

XVII corso di Tecnologia per Tecnici Cartari
edizione 2009/2010

Principi di colorimetria e riproduzione del colore

di Giusti Federico



**Scuola Interregionale
di tecnologia per tecnici Cartari**

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona
www.scuolagraficasanzeno.com - scuolacartaria@sanzeno.org

INDICE

- 1.0 Introduzione al colore
- 2.0 Il colore, sensazione sconosciuta:
 - sensazione di colore
 - elementi per la visione umana del colore
- 3.0 “Sensazione” e “percezione” di colore:
 - Color specification (definizione di un colore)
 - Color difference
 - Color appearance
- 4.0 La Luce, riflettanza spettrale di oggetti colorati
- 5.0 Sorgenti luminose ed illuminanti:
 - Illuminante A
 - Illuminante B
 - Illuminante C
 - Illuminante D50 e D65
- 6.0 Sistemi di riproduzione del colore:
 - sintesi additiva:
 - le luci complementari:
 - sintesi sottrattiva
- 7.0 Spazio colore CIE Lab:
 - la differenza di colore (ΔE)
- 8.0 Grado di bianco
- 9.0 Bianchezza “whiteness”
- 10.0 Spettrofotometro Elrepho 2000:
 - descrizione dell'apparecchio;
 - taratura dell'apparecchio.
- 11.0 Conclusioni

Bibliografia

1.0 INTRODUZIONE AL COLORE

Il colore non è una grandezza fisica, ma una delle componenti della sensazione visiva e come tale è difficilmente comunicabile nel linguaggio di tutti i giorni. La definizione di un colore, anche se accompagnata da riferimenti più o meno noti a tutti, come ad esempio giallo limone o verde oliva, risulta spesso vaga ed estremamente soggettiva.

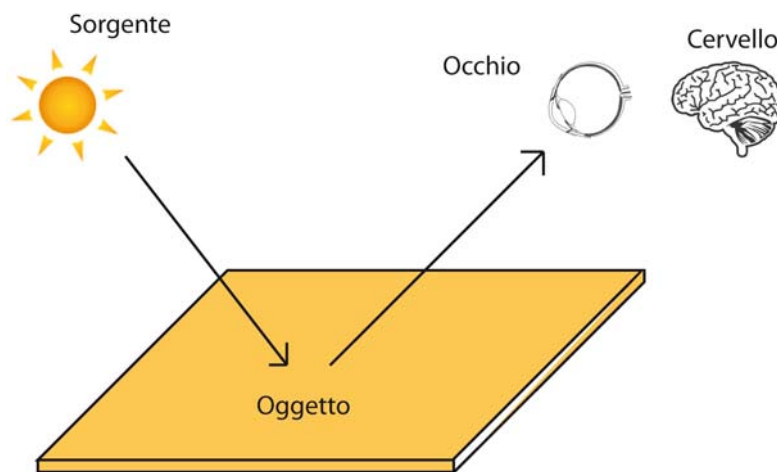
La colorimetria è basata su uno studio fondamentale, la “Valutazione soggettiva”. Attraverso lo studio delle uguaglianze di colore infatti, si è stabilito che più persone davanti a campioni colorati molto simili, rilevano le stesse differenze. Possiamo dunque affermare che la valutazione dei colori rimane soggettiva, ma che la maggior parte delle persone gode della stessa percezione cromatica (media identificata con il concetto di “osservatore normale”).

2.0 IL COLORE, SENSAZIONE SCONOSCIUTA

Il colore è una sensazione fisiologica che il nostro cervello utilizza per riconoscere gli oggetti che ci circondano. Resta tuttavia il fatto che se il cervello umano memorizza facilmente le lettere, le fisionomie ed in generale le forme, non ha la capacità di ricordare un colore con altrettanta semplicità e garanzia.

La *Sensazione di colore* avviene secondo queste quattro fasi:

- una sorgente luminosa che emette una luce;
- un oggetto la riflette modificandola in base alle sue caratteristiche superficiali;
- l'occhio umano rileva questa luce riflessa e la trasforma in uno stimolo percepibile dal cervello umano;
- il cervello elabora queste informazioni e genera la corretta sensazione cromatica.



- Questi sono gli elementi per la visione umana del colore. Lo stimolo colorato è derivato dal risultato dell'interazione dei quattro elementi:
 - l'illuminante (flusso luminoso incidente);
 - l'oggetto colorato (riflessione);
 - l'occhio (organo sensore);
 - il cervello umano (visione/interpretazione del colore).

È proprio dal primo elemento che inizia la nostra trattazione, perché in assenza di luce non è possibile la visione e quindi non esisterebbe nessuna percezione di colore.

3.0 “SENSAZIONE” E “PERCEZIONE” DI COLORE

La *sensazione di colore* è dovuta dalla stimolazione dei fotorecettori dell’occhio da parte di una radiazione elettromagnetica visibile e prescinde da ogni condizionamento ed elaborazione mentale;

la *percezione del colore* invece, è una sensazione di colore mediata da una situazione di osservazione e frutto di una interpretazione mentale.

Questa si rende indispensabile nel momento in cui si voglia affrontare la colorimetria nelle diverse situazioni:

la definizione di un colore;

la valutazione dello scostamento cromatico;

la percezione generale del colore.

Color specification (definizione di un colore):

Per definire un colore si possono utilizzare dei metodi oggettivi basati su una descrizione numerica, per definire in maniera univoca una “sensazione di colore”.

Color difference:

Per valutare la differenza cromatica, esistono dei sistemi oggettivi per definire e determinare una tolleranza rispetto ad un riferimento, un campione.

Da anni la definizione e la differenza cromatica, sono risolte in modo oggettivo utilizzando degli strumenti specifici come spettrofotometri e colorimetri; questi danno la possibilità di misurare i riferimenti e valutare il prodotto finale rispetto ad uno standard.

Color appearance:

Il concetto di “percezione del colore” (*o color appearance*), entra in gioco quando si deve valutare il risultato della riproduzione di un colore. Questa non può esistere in assenza di luce. Lo stimolo tramite il quale il nostro occhio recepisce il colore è dovuto alla luce riflessa dall’oggetto che osserviamo.

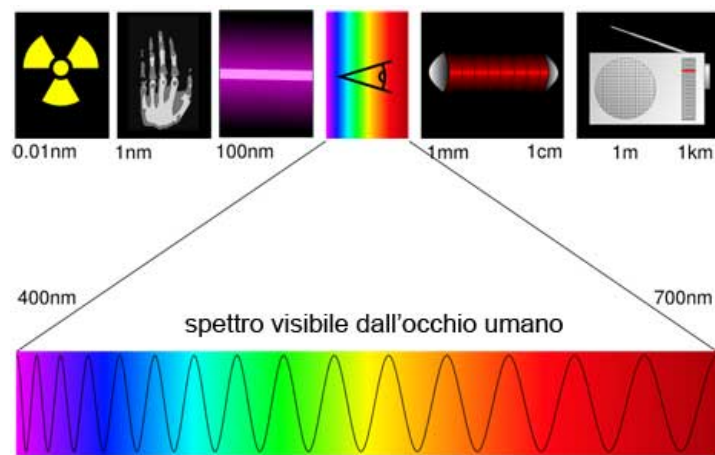
La sorgente di luce per eccellenza è quella del giorno ed è la più idonea per la valutazione visiva del colore.

4.0 LA LUCE

Si definisce luce, una radiazione elettromagnetica la cui lunghezza d'onda varia tra 380 nm e 770 nm e che, di conseguenza, ha la capacità di suscitare al nostro occhio l'effetto di luminosità. Le luci con lunghezza d'onda maggiore (giallo, arancio e rosso) vengono comunemente definite calde, mentre le luci con lunghezza d'onda minore (blu, indaco e viola) vengono definite fredde.

È noto che la luce bianca del sole, per mezzo di un prisma di vetro, può essere dispersa in uno spettro costituito dai colori dell'arcobaleno. Infatti il prisma separa l'una dall'altra le radiazioni elettromagnetiche che compongono la frazione visibile dell'irradiazione solare, e precisamente quella lunghezza d'onda compresa fra i 380 e 770 nm .

Questo avviene grazie al fenomeno chiamato "rifrazione". Con questo termine si intende quando un'onda luminosa passa da un mezzo con un indice di rifrazione " n " a un mezzo con un diverso indice di rifrazione.

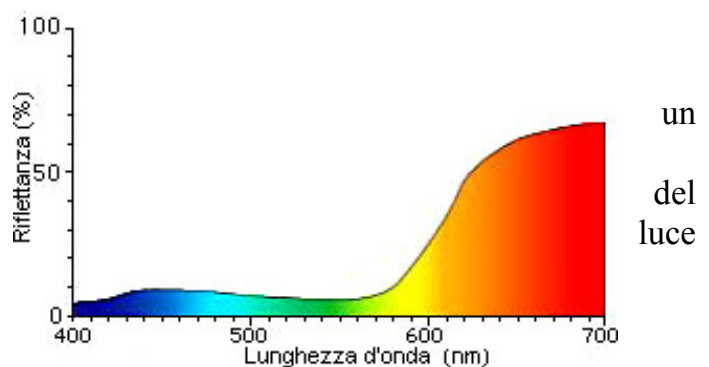


RIFLETTANZA SPETTRALE DI OGGETTI COLORATI

Noi riusciamo a percepire il colore di un oggetto, grazie alla luce riflessa che raggiunge il nostro occhio. Grazie a questo abbiamo la percezione del colore di tale oggetto.

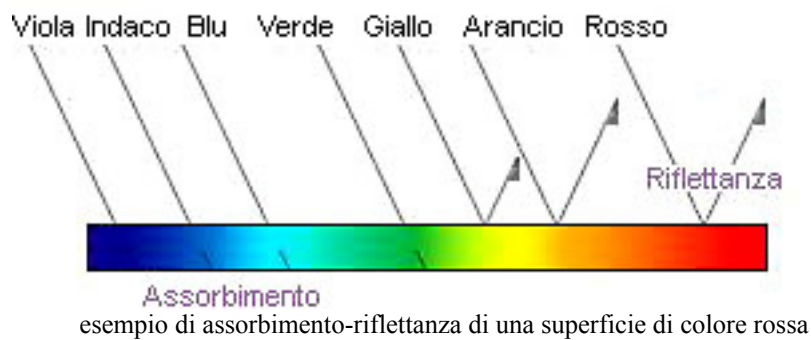
Quando un raggio policromatico (con lunghezze d'onda aventi diverse lunghezze) colpisce una superficie colorata come ad esempio il rosso, si ha elevato assorbimento di tutte le radiazioni, tranne per quelle della zona rossa, ove si ha una quantità elevata di riflessa. La luce riflessa raggiunge il nostro occhio e si ha la percezione del rosso.

Grazie al grafico di riflettanza spettrale, riusciamo a definire in modo univoco il colore di un oggetto. Due carte sono dello stesso colore, solo se i loro rispettivi grafici di riflettanza spettrale sono sovrapponibili.



Possiamo dire dunque, che la colorazione di un oggetto può essere espressa tramite la lunghezza d'onda λ , l'energia della sorgente luminosa S, la riflessione diffusa dell'oggetto R e lo stimolo del colore.

Nell'esempio, l'occhio riceve lo stimolo ed il cervello elabora l'informazione come colore rosso perché la sorgente luminosa S contiene la radiazione rossa λ di una certa intensità S e la carta riflette la radiazione rossa di tale intensità.



5.0 SORGENTI LUMINOSE ED ILLUMINANTI

Iniziamo prima di tutto con il dire che per *sorgente* si intende la luce reale fisicamente realizzata, che può essere usata nelle esperienze di misura e della imitazione del colore.

Per *illuminante* invece si intende una luce avente la composizione spettrale oggettivamente definita e quindi standardizzata che può essere, oppure no, fisicamente realizzabile, ma comunque elemento di riferimento. È noto come il colore di un oggetto appaia all'osservatore in modi diversi, quando viene osservato sotto luci diverse.

Ad esempio;

- quando una superficie è bianca viene illuminata con una luce bianca, all'osservatore normale appare bianca;
- se fosse illuminata con una luce verde, apparirebbe verde e così via.

In conclusione, la superficie assume colori diversi a seconda dell'illuminamento.

Se si ripete invece l'esperienza con una superficie non più bianca ma di un colore qualsiasi, per esempio verde, si noterà che:

- se è illuminata con luce bianca, all'osservatore normale apparirà verde;
- se è illuminata con una luce verde, apparirà di un verde più o meno saturo;
- se è illuminata con una luce rossa, apparirà quasi nera.

Queste esperienze dimostrano che il colore non è una proprietà di una superficie, ma che la sensazione visiva è funzione dell'illuminante. Per questo motivo, quando si desidera definire o misurare un colore, è indispensabile precisare il tipo di illuminante di riferimento.

Le varie sorgenti naturali o artificiali emettono una luce il cui colore varia dall'una all'altra. Per questo la CIE ha definito la composizione spettrale degli illuminanti normalizzati, noti come:

- Illuminante A: illuminante rappresentata da una lampada a filamento di tungsteno, che funziona alla temperatura colore di 2856 K;
- Illuminante B: che impartisce al foglio una temperatura di colore di circa 4760 K e la sua luce è di un colore bianco con tendenze al giallo. Diciamo che è una approssimazione della luce solare nell'ora di mezzogiorno;
- Illuminante C: avente temperatura di colore di 6744 K e la luce emessa è di colore bianco-azzurro. è un'approssimazione della luce che si ha quando il cielo è coperto.
- Illuminante D50 D65: illuminanti aventi rispettivamente temperatura colore di 5000 K e 6500 K, cioè "D50 e D65", sono idonei anche per l'esame di superfici colorate perché la loro disposizione spettrale è simile a quella della luce diurna naturale, a differenza che la D50 è la sorgente luminosa che più si avvicina a quella del sole (bianco neutro appena caldo), mentre la D65 è una sorgente luminosa bianca ma leggermente fredda che simula la luce presente nei supermercati (bianco neutro appena freddo).

6.0 SISTEMI DI RIPRODUZIONE DEL COLORE

Nell'ambito della sintesi dei colori si deve evidenziare la distinzione tra il caso in cui si sommano luci e quello in cui si mescolano pigmenti colorati. Nel primo caso il numero delle componenti cromatiche che raggiungono l'occhio aumenta, e si parla di sintesi additiva; nel secondo caso, essendo i pigmenti delle sostanze assorbenti, il numero delle componenti cromatiche che raggiungono l'occhio diminuisce, e si parla di sintesi sottrattiva.

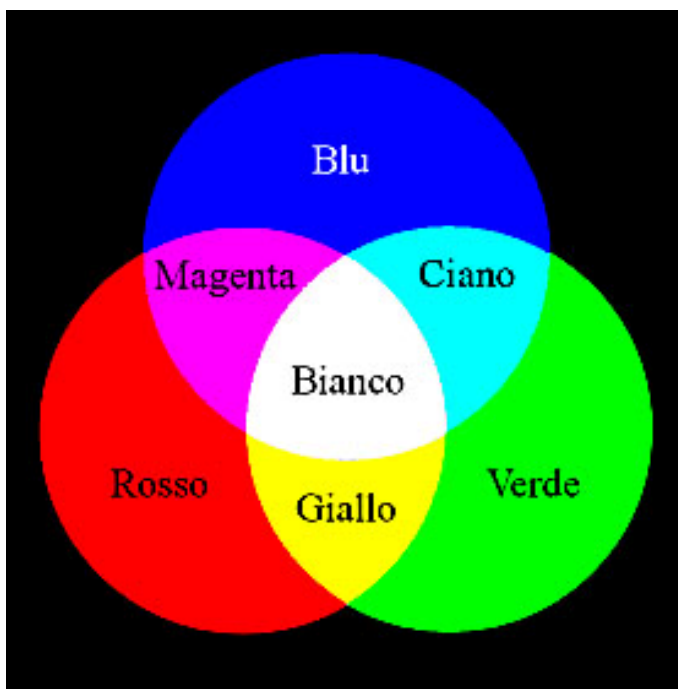
SINTESI ADDITIVA: è un sistema di riproduzione del colore tramite l'utilizzo di luci colorate. Una luce proiettata su di uno schermo bianco, viene riflessa e percepita dal nostro occhio, creando uno stimolo colorato. Proiettando su uno schermo la luce blu e verde si ottiene il cian, proiettando la luce verde e rossa si ottiene il giallo ed infine proiettando la luce rossa e blu si ottiene il magenta. Se proiettiamo tutte e tre le luci primarie (Red, Green e Blu) otteniamo il bianco.

In questo caso si parla di miscela additiva di colore perché l'insieme delle luci porta ad un incremento della luminosità.

LE LUCI COMPLEMENTARI:

Le luci complementari delle tre fonti luminose primarie risultano rispettivamente dalla somma delle altre due:

- la complementare della Blu è la Gialla, che deriva dalla Verde + la Rossa;
- la complementare della Verde è la Magenta, che deriva dalla Blu + la Rossa
- la complementare della Rossa è il Ciano, che deriva dalla Blu + la Verde



SINTESI SOTTRATTIVA: è un sistema di riproduzione del colore basato sull'utilizzo dei tre inchiostri primari su una sorgente luminosa bianca.

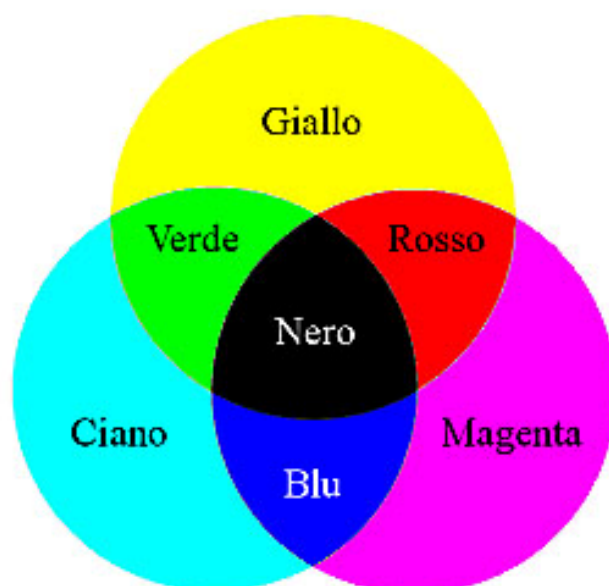
Quando si colora un oggetto, lo si rende meno luminoso. Da questo deriva il termine "sottrattiva", perché l'aggiunta di pigmento colorato, porta ad una riduzione della riflettanza della carta bianca. Tale riduzione è più elevata quanto più è intensa la colorazione.

Gli inchiostri primari sono gli unici capaci di assorbire ognuno una sola delle tre luci primarie (rosso, verde e blu):

- il giallo: assorbe la luce blu;
- il magenta: assorbe la luce verde;
- il ciano: assorbe la luce rossa.

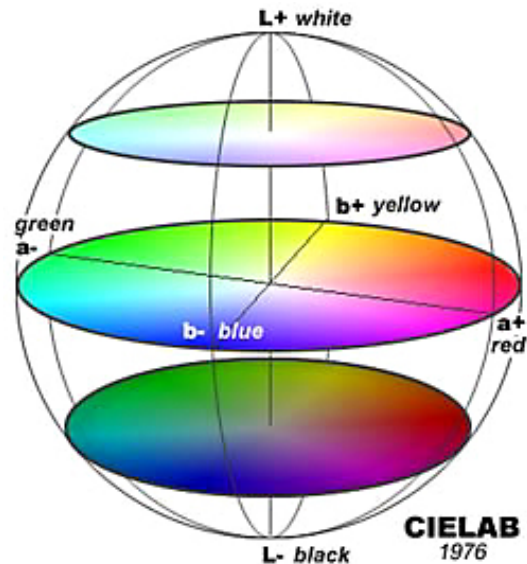
La sintesi sottrattiva viene utilizzata in tutti i sistemi di riproduzione del colore (eccetto la televisione) come la stampa, fotografia, cinematografia, pittura.

Ad esempio, aggiungendo al supporto cartaceo bianchito il cian ed il giallo otteniamo il verde, il magenta ed il giallo otteniamo il rosso, e con il cian e magenta otteniamo il blu. Se sommiamo tutti e tre gli inchiostri primari (cian, magenta e giallo) otteniamo il nero.



7.0 SPAZIO COLORE CIE Lab

Lo spazio colorimetrico CIE Lab è il più utilizzato nel settore cartario. Consiste nel disporre tutti i colori in modo ordinato all'interno di uno spazio a tre dimensioni e di definirlo usando le coordinate di questo spazio. La lettera "L" indica la luminosità del colore, ovvero quanto il campione misurato tende ad avvicinarsi al nero ($L=0$) od al bianco ($L=100$), l'asse "a" stabilisce quanto un colore tende al rosso od al verde, l'asse "b" invece la tendenza di un colore ad assomigliare più al giallo od al blu. Possiamo considerare quindi i valori di "a" e "b" come le due coordinate che ci permettono di identificare una precisa posizione del piano corrispondente ad un ben definito colore.



Il colore, come abbiamo visto in precedenza, può essere identificato con tre attributi:

- luminosità: definita dal valore "L" espresso direttamente dal sistema CIE Lab ed il suo valore è compreso fra 0 e 100;
- tinta: sullo spazio CIE Lab si può notare che tutte le tinte ruotano sulla circonferenza come le lancette di un orologio. Partendo dalla posizione del rosso e ruotando in senso antiorario, noteremo che:
 - da 0° a 90° abbiamo i colori caldi: rosso, arancio e giallo;
 - da 90° a 180° i colori verdi;
 - da 180° a 270° i colori blu;
 - da 270° a 360° i viola.

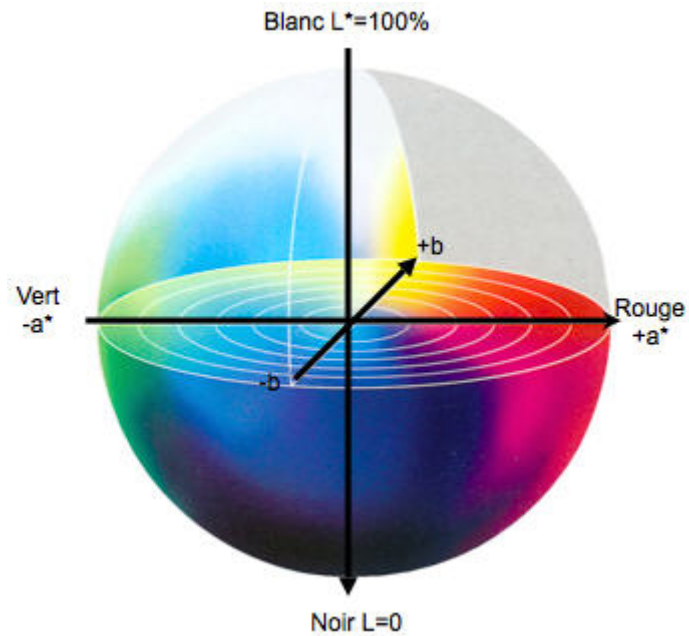
In questo modo, possiamo associare l'angolo in gradi con una ben determinata tinta, e questo valore viene definito Hue angle (angolo di tinta).

- saturazione: è quella caratteristica che rende un colore più vivace e che lo differenzia dal grigio. Più una tinta si distanzia dal centro del piano, maggiore sarà la sua tendenza verso la massima saturazione; più invece si avvicina al centro del piano e minore sarà la sua tendenza ad avere una tinta dominante e quindi sarà più simile al grigio.

LA DIFFERENZA DI COLORE (ΔE):

è la differenza cromatica e rappresenta la distanza nello spazio cromatico tra le due tinte. Per avere una misurazione oggettiva, bisogna affidarsi alla misurazione di uno spettrofotometro. Il sistema CIE Lab posiziona un colore campione di riferimento in un punto ben definito dello spazio, ed il colore da noi prodotto in un altro punto. Sarà sufficiente quindi misurare la distanza tra questi due punti e, se i punti coincidono i colori saranno uguali, se i punti non coincidono i colori saranno diversi. In questo caso entra in

campo il concetto di tolleranza, poiché essendo impossibile pensare di ottenere due cose perfettamente uguali, dobbiamo stabilire quindi la massima differenza da accettare. La tolleranza normale accettata è intorno a $\Delta E \pm 3$, un $\Delta E \pm 2$ è un ottimo risultato mentre il $\Delta E \pm 5$ è il limite oltre il quale il nostro occhio percepisce sicuramente la differenza.



solido del colore dello spazio colorimetrico $L^ a^* b^*$*

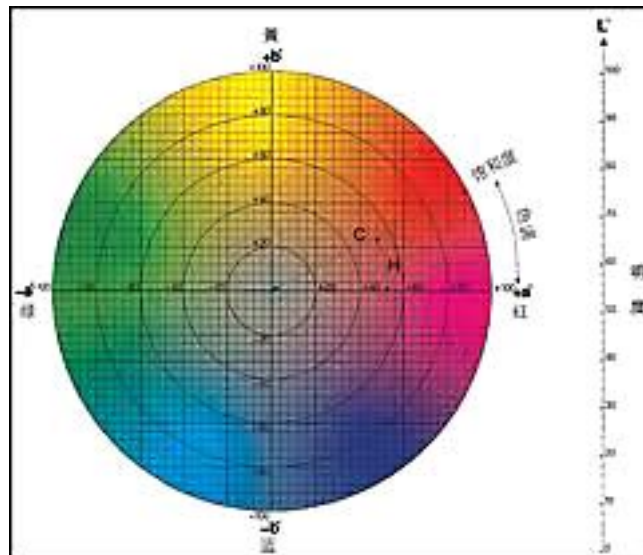


diagramma di cromaticità $a^ b^*$*

8.0 GRADO DI BIANCO

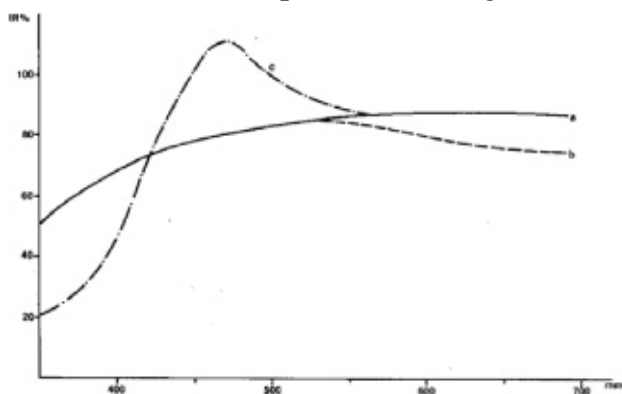
Il bianco può essere considerato un colore, ed infatti è possibile definire il colore di una superficie bianca attraverso le sue coordinate tricromatiche. Tuttavia il comune osservatore considera le superfici “bianche” come una categoria ben distinta da quelle “colorate”, categoria i cui limiti non sono mai stati definiti con precisione, perché in realtà il bianco è soltanto un’impressione psicologica, che si forma quando una superficie possiede una saturazione molto bassa e una chiarezza relativamente elevata (classico esempio è quello del bianco della “Gazzetta dello Sport”).

Obiettivamente si può pensare che una superficie la cui saturazione sia abbastanza tenue, possa essere considerata tanto più bianca quanto maggiore è la sua chiarezza; ma in realtà non è proprio così perché nella valutazione dell’occhio ha molta importanza una componente psicologica che varia da osservatore ad osservatore e che dipende dal tono di colore della superficie. Alcuni preferiscono infatti un tono di colore più caldo, per esempio avoriato o rosato, e sono quindi portati a considerare più bianche le carte aventi “una temperatura di colore” leggermente calda; altri invece considerano più bianche a parità di luce riflessa, le carte aventi un tono freddo tendente all’azzurro.

Il grado di bianco è indice di misura della bianchezza della carta che corrisponde alla percentuale di luce riflessa dal foglio di carta illuminandolo con un filtro avente lunghezza d’onda pari a 457 nanometri.

Questa bianchezza della carta viene incrementata con pigmenti bianchi, usati come componenti dell’impasto o della patina, e anche con sostanze incolori, ma fluorescenti (cioè che trasformano le radiazioni ultraviolette in radiazioni azzurre) detti sbiancanti ottici.

Il grado di bianco è un indice estremamente attendibile nella valutazione delle materie fibrose destinate alla fabbricazione delle carte bianche. Il trattamento di sbianca fa aumentare il fattore di riflettanza per tutte le lunghezze d’onda, ma l’aumento è più alto per quelle corte, che sono appunto quelle che intervengono nella determinzaione del grado di bianco. La componente gialla delle materie fibrose è un elemento di disturbo nella valutazione del bianco della carta. È per questo motivo che generalmente nella fabbricazione delle carte bianche si effettua la cosiddetta nuanzatura, che consiste nell’aggiunta all’impasto di una piccola quantità di coloranti blu, violetti e sbiancante ottico, che mascherano in parte il colore giallo delle materie fibrose.



Curva spettrofotometrica di una carta nuanzata con un colorante blu e di una nuanzata con uno sbiancante ottico.

Vediamo l’effetto di queste aggiunte su un supporto:

- curva “a” impasto tal quale
- curva “b” con aggiunta di un colore blu
- curva “c” con l’aggiunta di uno sbiancante ottico

La presenza del colorante ha un effetto sottrattivo poiché diminuisce la riflettanza della carta nella zona gialla e rossa dello spettro, quindi la carta appare meno chiara ma più tendente all'azzurro.

Lo sbiancante ha invece un effetto additivo dato che aumenta enormemente la quantità di luce irradiata dalla carta fra 420 e 550 nm, diminuisce in compenso la luce riflessa al di sotto dei 420 nm poiché mancano le radiazioni violette e ultraviolette che sono state trasformate in luce blu per effetto della fluorescenza; tale mancanza non è comunque importante data la scarsa visibilità dell'occhio per queste radiazioni.

Dalle curve si comprende il limite di questo modo di esprimere il grado di bianco in quanto se consideriamo le due curve "a" e "b" vediamo che il valore dell'indice riflettometrico a 457 nm è identico ma l'occhio vedrà più bianca la carta relativa alla curva "b" azzurrata.

Per ovviare a questo inconveniente il bianco di una carta può essere espresso attraverso determinazioni di bianchezza; il termine inglese è whiteness.

Ovviamente il grado di bianco rappresenta un indice attendibile solo se si confrontano fra loro carte nuanzate con lo stesso tono di colore, perché in caso contrario, le curve spettrofotometriche delle varie carte avrebbero un andamento diverso l'una dall'altra. Al contrario invece, il miglioramento dato con gli sbiancanti ottici produce un aumento effettivo del grado di bianco. Questo effetto è massimo se si espone la carta alla luce solare, ricca di raggi ultravioletti.

9.0 BIANCHEZZA (WHITENESS)

Il grado di bianco è rimasto solo nell'ambito dei cartai, perché in altre industrie, come può essere quella dei tessuti e delle vernici, delle materie plastiche ecc., il bianco di una superficie è espresso numericamente attraverso determinazioni di "bianchezza" o con un termine inglese "whiteness".

La bianchezza è una proprietà colorimetrica ricavata dalle misure tricromatiche ottenute con l'analisi di colore della superficie. La varietà di queste elaborazioni dipende dal fatto che ognuna di queste formule si sforza di far andare d'accordo nel miglior modo possibile, il risultato numerico con le esigenze e le preferenze degli esperti di ciascun ramo. Siccome queste esigenze sono diverse per ogni materiale, lo scopo è sempre quello di rappresentare il bianco con un solo numero, che consenta una classificazione semplice ed immediata dei materiali esaminati.

Le formule utilizzate per il calcolo della bianchezza, sono di uso comune anche in altri campi della tecnologia e nessuna di esse ha un impiego specifico nel campo della carta. A tale scopo quindi è stata sviluppata una formula per il calcolo della bianchezza con illuminante D65:

$$W = Y + 800 (X_0 - X) + 1700 (Y_0 - Y)$$

Dove:

W = Whiteness

Y = valore tristimolo di luminosità della carta;

X;Y = coordinate cromatiche dell'oggetto nello spazio CIE illuminante D65;

X₀; Y₀ = coordinate cromatiche dell'illuminante D65 e sono: X₀ = 0,3138

Y₀ = 0,3310

Il bianco dipende dalla luminosità Y e da una relazione di colore: $800 (X_0 - X) + 1700 (Y_0 - Y)$, che riduce il bianco se il campione di carta è giallo rossastro, mentre aumenta se il campione di carta si avvicina alla tonalità bluastra.

10.0 SPETTROFOTOMETRO ELREPHO 2000

Per ottenere la curva spettrofotometrica della luce riflessa da una superficie, cioè la curva del fattore di riflettanza in funzione della lunghezza d'onda, ci si avvale di uno strumento specifico nella misurazione, detto spettrofotometro.

Lo spettrofotometro è composto principalmente da:

- una sorgente luminosa;
- un dispositivo che disperde la luce per formare lo spettro della luce visibile, come un prisma;
- un monocromatore, cioè una fessura che isola una parte ristretta dello spettro corrispondente ad una gamma di lunghezze d'onda di pochi nanometri, in modo da avere una luce monocromatica;
- fonti di illuminazione, fra le quali le due principali sono:
 - illuminazione con raggio a 45° rispetto alla superficie, osservazione in direzione normale ad esso.
 - illuminazione a luce diffusa con osservazione in direzione normale (l'illuminazione diffusa è ottenuta con una sfera d'integrazione al cui interno è applicato un rivestimento bianco matt che riflette in tutte le direzioni la luce proveniente dalla sorgente luminosa).
- una cella fotoelettrica, che produce una corrente proporzionale alla intensità della luce incidente;
- uno strumento digitale che rileva l'intensità della corrente e restituisce un valore numerico.

DESCRIZIONE DELL'APPARECCHIO:

L'apparecchio è uno spettrofotometro a doppio raggio nel quale l'illuminazione è realizzata con una sfera di integrazione, che riceve la luce da due lampade allo xeno ad impulsi.

La sfera ha in basso un'apertura di prova dove si colloca il campione, la luce è riflessa perpendicolarmente, raccolta sulla sommità della sfera e inviata al monocromatore che la disperde nelle lunghezze d'onda componenti.

La parte dello spettro da 400 a 700 è suddivisa in 16 bande di ampiezza 20 nm ricevute da fotodiodi e trasformate in segnali digitali.

Contemporaneamente all'illuminazione del campione è illuminata una superficie riflettente collocata nella stessa sfera di integrazione e inviata ad un altro monocromatore; subisce lo stesso trattamento della luce proveniente dal campione, la quale viene confrontata immediatamente con quella proveniente dalla superficie di riferimento.

La sfera di integrazione ha un diametro di 150 mm e ha nella parte superiore un dispositivo antiriflessi per evitare nelle carte lucide l'introduzione di una componente di luce riflessa.



Nella parte inferiore si trova l'apertura di prova, chiusa da un diaframma; in dotazione ci sono numerosi diaframmi: i più usati sono 12, 18, 27 mm.

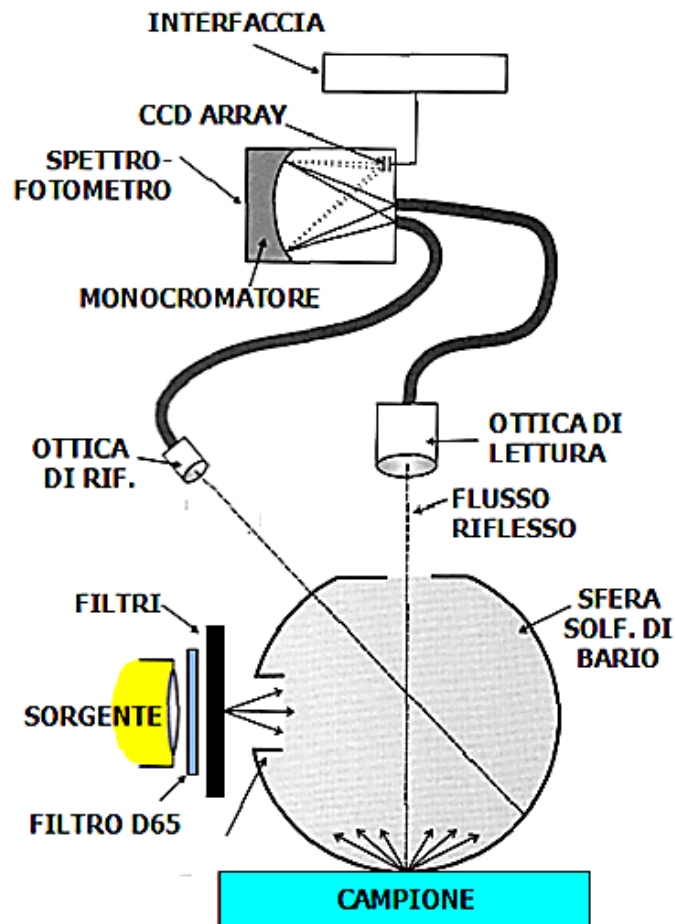
Oltre al diaframma c'è anche un dispositivo "spot" che regola l'area dell'apertura di prova in modo da avere a disposizione tutte le aperture desiderate.

Il campione da analizzare è tenuto contro l'apertura di prova da un sistema telescopico a pistone, la posizione del campione può essere verificata per mezzo di un piccolo visore ottico.

L'apparecchio è altresì dotato di due filtri, uno per ogni lampada, che una volta inseriti tagliano tutte le lunghezze d'onda sotto i 395 nm. Poiché la posizione dei filtri è regolabile, si può anche variare la quantità di luce UV emessa dalla lampada, questo

permette una taratura e una miglior correlazione di diversi apparecchi in quanto le lampade pur essendo simili non hanno la stessa emissione UV e allo stesso tempo l'emissione decade all'aumentare delle ore di lavoro della lampada e agendo sulla posizione dei filtri si può compensare e avere la stessa lettura su un riferimento di plastica contenente sbiancante ottico.

Sul fronte dell'apparecchio si trova un tasto "reset", il visualizzatore dove compaiono i parametri della misura e una serie di tastierini numerici per la selezione dei programmi e la digitazione di numeri.



TARATURA DELL'APPARECCHIO:

La taratura dell'apparecchio avviene in due fasi dopo aver selezionato il tasto zero

- la prima con un corpo nero con indice riflettometrico circa uguale a zero
- la seconda con una piastrina rivestita da uno strato di solfato di bario compresso

Questa piastrina è stata a sua volta tarata (valutato il suo fattore di riflettanza) rispetto ad un diffusore perfetto con la precisione dello 0,1%.

I valori del fattore di riflettanza si aggirano attorno al 98.99%

Dopo le letture sulla piastrina di solfato di bario, l'apparecchio esegue delle letture sulla stessa, effettua la correzione e restituisce i valori di R_x R_y R_z corrispondenti alle funzioni colorimetriche C.I.E., questi valori devono essere molto vicini a $100 \pm 0,05$.

Si procede poi ad effettuare delle tarature in relazione alla posizione dei filtri UV, su piastrine candeggiate con valori di bianco certificato.

Misura:

Al momento del flash l'apparecchio rileva tramite i fotodiodi la curva spettrofotometrica della superficie e la memorizza nel calcolatore.

Da tale curva possiamo ricavare numerose grandezze ottiche

- coordinate di colore CIELAB
- differenze di colore CIELAB
- funzioni colorimetriche e coordinate tricromatiche $X, Y, Z - x, y, Y$
- grado di bianco Ganz
- opacità
- luminosità ISO R457 e grado di giallo
- grado di bianco Berger, Hunter, Stensby
- differenza di luminosità con e senza UV
- valori di riflettanza
- altre

11.0 CONCLUSIONI

Quanto descritto fino ad ora non esaurisce certamente l'argomento colorimetria, ma né rappresenta i principi sui quali si basano i vari colorimetri e spettrofotometri destinati al controllo della tintura, e dal loro funzionamento.

È importante sottolineare che nessuno studio colorimetrico strumentale sostituisce l'occhio del tintore al quale spetta il giudizio finale della colorazione effettuata.

In questa breve trattazione ho cercato di dare un quadro generale riguardante la colorimetria della carta, mi auguro perciò di aver contribuito a diffondere alcune conoscenze che sono di base di questo affascinante argomento.

BIBLIOGRAFIA

1. La comunicazione precisa del colore, Konica Minolta:
<http://www2.konicaminolta.eu/eu/Measuring/pcc/it/index.html>
2. La colorazione della carta e il candeggio ottico - (Bruno Perini) – (SGC San Zeno VR)
3. Prove sulle materie fibrose sulla carta e sul cartone - Aticelca - (Edoardo Grandis)
4. Tecnologica Grafica, capitolo Colorimetria – (Paolo Zaninelli) - (SGC San Zeno VR)
5. Appunti vari del corso di Tecnologia per tecnici cartari.