

Testo d'insegnamento della Teoria dei Colori di H. Küppers  
formulato a livello scolastico per le scuole primarie e secondarie

Gregorio Guglielmo Garnelli

## Indice generale

Introduzione.....	3
Terminologia.....	3
Storia delle varie Teorie del Colore:.....	5
Struttura delle onde elettromagnetiche.....	7
Anatomia dell'occhio e percezione del colore.....	8
Il daltonismo.....	9
La psicologia dei colori.....	9
Definizione di colore secondo Harald Küppers.....	10
Classificazione dei colori.....	10
Caratteristiche dei colori.....	11
I contrasti.....	12
Colori, coloranti e sostanze coloranti.....	14
Cosa sono e a cosa servono le mescolanze.....	14
Mescolanza additiva.....	15
Mescolanza sottrattiva.....	15
Mescolanza integrata.....	16
Struttura e funzioni dell'Esagono di Küppers.....	17
Come si dispongono geometricamente i colori, su una, due e tre dimensioni.....	17
Ruolo dei colori acromatici.....	18
Gestione digitale dei colori.....	18
Conclusione.....	20
Fonti bibliografiche e sitografia.....	21

## Introduzione

La Scienza del Colore è una scienza che si occupa dello studio dei colori, di come vengono percepiti dall'uomo, di come si creano e delle conseguenze che hanno sulla vita di tutti i giorni. "Circa l'80% di tutte le informazioni che riceve un essere umano vengono trasmesse visivamente.", afferma Harald Küppers. Questa dichiarazione è sconcertante se si pensa che l'80% delle informazioni che riceviamo quotidianamente può potenzialmente essere orientato, in una specifica direzione e per un fine specifico, semplicemente modificando i colori che vediamo. Questo testo si pone come obiettivo quello di diffondere la conoscenza della Scienza del Colore in modo che possa essere applicata e che sostituisca le Teorie del Colore precedentemente formulate e che vengono ad oggi insegnate e studiate come se affermassero una verità scientifica, quando sono in realtà basate su ipotesi. Le conoscenze che si hanno attualmente riguardo la Scienza del Colore sono dovute in particolar modo agli studi dello scienziato tedesco Harald Küppers, nato nel 1928, che nei suoi scritti, fra cui "Ich bekenne Farbe" ("Prendo posizione sul colore"), ha messo per iscritto le leggi che regolano la percezione dei colori e le loro mescolanze, dando una base solida a questo ramo della scienza che fino ad oggi era costituito solo da innumerevoli teorie. In questo testo verranno affrontati argomenti quali la struttura della luce, la formazione dei Colori, la loro percezione, le leggi che regolano le loro miscele, la disposizione spaziale dei colori, i loro contrasti, le loro caratteristiche, le teorie che sono state formulate nel tempo per interpretarli, e, non ultimo fra questi argomenti, la psicologia che sta dietro ai colori. La "Teoria del Colore" di Küppers si è posta come un faro fra le altre teorie, basandosi su verità scientifiche dimostrate, e stilando una lista di leggi scientifiche chiare e precise; per questo motivo è di fondamentale importanza conoscere la Scienza del Colore.

## Terminologia

**Teoria:** deriva dal greco θεωρέω, pronunciato theoréo, che significa "guardo, osservo", composto da θέα, thèa, traducibile con "spettacolo", e ὁράω, horào, che significa "vedo". Una teoria è un insieme di concetti basati su una o più ipotesi, che si pone come obiettivo quello di analizzare dei fenomeni e capire i meccanismi e il motivo per cui questi fenomeni si manifestano. Sono Teorie del Colore tutte quelle che precedono Harald Küppers: dato che la "Teoria" del Colore di quest'ultimo è stata provata scientificamente, è detta "Scienza del Colore".

**Colore:** è una sensazione soggettiva che si genera nel cervello umano tramite l'organo visivo, chiamato occhio.

**Sensazione:** è uno stato d'animo, un'impressione indotta da uno stimolo esterno o interno al soggetto, che viene a noi tramite i nostri organi di senso; nel caso della sensazione del colore, l'organo di senso adibito alla percezione dello stimolo è l'occhio.

**Soggettivo:** significa qualcosa che viene percepito dalla singola persona, e non può essere riscontrato con un esame clinico o con mezzi strumentali. Il colore è una sensazione soggettiva perché è il singolo individuo a percepirlo, ma in realtà "non esiste", non è una caratteristica oggettiva di ciò che si osserva.

**Onda elettromagnetica:** è una radiazione dell'energia che si propaga in forma, appunto, di un'onda. Quest'onda ha tre caratteristiche principali: ampiezza, lunghezza e frequenza. Inoltre, un'onda elettromagnetica è composta da creste e valli, che sono rispettivamente le sue porzioni che si distaccano dal piano di propagazione verso l'alto e verso il basso.

**Ampiezza d'onda di un'onda elettromagnetica:** è la distanza che si interpone fra il piano di propagazione dell'onda e il punto in cui la cresta o la valle sono più lontane da esso. Questa caratteristica determina la forza cromatica di un colore: dato che i colori secondari si formano all'intersezione fra le ampiezze di due primari, avranno un'ampiezza, e quindi una forza cromatica minore rispetto al rosso, al verde e al blu.

Lunghezza d'onda di un'onda elettromagnetica: viene indicata con la lettera greca  $\lambda$ , ed è la distanza fra i due punti di due creste consecutive in cui l'ampiezza è massima; viene espressa in nanometri, indicati con nm. Da questa caratteristica dipende il colore percepito. Lo spettro visibile è composto da onde elettromagnetiche con lunghezza compresa fra 430 e 770 nm, anche se la loro lunghezza minima finora conosciuta è approssimativamente di  $10^{-12}$ , ovvero un picometro, corrispondente a 0,000 000 000 001 m, e quella massima è di circa 1000 m, rispettivamente per le onde gamma e le onde radio.

Frequenza d'onda di un'onda elettromagnetica: è direttamente collegata alla lunghezza d'onda, in quanto è il numero di oscillazioni che fa l'onda al secondo. La frequenza è data dalla seguente formula:  $f=V/\lambda$ , dove f è la frequenza, V è la velocità di propagazione, e  $\lambda$  è la lunghezza d'onda. Nel caso l'onda elettromagnetica si propaghi nel vuoto, la velocità V è sostituita da C, ovvero la costante della velocità della luce.

Cono: è un tipo di cellula presente sulla retina, adibito alla percezione dei colori. Esistono tre tipi di coni: quelli sensibili alla lunghezza d'onda corrispondente al colore rosso, quelli sensibili alla lunghezza d'onda corrispondente al colore verde, e quelli sensibili alla lunghezza d'onda corrispondente al colore blu. I coni reagiscono a lunghezze d'onda diverse perché presentano sostanze chimiche diverse, che attivano reazioni chimiche solo se colpite da determinate lunghezze d'onda. Anomalie ai coni sono spesso causa di daltonismo.

Bastoncello: è un tipo di cellula presente sulla retina, adibito alla visione in condizioni di scarsa luminosità, detta visione scotopica.

Colori capostipite: sono il Rosso, il Verde e il Blu, detti anche colori primari, e indicati con la sigla RGB. Dalla mescolanza additiva di questi tre colori, corrispondenti alle onde elettromagnetiche con lunghezza d'onda rispettivamente compresa fra 620 e 750 nm, fra 490 e 570 nm, e fra 380 e 450 nm, si formano tutte le nuances esistenti.

Colori fondamentali: sono i sei colori cromatici, ovvero Rosso, Giallo, Verde, Ciano, Blu, Magenta, e i due acromatici Bianco e Nero.

Colori luce: sono i colori costituiti da onde elettromagnetiche, ovvero i raggi luminosi. Questi si fondono fra loro per mescolanza additiva.

Coloranti: sono sostanze che creano un legame chimico con il supporto, dandogli un colore differente dall'originale. Insieme alle sostanze coloranti costituiscono i "colori materia".

Sostanze coloranti: sono i pigmenti, e vengono dispersi in mezzi liquidi detti "leganti", che servono a fissarli al supporto. Insieme ai coloranti costituiscono i "colori materia".

Colori secondari: sono il Ciano, il Magenta e il Giallo, indicati con la sigla CMY. Si formano dalla mescolanza additiva rispettivamente di verde e blu, blu e rosso, rosso e verde.

Colori base: sono un colore primario, un secondario ad esso adiacente nell'Esagono di Küppers, il bianco e il nero. I colori base sono utilizzati nella mescolanza integrata, ideata da Harald Küppers.

Nuances: sono comunemente dette "colori", ma non lo sono in quanto non rientrano nei colori fondamentali, e costituiscono tutte le "sfumature" esistenti. Per ottenere le nuances si applicano le leggi di mescolanza.

Colori tipo cromatici: sono i colori cromatici utilizzati nella mescolanza integrata, cioè un primario e un secondario ad esso adiacente nell'Esagono di Küppers.

Colori tipo acromatici: sono i colori acromatici utilizzati nella mescolanza integrata, cioè il bianco ed il nero. La mescolanza graduale di questi due colori genera la scala dei grigi, ovvero una serie di nuances acromatiche.

**Controcolore:** è il colore che completa la forza cromatica di un altro, ed è ad esso opposto nell'Esagono di Küppers. I controcolori, detti anche “colori complementari normali”, hanno quindi una somma dei codici RGB o CMY sempre pari al massimo (R 255-G 255-B 255 oppure C 100-M 100-Y 100).

**Colore compensativo:** è il colore i cui codici RGB o CMY riempiono i “vuoti” dei codici di una nuance di partenza. Nel caso dei colori compensativi, detti anche “colori complementari minimali”, i tre valori dei codici saranno tutti uguali al valore massimo fra quelli del codice della nuance di partenza.

**Contrasto:** è la contrapposizione di due colori o due nuances che si esaltano vicendevolmente. Esistono diversi tipi di contrasti, come i contrasti di colori puri, di chiaro e scuro, di colori caldi e freddi, di complementari, di simultaneità, di qualità, di quantità, e i contrasti integrati di colore.

**Croma:** è la tonalità di una nuance, la sua “colorazione”.

**Acromaticità:** è l'assenza di croma in una nuance o in un colore.

**Modelli di colore:** sono le tre mescolanze di base, ovvero la Mescolanza Additiva, la Mescolanza Sottrattiva Acromatica e la Mescolanza Integrata. Ogni modello di colore occupa un determinato spazio di colore.

**Spazio di colore:** è la gamma, o gamut, cioè l'insieme dei colori e delle nuances visibili dall'occhio umano. Dato che ogni modello di colore occupa un determinato spazio di colore, esistono nuances che non possono essere riproducibili con una determinata mescolanza.

**Clipping:** nella gestione digitale dei colori, è l'approssimazione di una nuance che non rientra nello spazio di colore di un monitor o di un dispositivo stampante finché non è riproducibile. Per attuare quest'approssimazione di utilizzano gli intenti di rendering.

**Intento di rendering:** è il criterio con il quale si approssima una nuance per comprenderla nello spazio di colore di un monitor o di un dispositivo stampante. Esistono tre diversi tipi di intenti di rendering colorimetrici (colorimetrico relativo, colorimetrico assoluto, colorimetrico relativo con compensazione del punto nero), e due tipi di intenti di rendering non colorimetrici (percettivo e saturazione).

**Intento di rendering colorimetrico relativo:** si basa sulla riproduzione del bianco dello spazio di colore di origine nel bianco dello spazio di colore di destinazione.

**Intento di rendering colorimetrico assoluto:** è l'intento di rendering “generale”, ovvero quello descritto sopra.

**Intento di rendering colorimetrico relativo con compensazione del punto nero:** detto anche BPC approssima il nero dell'immagine al nero più puro riproducibile dalla periferica.

**Intento di rendering non colorimetrico percettivo:** mantiene invariata la tinta a discapito degli altri attributi per creare un'immagine omogenea in cui non ci sono colori approssimati e colori originali.

**Intento di rendering non colorimetrico “saturazione”:** mantiene invariata la croma a discapito degli altri attributi per creare un'immagine omogenea in cui non ci sono colori approssimati e colori originali.

### **Storia delle varie Teorie del Colore:**

Da sempre l'uomo si chiede cosa sia il Colore, da dove provenga, come si formi, perché esista. E molti sono stati i grandi pensatori che hanno provato a rispondere a questi interrogativi.

Una delle prime teorie sull'origine dei Colori risale ad Empedocle, filosofo greco vissuto fra il 483 e il 423 a.C., che nel suo trattato “Sull'origine” affermava che esistessero quattro elementi fondamentali che costituivano l'Universo: Aria, Terra, Fuoco e Acqua; questi ultimi due costituivano, nel pensiero di Empedocle, rispettivamente il bianco e il nero, che mescolati in varie proporzioni danno origine a tutti i

colori dell'iride. Empedocle giunge a questa conclusione osservando come il Sole, fatto di Fuoco, rischiarasse il mondo con la luce bianca, e come le nuvole temporalesche cariche di pioggia tendessero a essere scure, tendenti al nero. Il fenomeno che lo portò a considerare il bianco e il nero gli unici due colori fondamentali per costituire tutti gli altri fu l'arcobaleno, creato dall'unione fra la pioggia e il Sole, quindi tutti i colori formati dal bianco e dal nero.

Dopo Empedocle, Platone, un altro filosofo greco vissuto dal 427 al 347 a.C., nel "Timeo" definì quelle che secondo lui erano le condizioni per cui un corpo appariva bianco, nero o trasparente. Nella visione di Platone, gli occhi emanano un fuoco, che reagisce con il fuoco esterno, cioè la luce, permettendo di vedere tutti i corpi, che emanano a loro volta un fuoco. Questi fuochi possono essere di nature diverse, a seconda delle dimensioni delle particelle tetraedriche che li compongono: se le particelle del corpo osservato sono di dimensione minore rispetto a quelle dell'occhio, il corpo appare bianco; se le particelle si equivalgono in dimensioni, il corpo appare trasparente; se invece le particelle del corpo osservato sono di dimensione maggiore rispetto a quelle dell'occhio, allora l'oggetto appare nero. Secondo Platone, il colore è quindi un'emanazione costante, che viene emessa anche quando nessuno osserva il corpo, e anche in assenza di luce.

Successivamente, Aristotele, allievo di Platone, fra il 384 e il 322 a.C., afferma che un corpo è visibile solo se visto per mezzo di un diafano, cioè un corpo trasparente, che abbia in sé la proprietà accidentale della luce; in assenza di questa proprietà, il corpo mantiene la sua forma e il suo colore, ma non è visibile. Secondo Aristotele, inoltre, ogni colore si forma dal bianco e dal nero, che possono essere mescolati seguendo tre metodi: la giustapposizione, ovvero la miscela in quantità così piccole che da una certa distanza non saranno più visibili il bianco e il nero, e sarà quindi visibile un altro colore; la sovrapposizione, che consiste nel bianco e nel nero uno sopra l'altro, ed è il fenomeno per il quale il fumo nero che copre il sole bianco lo fa apparire rosso; il terzo modo, che è quello più efficace in quanto dà colori che si vedono ugualmente da ogni angolazione e distanza, è la mescolanza completa, cioè la mescolanza di sostanze di diversi colori. Infine, Aristotele nomina sette colori come principali: bianco, giallo, rosso, viola, verde, azzurro, e nero o grigio.

Durante il Medioevo, Avicenna, filosofo, medico, fisico e matematico persiano, vissuto fra il 980 e il 1037, definisce i concetti di nur, tradotto in latino come lumen, daw, tradotto in lux. Lumen è la luce sprigionata da un corpo autoluminoso, mentre lux è la luce che illumina un corpo non autoluminoso.

Sugerio di Saint-Denis, Abate dell'omonima abbazia vicina a Parigi, tra il 1127 e il 1140 fa ricostruire la sua chiesa abbaziale in stile gotico, arricchendola con finestre colorate e mosaici di vetro colorato. In una sua opera, Sugerio utilizza la terminologia di Avicenna: la lux arriva ai vetri colorati; entrando nella chiesa diventa lumen; il lumen poi arriva all'occhio del fedele, diventando illuminatio ed elevando la mente.

Vissuto fra il 1452 e il 1519, Leonardo Da Vinci si dedica all'osservazione del mondo che lo circonda, e coglie per primo il cambiare dei colori man mano che si interpone distanza fra l'osservatore e il corpo osservato, ad esempio le montagne che sfumano sempre più verso l'azzurro, maggiore è la distanza dall'occhio umano. Inoltre, inizia a dipingere le ombre colorate, e non più nere o grigie. Nel suo "Trattato della Pittura", pubblicato postumo, Leonardo distingue sei colori fondamentali: bianco, giallo, verde, azzurro, rosso e nero.

Bernardino Telesio, nato nel 1509 e morto nel 1588, nel Liber Septimus della sua opera "De Rerum Natura luxta Propria Principia" afferma che "Non il colore, ma la luce è l'oggetto sensibile proprio della vista". Secondo Telesio, i colori, anche se visibili, lo sono solo dopo la luce e per mezzo di essa, in quanto si può vedere la luce senza i colori, ma non si possono vedere i colori senza la luce. I colori sono visibili non di per sé, ma perché tingono la luce, che è effettivamente visibile. Nello stesso libro, Telesio afferma anche che ciò che si vede è la luce tinta dai colori e dal nero, che è il colore della materia, e aumenta la sua imposizione sul colore tanta più materia la luce deve attraversare. Infine, sostiene che l'aria e l'acqua non siano incolori, ma di un bianco talmente esile che non riesce a respingere o mutare altri colori.

Sir Isaac Newton, fisico inglese vissuto fra il 1642 e il 1727, utilizza un prisma di vetro per scomporre la luce bianca. In questo esperimento, attuato nel 1676, Newton lascia entrare in una stanza buia un fascio di luce bianca, che colpisce un prisma di vetro a base triangolare, proiettandosi poi su un telo bianco. Secondo la legge della rifrazione, la luce, attraversando mezzi di propagazione con indici di rifrazione differenti, cioè l'aria e il vetro, avrebbe dovuto proiettare un'immagine circolare sul telo. Invece, Newton osservò come l'immagine proiettata fosse di forma ellittica, con un'estremità rossa e l'altra blu violetto. Newton chiama questa proiezione "spettro" (dal latino *specere*, apparire), e dopo varie misurazioni degli angoli di incidenza e di rifrazione, conclude che la luce bianca è formata da raggi di diversi colori: la forma ellittica dello spettro è quindi dovuta alla sovrapposizione delle forme circolari dei vari raggi luminosi, mentre le estremità di colore rosso e blu violetto sono tali perché, a differenza degli altri raggi che sovrapponendosi formano il bianco, il rosso e il blu violetto restano isolati, e appaiono quindi del loro colore. Newton è il primo a definire il colore come sensazione soggettiva causata da uno stimolo fisico oggettivo, la luce. Infine, il fisico inglese dimostra che i colori non sono un mutamento della luce, ma una sua componente, in quanto facendo riunire i raggi dello spettro con una lente convergente, essi danno la luce bianca.

Contrario a Newton e alle sue teorie, Johann Wolfgang von Goethe, scrittore tedesco vissuto dal 1749 al 1832, pubblica nel 1810 "Zur Farbenlehre", traducibile con "La Teoria dei Colori". Quest'opera è composta da quattro libri: uno didattico, uno polemico, uno storico e uno di approfondimenti. Nella parte didattica, Goethe spiega cosa siano, secondo la sua Teoria, i colori fisiologici, fisici e chimici. I colori fisiologici sono prodotti dall'occhio dell'osservatore, e dato che "Ogni singolo colore stimola nell'occhio, mediante una sensazione specifica, l'aspirazione alla totalità", sono quei colori che si formano in uno spazio incolore confinante con un colore, e sono opposti al colore stesso. Per esempio, guardando una macchia blu su sfondo bianco, l'occhio creerà il giallo nella zona bianca, in modo da creare un equilibrio con il blu. Goethe studia anche il modo in cui i colori appaiono diversi a seconda del contesto colorato nel quale si trovano. Inoltre, osserva che proiettando una luce colorata su un oggetto, l'ombra proiettata da questo sarà del colore opposto a quello della luce, e non sempre nera. I colori fisici nascono dall'interazione fra luce e tenebre. Secondo Goethe i due colori primari che danno vita a tutti gli altri sono il giallo e il blu, ottenuti rispettivamente da un indebolimento della luce e da un'attenuazione delle tenebre. Goethe osserva come, guardando una striscia bianca su sfondo nero attraverso un prisma, e allontanandosene lentamente, i bordi della striscia bianca, uno blu che sfuma verso il violetto avvicinandosi al nero, e l'altro giallo che sfuma verso il rosso avvicinandosi al nero, si uniscono formando il verde; ripetendo l'esperimento guardando invece una striscia nera su sfondo bianco, i bordi, uno violetto che sfuma verso il blu avvicinandosi al bianco, e uno rosso che sfuma verso il giallo avvicinandosi al bianco, danno origine al magenta. Goethe conclude quindi che verde e magenta sono complementari, così come lo sono il blu e il giallo. I colori chimici, infine, sono i colori estratti dalle sostanze e utilizzati per colorare.

Vissuto fra il 1888 e il 1967, Johannes Itten, pittore svizzero, basa la propria Teoria dei Colori, trattata nel suo libro "Kunst der Farbe", cioè "L'arte del colore", su una triade di colori primari scelta arbitrariamente: rosso, giallo e blu. Secondo Itten, da questi tre colori si generano tutti i colori dell'iride. Il pittore crea anche un cerchio cromatico, composto da sei settori circolari di dimensioni uguali colorati con i tre colori primari alternati dai tre colori secondari: in ordine, rosso, arancione, giallo, verde, blu, viola. Questo cerchio, ruotando attorno al centro, appare bianco, dimostrando ancora una volta che la luce bianca è composta dai vari colori dello spettro.

### **Struttura delle onde elettromagnetiche**

Un'onda elettromagnetica è una forma di energia che si propaga, appunto, assumendo la forma di un'onda, ed è formata da particelle dette fotoni. È composta da un'onda elettrica che si diffonde su un piano perpendicolare a quello di diffusione dell'onda magnetica, e questi due piani sono entrambi perpendicolari ad un terzo piano, quello della direzione di propagazione. Per semplicità, però, si prende in considerazione solo l'onda elettrica, tenendo comunque presente l'esistenza dell'onda magnetica.

Ogni onda elettromagnetica ha diverse caratteristiche: le creste sono le porzioni sopra l'asse orizzontale centrale, mentre gli avvallamenti, o ventri, sono le porzioni sottostanti; l'ampiezza è l'altezza dell'onda rispetto all'asse orizzontale centrale; la lunghezza d'onda, indicata con  $\lambda$ , è la distanza fra due punti in cui l'ampiezza è massima; la quantità di oscillazioni complete effettuate da un'onda elettromagnetica in un secondo è la sua frequenza, che si misura in Hertz, Hz; la velocità di propagazione, indicata con  $c$ , è la velocità dell'onda nel mezzo di propagazione, e nel vuoto è pari alla velocità della luce, cioè  $3 \cdot 10^8$  m/s, quindi circa 300 000 000 di metri al secondo.

In ordine dalla frequenza d'onda minore a quella maggiore, esistono onde radio, onde TV, microonde, l'infrarosso, lo spettro visibile, l'ultravioletto, raggi x, raggi gamma e raggi cosmici. Lo spettro visibile, che è una sola piccola parte delle onde elettromagnetiche esistenti, ha una lunghezza d'onda compresa fra circa 430 e 770 nanometri, e varia dal rosso, che ha la frequenza d'onda minore, al violetto, che ha la frequenza d'onda maggiore.

In un'onda elettromagnetica, le caratteristiche di lunghezza  $\lambda$  e la frequenza determinano la tonalità del colore, mentre l'ampiezza definisce la forza cromatica del colore. I colori primari hanno un'ampiezza maggiore rispetto ai secondari, e per questo motivo hanno una resa cromatica maggiore.

### Anatomia dell'occhio e percezione del colore

L'occhio umano è una sfera incompleta, ricoperta per il 93% dalla sclera, una membrana fibrosa e trasparente, che anteriormente lascia il posto alla cornea, una membrana trasparente, che ricopre il 7% della superficie dell'occhio, e ha una curvatura diversa rispetto alla sclera. Sotto la sclera, è presente uno strato vascolarizzato detto coroide, che dà origine nella parte anteriore al corpo ciliare e all'iride. Nel centro dell'iride c'è la pupilla, un foro che si allarga e si restringe, controllato dal sistema neurovegetativo, che regola la quantità di luce che entra nell'occhio. Al disotto della coroide c'è la retina, che ricopre la parte interna posteriore e termina nel punto detto "ora serrata", cioè il punto in cui coroide e corpo ciliare si incontrano. La retina contiene i fotorecettori dell'occhio, detti coni e bastoncelli, che traducono i segnali luminosi in segnali bioelettrici, che vengono inviati al cervello tramite il nervo ottico. I coni sono adibiti alla ricezione dei colori, cioè la visione fotopica, e ne esistono tre tipi diversi, per il rosso, per il verde e per il blu, e si concentrano nella parte centrale della retina. I bastoncelli, invece, permettono la visione scotopica, cioè in condizioni di illuminazione molto scarsa, e sono più sensibili al movimento; questi si concentrano nella parte periferica della retina. Dal corpo ciliare si dipartono delle fibre che si attaccano al cristallino, una lente in grado di variare forma e dimensione, e ne permettono il movimento conseguente alla contrazione o al rilassamento dei muscoli del corpo ciliare, garantendo la messa a fuoco di ciò che si osserva. L'occhio è composto da tre camere: la camera anteriore, fra cornea e iride; la camera posteriore, fra iride e cristallino; la camera vitrea, che si estende oltre il cristallino. Le prime due camere sono riempite di umor acqueo, un liquido salino che aiuta nella messa a fuoco, anche subacquea. Nella camera vitrea, invece, c'è il corpo vitreo, o umore vitreo, una sostanza gelatinosa che permette all'occhio di mantenere la sua forma.

I fotorecettori dell'occhio sono particolarmente importanti per quanto riguarda la Scienza del Colore, perché sono proprio questi a permettere la visione dei colori. I coni, che sono circa 5 milioni per occhio, hanno tempi di risposta agli stimoli minori, rispetto ai bastoncelli, e sono adibiti alla visione, in condizioni di normale illuminazione, dei colori, delle forme, dei dettagli e dei cambiamenti d'immagine. I bastoncelli, invece, permettono la visione in condizioni di scarsa luminosità, e hanno una sensibilità talmente elevata che sono sufficienti pochi fotoni per eccitarli, e secondo alcuni studi ne è sufficiente uno solo.

Sui coni sono presenti tre pigmenti proteici, ognuno dei quali reagisce alla lunghezza d'onda corrispondente al rosso, a quella corrispondente al verde, e a quella corrispondente al blu. Sui bastoncelli è presente la rodopsina, un pigmento visivo derivato dal  $\beta$ -carotene, che reagisce alla luce. Questi quattro pigmenti visivi, reagendo alle onde elettromagnetiche, danno luogo a una serie di reazioni chimiche che generano segnali elettrici detti segnali di tristimolo, i quali a loro volta vengono elaborati con modalità ancora in fase di studio in altre cellule della retina, e termina con la generazione dei segnali elettrici detti opponenti, i quali arrivano

al cervello tramite il nervo ottico. Nel cervello, gli impulsi vengono proiettati in una parte della corteccia visiva, permettendo la percezione del colore.

I colori che vengono proiettati nella corteccia visiva, però, non sono esattamente quelli recepiti dai coni. Infatti, i pigmenti proteici presenti sui coni si attivano solo con tre lunghezze d'onda: quella compresa fra 620 e 750 nm circa, corrispondente al rosso; quella compresa fra 490 e 570 nm circa, identificata come verde; quella che va approssimativamente da 380 a 450 nm, che corrisponde al blu. È la mescolanza che avviene nel cervello di questi tre colori primari a dare origine ai colori secondari magenta, giallo e ciano e a tutte le altre nuance esistenti.

### **Il daltonismo**

Il daltonismo è una malattia che consiste nella cecità ai colori, ovvero l'incapacità totale o parziale di distinguerli. La causa del daltonismo è quasi sempre genetica, ma può emergere anche in seguito a danni alla retina, al nervo ottico o a determinate zone della corteccia cerebrale, oltre all'esposizione ad alcuni particolari composti chimici, e inoltre alcuni tipi di daltonismo acquisito sono reversibili, e alcune forme di daltonismo sono temporanee e dovute all'emicrania. Questa malattia venne descritta per la prima volta dal chimico inglese John Dalton nel 1794, e può essere di quattro tipi: deuteranomalia, ovvero cecità al colore verde; protanomalia, cioè cecità al colore rosso; tritanomalia, ovvero cecità al colore blu; acromatopsia, che consiste nella cecità a tutti i colori. Il daltonismo genetico è dovuto ad un allele recessivo del cromosoma X, e colpisce circa il 5-8% degli uomini e meno dell'1% delle donne. Non sono ancora state formulate cure per il daltonismo, ma sono stati elaborati un software apposito e delle lenti correttive. Inoltre, alcuni soggetti migliorano in seguito ad interventi chirurgici.

### **La psicologia dei colori**

La psicologia dei colori è un ambito della psicologia che si occupa dello studio delle reazioni che hanno le persone a determinati colori. Questo tipo di studi è condotto su ampi gruppi di persone, che reagiscono in modo diverso ai diversi colori: in tutte le reazioni c'è un filo conduttore, ma comunque le differenze culturali, il vissuto di ogni persona, il contesto e altri fattori influenzano il rapporto fra i singoli individui e determinati colori.

Ciononostante, la maggior parte delle persone identifica i colori in modi simili: il rosso è visto come un colore forte, che dà energia ed esprime sicurezza di sé, anche se a volte è ritenuto aggressivo o viene collegato al sangue, al pericolo e alla violenza; il giallo viene considerato dai più come un indicatore di libertà, luce, movimento, allegria, ma al contempo indice di gelosia, falsità e disonestà; il verde rappresenta l'autostima, la natura, la pace e insieme la malattia, il veleno, il disgusto; il ciano, spesso associato al blu, esprime, secondo molti, calma, serenità e intelligenza, ed è anche associato alla tristezza e alla solitudine; il violetto è visto come un colore regale, spirituale, che dà un senso di metamorfosi, ma d'altro canto viene anche visto come portatore di paura e sfortuna; il magenta simboleggia femminilità e gioventù, ma anche debolezza e ingenuità; il marrone simboleggia neutralità e solidità, insieme all'idea di sporcizia; il nero è visto come simbolo di eleganza, mistero, magia, così come simbolo di lutto e morte nelle culture occidentali e tristezza; il bianco è simbolicamente la purezza, la castità, la pulizia, ma indica la morte nelle culture orientali, la freddezza e la sterilità; il grigio simboleggia equilibrio, intelligenza, ma contemporaneamente distanza, neutralità, apatia.

La psicologia del colore si applica in moltissimi settori, a partire dal marketing, dove ogni colore è sfruttato in modo preciso per invogliare l'acquisto del prodotto. Ad esempio, il blu viene usato per indurre un senso di fiducia nel cliente, ed è infatti utilizzato dalla maggior parte delle banche, ed è anche il colore delle cravatte che i politici usano molto frequentemente durante le loro campagne. Il viola ispira femminilità ed eleganza, ed è appunto usato da molte ditte di make-up o prodotti riservati al mondo femminile. Un altro colore che indirizza all'idea di eleganza, lusso e ricchezza, insieme all'oro, è il nero: si pensi ad esempio a noti marchi d'abbigliamento sia da uomo sia da donna che alternano questi due colori e che sono

comunemente associati alla ricchezza. Il verde porta a pensare alla sostenibilità, all'ecologia e alla creatività, ed è infatti il colore più utilizzato da associazioni nazionali e internazionali per la difesa dell'ambiente, così come da note marche dedicate a materiale per il bricolage, attività, appunto, basata sulla creatività. L'arancione è un colore che ricorda l'infanzia e la spensieratezza, ed è usato da ditte che si occupano della produzione e vendita di prodotti dolciari, emittenti televisive specializzate nei programmi per bambini e ragazzi. Il giallo stimola l'appetito e attira l'attenzione, e per questo è molto utilizzato da catene ristorative, e per promuovere prodotti per l'infanzia o tecnologici. Il rosso stimola a sua volta l'appetito, induce un senso di fretta e attira molto l'attenzione: per questi motivi è utilizzato, spesso insieme al giallo, nei loghi di noti fast-food.

Dietro a ogni colore c'è quindi molto più dell'apparenza, e quasi tutto ciò che c'è sul mercato ha un colore che è stato studiato appositamente per vendere quel prodotto, o attirare clienti per l'azienda, restando nell'ambito del marketing. Ma la psicologia del colore, come detto, si espande su moltissimi altri ambiti.

### **Definizione di colore secondo Harald Küppers**

Harald Küppers ha dimostrato che il colore è una sensazione soggettiva che si genera nel cervello. Ogni colore che l'uomo è in grado di vedere, infatti, è una proiezione delle onde elettromagnetiche - captate dall'occhio - che avviene nel cervello; è una sensazione soggettiva perché i colori in realtà non esistono, ma sono "un'illusione" dell'uomo, causata da una serie di reazioni chimiche che a partire dall'onda elettromagnetica portano alla proiezione nella corteccia cerebrale di una sensazione che l'uomo ha definito, appunto, colore.

### **Classificazione dei colori**

I colori possono essere classificati in vari gruppi: luce, materia, acromatici, primari, secondari e fondamentali, strutturali, compensativi.

I colori luce sono i raggi luminosi: ogni raggio luminoso è un'onda elettromagnetica, la cui lunghezza d'onda corrisponde ad una determinata nuance. Gli unici tre colori percepiti dai fotorecettori della retina sono il rosso, il verde e il blu, e questi si mescolano fra di loro tramite la mescolanza additiva, dando origine a tutti gli altri colori e le altre nuance che formano lo spettro visibile. I colori luce, o meglio le onde elettromagnetiche, possono arrivare all'occhio umano secondo le seguenti modalità: direttamente dalla loro fonte; riflettendosi su un corpo opaco, che trattiene alcune radiazioni e rimanda le altre, che danno all'occhio la percezione del colore; attraversando un corpo trasparente, che assorbe alcune radiazioni e viene oltrepassato dalle altre, le quali originano la percezione di un colore nell'occhio.

I colori materia si suddividono principalmente in coloranti e sostanze coloranti. I coloranti sono sostanze più o meno solubili in acqua che trasmettono il proprio colore, dato dai gruppi cromofori presenti nella loro struttura molecolare, tramite una reazione chimica che li lega al supporto. Le sostanze coloranti, invece, sono i pigmenti, cioè sostanze che possono essere organiche o inorganiche, naturali o sintetiche, insolubili o quasi nei principali solventi come l'acqua, e che pertanto vanno dispersi in altri mezzi detti leganti che li fissano al supporto. La differenza tra coloranti e sostanze coloranti sta quindi nel fatto che i primi costituiscono un legame chimico col supporto, al contrario dei secondi.

I colori acromatici sono il bianco e il nero. Sono detti acromatici in quanto non hanno tonalità: sono dati infatti dall'insieme di tutte le radiazioni luminose e dalla loro assenza, rispettivamente. Data la mancanza di tonalità, i colori acromatici sono posti all'esterno dell'Esagono di Küppers, e più precisamente costituiscono le due estremità della scala dei grigi, anch'essi acromatici.

I colori primari sono i colori corrispondenti alle onde elettromagnetiche con lunghezza d'onda compresa fra 620 e 750 nm, fra 490 e 570 nm, e fra 380 e 450 nm, rispettivamente il rosso, il verde e il blu. Questi tre sono detti colori primari in quanto sono gli unici tre colori percepiti dai fotorecettori presenti all'interno dell'occhio umano, ed è la loro mescolanza a proiettare nella corteccia visiva tutte le nuance distinguibili.

I colori secondari derivano dai primari per mescolanza additiva: più precisamente esistono il giallo, ottenuto dall'unione del rosso e del verde, il ciano, ottenuto dall'unione fra verde e blu, e il magenta, che si crea al di fuori dello spettro visibile dall'unione di blu e rosso. Ciano, magenta e giallo sono i colori utilizzati, assieme al nero e al bianco, per riprodurre materialmente tutte le nuance esistenti tramite mescolanza sottrattiva. I colori secondari hanno una forza cromatica inferiore rispetto ai colori primari, dato che il punto di intersezione fra le onde elettromagnetiche dei primari è più basso rispetto all'apice della cresta; questo fatto ha portato Harald Küppers ad elaborare la mescolanza integrata.

Con "colori fondamentali" si intende l'insieme che racchiude i colori primari, secondari e acromatici, quindi il rosso, il giallo, il verde, il ciano, il blu, il magenta, il bianco ed il nero. Questi otto colori sono stati identificati come "fondamentali" da Harald Küppers.

Esistono poi i colori strutturali, che si formano dall'interazione fra le onde elettromagnetiche che compongono la luce e il supporto da esse illuminato. I colori strutturali a loro volta si suddividono in tre tipi di colori: cangianti, iridescenti e sgargianti. Questi tre si formano grazie ad un fenomeno detto "interferenza delle onde elettromagnetiche", per cui, quando due onde elettromagnetiche interagiscono fra loro, se creste e valli coincidono le onde si amplificano, mentre se la cresta di un'onda corrisponde con la valle dell'altra le onde si annullano reciprocamente; l'interferenza viene detta costruttiva nel primo caso, e distruttiva nel secondo. Nel settore tessile, i colori cangianti si creano quando la trama è tinta di nero e l'ordito è tinto con colori chiari, e il tessuto è formato da fibre diverse. I colori iridescenti si formano quando il corpo osservato è costituito da uno strato opaco rivestito da uno strato semitrasparente; in questo caso parte delle radiazioni vengono riflesse dallo strato semitrasparente, mentre le altre lo attraversano per essere poi riflesse dallo strato opaco: così si crea l'interferenza fra le onde elettromagnetiche, e il corpo osservato appare di colori diversi a seconda dell'angolo di osservazione. I colori sgargianti si producono quando l'armatura del supporto tessile è costituita da fibre differenti le quali sono tinte con colori diversi e sovratinte con pigmenti applicati a foulard.

Esistono, infine, tre "tipi di colore" che si creano grazie ai fenomeni fisici che coinvolgono le radiazioni elettromagnetiche, ovvero i colori catarifrangenti, quelli fosforescenti, e quelli fluorescenti. La catarifrangenza si basa sulla riflessione: un catadiotro è un corpo costituito da specchi ortogonali, che riflette la luce nella direzione dalla quale proviene, e grazie alla sua struttura ne amplifica la luminosità; per questo motivo le superfici catarifrangenti appaiono molto più luminose dell'ambiente circostante. È invece fluorescenza la capacità di un corpo di aumentare la lunghezza d'onda dei raggi ultravioletti, rendendo così visibile l'onda elettromagnetica UV che lo inonda; questo fenomeno cessa al cessare dell'eccitazione causata dai raggi ultravioletti o dalla Luce di Wood, una particolare sorgente luminosa che emette prevalentemente raggi UV, invisibili, e detta per questo anche "luce nera". La fosforescenza è invece un fenomeno che si verifica quando determinate sostanze vengono esposte a radiazioni incidenti, che causano l'eccitazione di tali sostanze per periodi di tempo anche lunghi, tanto che la sostanza fosforescente emana radiazioni luminose anche quando le radiazioni eccitanti si sono estinte.

### **Caratteristiche dei colori**

Ogni nuance differisce dalle altre per le proprie caratteristiche. Queste caratteristiche, dette anche "Attributi dei Colori" nella Teoria di Johannes Itten, sono il tono, la luminosità, la saturazione, l'immensità e la forza cromatica.

Il tono di un colore, detto anche tonalità, è in relazione con la lunghezza d'onda della radiazione ad esso connessa, e corrisponde al nome con cui si chiama la nuance. L'occhio umano è in grado di distinguere un elevatissimo numero di toni.

La luminosità è la capacità di un colore di riflettere la luce ed apparire dunque chiaro o scuro. Questa caratteristica si misura utilizzando la percentuale di luce riflessa dalla nuance. Il colore giallo, ad esempio, è

in grado di riflettere un'alta percentuale di luce, ed appare chiaro, mentre il blu ne riflette solo una piccola parte, ed appare dunque scuro.

La terza caratteristica è la saturazione, che è identificabile con il grado di diluizione o concentrazione delle sostanze coloranti. Questa caratteristica è tanto maggiore quanto la sostanza colorante è concentrata, e diminuisce all'aumentare della diluizione della sostanza colorante nella sostanza incolore. Al variare della saturazione, il tono non cambia. Più la saturazione diminuisce, più la nuance si "ingrigisce", e se la saturazione raggiunge il valore zero, il colore diventa nero. L'attributo della saturazione è indicabile con la percentuale di pigmento utilizzata.

L'immensità è una caratteristica introdotta dall'Ing. tessile Romano Dubbini, ed è la capacità di un colore di assorbire, riflettere e rimettere la luce e i colori che lo circondano. L'immensità di un colore non si può misurare, in quanto ne esiste una per ogni colore e per ogni attimo, e dipende dai volumi, dalle nuances, dalle forme, dalla luminosità dei toni propri e del contesto. Già i pittori della corrente artistica francese nota come "Impressionismo", nata nella seconda metà dell'Ottocento, si accorsero dell'importanza di questa caratteristica, e la sfruttarono dipingendo "en plein air", riuscendo così a cogliere le nuances che si creavano appunto per opera dell'immensità, ovvero riflettendosi e illuminandosi fra loro.

Il quinto attributo è la forza cromatica di un colore, ed è stato anch'esso introdotto dall'Ing. tessile Romano Dubbini. La forza cromatica è la quantità massima di un pigmento, espressa in percentuale, che va dispersa in un mezzo fluido, che è in grado di colorare delle paste, dette "Finish", usate per rivestire supporti o superfici. Conoscere la resa cromatica, ovvero la forza cromatica, di un determinato pigmento è essenziale per ottenere il risultato ottimale senza spreco del pigmento stesso. In questo modo, si riduce l'inquinamento e si risparmia, oltre a garantire la tenuta del colore sul supporto, che, altrimenti, per esempio su un supporto tessile, perderebbe il colore in eccesso rovinando altri prodotti.

Harald Küppers indica quattro caratteristiche estetiche del colore, che sono il colore tipo cromatico, il colore tipo acromatico, il grado di coloritura cromatica o acromatica, e la luminosità. Queste quattro caratteristiche si radicano nelle leggi della Scienza del Colore, e più specificamente nella legge della mescolanza integrata, per la quale ogni nuance è frutto della mescolanza fra due colori cromatici primario e secondario adiacenti fra loro nell'Esagono di Küppers, e i due colori acromatici, cioè il bianco e il nero.

Il colore tipo cromatico è la parte costituita dai due colori cromatici, un primario, quindi rosso, verde o blu, e un secondario ad esso adiacente nell'Esagono, quindi rispettivamente giallo o magenta, giallo o ciano, magenta o ciano.

Il colore tipo acromatico è la porzione formata dai due colori acromatici, cioè il bianco e il nero.

Il grado di coloritura cromatica è il rapporto fra il colore tipo cromatico e il colore tipo acromatico; il grado di coloritura acromatica è ottenuto invece mettendo in rapporto il colore tipo acromatico con il colore tipo cromatico. La somma di questi due valori è sempre 100.

La luminosità dipende dalla quantità di colore utilizzato nella mescolanza e dalla luminosità intrinseca di ognuno di essi.

## **I contrasti**

Nella sua Teoria dei Colori, Johannes Itten redasse i Sette Contrasti di Colore: questi sono i contrasti di colori puri, di chiaro e scuro, di colori caldi e freddi, di complementari, di simultaneità, di qualità e di quantità. A questi sette, Küppers ne aggiunse un ottavo: il contrasto di colori integrati.

Il contrasto di colori puri è utilizzato prevalentemente nella grafica e nel lancio di messaggi promozionali, e si instaura fra i colori puri primari, ovvero rosso, verde e blu, e con minore evidenza nei colori secondari giallo, ciano e magenta.

Il contrasto di chiaro e scuro si crea, appunto, fra colori chiari e colori scuri, come il bianco e il nero, che rappresentano l'apice di questo contrasto, oppure tinte con luminosità molto diverse.

Il contrasto di colori caldi e freddi avviene quando vengono avvicinati fra loro un colore caldo, come il rosso o l'arancione, e uno freddo, come il ciano o il blu. Questo contrasto è aumentato notevolmente se i colori utilizzati sono complementari, e viene spesso applicato insieme al contrasto di chiaro e scuro e al contrasto di quantità, infatti la contrapposizione è fortissima se si pone, ad esempio il colore blu al centro del colore arancione, perché entrano in gioco i tre contrasti sopraccitati: l'arancione e il blu sono complementari, rispettivamente caldo e freddo, inoltre l'arancione occupa uno spazio maggiore in quanto circonda il blu, e infine il blu è meno luminoso dell'arancione. Questo contrasto è molto utilizzato in quanto è in grado di trasmettere forti impressioni, ed ha una grande espressività.

Il contrasto di complementari avviene contemporaneamente al contrasto di colori caldi e freddi, e al contrasto di chiaro e scuro, infatti in ogni coppia di complementari c'è sempre un colore caldo e uno freddo, un colore più luminoso e uno meno luminoso. Questo contrasto è molto forte, proprio perché coesiste con altri due.

Il contrasto di simultaneità coinvolge i colori e l'ambiente che li circonda. Questo contrasto si verifica quando l'occhio umano vedendo un colore crea contemporaneamente il suo complementare: questo fa in modo che la stessa nuance sembri più scura se circondata da un ambiente chiaro, e viceversa. Questo effetto si realizza anche fra colori non perfettamente complementari, che si spingono a vicenda verso il loro complementare, perdendo i loro attributi originali e creando nuovi effetti di luminosità. Michel Eugène Chevreul, scienziato francese vissuto fra il 1786 e il 1889, nel suo libro "Sulla legge del contrasto simultaneo dei colori" scrisse che "Dare una pennellata di colore non è soltanto tingere con il colore che si trova sul pennello. È anche colorare con il suo complementare lo spazio che lo circonda."

Esiste anche l'effetto di contrasto consecutivo negativo, che può essere ricollegato concettualmente al contrasto di simultaneità. Con questo effetto, guardando una figura, sia essa in bianco e nero o a colori, per un determinato lasso di tempo, non appena si sposta lo sguardo su una superficie bianca si vede la stessa immagine ma dai colori invertiti: il bianco e il nero si scambiano, mentre vengono proiettati i colori complementari a quelli della prima immagine. Questo avviene perché osservando a lungo un colore, i coni che lo recepiscono si "affaticano" e reagiscono più difficilmente alla luce; proiettando di colpo la luce bianca all'occhio, i coni "non affaticati" reagiranno, mentre quelli "affaticati" no, dando la sensazione del colore complementare. Ad esempio, osservando per un determinato lasso di tempo un'immagine con il colore-luce giallo e guardando immediatamente dopo un foglio bianco, si vedrà la stessa forma dell'immagine gialla, ma di colore blu. Questo "affaticamento" dei coni è solo temporaneo, e solitamente la situazione ritorna alla normalità dopo pochi secondi.

Il contrasto di qualità si instaura fra due colori con caratteristiche diverse, ovvero con tonalità, saturazione e luminosità diverse. Più precisamente viene a crearsi fra un colore luminoso e saturo ed un colore "tagliato", ovvero attenuato nelle sue caratteristiche. Il "taglio" di un colore può avvenire secondo quattro metodi: aggiungendo il colore puro bianco in modo da renderlo più freddo; aggiungendo il colore puro nero per renderlo meno luminoso; aggiungendo il grigio in modo da ridurre la saturazione e la luminosità; aggiungendo al colore puro il suo complementare, offuscandolo.

Il contrasto di quantità si basa, appunto, sulla quantità di un determinato colore presente sulla superficie totale della tela, della parete o del tessuto. Johann Wolfgang von Goethe ha stabilito i rapporti che devono esserci fra i colori in modo che questi siano in armonia fra loro: il giallo, l'arancio, il rosso, il viola, il blu e il verde devono essere in un rapporto di rispettivamente 3, 4, 6, 9, 8 e 6 in modo da essere armonici. Se non vengono rispettate queste proporzioni, il colore di minoranza appare più luminoso di quanto farebbe se fosse in armonia con gli altri: nel settore tessile questa trasgressione "impreziosisce" talvolta il capo confezionato, dato che esalta il valore espressivo d'insieme.

Esiste, infine, il contrasto integrato fra tre Colori Fondamentali adiacenti tra loro nell'Esagono di Küppers, che si crea fra un colore primario e i due secondari che lo affiancano nell'Esagono, oppure fra un colore secondario e i due primari ad esso adiacenti. Con questo contrasto si può variare la forza cromatica dei colori, a patto che venga variata equamente per tutti e tre i colori.

### **Colori, coloranti e sostanze coloranti**

Un'importante differenza esiste fra colori, coloranti e sostanze coloranti.

Con colori si intendono i raggi luminosi che sono formati dalla miscela dei tre colori primari rosso, verde e blu, indicati con RGB, cioè red, green, blue. Questi provengono direttamente da una fonte luminosa, oppure arrivano all'occhio indirettamente da un corpo solido, che può averli riflessi o averli lasciati trasparire. Ogni corpo opaco trattiene e riflette determinate lunghezze d'onda, data la sua struttura molecolare, e per questo viene percepito dall'occhio umano come colorato. Il colore che si vede di un corpo opaco è costituito dalle onde elettromagnetiche che riflette, e che danno un colore complementare rispetto a quello ottenuto dalla mescolazione delle onde elettromagnetiche trattenute. La mescolanza dei tre colori primari genera i colori luminosi secondari, ovvero giallo, formato dal rosso unito al verde, il ciano, costituito dalla mescolanza fra verde e blu, e il magenta, che si crea dalla mescolanza fra blu e rosso (quest'ultima mescolanza avviene però al di fuori del campo visivo).

I coloranti sono sostanze chimiche capaci di tingere un supporto grazie alla formazione di un composto chimico fra il colorante stesso e il supporto.

Le sostanze coloranti sono invece i pigmenti, cioè sostanze in grado di trasferire il proprio colore ad un supporto, senza però creare un legame chimico. Le sostanze coloranti possono essere trasparenti o coprenti, e sono in grado rispettivamente di mescolare il proprio colore a quello del supporto, e di coprire il supporto senza che il proprio colore ne venga influenzato.

### **Cosa sono e a cosa servono le mescolanze**

Una mescolanza è un criterio con cui si fondono due o più colori per formare una nuance, o un terzo colore: Harald Küppers ne ha distinte undici.

Questi criteri adempiono il loro obiettivo spesso creando un'illusione, o comunque sfruttando il principio di funzionamento dell'organo visivo e le sue caratteristiche.

La Mescolanza Ottica è spesso applicata in ambito tessile e nella stampa, e si basa sulla difficoltà che l'occhio ha di distinguere forme molto esili, e sulla sua tendenza a creare una sfumatura omogenea al loro posto. Questo fenomeno è detto "capacità di dissoluzione della retina", ed è dovuto alle dimensioni dei coni e dei bastoncelli, da cui dipende appunto la capacità di distinguere i dettagli. La capacità di dissoluzione della retina viene sfruttata nel settore tessile intessendo fili di nuances diverse, per creare l'illusione che il tessuto sia di un'altra nuance; ad esempio si possono utilizzare fili di color giallo e ciano per dare l'illusione che il tessuto sia verde.

La Mescolanza Rapida si basa sull'incapacità dell'occhio umano di distinguere molte immagini in rapida successione. Dato che l'organo visivo è in grado di riconoscere in media 25-30 immagini al secondo, se ne vengono mostrate di più si crea l'illusione della fluidità delle immagini: questo principio è alla base della cinematografia, dato che proiettare un film a 24 fps, cioè fotogrammi per secondo, è sufficiente a creare l'illusione che non siano immagini in successione, ma bensì un movimento fluido di una singola immagine. Nel 2012, dirigendo la trilogia de "Lo Hobbit", il regista Peter Jackson ha introdotto l'High Frame Rate, traducibile con "alta frequenza di immagini", portando gli fps dei film fra i 48 e i 60, dando ancora più l'effetto di fluidità. Questa legge di mescolanza entra in gioco quando si osserva la Ruota dei Colori girare e si ha l'illusione che sia bianca.

La Mescolanza Cromatica si attua mescolando fra loro dei colori scelti fra i sei colori di base cromatici, quindi rosso, giallo, verde, ciano, blu e magenta. Secondo questa mescolanza si procede mescolando i colori scelti per poi applicarli come un unico strato di colore coprente. Il colore dello sfondo non influisce, e la percentuale di colori acromatici nella ricettazione è data dai colori opposti che mescolandosi formano una nuance acromatica.

La Mescolanza Bianca e la Mescolanza Nera completano la legge di Mescolanza Cromatica. La Mescolanza Bianca si attua mescolando i Colori Secondari, cioè giallo, ciano e magenta, e il colore acromatico bianco; la Mescolanza Nera è attuata con i Colori Primari, quindi rosso, verde e blu, e con il colore acromatico nero. In queste due mescolanze, la percentuale acromatica è data nuovamente dai colori complementari fra loro, ma l'aggiunta dei colori acromatici bianco e nero permette di ottenere nuances annerite o sbiancate, impossibili da ottenere semplicemente con la Mescolanza Cromatica.

La Mescolanza Grigia utilizza gli Otto Colori Fondamentali e i colori ausiliari grigio scuro, indicato con Gs, grigio neutro, indicato con Gn, e grigio chiaro, indicato con Gc, ottenuti rispettivamente con 25W e 75K, 50W e 50K, 75W e 25K. Quindi la Mescolanza Grigia prevede cinque colori acromatici e sei colori cromatici.

La Mescolanza del Colorante è utilizzata in ambito pittorico: per tingere una pittura ad emulsione coprente bisogna utilizzare i Sei Colori Fondamentali Cromatici e del Colore Acromatico Nero in forma di coloranti liquidi trasparenti.

La Mescolanza delle Nuances è una tecnica applicata soprattutto nella pittura, e consiste nella miscelazione di due o più coloranti coprenti per ottenere una particolare nuance. L'esempio più lampante è quello di un pittore che mescola due colori al fine di conseguire una determinata nuance.

### **Mescolanza additiva**

La mescolanza additiva permette l'unione dei colori luce, cioè dei raggi luminosi. Con questa mescolanza si originano tutti i colori luce a partire dai tre colori primari, cioè rosso, verde e blu, indicati con RGB. Una prima mescolanza additiva dei colori primari dà i colori secondari: precisamente, rosso e verde originano il giallo, verde e blu danno il ciano, e blu e rosso generano il magenta, che si crea al di fuori dello spettro visibile. I tre colori secondari vengono indicati con CMY, ovvero cyan, magenta, yellow. Unendo i tre colori luce primari al massimo della loro resa cromatica si ottiene il bianco, indicato con W, che sta per white. L'assenza dei colori luce primari dà luogo invece al nero, indicato con K, key. La mescolanza additiva è attuata per tutte le forme di luce visibile, siano esse prodotte da lampadine, schermi tv e computer, led e ovviamente il Sole o le altre stelle.

La mescolanza additiva può essere attuata solo con i colori primari luce, e non materia, perché mescolare i colori rosso, verde e blu materia significherebbe mescolare fra loro tre diversi colori secondari materia, ottenendo una nuance nerastra: infatti, per creare i colori primari materia occorre mescolare in parti uguali fra di loro i due secondari adiacenti: il rosso si ottiene mescolando magenta e giallo; il verde è ottenuto mescolando giallo e ciano; il blu si ottiene mescolando ciano e magenta. Per questo motivo, mescolare due primari materia sarebbe come mescolare tre secondari materia, con il risultato di una nuance nera impura.

### **Mescolanza sottrattiva**

La mescolanza sottrattiva permette invece l'unione dei colori materia, quindi coloranti e sostanze coloranti. I colori della mescolanza sottrattiva sono ciano, magenta e giallo, e da essi si originano quindi tutte le nuances. È detta sottrattiva perché, al contrario dell'additiva, questa mescolanza sottrae progressivamente luminosità alle nuances, fino ad arrivare ad un nero particolare, detto bistro, ottenuto dall'unione di ciano, magenta e giallo, il quale influenza comunque la nuance definitiva. Questa mescolanza non è quasi più utilizzata, dato che ad oggi si usa il "vero" colore nero anziché il bistro. Di conseguenza, vengono utilizzati due dei tre colori ciano, magenta e giallo, più il nero e il bianco, quest'ultimo dato solitamente dal foglio o comunque dal supporto. Questa mescolanza, detta sottrattiva acromatica, consente di ridurre i costi, dato

che ottenere una stessa quantità di nero è meno costoso acquistando il “vero” colore nero anziché i tre colori CMY; inoltre la nuance risulterà più “pura”, proprio perché si usa il nero al posto del bistro. Grazie alla mescolanza sottrattiva acromatica si potrebbero tenere solamente i colori ciano, magenta, giallo, bianco e nero per creare qualsiasi nuance, ma per comodità viene solitamente tenuta una ventina di toni. I colori utilizzati per la mescolanza sottrattiva acromatica vengono indicati insieme come CMYK: il bianco non viene indicato perché solitamente è dato dal supporto che viene colorato.

### Mescolanza integrata

Harald Küppers, elaborando la propria Teoria del Colore, ha scoperto che esiste un metodo più efficace per ottenere le nuances normalmente ottenute con la mescolanza sottrattiva acromatica, in termini di qualità della nuance ottenuta e di costo. Küppers la chiamò “mescolanza integrata”. La mescolanza integrata prevede la miscelazione di un colore primario della terna rosso, verde, blu, con un colore secondario della terna ciano, magenta, giallo, purché adiacente al primario nell’Esagono di Küppers, con l’aggiunta di bianco e nero. I colori utilizzati da questa mescolanza sono quindi gli otto colori fondamentali definiti da Küppers: rosso, giallo, verde, ciano, blu, magenta, bianco e nero. La mescolanza integrata permette di realizzare toni più puri rispetto a quelli creati con la mescolanza sottrattiva acromatica, permette un risparmio del 30-50% rispetto alle mescolanze sottrattiva e sottrattiva acromatica, aumenta la resistenza dei toni a sfregamenti e lavaggi, e consente di inquinare di meno, dato che le quantità di pigmento utilizzate sono inferiori. Graficamente, la mescolanza integrata può essere raffigurata come un quadrato suddiviso in quattro parti, la grandezza delle quali varia proporzionalmente alle quantità di colori cromatici e acromatici utilizzati, che sono sempre al massimo quattro; la somma delle quantità di pigmento utilizzate è sempre 100, dato che le quantità stesse vengono indicate con una percentuale. In questo quadrato esistono tre rapporti: il rapporto acromatico; il rapporto cromatico; il grado cromatico, che è un rapporto fra colori acromatici e cromatici. Il rapporto acromatico è il rapporto che intercorre fra i colori acromatici bianco e nero: ad esempio, in una formulazione in cui il bianco è quantitativamente il quadruplo del nero, il rapporto acromatico sarà di 4/1. Il rapporto cromatico è invece il rapporto fra il colore secondario e il colore primario presenti: in una formulazione in cui il secondario sia un terzo del primario, si avrà un rapporto di 1/3. Infine, il grado cromatico è il rapporto fra le quantità di colori acromatici e cromatici utilizzati: in una formulazione nella quale la quantità dei colori acromatici sia una volta e mezza la quantità dei colori cromatici, il grado cromatico sarà di 1,5/1. Il quadrato che rappresenta graficamente le quantità dei colori cromatici e acromatici utilizzati, e i loro rapporti reciproci, è detto “Quadrato delle caratteristiche estetiche di una nuance”.

Nella mescolanza integrata vanno utilizzati due colori cromatici adiacenti fra loro nell’Esagono di Küppers, ad esempio il magenta e il blu, e nessun altro colore cromatico. Questo perché mescolando un colore primario o secondario con il suo colore complementare, opposto nell’Esagono, si otterrebbe il grigio, mentre mescolando un colore primario con un altro primario si ricadrebbe nella mescolanza additiva, e mescolando due secondari fra loro si effettuerebbe una mescolanza sottrattiva.

La mescolanza integrata è meno costosa, a parità di toni, della sottrattiva acromatica, perché nella prima si utilizzano anche i colori primari, che hanno una resa cromatica maggiore. Questo avviene perché le onde elettromagnetiche corrispondenti ai toni rosso, verde e blu, si intersecano in punti inferiori alla loro ampiezza massima, e quindi l’ampiezza dei secondari, che raggiunge quel punto, è inferiore. Di conseguenza, utilizzare la mescolanza integrata è meno costoso perché la forza cromatica del primario è maggiore, e quindi è necessaria una quantità inferiore di pigmento.

Tutte le formulazioni di nuances ottenute con la mescolanza integrata sono soggette alla regola dello “scambio reciproco delle quantità”: infatti, la somma delle quantità dei colori cromatici e di quelli acromatici è sempre una costante. Per questo, se si aumenta la quantità del colore primario, va diminuita quella del secondario e viceversa, e lo stesso vale per il bianco e il nero. Lo scambio reciproco delle quantità serve a mantenere costante la saturazione di una nuance, per risparmiare e per inquinare di meno.

## Struttura e funzioni dell'Esagono di Küppers

L'Esagono di Küppers è stato ideato per schematizzare i colori fondamentali, ed è stato introdotto per la prima volta da Harald Küppers nella sua Teoria del Colore. Ai vertici dell'Esagono troviamo alternati i colori primari e secondari rosso, giallo, verde, ciano, blu e magenta. I colori primari formano un triangolo equilatero che si interseca con quello creato dai colori secondari, costituendo un esagramma. Esterni all'Esagono sono il bianco e il nero, e fra loro c'è la scala dei grigi. La scelta dell'esagono anziché del cerchio è dovuta al bisogno di semplificare al massimo la Scienza dei Colori per renderla fruibile a tutti, infatti l'esagono fa capire che i colori fondamentali cromatici sono sei, e permette di vedere facilmente il complementare di ognuno di essi.

Nell'Esagono di Küppers i colori ai vertici opposti sono complementari fra loro, e formano il nero bistro per mescolanza sottrattiva. Due colori cromatici che sono l'uno a fianco dell'altro sono utilizzati nella mescolanza integrata, assieme al bianco e al nero.

La formulazione di questo esagono è molto importante perché permette di schematizzare e avere una visione chiara dei colori fondamentali con i loro complementari, e dei colori acromatici bianco e nero, oltre alla scala dei grigi. Utilizzando l'Esagono di Küppers si può avere un'idea chiara e lampante di come si relazionino i Fondamentali fra loro, di quale sia il complementare di ognuno di essi, di quali colori primari formino un determinato secondario per mescolanza additiva, e quali colori secondari formino un primario per mescolanza sottrattiva.

## Come si dispongono geometricamente i colori, su una, due e tre dimensioni

I colori possono essere disposti geometricamente in vari modi, anche in funzione della loro cromaticità o acromaticità.

Su una singola dimensione esistono la Retta dei diversi tipi di Acromaticità e l'Esagono dei diversi tipi di Cromaticità. La Retta, detta anche "dei tipi acromatici", e che tecnicamente parlando è in realtà un segmento, ha ad un'estremità il bianco, e all'altra il nero. Fra questi due colori sono ordinate in modo logico tutte le sfumature di grigio. L'Esagono dei tipi cromatici è in verità il perimetro di un esagono, ai cui vertici sono disposti i colori primari e secondari alternati fra loro; fra questi sono ordinate secondo logica tutte le nuances fra un colore primario e uno secondario; questo "esagono" rappresenta l'ordinamento di tutti i colori cromatici puri.

Su due dimensioni esistono il Triangolo dello stesso tipo di Cromaticità e l'Esagono dello stesso tipo di Acromaticità. Il Triangolo dei Tipi Cromatici ha ai tre vertici il bianco, il nero, e il Tipo di Cromaticità, ovvero la nuance scelta; nel Triangolo vengono ordinate tutte le nuances ottenute mescolando il Tipo di Cromaticità con i Tipi di Acromaticità. L'Esagono dello stesso tipo di Acromaticità è ottenuto ponendo al centro di un Esagono dei Tipi Cromatici un solo Tipo di Acromaticità, e mescolando quest'ultimo con le altre nuances; questo Esagono è stato introdotto da Harald Küppers nella sua Teoria del Colore.

Su tre dimensioni esistono varie disposizioni geometriche dei colori, fra cui la sfera e il romboedro. La Sfera dei Colori, o Farbenkugel, inventata nel 1810 da Philipp Otto Runge, pittore tedesco vissuto fra il 1777 e il 1810, ha agli antipodi il nero e il bianco, e lungo il cerchio massimo perpendicolare alla retta che collega gli antipodi vi sono i sei colori cromatici con le nuances che li collegano gli uni agli altri; distanziandosi dal cerchio massimo, i Tipi Cromatici sfumano verso i Tipi Acromatici. Lo spazio colore del romboedro è definito da Harald Küppers, come "spazio dei colori ideale"; il vertice in basso è nero, i tre appena superiori sono dei colori primari, ovvero rosso, verde e blu, quelli superiori ancora sono dei colori secondari, quindi giallo, ciano e magenta, posti in modo che la proiezione verticale del secondario sulla faccia del romboedro sia fra i due primari che lo compongono, e infine il vertice più in alto è bianco; le facce sono tinte con le nuances che collegano gli otto colori fra di loro.

## Ruolo dei colori acromatici

I colori acromatici sono quelli privi di croma, quindi il bianco, il nero, e tutti le graduazioni di grigio. Questi colori non sono presenti nell'Esagono di Küppers, ma il bianco e il nero rientrano negli Otto Colori Fondamentali identificati da Küppers stesso. I colori acromatici bianco e nero svolgono l'azione di schiarire o scurire le nuances e di conseguenza svolgono un ruolo fondamentale nel contrasto integrato tra colori chiari e scuri: questo tipo di contrasto si manifesta fra due colori con lo stesso tono di base, ma con l'aggiunta all'uno del bianco e all'altro del nero.

Il bianco ed il nero partecipano anche alla mescolanza sottrattiva acromatica e alla mescolanza integrata e in quest'ultima costituiscono i "colori tipo acromatici".

## Gestione digitale dei colori

I codici RGB e CMYK sono dei modelli di colore, ovvero dei modelli matematici che rappresentano i colori tramite codici numerici. Questi modelli di colore sono essenziali per indicare un colore oggettivamente, superando l'uso dei loro nomi, che li rendeva facilmente modificabili: basti pensare alla differenza che intercorre fra, ad esempio, un #1C39BB e un #003153, due nuances molto diverse, ma che potrebbero essere entrambe chiamate semplicemente "blu"; per questo motivo si è ricorsi prima ad un'ulteriore specificazione nel nome, che nell'esempio di prima rende i due "blu" rispettivamente "blu di Persia" e "blu di Prussia"; infine si è giunti ai modelli di colore, che danno un risultato preciso. Nonostante questo, gli stessi codici RGB creano colori diversi in base allo schermo, e lo stesso vale con i codici CMYK per le stampanti.

La gestione digitale dei colori nasce per far fronte a questo problema, e utilizza i "profili" per dare un risultato costante per tutti i monitor e tutte le stampanti, senza ambiguità. Nel suo libro "The Reproduction of Colour", l'inglese Robert Hunt, scienziato del colore, affronta approfonditamente tutti gli aspetti della riproduzione di una nuance identica all'originale: ad esempio, la riproduzione spettrometrica, rara ma perfetta, oppure la riproduzione colorimetrica, più utilizzata, e altri tipi e modi di riproduzione.

L'inesattezza nella riproduzione dei colori è dovuta alle differenze fra i gamut utilizzati dalle varie periferiche, come monitor o stampanti. Il gamut, o gamma, è lo "spazio di colore", ovvero l'insieme dei colori riproducibili da una periferica, oppure da essa producibili o catturabili. Lo spazio di colore è raffigurato per convenzione su due dimensioni, ma in realtà è tridimensionale: l'asse x delle ascisse è dato dalla lunghezza d'onda dominante di 770 nm, corrispondente al rosso; l'asse y delle ordinate è dato dalla lunghezza d'onda dominante di 520 nm, corrispondente al verde; l'asse z è dato dalla luminosità. A causa della differenza di gamma, ogni periferica ha toni che un'altra non può raggiungere, ma vi sono anche nuances che entrambe o nessuna delle due può creare. Inoltre, c'è differenza anche tra gamut di monitor, in codici RGB, e gamut di stampante, in codici CMYK, e questa differenza causa gli stessi problemi di quella fra gamme di monitor. Di conseguenza, indicando con le stesse percentuali di colori fondamentali una stessa nuance su periferiche diverse, e quindi con gamut diversi, non si ottiene lo stesso risultato. La differenza dei gamut è data da molti fattori, e anche monitor "identici" presentano gamut diversi, persino se prodotti per modelli uguali, e può capitare anche che lo stesso monitor cambi gamma col passare del tempo.

I colori fuori gamut sono nuances che sono catturate dalla periferica d'origine, ad esempio una fotocamera, ma non sono riproducibili dalla periferica di visualizzazione, che può essere per esempio un computer. Questo accade sempre a causa della differenza di gamut: la gamma della periferica d'origine si estende fino ad una determinata nuance, che non è però raggiunta dalla gamma della periferica di visualizzazione. Per ovviare a questo problema si utilizzano gli intenti di rendering, ovvero le soluzioni più "ragionevoli" per approssimare la nuance, altrimenti impossibile da riprodurre. Gli intenti di rendering possono essere suddivisi principalmente in intenti colorimetrici, i quali a loro volta si suddividono in assoluto, relativo e relativo con compensazione del punto nero, e intenti non colorimetrici.

L'intento di rendering colorimetrico assoluto si basa sul clipping: dato che la nuance non è raggiungibile dal gamut, la si approssima finché non entra a far parte del gamut stesso, diventando così riproducibile. Per compiere quest'azione sono fondamentali le tabelle di trasformazione dirette e inverse, le quali convertono i codici RGB dei monitor in codici colorimetrici e viceversa, dette rispettivamente tabella diretta e inversa. Trovate le coordinate colorimetriche della nuance in questione, le si approssima fino a raggiungere delle coordinate colorimetriche raggiungibili dal gamut della periferica. In questo modo, partendo da un codice RGB si arriva ad un codice colorimetrico che genera sulla periferica un altro codice RGB, e dunque un'altra nuance.

L'intento di rendering colorimetrico relativo si basa sulla riproduzione del bianco della gamma di origine con il bianco della gamma di destinazione: la tabella diretta viene così modificata per fare sì che il bianco di periferica, con codice RGB 255 255 255, sia portato sul bianco colorimetrico prestabilito; per la tabella indiretta accade l'opposto, ovvero il bianco colorimetrico prestabilito viene portato sul bianco di periferica  $R=G=B=255$ . Questo intento di rendering ha il vantaggio di dare un bianco più puro, dato che il colore bianco viene portato ad un livello prestabilito e ben preciso; con l'intento colorimetrico assoluto, un bianco che appare meno puro verrebbe riprodotto impuro. L'intento di rendering colorimetrico relativo ha però il difetto di approssimare tutti i colori e le nuances proporzionalmente al bianco, schiarendoli in maniera più o meno visibile.

Per questo motivo è stato studiato un terzo intento di rendering colorimetrico, detto relativo con compensazione del punto nero, abbreviato in BPC, ovvero black point compensation. Questo intento di rendering porta il nero dell'immagine al nero più puro riproducibile dalla periferica; per farlo si utilizzano diversi algoritmi, e questo intento di rendering non è supportato da tutte le periferiche.

Gli intenti di rendering non colorimetrici sono messi in atto per immagini con nuances che presentano un'alta saturazione e con molti colori non raggiunti dal gamut della periferica di destinazione. Attuando un intento di rendering colorimetrico si otterrebbe un'immagine disomogenea, dato che alcune nuances verrebbero approssimate ed altre verrebbero riprodotte come sono. Per questo motivo l'intento di rendering non colorimetrico modifica proporzionalmente tutte le nuances, che saranno quindi diverse dall'immagine di partenza, ma proporzionate fra loro. L'intento di rendering non colorimetrico ha due varianti: se mantiene fissa la tinta a discapito degli altri attributi è detto "perceptivo"; se invece mantiene invariata la croma, ovvero la pienezza del colore, è detto "saturazione".

Il profilo ICC di una periferica, dove "ICC" sta per "International Color Consortium", è l'insieme delle tabelle di trasformazione dirette e inverse necessarie alla periferica stessa per attuare la gestione del colore. Per ogni periferica che può essere sia origine sia destinazione, come ad esempio un monitor o una stampante, il profilo ICC è costituito da otto tabelle: una diretta e una inversa per gli intenti di rendering colorimetrico assoluto, colorimetrico relativo, perceptivo e saturazione. Per le periferiche come scanner o fotocamere, che possono essere soltanto origine, vi sono solo quattro tabelle dirette, una per ogni intento di rendering di cui sopra. I profili ICC possono essere: di monitor reali; di monitor ideali, ovvero di spazi RGB standard; di stampanti; di scanner; di fotocamere.

I profili ICC possono contenere esplicitamente o implicitamente le tabelle di trasformazione. Nel primo caso sono detti "profili a tabella", mentre nel secondo caso, dato che contengono formule in grado di creare le tabelle, sono detti "profili a matrice". I profili a matrice prevedono solamente gli intenti di rendering colorimetrico assoluto e relativo. I profili ICC di monitor reali possono essere sia a tabella sia a matrice; quelli di spazi RGB standard sono solitamente a matrice, ma è possibile anche la loro costituzione a tabella; i profili ICC di periferica di stampa sono tutti a tabella; i profili di scanner e fotocamere possono essere sia a matrice sia a tabella.

La gestione digitale del colore quindi è un insieme di operazioni atte a dare come risultato finale una nuance identica o quantomeno simile all'originale, e per fare questo vengono utilizzati i profili ICC, che sono un

insieme di “intenti di rendering” necessari ad approssimare la nuance in modo che sia raggiungibile dal gamut della periferica che si sta utilizzando.

## Conclusione

La Scienza dei Colori è stata spesso sottovalutata, probabilmente perché si riteneva che fosse utile solo per quanto riguarda la pittura. È stato però dimostrato che così non è, e che questa scienza si applica ad un vasto numero di ambiti diversi. Küppers ha fissato numerosi concetti riguardo la Scienza del Colore, come la definizione di colore, il modo in cui dall'onda elettromagnetica si giunge alla percezione di un colore, come questi colori si classificano e interagiscono fra loro, quali sono le loro caratteristiche e come funzionano le loro mescolanze. Così facendo, Küppers ha definito le leggi che regolano i Colori, da secoli ignote all'uomo, ma al contempo così importanti e affascinanti. Anticamente si pensava che il colore fosse insito in ogni oggetto o forma di vita dell'Universo, ma oggi si sa che è in realtà “un'invenzione”, per così dire, della mente umana: tutto quello che vediamo è influenzato dalle leggi studiate da Küppers, e studiare leggi diverse può solo generare confusione nelle menti di chi tenta di applicare queste ultime nella realtà. Per questo motivo è di fondamentale importanza che nelle scuole venga insegnata la Scienza dei Colori di Harald Küppers, e che questa sostituisca tutte le Teorie precedenti sui libri di scienza. Lo stesso Küppers afferma però che questo non significa cancellare la storia delle Teorie dei Colori, in quanto queste devono essere sì studiate, ma come parte della storia, poiché sono interpretazioni che l'uomo ha provato a dare a qualcosa che in passato era un argomento estremamente nebuloso. La Scienza dei Colori si basa su dimostrazioni scientifiche, e per questo ha pari dignità delle altre Scienze, e quindi lo stesso diritto e dovere di essere insegnata e divulgata. Vincent Van Gogh, noto pittore olandese vissuto nella seconda metà dell'Ottocento, affermò che “Le leggi dei colori sono inespriabilmente belle, proprio perché non sono dovute al caso.”, e ora che sono state svelate vanno diffuse, perché tutti hanno il diritto di conoscerle, e in parte ne hanno anche il dovere, in quanto la conoscenza della realtà permette una visione più chiara e non contraddittoria.

Gregorio G. Garnelli

### Fonti bibliografiche e sitografia

Dubbini Romano, *"La teoria del colore di H. Küppers. Studiata-aggiornata-applicata-insegnata da Romano Dubbini"*, Albano S. Alessandro, Editore F.T.R., 2015.

Telesio Bernardino, *"De Rerum Natura"*, Firenze, La Nuova Italia Editrice, 1976, Libri VII-VIII-IX, Testo critico e traduzione italiana di Luigi de Franco.

Zuffi Stefano, *"I colori nell'arte"*, s.l., Rizzoli, 2013.

<http://kuepperscolor.farbaks.de/> Informazioni sulla Teoria del Colore di Harald Küppers.

<http://ralcolor.com/> Elenco di diverse nuances con il loro nome in sei differenti lingue.

<http://www.a-noi.it/> Informazioni.

<http://www.boscarol.com/blog/> Blog sulla gestione digitale dei colori, di Boscarol Mauro.

<http://www.colorhexa.com/> Convertitore di nuances in codici e viceversa, e informazioni sulle singole nuances.

<http://www.ecommerce-school.it/blog/colore-e-marketing-la-strategia-dei-colori-nella-costruzione-di-una-brand-identity/> Articolo sul rapporto fra psicologia dei colori e marketing.

<https://color.adobe.com/create/color-wheel/> Ruota dei colori adibita all'accostamento e alla creazione di colori e nuances.

<https://it.wikipedia.org/wiki/> Informazioni.