

Ao8

380

Progetto grafico e della copertina a cura dell'autore.

Desidero ringraziare quanti mi hanno sostenuto ed incoraggiato nella redazione del presente volume. In primo luogo il prof. Cesare Cundari a cui devo la prima, inconsapevole, idea di questo testo e che, successivamente, mi ha fornito, come sempre, un prezioso e costante sostegno. Amici e colleghi, per i suggerimenti ed i consigli, anche pratici e concreti, utili per la risoluzione di dubbi e problemi. Infine i miei studenti che, obbligandomi ad esporre con chiarezza gli argomenti, mi hanno costretto a riflettere sul tema del colore.

SAPIENZA - UNIVERSITÀ DI ROMA
DIPARTIMENTO DI STORIA, DISEGNO E RESTAURO DELL'ARCHITETTURA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA - CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE-ARCHITETTURA

Giovanni Maria Bagordo

GUIDA ALLA RAPPRESENTAZIONE A COLORI



Copyright © MMXII
ARACNE editrice S.r.l.

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

via Raffaele Garofalo, 133/A-B
00173 Roma
(06) 93781065

ISBN 978-88-548-4669-2

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: aprile 2012

*A chi sa gustare
tutti i colori della vita*

INDICE

PRESENTAZIONE	9
INTRODUZIONE	11
VEDERE I COLORI O VEDERE A COLORI?	13
BIANCO E NERO: DUE FACCE DELLA STESSA MEDAGLIA	21
INFINITI COLORI DAI NOMI INFINITI	27
IL CERCHIO DI ITTEN	39
ARMONIE E CONTRASTI	47
TRA CERCHI E CUBI	61
A PROPOSITO DI LUCI ED OMBRE	69
MILLE BIANCHI, UN SOLO NERO	77
MATERIA, COLORE, ARCHITETTURA	85
NOTE	102
GLOSSARIO	105
BIBLIOGRAFIA	107
ENGLISH TEXT	109

PRESENTAZIONE

Ho letto con particolare interesse questo articolato saggio che Giovanni Maria Bagordo ha dedicato al colore e, considerando la complessità del tema – che si presta a molteplici, diversi, approcci – ne ho apprezzato in particolare la struttura, la chiarezza espositiva (anche a livello concettuale) nell'illustrazione delle principali teorie, il raccordo tra il trattamento cromatico realizzato con tecniche tradizionali, quello di carattere tipografico, quello digitale. Nulla di non prevedibile conoscendo l'Autore ed il suo rigore di ricercatore.

Mi sembra importante sottolineare, per quanto riguarda la struttura del saggio, come il lettore vi ritrovi – in un percorso espositivo ordinato e progressivo – le questioni essenziali riguardanti la genesi del colore, l'evoluzione delle principali teorie (che hanno impegnato nel corso dei secoli uomini di scienze ed artisti), la rappresentazione; gli stessi titoli dei vari capitoli sintetizzano emblematicamente le tappe del percorso. Per quanto riguarda gli aspetti teorici, l'aspetto peculiare è nel fatto che l'Autore considera le principali teorie proponendole al lettore in modo coordinato ed evolutivo e recuperando, in tal modo, il senso della continuità che da sempre caratterizza l'ambito della ricerca scientifica ed operativa.

Per quanto riguarda gli aspetti operativi, il lettore trova nel saggio indicazioni utili sia per l'utilizzo delle tecniche tradizionali che per quelle avanzate digitali. Tre sono i pregi principali di questo prezioso lavoro: il primo è di aver evidenziato il valore cromatico che da sempre caratterizza l'architettura ed i suoi materiali; il secondo è nella capacità di aver sintetizzato in modo significativo un tema particolarmente complesso; il terzo è nella chiarezza espositiva, consueta nella produzione dell'Autore.

Infine una considerazione diretta soprattutto ai lettori più giovani: percepiamo il colore perché viviamo in un mondo illuminato; senza la luce non vi sarebbe né visione né percezione del colore, perché la luce contribuisce alla stessa vita del nostro ambiente.

Cesare Cundari

Professore ordinario di Disegno dell'Architettura
"Sapienza" Università di Roma

INTRODUZIONE

In principio il mondo non esisteva, in principio era buio.

In principio «le tenebre ricoprivano l'abisso (...) Dio disse: "Sia la luce". E la luce fu. Dio vide che la luce era cosa buona e separò la luce dalle tenebre e chiamò la luce giorno e le tenebre notte»¹. E il mondo fu.

Da allora – sia secondo il racconto biblico della creazione, sia secondo le teorie astrofisiche del *big bang* – l'universo ha avuto origine, la luce ha portato la vita. E con la vita la luce ha portato, strettamente legati a sé, due fenomeni così comunemente sotto gli occhi di tutti da passare quasi inosservati: la presenza, contemporanea, delle ombre e dei colori. E se già in passato c'è stato chi credeva all'unione di questi due fenomeni, tanto da ipotizzare una relegazione dei colori al mondo delle ombre – quindi della materialità e delle forze negative – le attuali teorie, originate dall'esperimento di Newton, confermano che senza luce i colori non possono esistere, perché sono fatti della stessa natura.

Ma i colori esisterebbero se non ci fosse un apparato visivo in grado di vederli? Potremmo chiederci riproponendo l'annosa questione se i colori esistano indipendentemente dall'uomo o sono frutto della nostra visione. Come fa il signor Palomar, protagonista dell'omonima raccolta di racconti di Italo Calvino, che riflette: «Già per la durata di milioni di secoli i raggi del sole si posavano sull'acqua prima che esistessero degli occhi capaci di raccogliarli (...) puntuale un dardo di luce parte dal sole, si riflette sul mare calmo, scintilla nel tremolio dell'acqua, ed ecco la materia diventa ricettiva alla luce, si differenzia in tessuti viventi, e a un tratto un occhio, una moltitudine d'occhi fiorisce»².

A lui fa eco il signor Qfwfq, protagonista delle *Cosmicomiche*, che ricorda il momento – perché sì, lui c'era! – in cui l'atmosfera, fuoriuscendo come una bolla dalla crosta terrestre, si espanse portando con sé il fenomeno dei colori: «Era una storia che non s'era mai vista: un'immensa bolla fluida si andava gonfiando intorno alla terra e la avviluppava tutta (...) la massa liquida che si stendeva ai miei piedi era a un tratto diventata d'un colore nuovo, che m'acceca, ed io esplosi in un urlo inarticolato che di lì in poi doveva assumere un significato

ben preciso: - Ayl! Il mare è azzurro! (...) e sopra quel mare azzurro appena nato, il sole stava tramontando colorato anche lui, e d'un colore assolutamente diverso e ancor più violento. Tanto che io sentivo il bisogno di continuare le mie grida insensate, tipo: - Che rosso è il sole, Ayl! Ayl! Che rosso!»³. Prima il mondo era grigio, dopo, con un mezzo in grado di riflettere i raggi luminosi, i colori traboccarono in mille sfumature.

Luce, mezzo riflettente, apparato visivo costituiscono la terna di elementi senza la quale la visione a colori non potrebbe esistere: potremmo definire a colori il mondo se non fossimo in grado di osservarli e di distinguerli? Così come, pur avendo un apparato visivo, non potremmo mai vedere i colori senza un mezzo, una superficie, che riflettendo i raggi luminosi li scomponesse nelle singole lunghezze d'onda in grado di essere recepite dal nostro occhio. Sarebbe come osservare sempre e direttamente i raggi del sole: resteremmo abbagliati dalla luce, ma non vedremmo variazioni cromatiche. E infine, senza luce..., va da sé che saremmo nel buio primordiale, e al buio i colori non esistono!

Fatti della stessa sostanza della luce, eppure così concreti, materiali, tangibili come i pigmenti usati da secoli per le tinture, per i quadri e le decorazioni, i colori portano in sé una quantità di contrasti da rendere estremamente complesso un loro studio sistematico.

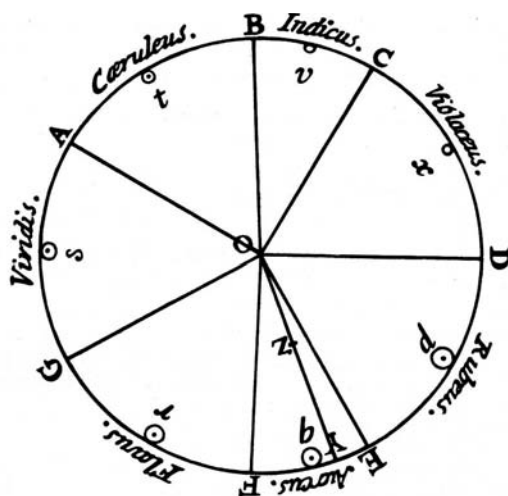
Il presente volume nasce dall'esperienza condotta nei corsi di Disegno dell'Architettura I e Disegno dell'Architettura II presso i corsi di laurea in Ingegneria Edile-Architettura delle Università «Sapienza» di Roma e «Federico II» di Napoli. Senza voler entrare nello specifico delle questioni relative ai problemi tecnici legati allo studio dei modelli di cromaticità – per i quali si rimanda a testi specifici di approfondimento – il volume si propone come una vera e propria guida per chi – digiuno dell'argomento, neofita o principiante – voglia iniziare ad addentrarsi nel mondo dei colori e della loro rappresentazione, partendo dalla comprensione dei fenomeni che generano la visione, ripercorrendo le principali tappe dell'evoluzione delle teorie della rappresentazione, fino a giungere ad alcuni semplici esercizi da svolgere a mano o al computer.

Perché, anche se la tecnologia avanza ad un ritmo irrefrenabile, i colori, imperturbabili, affascinano restando sempre uguali a sé stessi.

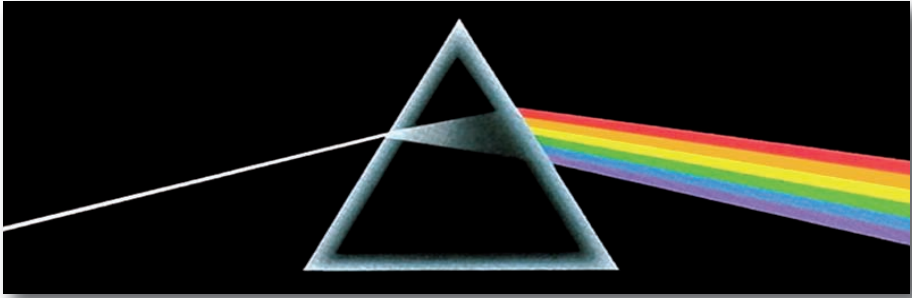
VEDERE I COLORI O VEDERE A COLORI?

È un dato di fatto che noi percepiamo la realtà a colori; ma la colorazione è una proprietà degli oggetti che osserviamo o dipende – e se sì, in che misura – dal nostro apparato visivo? Per molto tempo scienziati, filosofi ed artisti hanno dissertato sulla natura dei colori, se cioè questi ultimi fossero un attributo proprio della materia in quanto materia essi stessi – nel qual caso il rosso del sangue, ad esempio, dipenderebbe dal fatto che il sangue “possiede” il colore rosso – o se dipendessero dalla luce che colpisce i corpi.

Il famoso esperimento di Newton ha in tal senso indirizzato sulla retta via. Studiando la dispersione ottica di un raggio di luce bianca che attraversa un prisma di vetro, Newton si accorse che questo si scompone in vari colori e precisamente, nell’ordine: il rosso, l’arancio, il giallo, il verde, l’azzurro, l’indaco⁴ ed il violetto⁵. In seguito, facendo convergere i raggi colorati, attraverso una lente in un secondo prisma, ottenne nuovamente la luce bianca. Dall’esperimento di Newton emerse, dunque, la conclusione che i colori sono luce e che la luce bianca è costituita dalla somma di tutti i fasci luminosi colorati⁶.



Il cerchio di Newton è il primo cerchio cromatico della storia e rappresenta i risultati delle osservazioni compiute dall’illustre fisico.



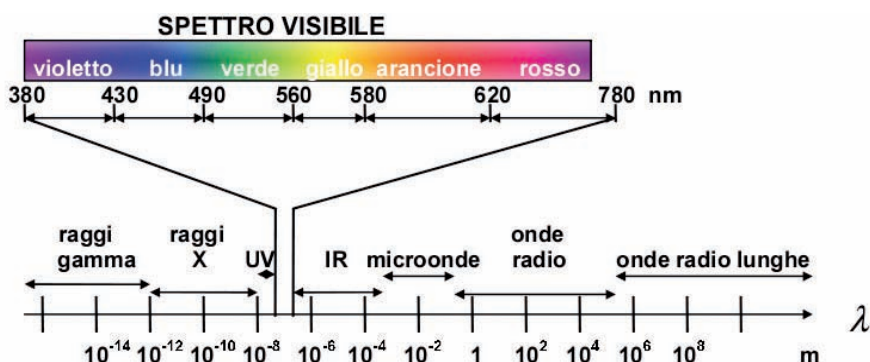
Una rappresentazione dell'esperimento di Newton. Facendo passare un raggio di luce attraverso un prisma di vetro i colori dell'iride appaiono separati; il rosso appare il colore meno deviato rispetto alla direzione del raggio incidente.

Tale affermazione costituì una rivoluzione negli ambienti culturali dell'epoca, aprendo la strada ad ulteriori dibattiti. I pittori, ad esempio, si ritrovarono nell'impossibilità di conciliare i dati risultanti dall'esperimento di Newton – i colori sono luce, la loro unione dà il bianco – con la loro esperienza pratica secondo la quale, mescolando tra loro più colori, non si ottiene il bianco, ma si tende verso il nero. In accordo con tale esperienza, lo stesso Goethe, ancora nel 1810, affermava: «Che tutti i colori mischiati producono il bianco è un'assurdità che, accanto ad altre assurdità, si è abituati a ripetere fiduciosi da un secolo, e in contrasto con la testimonianza degli occhi. I colori mescolati insieme trasferiscono la loro oscurità nel composto»⁷.

Dire semplicemente che i colori sono luce non fornisce una risposta alla questione iniziale se non si definisce qual è la natura della luce⁸. La teoria più recente⁹, frutto di secoli di studi, esperimenti e dibattiti, afferma che la luce è una parte – tra l'altro piuttosto piccola – dello spettro elettromagnetico¹⁰; la luce è perciò un'onda elettromagnetica con una propria lunghezza d'onda ed una propria frequenza. O meglio, poiché dall'esperimento di Newton emerse che quando un raggio di luce bianca colpisce un prisma di vetro le varie componenti cromatiche subiscono una rifrazione che è diversa per ciascuna di esse – in funzione della lunghezza d'onda di ognuna, per cui a lunghezza d'onda maggiore, quella del rosso, corrisponde la deviazione minore – si può dire che l'insieme dello spettro visibile – la luce che noi vediamo – è dato da un insieme di onde elettromagnetiche.

I colori pertanto, in quanto pure onde elettromagnetiche, non potrebbero essere percepiti per le loro “qualità cromatiche” se non possedessimo un apparato visivo predisposto alla loro visione; negli esseri umani tale apparato è predisposto per la visione delle lunghezze d’onda comprese tra 380nm, corrispondente al violetto, e 760nm, corrispondente al rosso profondo. Lo spettro visibile è dato perciò dall’insieme delle lunghezze d’onda percepite dagli esseri umani. Tale insieme, essendo una parte dello spettro elettromagnetico, è di tipo continuo; questo vuol dire che il numero dei colori che lo costituiscono è pressoché infinito – potendo suddividere l’intervallo tra 380 e 760nm in sottointervalli sempre più piccoli, a ognuno dei quali, in funzione della variazione della lunghezza d’onda corrisponderebbe una seppur minima variazione cromatica – ma convenzionalmente, tenendo conto della sensibilità dell’occhio, si considerano sei famiglie di colori principali corrispondenti, ovviamente, ai colori osservati da Newton, ad esclusione del fantomatico indaco.

Poiché la percezione è legata alla conformazione dell’occhio ed alla quantità di organi recettori presenti, la visione dei colori può variare notevolmente perché gli esseri viventi non percepiscono tutti le stesse lunghezze d’onda. Tra gli insetti, ad esempio, le api sono sensibili soltanto a quattro colori – il giallo (giallo arancio/verde giallastro), il verde bluastro, il blu e l’ultravioletto – mentre la gradazione rossa non viene percepita. Poiché il colore delle corolle dei fiori è strettamente legato al fenomeno dell’impollinazione, i fiori con colore



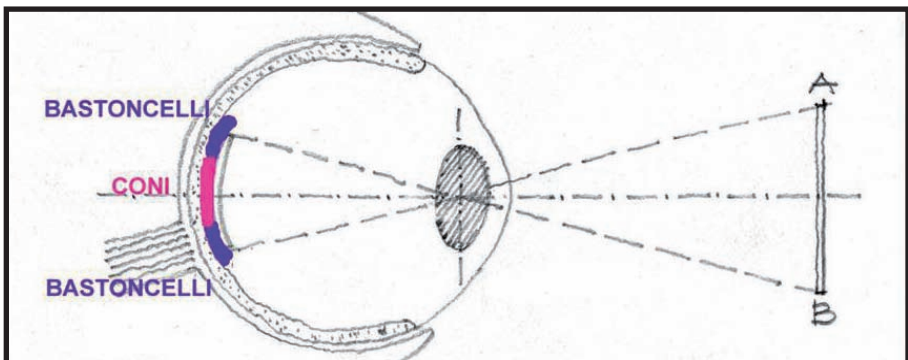
Lo spettro elettromagnetico è di tipo continuo. Lo spettro visibile ne è soltanto una piccola parte.

rosso vivo non vengono perciò fecondati dalle api – né dai ditteri o dai coleotteri – ma dalle farfalle diurne, mentre la maggior parte dei fiori fucsia (quali l'erica, il rododendro, il ciclamino) sono percepiti dalle api esclusivamente per la parte di componente blu. I fiori bianchi sono visti invece come verde-blau-stri.

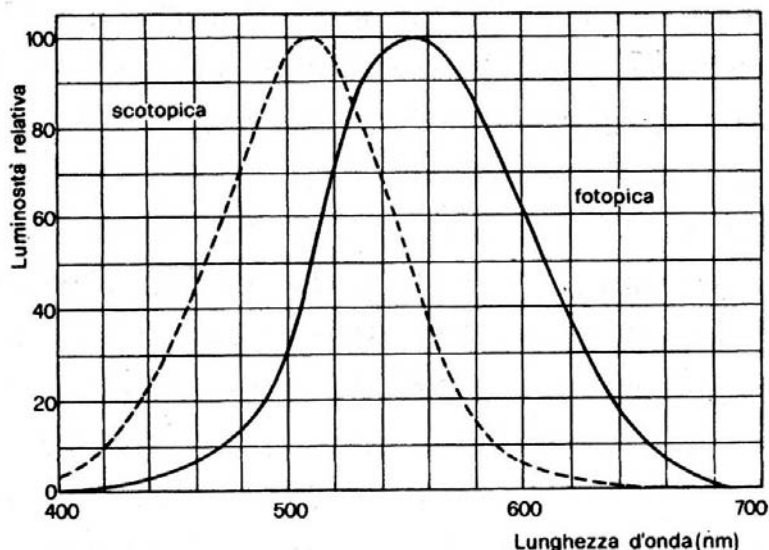
Tra i mammiferi, invece, sembra che la visione tricromatica sia una peculiarità dell'uomo; la maggior parte dei mammiferi avrebbe invece una visione dicromatica – basata cioè soltanto su due colori principali – simile a quella dei daltonici. Sembra, ad esempio, che i cani siano sensibili soprattutto alle lunghezze d'onda del violetto e del giallo-verde, così che la luce che sembra blu-verde all'uomo, probabilmente al cane appare come bianca con diverse sfumature di grigio.

Da quanto detto emerge quindi che la capacità di percepire e distinguere i colori dipende dal tipo di organi recettori presenti. Gli organi recettori responsabili della visione sono di due tipi, i coni ed i bastoncelli, denominati in questo modo in funzione della loro forma. I primi sono responsabili della visione diurna – visione *fotopica*, cioè in presenza di luce (dal greco *phòs* = luce e *opìa* = visione) – mentre i secondi garantiscono la visione in penombra, crepuscolare¹¹ o notturna, detta visione *scotopica* (dal greco *skòtos* = oscurità).

Se si osservano le curve di sensibilità spettrale di coni e bastoncelli – ovvero le curve che indicano a quali lunghezze d'onda sono sensibili entrambi i tipi di recettori – si può comprendere perché i secondi siano pressoché insensibili alle variazioni cromatiche. La curva di sensibilità spettrale dei bastoncelli è in-



Sezione schematica dell'occhio umano con evidenziate le zone in cui si trovano coni e bastoncelli.



Curve di sensibilità spettrale di coni (visione fotopica) e bastoncelli (visione scotopica). Le due curve sono rappresentate secondo valori relativi, ovvero come percentuale del massimo; la curva scotopica sarebbe infatti molto più alta a causa della maggiore sensibilità dei bastoncelli.

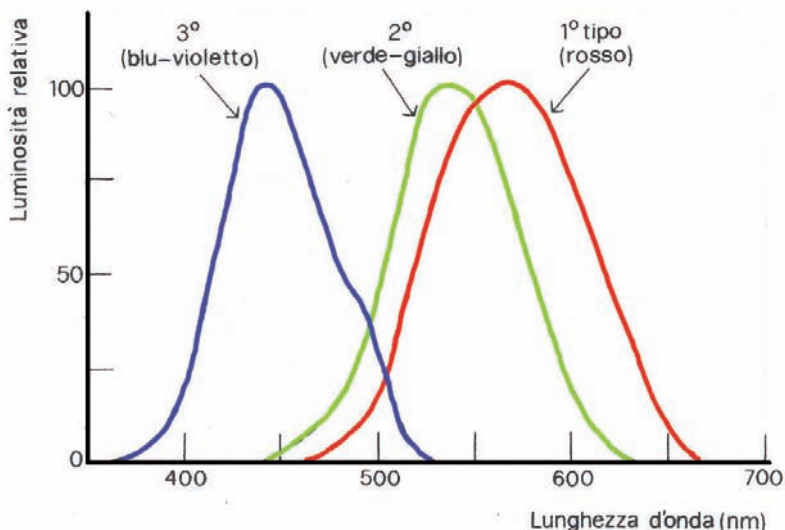
fatti spostata maggiormente verso il violetto, con un picco in corrispondenza di 510nm contro i 555nm¹² dei coni. Questo spostamento verso lunghezze d'onda più corte, chiamato spostamento di Purkinje¹³, implica che in condizioni di luce crepuscolare qualsiasi radiazione luminosa generi la medesima sensazione pari ad un colore indefinito compreso tra il grigio scuro, il blu ed il verde. Coni e bastoncelli hanno caratteristiche profondamente differenti. I bastoncelli hanno una superficie sensibile alla luce più ampia per poter garantire la visione anche in condizioni di scarsa illuminazione, la quale, però, proprio per questo motivo, risulta più sfocata e con immagini meno nitide. Al contrario i coni hanno una superficie sensibile alla luce di circa 1.000nm – praticamente un punto poco più ampio della lunghezza d'onda del rosso in corrispondenza del vertice – ma ad ognuno di loro è associato un singolo nervo ottico, così da garantire una maggiore nitidezza nella visione.

Nell'occhio umano i coni sono disposti soprattutto nella zona centrale della retina – la fovea – mentre i bastoncelli si trovano soprattutto attorno a tale

area. Ciò comporta che nel caso di forte penombra è più difficile vedere oggetti situati esattamente di fronte poiché l'area in cui l'immagine si forma ricade nella fovea che è pressoché interamente ricoperta di coni; al contrario è più facile osservare oggetti con la "coda dell'occhio", perché in tal caso l'immagine si forma in zone della retina più periferiche e ricoperte di bastoncelli. Infine, la capacità dell'occhio umano di garantire una visione tricromatica – basata cioè su tre colori principali – dipende dal fatto che i coni non sono tutti uguali, ma se ne possono riconoscere tre tipi differenti.

Se si osservano le curve di sensibilità spettrali di ciascun tipo di cono, si nota che quelli cosiddetti del primo tipo presentano un picco a 570nm e sono gli unici sensibili al rosso; quelli del secondo tipo sono maggiormente sensibili al verde-giallo, con un picco a 540nm; quelli del terzo tipo – i meno sensibili in assoluto – hanno un picco a 450nm, nella regione del blu-violetto. Semplificando si può quindi dire che i tre tipi di coni sono rispettivamente sensibili al rosso, al verde ed al blu.

Quando la luce colpisce un oggetto viene, da questo, in parte assorbita ed in parte riflessa, in funzione del materiale componente l'oggetto stesso e della opacità e levigatezza della sua superficie. La luce riflessa che giunge alla retina

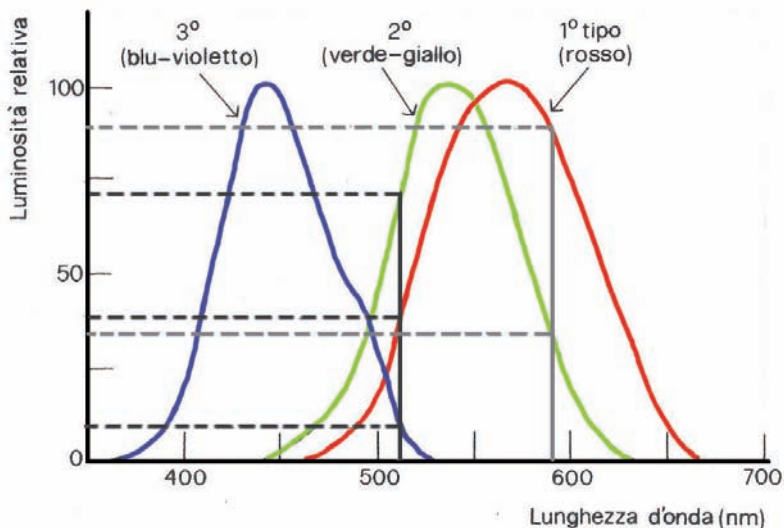


Curve di sensibilità spettrale dei tre tipi di coni.

stimola quindi, contemporaneamente, ma in maniera differente a seconda della sua composizione spettrale, i tre tipi di coni, i quali inviano al cervello una terna di impulsi che esso decodifica come identificativi di un determinato colore. È come se al cervello arrivasse una terna di coordinate cartesiane che, invece di permettere la localizzazione di un punto nello spazio, consente l'individuazione di un determinato colore e solo di quello.

Osservando il diagramma riportante le sensibilità spettrali dei tre tipi di coni è possibile comprendere il motivo: a ciascun colore – ovvero a ciascuna lunghezza d'onda – corrispondono tre valori differenti, ognuno appartenente ad una delle tre curve. Ricevendo una qualunque terna di impulsi il cervello quindi non può sbagliare perché ad essa corrisponde una e una sola tinta. È da dire, tuttavia, che il cervello non ragiona in termini di valori assoluti, ma di rapporto tra i valori dei tre dati valutando ciascun impulso sempre in funzione degli altri due.

È da fare però una precisazione. Quella che viene percepita dall'occhio è la lunghezza d'onda dominante della luce riflessa da un oggetto. Infatti la luce che percepiamo non è quasi mai di un'unica lunghezza d'onda – altrimenti sarebbe monocromatica – ma comprende una banda molto più ampia.



Qualunque colore di qualunque lunghezza d'onda genera una terna di valori corrispondenti agli impulsi generati nei tre tipi di coni. Un colore spettrale non può avere il valore dei coni del verde pari a 0 se contemporaneamente ci sono i valori del rosso e del blu.

In tale contesto ciascun tipo di cono invia al cervello uno stimolo che è più intenso di quello che si avrebbe in presenza di una singola lunghezza d'onda. Poiché, però, il cervello ragiona in termini di rapporto tra gli impulsi – e non di valore assoluto – anche in condizioni di illuminazione prodotta da un'ampia banda di lunghezze d'onda il cervello è in grado di estrapolare una terna di segnali il cui rapporto reciproco è equivalente a quello che sarebbe stato prodotto da un'unica lunghezza d'onda. Se cioè, ad esempio, dagli impulsi arrivati al cervello si ha che i coni del rosso sono stimolati per un valore pari al doppio di quelli del verde, il cervello considererà questo rapporto reciproco piuttosto che il valore assoluto di ciascuno stimolo, associando ad esso una e una sola tinta equivalente.

Per tale motivo, nelle normali condizioni di illuminazione, sia naturale sia artificiale, siamo in grado di vedere gli oggetti di singoli colori – pari alla lunghezza d'onda dominante – piuttosto che percepire tutte le gradazioni di colore che sarebbero presenti sulle loro superfici.

Sempre osservando il diagramma si nota che una qualunque terna generata da luce monocromatica non può avere il valore dell'impulso dei coni del verde pari a zero in presenza di entrambi gli altri impulsi. La luce, cioè, non può procedere a salti. Per tale motivo, nel caso in cui al cervello arrivassero terne di valori in cui il secondo termine è pari a zero – come nel caso di due luci monocromatiche sovrapposte, una rossa ed una blu – il cervello risponde creando colori *ad hoc*, come i viola ed i porpora definiti, perciò, colori non spettrali.

Sempre osservando il diagramma è possibile fare un'ulteriore considerazione: i colori situati al centro dello spettro visibile variano molto più rapidamente rispetto a quelli situati alle estremità. Si osserva, infatti, che al centro dello spettro visibile si ha una sovrapposizione delle tre curve, cosa che non avviene alle due estremità. Per tale motivo è possibile passare, anche per cambiamenti minimi di lunghezza d'onda, dalla regione del verde a quella dell'arancio. Alle estremità invece, l'una di quasi esclusiva competenza dei coni del rosso, l'altra quasi totalmente affidata a quelli del blu, i colori variano essenzialmente per la luminosità piuttosto che per la tinta che rimane pressoché la stessa.