capacità di individuare la polarizzazione. Gli occhiali polarizzati sono disegnati per bloccare o assorbire la luce di un determinato tipo di polarizzazione. Si sa che la luce riflessa nelle gocce d'acqua acquisisce un diverso tipo di polarizzazione che dipende dalla posizione di queste sull'arcobaleno. Per questo quando si osserva l'arcobaleno con gli occhiali polarizzati, la luce che proviene da determinate parti dell'arcobaleno è completamente bloccata, e quella di altre, trasmessa parzialmente verso i nostri occhi.

Gatto Carmelo: Polarizzazione! non lo avevo mai sentito prima.

Crea il tuo spettro di colore

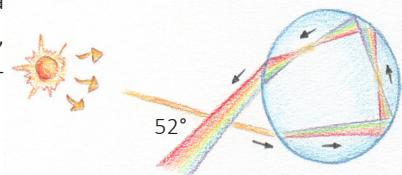
Criceto Isaac: Carmelo, trova uno specchio e mettilo in un recipiente con dell'acqua. Utilizza un foglio di carta bianca per osservare la luce rifratta dallo specchio a più o meno due metri di distanza. Quello che osservi sul foglio sarà un bellissimo spettro di colore. Come si è formato? Prendi in considerazione che di tutti i raggi di luce che arrivano allo specchio, alcuni entrano nell'acqua per riflettersi nello specchio e poi si rifrangono quando escono dall'acqua. Questi raggi subiscono lo stesso effetto di quelli menzionati nella formazione dell'arcobaleno, cioè, si rifrangono due volte e si riflettono una sola volta. Osserva che in realtà non esistono soltanto sette colori ma un'infinità di essi. Per esempio, se osservi con molta attenzione lo spettro formato, puoi notare che esiste una grande quantità di tonalità di rossi, verdi, eccetera.



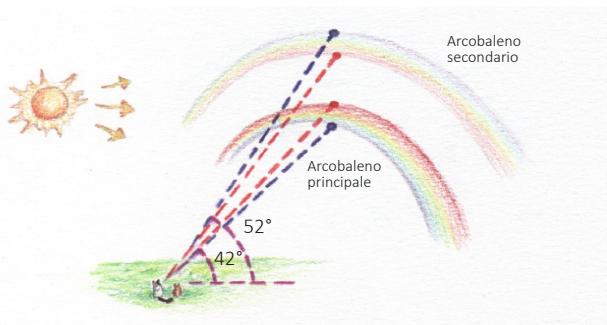
L'arcobaleno secondario

Criceto Isaac: Carmelo, se osservi con molta attenzione un arcobaleno, può darsi che noti la presenza di un altro di poca intensità intorno al primo. Questo arcobaleno di scarsa intensità viene conosciuto come arcobaleno secondario e si produce grazie al fatto che la luce dentro le gocce d'acqua subisce una seconda riflessione. In questo caso, l'ordine dei colori è al contrario di quello che appare nell'arcobaleno principale.

Gatto Carmelo: ¡Sí! l'ho visto prima.



Oltre all'arcobaleno principale, se ne forma un altro un po' più in alto rispetto ad esso. Questo arcobaleno viene conosciuto con il nome di arcobaleno secondario.



Aspetti curiosi dell'arcobaleno

Gatto Carmelo: E si può attraversare un arcobaleno?

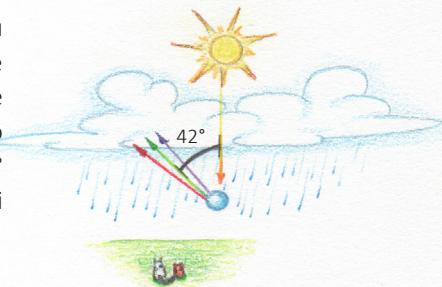
Criceto Isaac: No. Quando uno si ferma in un posto, osserva l'arcobaleno generato da tutte le gocce d'acqua che rientrano in un angolo di 42° tra la direzione d'incidenza della luce e quella di osservazione. Quando uno si muove verso l'arcobaleno, altre gocce d'acqua diverse da quelle di prima sono quelle che danno origine al fenomeno. Dunque, quando uno si muove, lo fa anche l'arcobaleno, ma sembra che rimanga fisso; certo, sempre che ci siano gocce d'acqua che possano rifrangere la luce verso i nostri occhi.

Gatto Carmelo: Vedo che nell'arcobaleno principale il rosso è sopra il viola, ma secondo ciò che succede alla luce in una sola goccia d'acqua, questo dovrebbe essere al contrario.

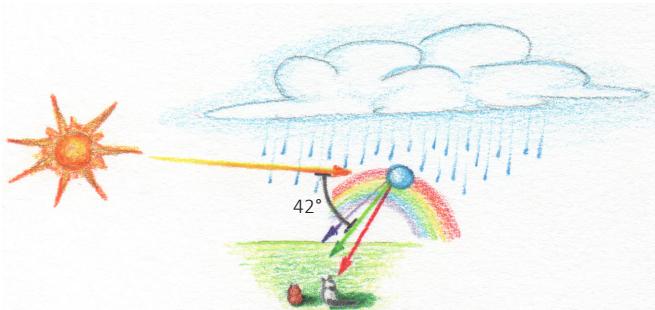


so da una certa goccia raggiunge gli occhi di un osservatore, il componente viola non lo fa. Tuttavia, il componente viola da una goccia localizzata a 2° al di sotto della precedente, sì lo fa. In questo modo il rosso proviene dalle gocce che si trovano nella parte più esterna dell'arcobaleno e il viola da quelle che si trovano nella parte più interna. Le gocce che contribuiscono alla formazione dell'arcobaleno hanno un diametro approssimativo tra 0,25° mm e 4 mm. La forma delle gocce più grandi tende a schiacciarsi durante il viaggio verso il suolo; ciò è contrario a quello che si pensa, cioè, che le gocce siano allungate. Invece la forma delle più piccole è sferica.

Criceto Isaac: Molto buona la tua osservazione. L'angolo di 42° nel quale si trova l'arco rispetto alla direzione d'incidenza della luce sulle gocce è, in realtà, un valore medio. Per il componente rosso, l'angolo esatto è di 43° e per il viola è di 41°. Ciò dà origine al fatto che l'ampiezza angolare dell'arcobaleno sia di $43^\circ - 41^\circ = 2^\circ$. Quando il componente rosso disperso da una certa goccia raggiunge gli occhi di un osservatore, il componente viola non lo fa. Tuttavia, il componente viola da una goccia localizzata a 2° al di sotto della precedente, sì lo fa. In questo modo il rosso proviene dalle gocce che si trovano nella parte più esterna dell'arcobaleno e il viola da quelle che si trovano nella parte più interna. Le gocce che contribuiscono alla formazione dell'arcobaleno hanno un diametro approssimativo tra 0,25° mm e 4 mm. La forma delle gocce più grandi tende a schiacciarsi durante il viaggio verso il suolo; ciò è contrario a quello che si pensa, cioè, che le gocce siano allungate. Invece la forma delle più piccole è sferica.



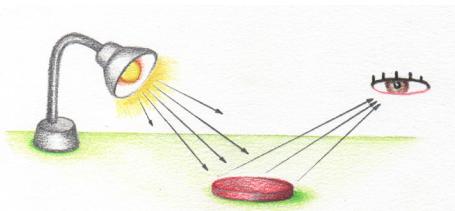
In queste figure viene rappresentata una sola goccia d'acqua e la dispersione cromatica che produce in un raggio di luce durante il mezzogiorno (Figura in alto) e al tramonto o all'alba (Figura in basso).



L'angolo di 42° tra la direzione d'incidenza della luce e quella di osservazione ha influenza anche sui momenti della giornata in cui si può osservare l'arcobaleno. Quando il sole è alto nel cielo, per esempio a mezzogiorno, la luce dell'arco non raggiunge un osservatore e in questo momento della giornata è molto raro vedere un arcobaleno da terra. Tuttavia, le sere o le mattine quando il sole appare all'orizzonte, è possibile vedere un arcobaleno in tutto il suo splendore.

Il mondo dei colori

Criceto Isaac: Carmelo, finalmente ti posso descrivere la forma attraverso cui possiamo percepire il colore dei diversi oggetti che ci circondano. Possiamo vedere la grande maggioranza degli oggetti perché sono illuminati. Ci sono oggetti che hanno una propria luce, per esempio, il Sole, una lampada o una luciola. Si può pensare un oggetto come se fosse formato da molti punti dove ognuno di essi riceve luce; una parte di questa luce viene assorbita mentre un'altra parte viene diffusa in tutte le direzioni. Se alcuni raggi di questa luce diffusa arrivano agli occhi di un osservatore, allora l'osservatore può vedere l'oggetto. Se l'oggetto assorbe tutta la luce, questo viene percepito come nero. Così, il nero è mancanza di luce e non è propriamente un colore. Nella stessa maniera, se in un posto c'è luce ma non un oggetto che possa rifletterla verso i nostri occhi si vede tutto nero. Ciò spiega perché il colore del cielo durante le sere è nero, tranne per le stelle e i pianeti. Le stelle hanno luce propria perché sono come il nostro Sole; ma i pianeti e la Luna non hanno luce propria, comunque brillano, perché?



Gatto Carmelo: Perché riflettono la luce del Sole!

Criceto Isaac: Molto bene! Addirittura, se gli oggetti non assorbono tutta la luce, allora vengono percepiti a partire dal colore di quella parte di luce che riflettono. Nel caso di una moneta rossa, viene percepita con questo colore perché assorbe tutta la luce bianca tranne la parte del colore rosso. Nella stessa maniera, se un oggetto che è illuminato con luce bianca viene percepito di colore giallo, ciò è dovuto al fatto che assorbe il blu, cioè, riflette principalmente il verde e il rosso. Così, quando viene illuminato un oggetto giallo con luce blu, l'oggetto verrà visto in colore nero perché la luce che gli arriva viene completamente assorbita.

Si sa che quando si combinano soltanto tre colori, chiamati colori primari, si possono ottenere tutti gli altri, dipende dalla quantità che si usa di ognuno di loro. Un insieme di colori primari è il rosso, il verde e il blu. Se combiniamo, per esempio, la stessa quantità di rosso e blu otterremo il giallo, e se combiniamo stesse quantità di verde e blu otterremo l'azzurro cielo (ciano). La combinazione dei tre colori primari in parti uguali produce il bianco. Un altro insieme di colori primari è quello formato dal ciano, il magenta e il giallo. Quando questi colori vengono combinati nelle stesse quantità producono il colore nero. In pittura, è comune considerare il rosso, il blu e il giallo come colori primari.

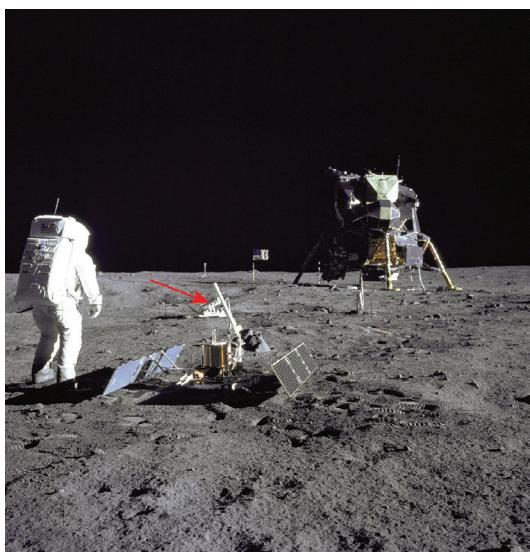
Un fatto interessante: il colore più presente nelle bandiere di tutti i paesi è il rosso,

uno dei colori che attira di più l'attenzione perché generalmente viene messo in relazione con il colore del fuoco e del sangue.

Gatto Carmelo: Dunque, è per questo che il rosso è utilizzato come segnale dei semafori?

Criceto Isaac: Esattamente. D'altra parte, ci sono colori nella natura, per esempio il ciano o il bianco delle nuvole, che non possono essere spiegati usando soltanto il fenomeno dell'assorbimento.

Oltre la riflessione, l'assorbimento, e la rifrazione, esiste un altro fenomeno chiamato diffusione. In questo caso, si tratta di oggetti formati allo stesso tempo da altri oggetti molto piccoli che assorbono e diffondono la luce in quasi tutte le direzioni. Questi piccoli oggetti possono essere,



per esempio, le diverse molecole che formano l'aria, le gocce d'acqua che formano le nuvole, la polvere del materiale che forma il gesso, i cristalli di ghiaccio che formano la neve, le particelle che formano il latte, eccetera. Se non ci fosse l'atmosfera con tutte le sue particelle, il cielo in pieno giorno sarebbe nero (tranne per la luce delle stelle ed i pianeti), dato che non ci sarebbe niente che possa diffondere la luce verso i nostri occhi. Ciò è stato accertato nelle prime fotografie prese dalla Luna in pieno giorno nel 1969, dove il cielo sulla Luna appariva come un sottofondo nero. Ciò è dovuto al fatto che l'atmosfera della Luna è molto tenue e non contiene quasi materiale che possa diffondere la luce.

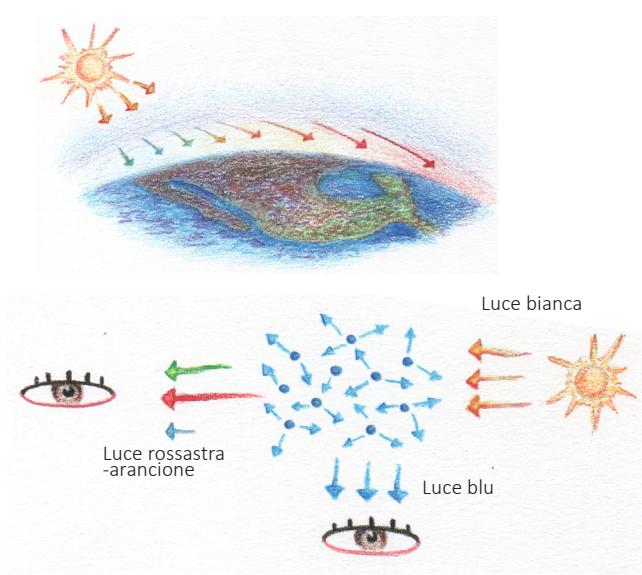
Questa fotografia è stata scattata il 20 luglio 1969 dal primo uomo che ha messo piede sulla Luna, l'astronauta Neil A. Armstrong. In primo piano appare Edwin E. Aldrin e un modulo di sperimentazione sismica, in fondo il modulo lunare Eagle (Aquila) e in mezzo, segnato con una freccia, uno specchio retroriflettore. Con quest'ultimo dispositivo si sa che la Luna si allontana dalla Terra 3,8 centimetri all'anno. Fotografia concessa gratuitamente dalla NASA: NASA ASII-40-5948 http://grin.hq.nasa.gov/BROWSE/apollo11_i.html.

Gatto Carmelo: Molto interessante! Un cielo nero in piena luce del giorno!

Criceto Isaac: Quando le piccole particelle hanno una misura minore di un cinquantesimo dello spessore di un cappello, per esempio le diverse molecole che formano l'aria, la luce che esse diffondono dipende dal colore con cui queste vengono illuminate. Una molecola di azoto (della quale l'aria contiene il 78%) diffonde principalmente il blu; anche gli altri colori vengono diffusi, ma in una quantità minore. Questa è una delle principali ragioni per le quali il cielo appare di colore blu in qualsiasi direzione lo si guardi. Ciò spiega anche il rosso dei tramonti dato che la componente blu a quest'ora del giorno arriva ai nostri occhi molto attenuata.

Gatto Carmelo: Ma a mezzogiorno la parte del cielo vicino al Sole non è rossa. Perché?

Criceto Isaac: Molto buona la tua osservazione! In questo caso, la luce vicina alla direzione del Sole presenta piuttosto un tono giallo chiaro. La differenza del colore percepito a mezzogiorno da quello percepito durante il tramonto ha a che vedere con la diversa quantità di luce che riesce ad arrivare a un osservatore. Se la quantità di blu fosse inesistente, la luce avrebbe un tono arancione-rossastro; invece, se arrivasse una piccola quantità di blu mescolata con gli altri colori, il risultato sarebbe una luce con una tonalità giallastra. Durante i tramonti la quantità di blu che riesce ad arrivare a un osservatore è minore dato che in questo momento della giornata la luce bianca proveniente dal Sole deve viaggiare attraverso una maggiore quantità d'aria che in qualsiasi altro momento del giorno e, di conseguenza, in questo momento è quando il componente di luce blu subisce la maggior diffusione e allora essa non arriva quasi per niente all'osservatore.

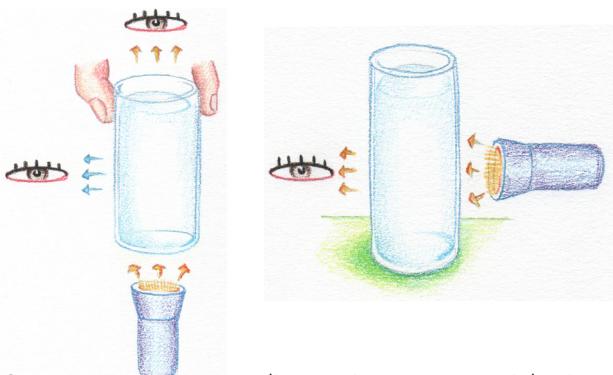


Diffusione della luce bianca (la quale contiene le stesse quantità di rosso, verde e blu) dovuta alle diverse molecole dell'aria (punti blu). Le frecce blu rappresentano principalmente la diffusione della luce blu.

Gatto Carmelo: Non posso smettere di stupirmi!

Criceto Isaac: Per accertare quanto detto, invitiamo i nostri amici a fare il seguente esperimento. Cercate un bicchiere di vetro trasparente e riempitelo con acqua (350 millilitri più o meno), poi, aggiungete 20 o 40 gocce di latte (1-2 millilitri) e mescolate bene. In una stanza vuota, chiedete a un amico di illuminare con una torcia elettrica il bicchiere dall'alto. Se osservate di traverso, potrete notare che la luce ha un colore blu pallido, invece, se osservate da sotto, noterete che la luce che proviene dalla torcia ha un colore arancione-rossastro. Nell'esperimento le particelle di latte (molecole di grasso e proteine) hanno lo stesso effetto sulla luce bianca della torcia di quello che hanno le diverse molecole dell'aria sulla luce bianca del Sole. Infine, se illuminate il bicchiere da uno dei lati e osservate il lato contrario, che cosa pensate di vedere? Ancora una volta, la luce con un tono rossastro, ma non così rossastro come quello di prima dato che in questo caso la luce attraversa meno "latte in acqua" e dunque, il blu non riesce a diffondersi molto.

Diffusione della luce bianca (la quale contiene le stesse quantità di rosso, verde e blu) dovuta alle diverse molecole dell'aria (punti blu). Le frecce blu rappresentano principalmente la diffusione della luce blu.



Criceto Isaac: Dunque, se gli oggetti sono composti da piccole particelle un po' più grandi delle particelle descritte prima, allora la diffusione della luce non ha più una preferenza per i colori, e i piccoli oggetti diffondono tutti i colori in stesse quantità. Il risultato di ciò è che un osservatore riceve tutti i componenti dei colori e dunque, percepisce la luce diffusa di colore bianco.

Infatti, è questo quello che succede quando il Sole illumina le piccole gocce d'acqua che formano una nuvola e ciò fa sì che vengano percepite di colore bianco. Tuttavia, come mai alcune nuvole si vedono scure?

Gatto Carmelo: Non ricevono molta luce...

Criceto Isaac: Appunto! In certe occasioni le parti più alte della nuvola proiettano ombre sulle parti più basse, e in tal modo le parti basse ricevono meno luce; dunque, non c'è molta luce che possano diffondere. In più, se una nuvola è relativamente grande, allora, ai suoi bordi arriva poca luce e ciò fa sì che siano percepite di un colore scuro.

Gatto Carmelo: Ah!

Criceto Isaac: Lo stesso meccanismo che origina la bianchezza delle nuvole fa sì che il sale, lo zucchero, la schiuma, i gessi, la neve, ecc., vengano percepiti di colore bianco. Le minuscole particelle che formano questi oggetti sono trasparenti alla luce, in forma individuale. Ciò può essere accertato se si osserva un solo cristallo di sale e poi un mucchio di essi. Nel primo caso, il cristallo è trasparente, ma il mucchio è bianco. Qualcosa di simile succede con le bolle, singolarmente sono trasparenti, ma quando sono insieme per fare schiuma vengono percepite di colore bianco.

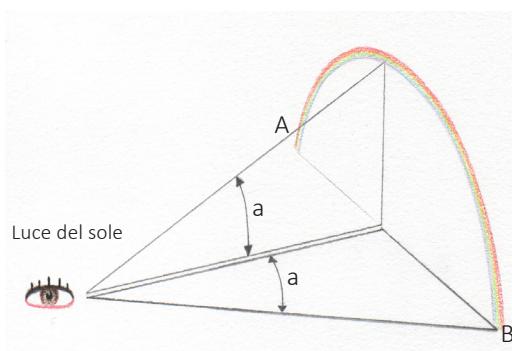
Gatto Carmelo: Certo! Non mi ero reso conto!

Conclusione

Criceto Isaac: Carmelo, adesso è possibile rispondere alle tue domande dell'inizio riguardo all'arcobaleno: di che cosa è fatto? perché è un arco circolare? e perché è fatto di colori? Le risposte sono le seguenti: a) di luce, b) primo, in una goccia d'acqua i fenomeni di dispersione cromatica e di rifrazione sono più evidenti in un angolo ben preciso tra la direzione della luce e la direzione di osservazione. Secondo, a causa della geometria sferica delle gocce, tutte quelle che rientrano nell'angolo anteriore riflettono luce in forma simile. Terzo, tutte le gocce situate in un angolo costante dal punto di osservazione, generano un cono con il suo apice negli occhi dell'osservatore, e la proiezione di quel cono sulla parete della pioggia è l'arco di un circolo. c) A causa della dispersione cromatica della luce prodotta dalle gocce d'acqua quando piove.

In questa figura si mostra che la proiezione di un cono tagliato a metà su un piano è la base del cono, cioè, un semicircolo. Un cono è una figura geometrica che si ottiene quando si gira una linea retta intorno a un asse di rivoluzione (linea tratteggiata centrale) con un angolo costante, a . È questo quello che succede nell'arcobaleno, dove $a=42^\circ$ e la direzione della luce proveniente dal Sole corrisponde all'asse di rivoluzione. In questo disegno si mostra soltanto la metà del cono, dato che ciò è quello che succede quando si forma un arcobaleno, cioè, non ci sono gocce

d'acqua al di là del suolo che contribuiscono con l'altra metà del cono o equivalentemente all'altra metà del circolo. Tuttavia, se osserviamo la pioggia da un aereo o da una montagna è possibile osservare il circolo completo. Nella figura si può notare che la misura angolare dell'arcobaleno è di $2a=84^\circ$, cioè, è il numero di gradi che c'è tra due punti diametralmente opposti sull'arcobaleno, per esempio tra A e B. In questa stessa figura si può vedere anche

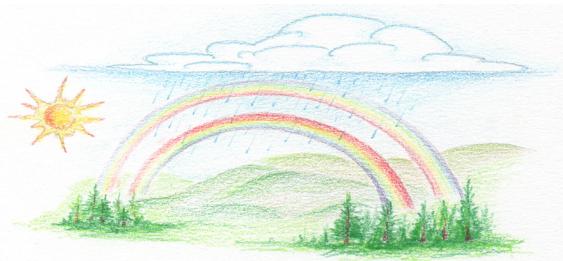


che due persone diverse danno luogo a due coni diversi dovuto alla differenza delle loro posizioni, e dunque, osservano arcobaleni leggermente diversi tra di loro.

Gatto Carmelo: Adesso capisco il perché della parola “arco”, ma non so ancora il perché della parola “iride”. (Nota del traduttore. In spagnolo la parola arcobaleno è arcoiris, che conserva la sua origine greca. In italiano la parola è composta da “arco” e “baleno”, cioè arco, che compare dopo il lampo e/o i temporali, viene conosciuta anche come “iride”, cioè Iris in spagnolo.)

Criceto Isaac: La parola “iride” proviene dal nome di una delle dee della mitologia greca, che era considerata la personificazione dell’arco di luce multicolore. Per questo motivo, oggi conosciamo questo arco come arcobaleno. Oggigiorno la parola “iride” viene associata ad alcune cose colorate, per esempio, alla parte che definisce il colore dei nostri occhi.

Amici, prima di salutarci, io e Carmelo vi invitiamo a realizzare tutti gli esperimenti che abbiamo proposto. Ricordate le sagge parole di Confucio, “Me l’hanno raccontato e l’ho dimenticato. L’ho visto e l’ho capito. L’ho fatto e ho imparato”.



I nostri amici Carmelo e Isaac hanno avuto una discussione molto interessante. Grazie a loro abbiamo imparato molte cose. Speriamo di essere invitati alla loro prossima discussione.

Ringraziamenti

Voglio ringraziare sinceramente i dottori Jorge García Márquez, Efraín Mejía, Beltrán, Bernardo Mendoza Santoyo, Susana A. Alaniz Álvarez, Ángel F. Nieto Samaniego e Manuel Lozano per aver controllato l’aspetto tecnico del documento. Ringraziamo anche Teresa Orozco e Frida Alexa Martínez per la ressegna artística.

Isaac Newton (1643-1727)

È considerato lo scienziato più importante nella storia della scienza. È nato il 4 gennaio 1643 a Woolsthorpe, Lincolnshire, Inghilterra. Durante il periodo dei suoi studi si è caratterizzato per essere autodidatta. Nel 1665 ha ottenuto un titolo in arte presso l'Università di Cambridge. A quell'epoca, per ottenere questo grado si dovevano mostrare conoscenze in diverse aree, come la storia, il latino, la matematica, la religione, ecc. Il periodo tra il 1664 e 1689 è stato per Newton il più proficuo nella sua attività scientifica in cui ha contribuito in modo rilevante in diversi settori della matematica e della fisica, come per quanto riguarda la descrizione della natura della luce, l'invenzione del calcolo, la generalizzazione del teorema del binomio, la formulazione delle leggi, sia della meccanica classica che della legge di raffreddamento e della gravitazione universale. Nel 1685 ha pubblicato quella che è considerata l'opera scientifica più importante di tutti i tempi, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Principi Matematici della Filosofia Naturale). Questo libro, come pure tutti i libri di scienza dei secoli XVII e XVIII, è stato scritto in latino. Oggigiorno, la lingua che più si utilizza per comunicare i progressi scientifici in tutto il mondo è l'inglese.

È famoso l'aneddoto secondo cui Newton ebbe l'idea sulla legge della gravitazione quando vide cadere una mela da un albero. Sembra che in quel momento si rese conto che la mela cade al suolo per l'influenza della Terra attraverso una forza invisibile, chiamata forza di gravitazione. Egli ha supposto che questo stesso tipo di influenza potrebbe esistere in qualsiasi altro paio di oggetti, per esempio, la Terra e la Luna. Con la legge di gravitazione, Newton ha potuto spiegare fenomeni fisici importanti, come il movimento dei pianeti e l'origine delle maree.

Utilizzando le sue osservazioni sulla dispersione cromatica della luce, Newton si è accorto che i telescopi del suo tempo, i quali erano usati per vedere oggetti lontani (per esempio i pianeti), formavano immagini diverse per ogni colore, ciò provocava che le immagini finali degli oggetti fossero appannate. Egli notò che questo problema era dovuto al fatto che si utilizzavano lenti di vetro nei telescopi. Newton ha cercato di risolvere questo problema utilizzando diverse combinazioni di vetri, ma per la bassa qualità dei vetri della sua epoca non ha raggiunto l'obiettivo. Tuttavia ha risolto il problema usando specchi. Gli specchi non producono dispersione cromatica dato che la luce non attraversa nessun materiale. Oggigiorno, la maggior parte dei telescopi più potenti nel mondo sono costruiti attraverso l'uso di specchi. Newton ha costruito il suo telescopio di specchi nel 1670.

Sull'autore

Bernardino Barrientos García si è laureato come ingegnere elettromeccanico presso l'Istituto Tecnologico di Leon nel 1993. Ha fatto il master e dottorato in scienze, specializzazione in Ottica, presso il Centro di Ricerca in Ottica A.C. (CIO), nel 1994 e 1999, rispettivamente. Oggigiorno è ricercatore presso il CIO. La sua area di ricerca è l'applicazione di tecniche ottiche per la meccanica.

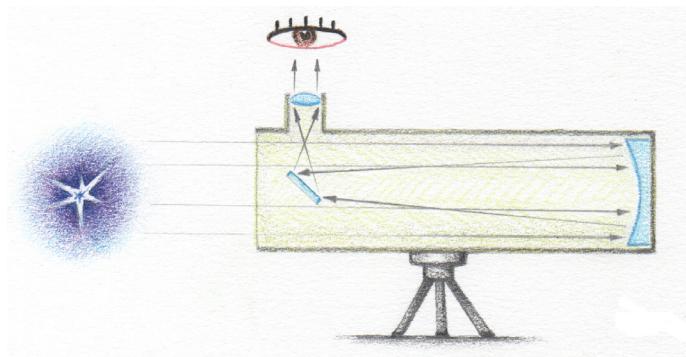


Sui traduttori

Verónica Nájera Martínez ha ottenuto la laurea in Lingua e Letteratura italiana presso l'Universidad Nacional Autónoma de México nel 2000. Ha studiato un Master in Letteratura Comparata all'UNAM. Ha lavorato come traduttrice presso il Supplemento Cultural Milenio e l'Ambasciata d'Italia in Messico. Dal 2007 lavora come insegnante di lingue straniere (Italiano e Francese) nell'Escuela Nacional Preparatoria e attualmente è capo del Dipartimento d'Italiano presso l'ENP.

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 de Geociencias dell'Universidad Nacional Autónoma de México (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.

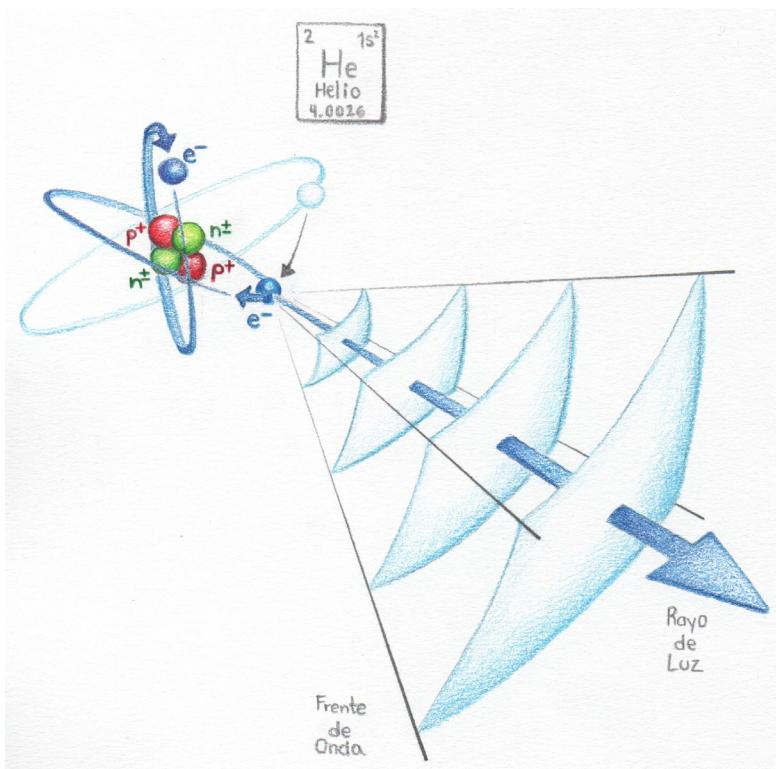
Maria Luisa Pedraglio é nata a Milano, Italia nel 1940, dove studiò ragioneria. Da sempre é stata appassionata di letteratura e delle culture di altri paesi particolarmente della America Latina. É stata in Messico in una decina di volte visitando quasi tutte le regioni di questo paese. Parla correttamente lo Spagnolo e tiene un corso a livello principiante di questa lingua per una associazione non governativa per persone della terza età.



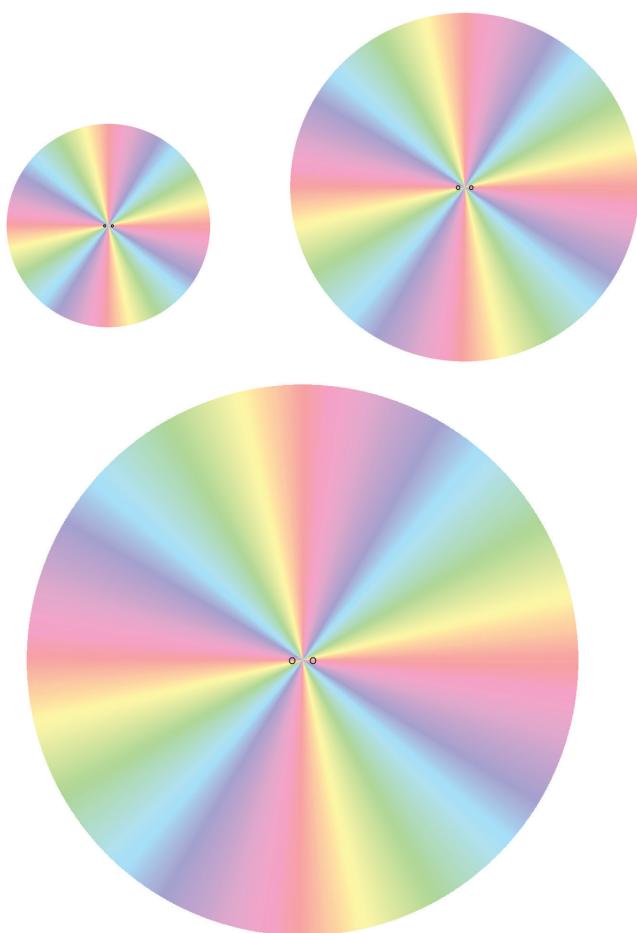
Schema della luce proveniente da un oggetto molto lontano, per esempio una stella. La luce ha un'incidenza su uno specchio messo nella parte posteriore del telescopio e si riflette verso uno specchio più piccolo. Poi, la luce passa attraverso un insieme di lenti, chiamato oculare, per formare così nell'occhio dell'osservatore un'immagine dell'oggetto lontano.

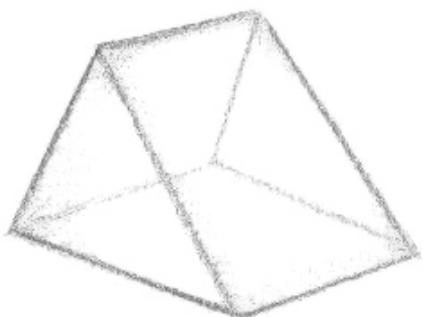
Telescopio Newtoniano costruito presso il Centro di Ricerca in Ottica (Leon, Guanajuato)..

La luce è un tipo di energia (una entità capace di produrre cambiamenti nell'ambiente circostante) che può essere descritta come un insieme di raggi (o linee). Questi raggi si muovono a una velocità di 300 000 chilometri al secondo, km/s (a questa velocità si può girare attorno al pianeta per 7.5 volte in un solo secondo). I raggi non si deviano se il mezzo attraverso cui viaggiano è sempre lo stesso. Se il mezzo cambia, per esempio quando un raggio passa dall'aria all'acqua, allora i raggi cambiano la loro direzione, come nei fenomeni di rifrazione e riflessione. La luce può essere descritta anche come un flusso di particelle di energia, le quali si chiamano fotoni. Sorprendentemente, la luce può essere rappresentata infine come un'onda, la quale si compone tanto di una parte elettrica come una magnetica.



Questo fascicolo beneficia del sostegno concesso da DGAPA-UNAM ai progetti: PE104916, responsabile per il quale è 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, così come quella ricevuta dal CONACYT SEP_SEB 264549. Lo scopo comune è sostenere l'insegnamento e l'apprendimento dei contenuti scientifici nelle lingue straniere.





La impresión de este fascículo fue financiada por la
Coordinación de la Investigación Científica
de la
Universidad Nacional Autónoma de México



Unión Geofísica Mexicana, A.C.

Predisposto per il Escuela Nacional Preparatoria UNAM

La serie di “Esperimenti semplici per capire una Terra complessa” è basata sull’elenco degli esperimenti più belli della storia, pubblicata dalla rivista Physics World nel 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 opuscolo di questa serie è dedicato a uno di questi esperimenti. Il nostro obiettivo è di farti capire, attraverso la sperimentazione, fenomeni che succedono sia nella nostra vita quotidiana sia nel nostro pianeta.

Questo opuscolo è dedicato all’esperimento “La decomposizione della luce” di Isaac Newton.

Libri di questa serie

1. La pressione atmosferica e la caduta dei corpi.
2. **La luce e i colori**

Puoi scaricare la serie completa sul sito web:

<http://www.geociencias.unam.mx>

