



Il colore

La visione dei colori è un fenomeno non ancora del tutto chiarito. Una delle teorie più accettate è che nella retina siano presenti tre tipi diversi di coni, ciascuno sensibile ad una diversa regione dello spettro luminoso. I coni sono sensibili alle radiazioni luminose di frequenza compresa tra $7.5 \cdot 10^{14}$ Hz e $4.3 \cdot 10^{14}$ Hz; frequenze differenti della luce vengono percepite come colori differenti. L'associazione di un dato colore con una determinata frequenza è soggettiva e può variare da persona a persona.

Visione della luce colorata

Il fatto che luci di differente lunghezza d'onda, le quali, viste singolarmente, ci appaiono ciascuna colorata in modo diverso, generino – sommate insieme – la visione del bianco, è un fenomeno che viene definito **sintesi o mescolanza additiva**.

Nella sintesi additiva, i colori si ottengono sovrapponendo su uno schermo fasci di luce colorata, oppure affiancando piccole sorgenti di luce colorata, sia come punti di colore su una superficie, sia come sorgenti attive di luce. Il metodo additivo consiste quindi nel 'sommare' le luminosità di ogni colore base onde ottenere il colore desiderato. Il metodo additivo viene applicato in tutte quelle circostanze in cui i colori sono generati da raggi di luce o da pixel luminosi (monitor, TV, ecc...), partendo da uno sfondo nero. La visione del bianco può essere considerata come la controparte percettiva della somma di tutte le radiazioni che compongono lo spettro visibile. Ai fini della creazione di un sistema affidabile per la generazione di colori ottenuti miscelando luci colorate, si ricorre solitamente all'uso di tre colori-base, che sono definiti primari. È interessante notare che la terna dei cosiddetti colori primari è una scelta arbitraria dell'uomo, che non ha giustificazioni nella fisica o nella fisiologia dell'occhio. Una terna di colori primari, non esiste in natura. I tre tipi di coni presenti sulla retina hanno, ad esempio, il loro picco di sensibilità intorno alle frequenze del blu-violetto, del verde e del giallo-verde, non in corrispondenza del rosso, del verde e del blu, e vengono stimolati tutti e tre (sia pure in modo diseguale), o almeno due su tre, dalla maggior parte delle frequenze visibili, a causa della relativa sovrapposizione della curva di sensibilità di ciascuno di essi.

Dalla fisiologia della visione si ricava:

- che tre è il numero minimo di luci colorate che è necessario mescolare per ottenere una gamma di colori più o meno paragonabile alla ricchezza cromatica dello spettro visibile;
- che **il rosso**, **il verde** e **il blu** sono colori prodotti da una forte eccitazione di uno solo dei tre tipi di coni e da una scarsa stimolazione degli altri due tipi, cosa che si accorda con la necessità di far corrispondere ai colori primari tre fonti di stimolazione luminosa il più possibile indipendenti l'una dall'altra e in grado, combinate tra loro, di provocare la massima eccitazione di tutti e tre i tipi di coni, fenomeno quest'ultimo che produce appunto la visione del bianco.



Figura 1. Sintesi additiva dei colori

In figura 1 è rappresentato lo schema classico della sintesi additiva. È l'effetto che si ottiene sovrapponendo tra loro tre raggi luminosi: uno verde, uno rosso, uno blu.

[Esperienza di laboratorio: sintesi additiva.](#)

Il tipo di mescolanza additiva mostrata in figura 1 è detto spaziale, perché l'effetto è prodotto dalla sovrapposizione di luci su una stessa porzione di spazio.

Esiste un altro tipo di sintesi additiva: la media spaziale e la media temporale.

La sintesi per media spaziale avviene quando delle luci di colore differente, molto ravvicinate tra loro, sono viste dall'occhio ad una distanza tale per cui non è più possibile scorgere le singole componenti: al loro posto appare invece un'unica macchia di colore. È questo appunto il principio adoperato da monitor e televisori, nei quali ogni punto visibile dello schermo è costituito da tre fosfori (elementi fotosensibili) molto ravvicinati tra loro, uno attivo nelle gradazioni del rosso, uno

in quelle del blu ed uno in quelle del verde: l'occhio interpreta la loro vicinanza come un'unica stimolazione-somma, in grado di produrre la visione dei colori secondo le regole della mescolanza additiva, che è il meccanismo naturale di funzionamento dei nostri recettori della retina. L'esempio nella figura che segue mostra una sintesi additiva per media spaziale: il quadrato giallo-verde sulla destra è l'unione di molte migliaia di semiquadrati rossi e verdi, come quelli – molto ingranditi - accostati nel quadrato sulla sinistra dell'immagine: i recettori della retina non sono in grado di separare le singole componenti di rosso e di verde quando esse sono molto piccole e ravvicinate, per cui vediamo un unico colore-somma che è l'effetto della loro mescolanza additiva.



Il terzo ed ultimo tipo di sintesi additiva avviene per media temporale. Esso si ottiene quando luci che ci appaiono di colore differente colpiscono lo stesso punto della retina in rapida successione (almeno 50 o 60 volte al secondo): quando il ritmo del loro alternarsi è sufficientemente elevato, i recettori della retina non sono più in grado di discriminare tra due sensazioni successive, che vengono quindi fuse nella percezione psicologica di un unico colore-somma. Nella figura viene mostrato un esempio di sintesi additiva per media temporale: il disco colorato (a sinistra), posto in rapida rotazione, viene percepito dall'osservatore come un disco di colore bianco sporco (a destra).



Visione di oggetti colorati

Passiamo ora a considerare cosa accade quando la luce che colpisce i recettori sulla retina non proviene direttamente da una sorgente, ma è riflessa da una superficie interposta (oggetto colorato). La sintesi sottrattiva è importante, perché è quella che interviene nella comune esperienza di osservazione di oggetti colorati. La colorazione delle cose comporta meccanismi sottrattivi, in quanto si basa sulla loro capacità di assorbire componenti cromatiche della luce che le illumina, piuttosto che di emetterne di proprie. Il colore è dato dalla mescolanza delle componenti che non sono assorbite. Inoltre ai fini della determinazione del colore da parte di un osservatore umano, l'elemento principale da tenere presente in questo caso è la curva di riflessione propria della superficie interposta.

Il colore visibile di una qualsiasi superficie dipende infatti dal potere di quella superficie di assorbire una parte della luce ricevuta dall'ambiente e di rimandarne verso l'osservatore la parte non assorbita sotto forma di luce riflessa (fenomeno della diffusione). In situazioni prive di informazioni contestuali il colore della luce riflessa verso l'osservatore varierà in funzione del variare delle caratteristiche di intensità e colore della luce emessa dalla sorgente. Tuttavia, il potere riflettente di una superficie, definito per mezzo di una curva di riflessione, è un'informazione che permette di prevedere in certa misura il colore finale percepito dall'osservatore (assunta come sorgente di illuminazione una luce bianca di media intensità, contenente al suo interno l'intera gamma delle lunghezze d'onda dello spettro visibile). Una curva di riflessione è sostanzialmente una funzione matematica che definisce il grado combinato di eccitazione dei tre tipi di coni della retina. La percezione del colore, che è naturalmente soggettiva, dipende dal maggior grado di eccitazione di un tipo di coni rispetto agli altri; per esempio se la maggiore stimolazione è nell'area sensibile al verde la percezione fornita è del corrispondente colore.

La comprensione delle curve di riflessione è il presupposto per capire il motivo per cui una superficie illuminata ci appare di un determinato colore.

Vediamo dunque cosa accade, partendo dalle radiazioni emesse da una sorgente di luce bianca. La luce bianca può essere descritta come la combinazione di una luce verde, di una luce rossa e di una luce blu di opportuna frequenza. Se una superficie illuminata da una luce bianca ci appare gialla, ciò accade perché quella superficie ha una curva di riflessione tale da assorbire la radiazione nello spettro del blu, proveniente dalla luce bianca, e da riflettere verso l'osservatore solo le radiazioni appartenenti allo spettro del verde e del rosso. Queste ultime, combinandosi sulla retina secondo le regole già descritte della sintesi additiva, producono la percezione del giallo.

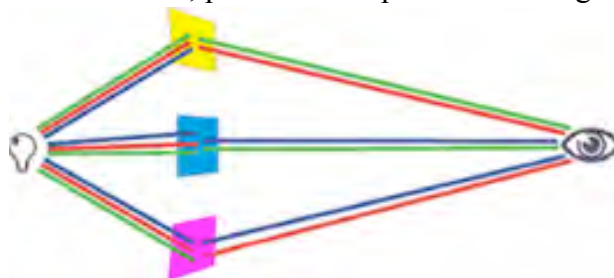


Fig 2 – visione di oggetti colorati

La superficie color ciano (quella al centro fig 2) appare tale, perché assorbe le onde nella frequenza

del rosso - nel grafico il raggio luminoso rosso è bloccato appunto dalla superficie color ciano - e rimanda verso l'osservatore le onde nella frequenza del blu e del verde, le quali, combinandosi sulla retina, producono la percezione del ciano. Infine la superficie color magenta (quella in basso) appare tale perché assorbe le radiazioni nella frequenza del verde e riflette le radiazioni nella frequenza del blu e del rosso, che agiscono sulla retina producendo la sensazione del magenta. In sintesi la luce riflessa dall'oggetto colorato segue le regole della sintesi additiva sulla retina ma se consideriamo il fenomeno dalla parte della radiazione assorbita, dobbiamo convenire che le superfici che ci appaiono colorate sottraggono alla nostra visione una parte dello spettro visibile . Un pigmento che assorbe unicamente uno dei tre colori primari additivi (rosso, verde, blu) viene detto pigmento primario. Esistono tre tipi di pigmenti primari il magenta il ciano ed il giallo (fig 3).

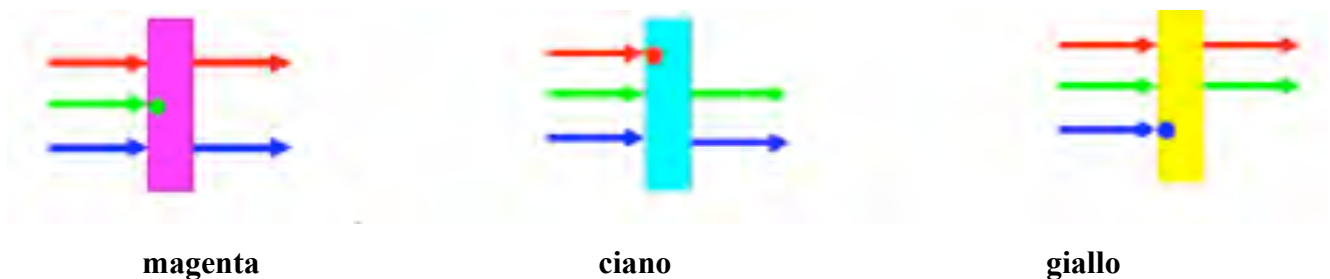


Fig3.

La sintesi sottrattiva è quella che avviene mescolando fisicamente i colori come le tempere le vernici ed i colori nelle stampanti. Nella **sintesi sottrattiva si mescolano dunque i pigmenti dei colori primari**, ciascun tipo di pigmento assorbe, cioè non fa passare, un certo tipo di luce. [Esperienza di laboratorio: sintesi sottrattiva](#)

Sorge quindi il problema di massima importanza nel campo della pittura e della stampa di quale effetto produca sulla visione dei colori la combinazione delle proprietà riflettenti (cioè della capacità di assorbire parte della luce proprie di superfici differenti). È chiaro che questo discorso non si applica a superfici completamente opache, come legno, metallo, plastica, ecc., le quali finiscono con il nascondere completamente la superficie che ricoprono, ma si applica piuttosto a quei pigmenti – colori, tinture, vernici – che, stemperati, mescolati o diluiti su superfici neutre come la tela o il cartone, combinano le reciproche proprietà riflettenti, producendo nell'osservatore la visione di nuovi colori. Il metodo sottrattivo viene applicato in tutte quelle circostanze in cui i colori sono generati per riflessione di raggi di luce (ad esempio pellicole, stampe, ecc...),. Miscelando questi colori in modo sottrattivo possiamo ottenere quasi tutti i pigmenti possibili.

Potrebbe sembrare che le mescolanze di colori basate sulla sintesi sottrattiva siano altrettanto prevedibili e definite di quelle basate sulla sintesi additiva. In realtà non è affatto così. La mescolanza sottrattiva reale, purtroppo, deve fare i conti con la natura materiale dei pigmenti e delle superfici utilizzati. Le curve di riflessione dei colori usati nella pittura, ad esempio, sono solo una lontana approssimazione delle curve di riflessione ideali che occorrerebbero per produrre gli effetti teorici descritti negli esempi precedenti.