

IL COLORE

di Odino Grubessi

Che cosa è il colore?

In natura non esistono i colori ma la luce.

Se un raggio di luce bianca attraversa un prisma di vetro, si scompone in diverse lunghezze d'onda che sono visibili separatamente: si vede allora che la luce bianca é composta da luci colorate "**colori**" come quelli dell'arcobaleno.

Ogni colore ha la sua lunghezza d'onda: la più corta é quella del violetto, la più lunga quella del rosso.

Quando la luce colpisce un oggetto alcune lunghezze d'onda vengono assorbite, altre riflesse. Le onde riflesse penetrano nel nostro occhio e noi possiamo vedere il miracolo del colore

I colori della luce

Fu il grande fisico Isaac Newton a scoprire nel 1666 che un raggio di luce solare dopo aver attraversato un prisma di vetro, si scomponeva nei colori dell'arcobaleno.

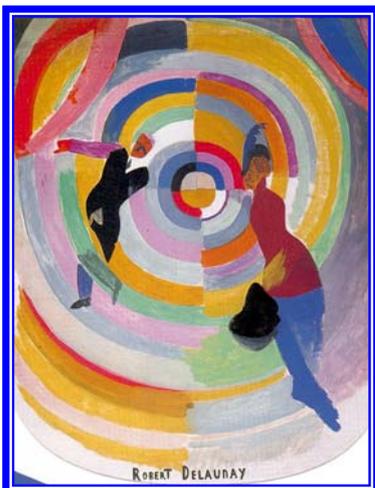
Si trattò di un vero e proprio balzo in avanti nella nostra comprensione scientifica del colore.

Nella sua opera *Opticks* scritta nel 1704 Newton elencò i colori dell'arcobaleno come rosso, arancio, giallo, verde, blu, indaco, violetto. Quando Newton li fece passare in un secondo prisma di vetro, scoperse che questi si ricombinavano e formavano luce bianca.



Political Drama

R. Delaunay - 1914 - olio e collage su cartone



Nel nostro secolo la separazione della luce solare nei colori dello spettro ispirò il pittore francese Robert Delaunay (1885-1941).

Egli fu colpito dal dinamismo delle onde luminose, che si comportano esattamente come le onde elettromagnetiche della radio, l'invenzione che stava entusiasmando il suo tempo.

In questa opera l'arcobaleno é scomposto e ricomposto in un brillante sistema di archi e anelli concentrici. I colori si propagano verso l'esterno, come le increspature create da un sasso che colpisce la superficie dell'acqua. L'insieme dà

un'impressione di energia e velocità, quasi ad imitare l'impatto della luce sulla retina.

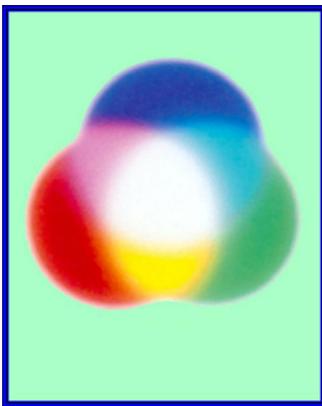
Luci primarie e Colori Primari

Un secolo dopo Newton, si scoprì che le lunghezze d'onda fondamentali dello spettro erano tre: alte (rosso), medio (verde) e basse (blu) .

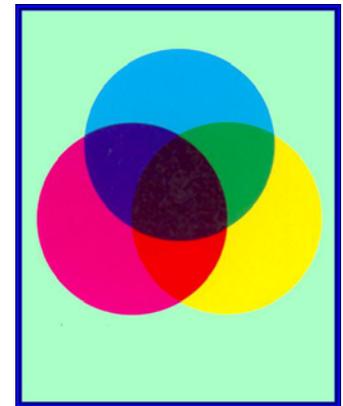
Queste tre luci, dette **primarie**, sommate, sono sufficienti a formare la luce bianca e, mischiate, danno gli altri quattro colori elencati da Newton e tutti i colori percepibili dal nostro occhio.

La tecnica ha introdotto anche i **colori solidi**: qui i primari sono il ciano (blu) , il giallo e il magenta (rosso) dai quali, combinandoli tra di loro, si possono ottenere tutti i colori.

La somma di tutte e tre non sarà però il bianco, ma il nero, perché ciascun colore assorbe tutte le lunghezze d'onda e ne riflette una, che però è trattenuta dagli altri due.



Le luci primarie sovrapposte si sommano secondo la sintesi **additiva**



I colori primari sovrapposti si annullano secondo la sintesi **sottrattiva**

L'origine dei colori

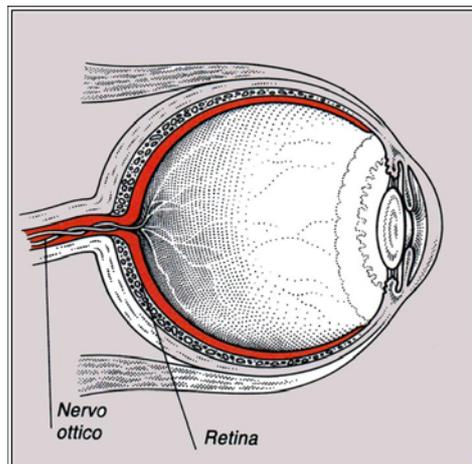
I colori dunque, anche se diversi, presentano tutti la medesima origine: sono gli elettroni che rendono il mondo colorato interagendo con le radiazioni visibili di diversa lunghezza d'onda.

La percezione del colore, invece, è un'esperienza soggettiva nella quale hanno un ruolo importante fattori fisiologici e psicologici.

Sembra comunque ragionevole assumere che il colore percepito è il risultato di una misura eseguita dall'occhio e di una interpretazione data dal cervello della composizione spettrale della radiazione osservata.

L'occhio al lavoro

La luce raggiunge l'occhio viene assorbita da cellule forma, sono chiamate Queste cellule, stimulate segnali lungo il nervo posteriore del cervello che Secondo le ricerche più soprattutto in piena luce e



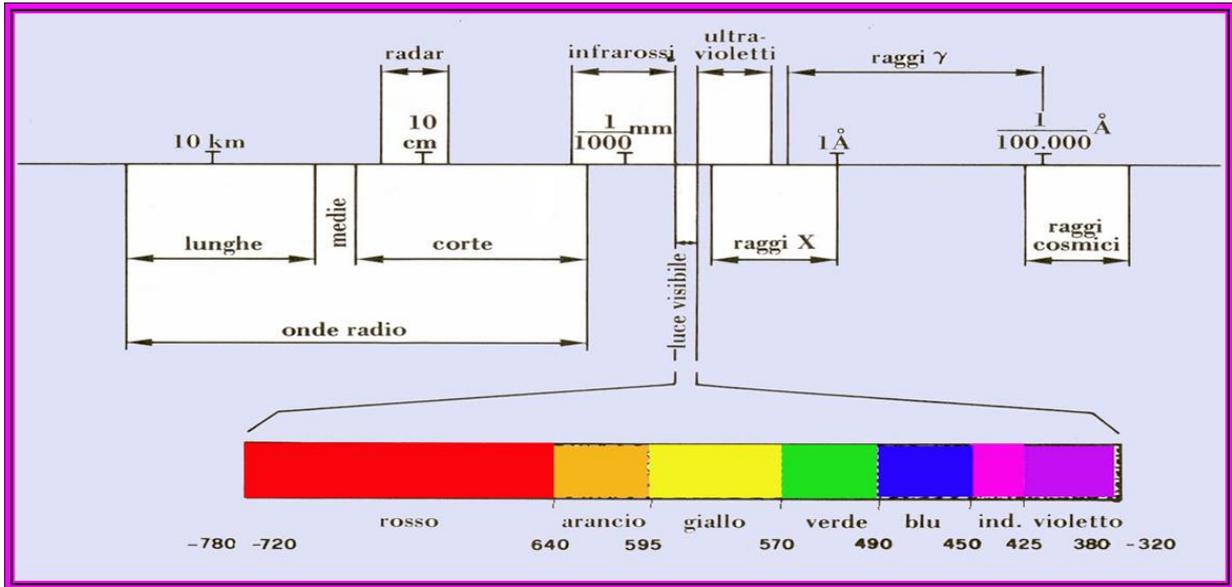
e colpisce la retina dove che, a seconda della loro **coni o bastoncelli**. dalla luce, trasmettono i ottico, fino alla regione controlla la vista. recenti i coni lavorano sono divisi in tre tipi:

quelli sensibili al rosso, al blu e al verde.

I bastoncini, invece, entrano in azione in condizioni di luce debole. Permettono di distinguere differenze di luce anche molto lievi e sono più sensibili alla luce blu/verde

Colore e struttura atomica

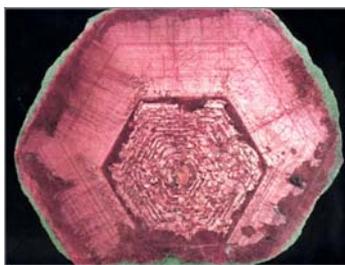
Le cause della sensazione del colore sono molte e diverse fra loro, ma i vari meccanismi possiedono un elemento in comune: la radiazione elettromagnetica che attraversando una sostanza interagisce con gli elettroni della sua struttura atomica subendo delle modificazioni.



Tali interazioni sono state uno dei principali argomenti di ricerca dei fisici del nostro secolo: il colore in effetti è la manifestazione visibile delle leggi profonde della meccanica quantistica che determinano la struttura della materia.

Che cosa?

Ma che cosa succede quando un raggio di luce interagisce con la materia?



Che cosa rende rosso un rubino e verde uno smeraldo?

La prima risposta che si può dare alle domande è molto semplice.

Quando la luce bianca attraversa un cristallo di rubino ne emerge



modificata, con una percentuale molto alta di radiazioni di grande lunghezza d'onda, che produce la sensazione del colore rosso.

La luce che attraversa uno smeraldo ne emerge con una composizione spettrale diversa, che produce la sensazione del colore verde.

Si tratta di una spiegazione corretta ma poco soddisfacente.

Manca, infatti, qualsiasi accenno ai meccanismi con i quali la materia è in grado di modificare la composizione spettrale della luce incidente.

Il colore del rubino e dello smeraldo sono dovuti alla presenza, nelle loro strutture cristalline, dello stesso elemento cromoforo in piccolissime quantità - il Cromo.

➤ Perché possiedono un colore tanto diverso?

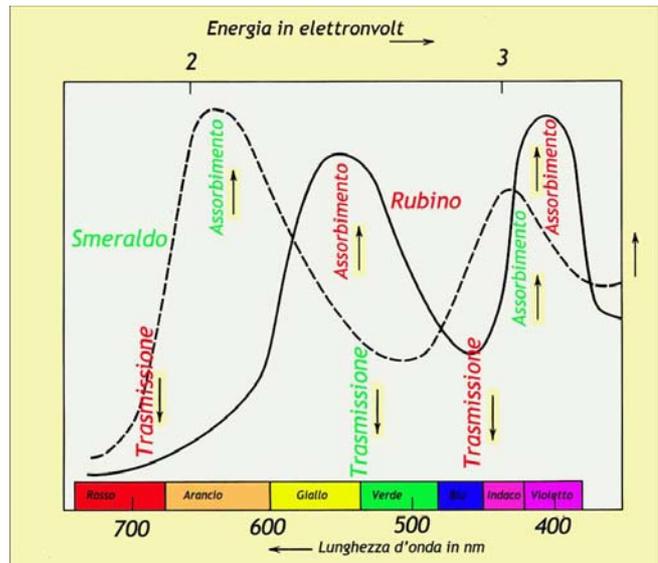
Rubino e Smeraldo

I colori del rubino e dello smeraldo sono dovuti all'assorbimento di determinate lunghezze d'onda da parte degli elettroni spaiati negli ioni **Cr 3+** che sostituiscono talvolta l'**Al 3+**.

Nel rubino, le bande di assorbimento bloccano la luce viola, verde e gialla. Vengono trasmessi invece il rosso e un po' di blu che danno alla gemma il colore caratteristico.

Nello smeraldo il campo cristallino è più debole e ciò abbassa entrambe le bande di assorbimento. Vengono così eliminata

la trasmissione del rosso a migliorata quella del blu, che si estende nel verde.



Meccanismi di formazione del colore

Quando tutte le lunghezze d'onda dello spettro visibile sono presenti l'occhio percepisce luce bianca.

Quando alcune lunghezze d'onda mancano, o sono presenti solo alcune lunghezze d'onda, l'occhio umano percepisce un colore, ma questo colore può essere generato da cause varie e complesse.

Quattordici sono i meccanismi di formazione del colore che avvengono in natura o in prodotti artificiali.

ECCITAZIONI ELETTRONICHE	incandescenza, fiamme, scintille, fulmini, scariche nei gas
VIBRAZIONI	colore verde-azzurro dell'acqua e del ghiaccio
COMPOSTI DI METALLI DI TRANSIZIONE Sc-Ti-V-Cr-Mn-Fe-Co-Ni-Cu-Zn	malachite, azzurrite, turchese, molti pigmenti, alcuni fosfori, alcuni materiali fluorescenti
IMPURITA' DI METALLI DI TRANSIZIONE Sc-Ti-V-Cr-Mn-Fe-Co-Ni-Cu-	rubino, smeraldo, alcuni laser, alcune fluorescenze

Zn	
CENTRI DI COLORE	quarzo ametista, quarzo rosa, quarzo affumicato, fluorite
TRASFERIMENTO DI CARICA	zaffiro blu, magnetite
LEGAMI CONIUGATI	coloranti organici, lapislazzuli
CONDUTTORI METALLICI	rame, argento, oro, ferro, ottone
SEMICONDUTTORI PURI	silicio, galena, cinabro, diamante
SEMICONDUTTORI DROGATI	diamante blu, diamante giallo
RIFRAZIONE DISPERSIVA	arcobaleno, "fuoco" nelle gemme
DIFFUSIONE	blu del cielo, rosso del tramonto, pietra di luna, rubino asteria
INTERFERENZA	film di benzina sull'acqua, trattamenti antiriflessi, alcuni colori di insetti
RETICOLO DI DIFFRAZIONE	opale, cristalli liquidi

Il colore nei minerali e nelle gemme

L'impressione del colore, nei minerali e nelle gemme ed anche in altre sostanze è dunque prodotta dall'assorbimento della luce.

Quando la luce bianca passa attraverso un minerale, o è riflessa dalla sua superficie, una certa quantità di luce è assorbita e convertita in energia termica.

Se la luce è completamente assorbita il colore risultante è il nero; se tutte le lunghezze d'onda sono assorbite nello stesso modo, ma non completamente, il colore è il grigio.

Se l'assorbimento è selettivo, il minerale mostra un colore che dipende dalle lunghezze d'onda trasmesse o riflesse.

Dato che ad ogni colore corrisponde una lunghezza d'onda, il colore risultante è quello complementare alle lunghezze d'onda assorbite. Tra i minerali colorati si può fare una distinzione in:

Minerali Idiocromatici - Minerali Allocromatici

Minerali idiocromatici

Idiocromatici = minerali che presentano sempre uno stesso colore.

Nei minerali idiocromatici il colore è una proprietà direttamente correlata alla composizione chimica.

I minerali secondari del rame, ad esempio, appaiono sempre colorati nelle tonalità del verde e del blu: la malachite è sempre verde, l'azzurrite è sempre blu scuro, la turchese azzurra.

Altro minerale, considerato idiocromatico, è lo zolfo che è sempre giallo.

Altre volte il colore è del tutto indipendente dalla composizione, ma dipende dalla struttura cristallina e dal tipo di legame esistente tra gli atomi, come avviene nei polimorfi del carbonio: il diamante (C) può essere incolore e trasparente o colorato, mentre la grafite (C) è sempre nera ed opaca.

Minerali allocromatici

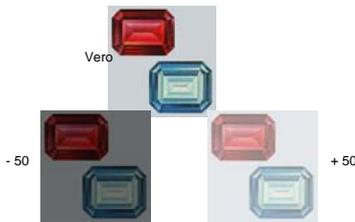
Allocromatici = minerali che dovrebbero essere trasparenti ed incolore, ma che possono assumere invece colori diversi.

Nei minerali allocromatici il colore può dipendere dalla presenza di minuscole impurità o dai centri di colore.

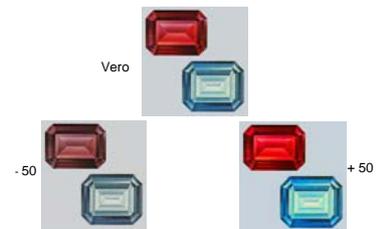
Le impurità presenti sono in quantità troppo piccola per alterarne la sua composizione di base, ma sufficiente per impartire una colorazione particolare.

La maggior parte delle gemme è allocromatica. Diamante, corindone, topazio, berillo e tormalina, ad esempio, possono presentarsi in almeno una mezza dozzina di colori.

Il colore: come si misura



Si pensa comunemente che il concetto di colore sia intuitivo e che sia facile possedere gli elementi essenziali per conoscere tutto al suo riguardo.



Al contrario il concetto di

colore è complesso ed è che siano validi per differenti.

Per descrivere per distinguere le quindi conoscere che contribuiscono alla



necessario stabilire dei termini mettere in relazione colori

accuratamente qualsiasi colore e possibili differenze, si devono correttamente tutti gli attributi sua composizione. Essi sono:

luminosità – saturazione – tinta – tono

Qualsiasi colore può quindi essere descritto dati la luminosità, la saturazione e la tinta, ma queste caratteristiche non esauriscono le caratteristiche dei colori in quanto l'aspetto di un

colore può mutare, con l'illuminazione: luce solare in punti diversi della Terra, luce artificiale fredda o ad incandescenza.

Fortunatamente il sistema visivo umano è in grado di descrivere i colori anche in caso di grosse variazioni nell'intensità e composizione spettrale della luce incidente.

La colorimetria

E' impossibile per chiunque descrivere con esattezza la sensazione di colore provocata da una certa luce. Persino l'uguaglianza tra due colori, se non affiancati, non è facile da stabilire.

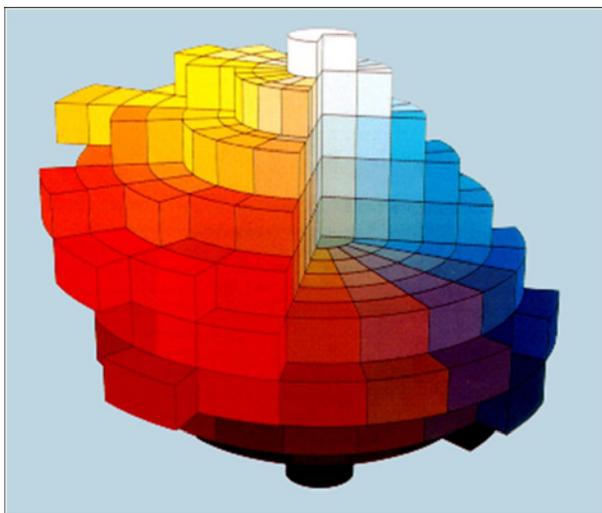
La **colorimetria** - misura del colore - è la scienza che attribuisce ai vari colori riferimenti precisi, che prescindono dalle condizioni di illuminazione e dalla risposta fisiopsicologica dell'osservatore.

Pertanto nell'ambito sia dell'industria che della decorazione, è sentita l'esigenza di stabilire riferimenti oggettivi che consentano di identificare e soprattutto di riprodurre un colore con precisione, o di conoscere a priori l'esatto risultato di una mescolanza

L'atlante di Munsell

Storicamente, il primo serio tentativo di classificare i colori, tenendo conto dei loro vari attributi – **luminosità** – **saturnazione** – **tinta** – fu fatto dall'americano A. H. Munsell all'inizio di questo secolo.

Prima di passare agli aspetti più moderni della colorimetria, è utile accennare a questo modello, tuttora strumento di lavoro per grafici e artisti.



Il merito principale di questo sistema è di essere basato su campioni di colore reali, con i quali si può porre direttamente a confronto l'oggetto che si vuole giudicare.

Il grafico spiega chiaramente la filosofia del metodo.

La **luminosità** viene sistemata lungo l'asse verticale.

La **saturnazione** viene sistemata lungo la direzione del raggio.

Le **tinte** vengono sistemate lungo la

circonferenza dividendo convenzionalmente lo spazio tra l'asse (grigio) e il perimetro (tinta) in cinque zone (o anche dieci o quindici nelle versioni più avanzate dell'atlante).

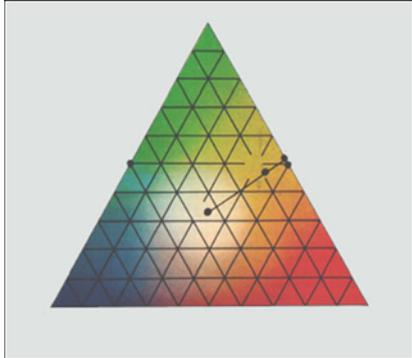
Le possibili combinazioni di luminosità, saturnazione e tinta, sono inesauribili.

Triangolo di Maxwell

- Il sistema Munsell può bastare a una notevole parte del pubblico che fa uso del colore, ma nel settore professionale artisti, artigiani, industriali si richiedono definizioni ancora più rigorose.

- Occorre esprimere ogni colore con riferimenti oggettivi – coordinate di cromaticità - tali da permetterne l'esatta riproduzione, com'è per le note su una partitura musicale.
- A tal proposito è stato realizzato il Triangolo di Maxwell.

Coordinate di cromaticità



- Ai vertici si hanno **Rosso - Verde - Blu**.
- Nei punti di mezzo dei lati **Giallo - Cian - Magenta**.
- O è il **Bianco**.
- Z (giallo) ha coordinate:
- $r = 0.44, v = 0.47, b = 0.09$.
- In luogo della terza coordinata si preferisce dare la luminosità.
- Nel caso di Z è 70, cioè il 70% della luce diurna. Si

tratta dunque di un giallo brillante.

Perchè si misura il colore dei minerali?

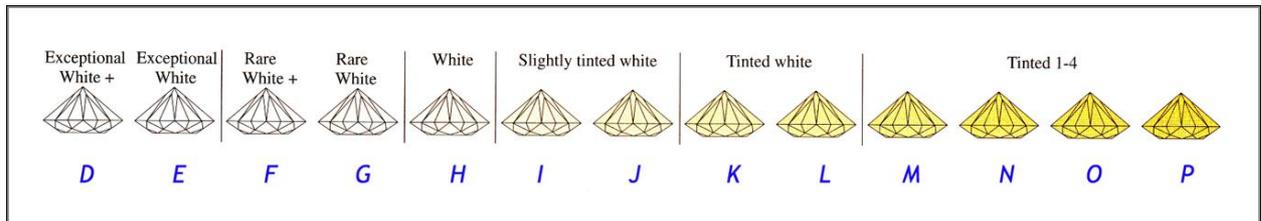
Gli esperti in pietre preziose identificano un colore tipico per ogni pietra.

Questo colore tipico o colore chiave è percepito più chiaramente quando viene osservato tra le sfaccettature incrociate in prossimità della cintura.

È questa la zona che per ovvi motivi di riflessione geometrica ed essendo la meno influenzata dallo spessore della pietra, presenta le migliori caratteristiche per distinguere il colore chiave.

Colore non colore del diamante

La misura del colore è stata probabilmente la prima tecnica impiegata per stabilire un indice di rarità per le gemme commerciali. Un classico esempio di quanto sia importante misurare un colore e quindi quantificarlo è dato dalla scala dei colori dei diamanti.



Il colore è uno dei quattro elementi – **colore - purezza, taglio - peso** - che generano il prezzo di un diamante, minerale cardine dell'economia mondiale