

ISAAC NEWTON E LA TEORIA SULLA LUCE E I COLORI

Sir Isaac Newton, nato a Woolsthorpe by Colsterworth in Inghilterra il 4 Gennaio del 1643, anno della morte dello scienziato italiano Galileo Galilei, nella qual cosa molti hanno voluto supporre un motivo di continuità tra i due, tra le altre grandi scoperte che fece, tra le quali si può citare innanzitutto la teoria della gravitazione universale dei corpi, ebbero una grande importanza anche le sue nuovissime e quanto mai impensabili teorie sulla luce, o meglio, sulla natura della luce.

Prima di Newton chi mai avrebbe ipotizzato una coesistenza di diversi colori nella luce che, effettivamente, appare bianca all'occhio umano in condizioni normali? Nessuno in effetti, anzi, come spesso succedeva in questi casi, c'era chi si dedicava diligentemente a criticare le nuove scoperte. Per quanto riguarda Newton c'è da dire che egli non risentì grandemente di questo atteggiamento, grazie alla mentalità che l'Inghilterra settecentesca era solita avere nei confronti della scienza, la quale era vista legata più che mai alla religione, e quindi, almeno teoricamente parlando, era incentivata.

Newton sorprese tutti al tempo, proponendo, e con ragione, un modo di vedere il mondo completamente differente da quello precedente, presentandolo come incolore, sostanzialmente, reso visibile soltanto nel momento in cui proprietà della luce e proprietà della materia interagiscono. Ovviamente questo lasciò, come si dice, tutti di stucco! Effettivamente è strano o quantomeno curioso, pensare che mentre scriviamo sul nostro quaderno bianco a righe, viene riflessa e assorbita della luce dalla carta, e ancora più curioso è che questa non si mischia con quella riflessa e assorbita dalle righe nere o blu. Ma si faccia un esempio ancora più lontano dall'immaginario comune: essendo chiamati a decidere se rifletta più luce un normale foglio di carta bianco, o una foto lucida completamente nera, tutti saremmo portati a rispondere in favore della prima opzione, in quanto si sa, se fissiamo un foglio bianco gli occhi si stancano prima di quanto non si affatichino per guardarne intensamente uno nero, anche se lucido. Eppure è l'esatto contrario!

Newton dimostrò che i colori non sono assolutamente qualità della materia, ma semplicemente qualità in sé, composti da particelle infinitamente piccole! (in seguito verrà dimostrato, come noi sappiamo che la luce altro non è che energia).

Andiamo infatti a parlare, prima di esporre direttamente la teoria Newtoniana, della luce, facendone un piccolo accenno per capire al meglio quello che poi si esporrà relativamente agli studi dello scienziato inglese.

LA LUCE

Per luce si intende la porzione dello spettro elettromagnetico visibile dall'occhio umano, ed è approssimativamente compresa tra 400 e 700 nanometri di lunghezza d'onda, ovvero tra 750 e 430 THz di frequenza. Questo intervallo coincide con il centro della regione spettrale della luce emessa dal sole che riesce ad arrivare sulla terra attraverso l'atmosfera. I limiti dello spettro visibile all'occhio umano non sono uguali per tutte le persone, ma variano soggettivamente e possono raggiungere i 730 nanometri, avvicinandosi agli infrarossi, e i 380 nanometri avvicinandosi agli ultravioletti.

In ogni caso parlando di luce dobbiamo distinguere le sue due nature: quella corpuscolare, e quella ondulatoria.

Per quanto riguarda quella corpuscolare, questa fu fondata dallo stesso Newton, il quale ipotizzò che la luce fosse composta da piccolissimi "corpuscoli" i quali si propagavano necessariamente in linea retta ad una velocità altissima, proprio grazie alla loro piccolezza. In questo modo era semplice spiegare la riflessione, vista come un urto di queste particelle contro una superficie, e la rifrazione, vista invece come un passaggio dei corpuscoli attraverso la superficie rifrangente che ne provocava un aumento di velocità e li indirizzava perpendicolarmente alla superficie.

Ma già qualche decennio prima che Newton rendesse note le sue scoperte, e con la precisione nel 1690, lo scienziato francese Christiaan Huygens pubblicò la sua teoria secondo la quale la luce fosse un'onda che si propagava nell'etere che si supponeva pervadere tutto l'universo ed essere formato da microscopiche particelle elastiche.

In ogni caso possiamo affermare che per quanto riguarda la componente ondulatoria della luce, questa è visibile all'occhio umano se compresa tra $\lambda = 400\text{nm}$ e $\lambda = 700\text{nm}$, dove per λ si intende la lunghezza d'onda, ovvero la distanza tra due picchi vicini dell'onda.

In realtà quella che noi comunemente chiamiamo luce è solo una piccola parte di un'onda completa che invece va da $\lambda = 0.01\text{nm}$ (raggi γ gamma) a $\lambda = 1\text{km}$ (onde radio).

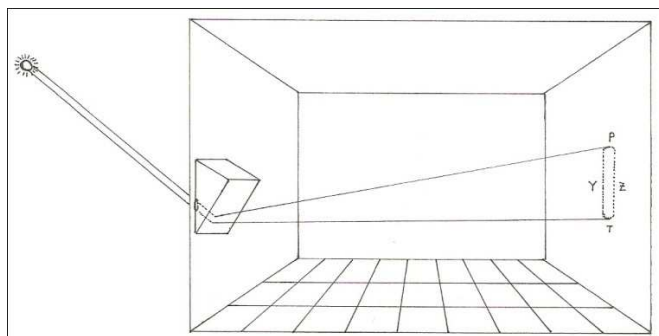
- nm (nanometri) = $1/1000000000$ m -.

UN MONDO DI COLORI

Vediamo quali straordinari percorsi seguì Newton studiando la natura della luce.

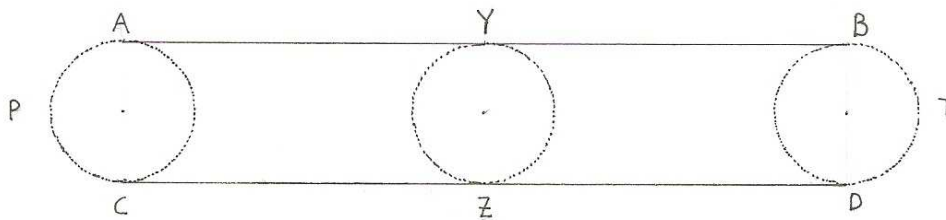
Uno degli esperimenti classici di Newton, uno dei più ricorrenti, era così strutturato: si abbia una camera completamente buia nella quale la luce non entri da nessuna parte se non da un piccolo foro del diametro di circa 1,5 cm praticato nell'imposta di una finestra, e si ponga a piccolissima distanza da questo foro un prisma a base triangolare, con una faccia parallela all'imposta verticale, in modo che la luce che entra dal foro nella direzione dei raggi solari, sia deviata, passando attraverso questo prisma, e rifratta sulla parete opposta a quella sulla quale si è praticato il foro.

Accadde l'incredibile. Newton si aspettava che lo spettro della luce rifratta sulla parete avesse una forma circolare, anzi, che fosse una circonferenza perfetta, ma così non fu; infatti con grande sorpresa dello scienziato ciò che apparve fu una forma oblunga, cioè molto allungata, corrispondente alla figura PYTZ, tale che $PT=5YZ$, quasi come due segmenti paralleli congiunti alle estremità da due semicerchi. Da qui Newton trasse una delle conclusioni più importanti dei suoi studi, ovvero che la luce non viene rifratta tutta allo stesso modo, infatti, se così fosse stato, la forma che si sarebbe ottenuta sarebbe stata proprio una circonferenza, in quanto l'angolo d'incidenza avrebbe avuto lo stesso valore per tutti i colori rifratti dal prisma, ma l'esperienza dice il contrario...o almeno sembra.



Osservando la figura PYTZ, Newton constatò che mentre i segmenti AB e CD apparivano ben definiti, i semicerchi estremi AC e BD erano molto sfocati, e per dimostrare il perché egli fece un altro esperimento.

Completati i semicerchi estremi AC e BD, ed inscritto un semicerchio interno alla figura tale che il suo diametro intersechi perpendicolarmente il centro dei segmenti AB e CD, possiamo notare che i cerchi potranno apparire singolarmente molto definiti se con una lente concava convessa si proietta sulla parete una sola componente della luce.



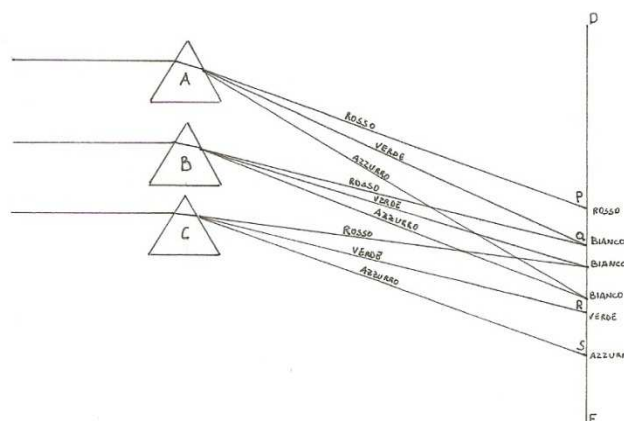
Spieghiamo più dettagliatamente quindi in cosa consiste tutto ciò: nel momento in cui il raggio di luce solare passa attraverso il prisma di vetro, si vedono “uscire” da questo tantissimi raggi ognuno con una traiettoria differente dagli altri; se noi facciamo passare approssimativamente uno di questi raggi attraverso una lente convessa, questa provocherà un’ulteriore rifrazione del raggio che varia a seconda dell’inclinazione della lente. Se si pone la lente in modo che sulla parete appaia una piccola figura ben definita, si nota che questa ha una forma perfettamente circolare, come per esempio può succedere per la stessa circonferenza YZ, o anche per AC.

Avendo così dimostrato perché le estremità della figura sono semicerchi, Newton passò a spiegare perché queste siano sfocate al contrario dei segmenti AB e CD. I segmenti che delimitano la figura sono definiti e continui per il semplice motivo che si presentano come l’unione e la sovrapposizione dei punti estremi di ogni circonferenza che compone la figura PYTZ, e possiamo ben immaginare quante circonferenze la costituiscano! Per quanto riguarda il fatto della sfocatura delle semicirconferenze estreme, questo è giustificato proprio da quanto appena detto: le circonferenze diventano sempre più rade man mano che si avvicinano alle estremità P e T; i raggi vengono rifratti per la maggior parte con un angolo d’incidenza medio, e quindi sono più concentrati al centro della figura, e meno ai lati, dove si fanno sempre più radi fino a sparire nelle tenebre. Non c’è quindi un confine preciso tra tenebre e luce, almeno a occhio nudo.

Parlando della rifrangibilità della luce ancora più nel dettaglio dobbiamo dire un altro esperimento che fece Newton, proprio per individuare quale relazione sussistesse tra rifrazione e colori.

Egli prese tre prismi A, B, C esattamente uguali e li dispose al sole in modo che il colore rosso del prisma B cadesse sul colore verde del prisma A, e il colore rosso del prisma C cadesse sul colore verde del prisma B, e i colori cadessero sullo schermo DE nei punti P, Q, R, S, qui apparve un colore rosso in P e uno azzurro in S, ma tra Q e R, dove i rossi, i verdi, i gialli, gli azzurri e i porpora dei diversi prismi erano mescolati insieme, apparve il bianco. Alternando poi le sovrapposizioni dei colori Newton vide sperimentalmente come i colori, una volta sovrapposti, davano origine ad altri colori, quindi ne dedusse che esistono dei colori detti spettrali, ovvero quelli che componevano lo spettro (da immagine) della luce sulla parete, e questi erano sei: porpora, azzurro, verde, giallo, arancio e rosso; e vide allo stesso modo che tutti gli altri colori erano il risultato di una sovrapposizione di questi. Per cui il bianco era la risultante della sovrapposizione di tutti i colori.

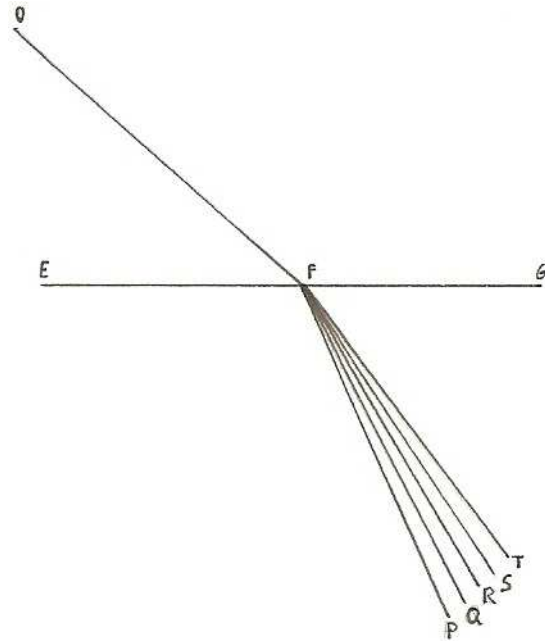
Da qui la deduzione che la luce del sole non è un’entità omogenea, ma è composta da “diversi tipi di luce”(oggi diciamo radiazioni) separabili mediante la rifrazione.



A questo punto occupiamoci di individuare a quale grado di rifrangibilità corrispondono i colori spettrali.

Ebbene Newton si accorse tramite l'esperimento qui sotto riportato, che i raggi che all'occhio umano rendevano il colore porpora, corrispondeva la rifrazione massima, mentre a quelli che rendevano il rosso, la minore, fermo restando che lo spettro dei colori, sostanzialmente la figura PYTZ, va dal porpora al rosso.

L'esperimento è il seguente: sia EFG una qualunque superficie rifrangente, per esempio di vetro, e si tracci una linea qualsiasi OF che la incontri in F e che formi con essa un angolo acuto OFE; si immagini che i raggi solari incontrino il piano EFG seguendo la traiettoria OF. A questo punto chiunque avrebbe immaginato che raggi con lo stesso angolo di incidenza α° sarebbero stati rifratti tutti allo stesso modo, cioè con lo stesso angolo β° . In realtà non succede questo, anzi, una volta incontrata la superficie rifrangente questi raggi divergono secondo angolazioni differenti l'una dall'altra, per la quale alcuni sono rifratti per la linea FP, altri lungo FQ, e altri ancora per esempio lungo le linee FR, FS e FT, e innumerevoli altri negli spazi intermedi a queste linee. Si noti che i raggi FP, i più rifratti, producono colori purpurei, e quelli FT, i meno rifratti, colori rossi, mentre quelli intermedi generano colori che vanno dall'azzurro al giallo. Quindi in definitiva, dato che i raggi sono rifratti sempre in maniera differente l'un l'altro, danno origine ad una scala di colori che va dal rosso, al giallo, al verde, all'azzurro e al porpora, più i rispettivi colori intermedi che crescono sempre in questo senso.



I COLORI NON SPETTRALI

Occupandoci ora dei colori non spettrali, cioè di quelli originatisi dalla mescolanza di questi ultimi, c'è da dire che in natura assolutamente troviamo soltanto colori composti. Newton osserva che la composizione di due colori spettrali dà origine a un colore non spettrale che tuttavia è simile a quello intermedio tra i due, ma leggermente più opaco.

Da cosa dipende questo fatto? Entra qui in gioco il concetto di baricentro.

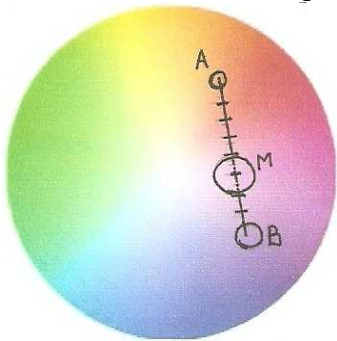
IL BARICENTRO

Per spiegare la percezione del colore Newton utilizzò un cerchio, per semplificare l'apprendimento, questo prese il nome di cerchio cromatico di Newton. In questo, ogni punto rappresenta un colore, mentre sulla circonferenza sono disposti i colori spettrali, da rosso a porpora. Ovviamente tutti i colori al suo interno sono composti, e al centro c'è il bianco, e su ogni raggio che unisce il centro al colore spettrale sulla circonferenza sono posti i vari gradi di saturazione del colore, dal bianco (saturazione nulla) al colore spettrale stesso (saturazione massima).

In questo cerchio le mescolanze di due colori stanno quindi sul segmento che unisce i due colori stessi. Se si mescola una quantità a del colore A con una quantità b del colore B, il risultato è una quantità $c = a + b$ del colore M, il quale punto M è situato sul segmento AB in modo che AM sta a MB come b sta ad a .

Per esempio: se si mescola una quantità $a = 3$ di un colore A che può essere l'arancione, a una quantità $b = 5$ di un colore B che può essere il viola, si otterrà una quantità $c = 8$ ($3 + 5 = 8$) del colore M, una specie di fucsia chiaro. Poi prendendo 5 parti per AM e 3 per MB si ottiene anche la posizione di M sul segmento AB.

Quindi il baricentro di questo segmento si trova a distanza $5u$ da A e a $3u$ da B.



Lo stesso esempio può sembrare ancora più chiaro se poniamo a e b come due pesi sulla leva AB, il cui punto d'equilibrio è M.



Da qui si può vedere che la mescolanza di due colori dà origine a un colore più pallido, perché in sostanza più vicino al bianco; questo a meno che il baricentro non cada sul confine tra rosso e fucsia, caso del quale Newton parla solo di sfuggita.

TUTTO VISTO SOTTO UNA NUOVA LUCE

Possiamo dire che il grande scienziato inglese non soltanto rivoluzionò il modo di concepire l'esistente, ma costituì una ferma opposizione a tutte le precedenti convinzioni in materia di ottica. Egli stesso affermò che nessuno mai prima di lui aveva indagato le cause della realtà dei colori e della luce, e in questo senso mai nessuno aveva soddisfatto la sete di scienza naturale. Quindi i peripatetici, per non far sembrare di aver tramandato una scienza incompiuta, consideravano lo studio dei colori una cosa assurda e ridicola; peraltro siccome la luce era definita come la qualità che permette a un corpo luminoso di esistere, non si poteva pensare che ci fossero delle cause per essa, essendo già di per sé una causa semplice.

Aristotele affermava "Il colore è il limite del trasparente in un corpo definito". In realtà è più che altro la definizione della superficie colorata, e non del colore in sé per sé.

Nella sua opera "Scritti sulla luce e i colori" lo scienziato quindi ridefinì i concetti di colore e luce, e precisò la terminologia ottica precedente.

In ogni caso volendo fare un riassunto finale dei principali punti della nuova teoria Newtoniana, individuiamo dodici punti fondamentali:

- 1) I colori non sono qualità della luce, derivate dalle rifrazioni o dalle riflessioni dei corpi, né sono qualità dei corpi stessi, ma proprietà originarie e innate, che sono diverse nei diversi raggi. Esistono raggi che tendono a mostrare un solo colore principale, e tutti gli altri che ne mostrano le gradazioni intermedie;
- 2) Allo stesso grado di rifrangibilità appartiene sempre lo stesso colore, e allo stesso colore appartiene sempre lo stesso grado di rifrangibilità. I raggi meno rifrangibili tendono a mostrare il colore rosso, e viceversa i raggi che tendono a mostrare il colore rosso sono meno rifrangibili; i raggi più rifrangibili tendono a mostrare il colore porpora, e viceversa quelli che tendono a mostrare il colore porpora sono più rifrangibili;
- 3) La specie del colore e il grado di rifrangibilità propri a un particolare genere di raggi non mutano a causa della rifrazione, né della riflessione dei corpi, né per altre cause. Contraendosi e dilatandosi un colore può diventare più vivido o più tenue, e in certi casi, per la dispersione di alcuni raggi può diventare più buio, ma la sua specie non varia mai.

- 4) Cambiamenti apparenti della specie dei colori si possono ottenere nel caso in cui esista una qualsiasi mescolanza di raggi di diverso genere. In queste mescolanze non appaiono i colori componenti, ma un colore intermedio fra questi e opaco, quindi se questo colore composto fosse rifratto, si potrebbero individuare le sue componenti, le quali specie risulteranno immutate rispetto a prima che si mescolassero; e pur essendo mescolate rimangono comunque semplici nella loro singolarità.
- 5) Esistono due generi di colori: l'uno originario e semplice, l'altro composto da questi ultimi. I colori originari o primari sono il rosso, il giallo, il verde, l'azzurro e il porpora, e in aggiunta ci sono l'arancione e l'indaco e un' indefinita varietà di gradazioni intermedie.
- 6) I colori identici a quelli primari possono anche essere prodotti per composizione, poiché per esempio una mescolanza di giallo e azzurro produce il verde. Tuttavia una mescolanza di colori vicini tra loro dà un colore intermedio, mentre una mescolanza di colori lontani, come per esempio l'arancione e il porpora non produce un colore intermedio;
- 7) La composizione più sorprendente è quella del bianco. Non esiste alcun genere di raggi che da solo possa mostrare il bianco, esso è sempre composto, e per giunta da tutti i colori primari. Infatti tutti i colori rifratti da un prisma, se fatti passare attraverso un secondo prisma, e quindi fatti convergere in un unico punto, producono il bianco, esattamente lo stesso colore delle luce solare non scomposta;
- 8) Il bianco è il colore consueto della luce, che è quindi un aggregato di raggi dotato di tutti i generi di colori. Il bianco si ottiene ovviamente solo nel caso in cui tutti i colori siano in una esatta proporzione, se uno predominasse, allora il colore composto tenderebbe verso quel colore;
- 9) Considerando il modo in cui i colori sono prodotti dal prisma, risulta evidente che tra i raggi che costituiscono la luce incidente, quelli che differiscono nel colore differiscono anche in modo proporzionale nella rifrangibilità, e questi, proprio a causa del fatto che sono diversamente rifrangibili, sono dispersi in una forma oblunga secondo una successione ordinata di colori che va dal rosso, il meno rifratto, al porpora, il più rifratto;
- 10) L'arcobaleno è il frutto della rifrazione dei raggi solari nelle gocce d'acqua, dove quindi la luce è rifratta proporzionalmente in modo da dare origine a una scala di colori;
- 11) I corpi appaiono in una posizione o in un'altra a seconda di come essi riflettono i colori, per questo motivo un corpo bianco, posto accanto a un corpo nero sembra più vicino rispetto a quest'ultimo, pur essendo vicini;
- 12) L'origine dei colori dei corpi sta nella tendenza di questi ultimi a riflettere una minore o maggiore quantità di luce rispetto ad altri. In realtà quindi i corpi non possiedono un colore proprio, perché se illuminati in una camera oscura con un colore qualsiasi, questi appariranno di quel colore, il colore della luce proiettata su di essi, tuttavia con la differenza che essi appaiono più luminosi e vividi alla luce del proprio colore diurno.

Note

RAGGI DI LUCE: con raggi di luce si intendono le sue parti minime.

RIFRANGIBILITA': la rifrangibilità dei raggi di luce è la loro disposizione ad essere rifratti o deviati dal loro tragitto nel passare da un corpo o mezzo a un altro.

RIFLESSIBILITA': la riflessibilità dei raggi di luce è la loro disposizione a essere riflessi o rinviati nel medesimo mezzo da un altro mezzo sulla cui superficie essi cadono.

Giorgio Vastarella