



Colori: Luci e tinte ← ColorCalc

[HOME](#) [◇ .php](#) [◇ .html](#) [◇ .pdf](#) [◇ GoogleDrive](#)

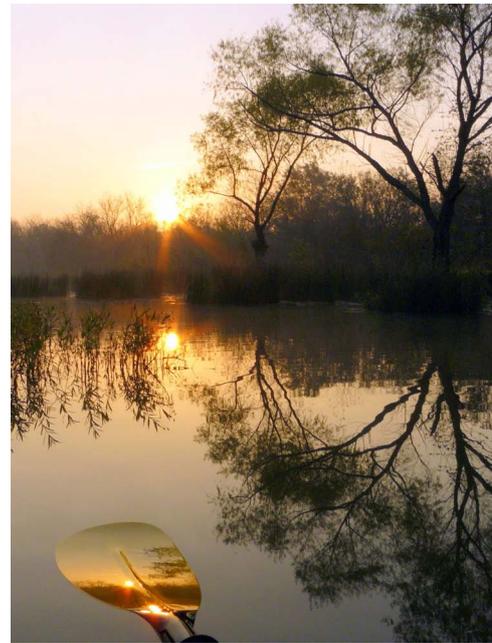
[Cromatologia](#) [◇ Colore](#) [◇ Tinta](#) [◇ Inchiostro](#)

Colori: Luci e tinte

indice (sopprimi)

1. [Percezione di luci e tinte](#)
 - 1.1 [Composizione della luce](#)
 - 1.2 [Luce e riflessi](#)
 - 1.3 [Percezione di colori](#)
 - 1.4 [Determinanti di percezione cromatica](#)
2. [Smalti, inchiostri, tinte, vernici, pittura](#)
 - 2.1 [Tinte pigmentose](#)
 - 2.2 [Tinte solubili](#)
 - 2.3 [Vernici e inchiostri sintetici](#)
3. [Variazioni e combinazioni di tinte](#)
 - 3.1 [Variazioni basilari di tinte](#)
 - 3.2 [Complementi sottrattivi](#)
 - 3.3 [Miscele cromatiche sottrattive](#)
 - 3.4 [Armonie pigmentose, sottrattive \(accordi\)](#)
4. [Luci colorate](#)
 - 4.1 [Vetrate](#)
 - 4.2 [Monitori](#)
 - 4.3 [Notazioni e conversioni luminose](#)
5. [Variazioni e combinazioni di luci](#)
 - 5.1 [Variazioni cromatiche additive](#)
 - 5.2 [Complementi luminosi](#)
 - 5.3 [Miscele luminose](#)
 - 5.4 [Sfumati luminosi](#)
 - 5.5 [Armonie luminose](#)
6. [Annessi](#)
 - 6.1 [Calcolatrici per operazioni cromatiche](#)
 - 6.2 [Sitografia: calcolatrici per colori](#)
 - 6.3 [Pagine correlate](#)
 - 6.4 [Commenti](#)

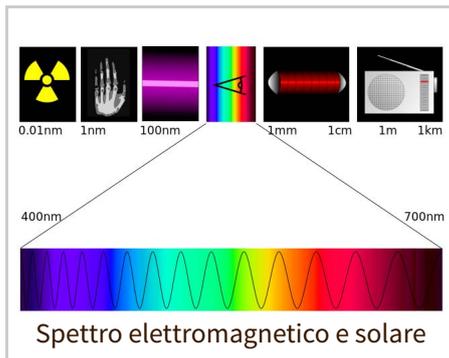
Autore: [P. Forster](#)



a cura di [Daniela Rüegg](#)

Questo testo riassume dei studi concernenti luci e tinte risp. colori additivi (luminosi) e sottrattivi (pigmentosi) che ho svolto dal 2012 ... 15. Il traguardo era la simulazione di tinte (pigmentose) su dei monitori (luminosi) e dei relativi motori di calcolo.

1. Percezione di luci e tinte



L'occhio e il cervello percepiscono dei colori come onde luminose in un ambito dello spettro elettromagnetico di lunghezza d'onda tra

400 ... 700 nm (spettro solare).

Il nanometro (na|no|me|tro o na|nò|me|tro; simbolo nm) è un'unità di misura di lunghezza, corrispondente a 10^{-9} metri (cioè un miliardesimo di metro, pari ad un milionesimo di millimetro).

La luce del sole in perfette condizioni fisiche ci appare bianca per il fatto che contiene tutti questi colori, come pure appare "bianca" in *mescolanza luminosa*.



1.1 Composizione della luce

Lo *spettro solare* visibile è grossolanamente composto da sette colori:

■ rosso, ■ arancione, ■ giallo, ■ verde, ■ azzurro, ■ blu, ■ e indaco (blu-viola scuro) con relative sfumature tra due colori adiacenti.

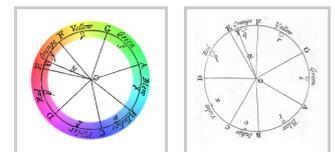


Un arcobaleno disperde naturalmente la luce bianca solare nel suo spettro.

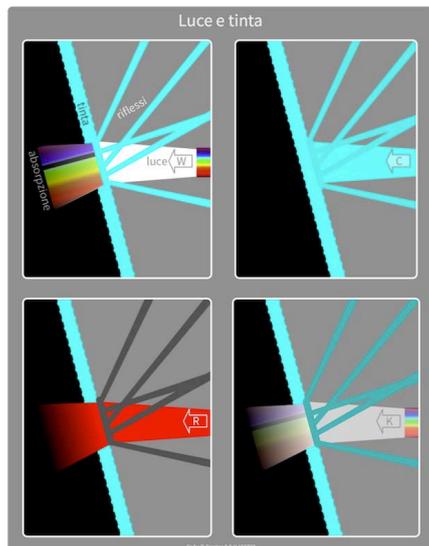
Decomponendo la luce bianca artificialmente con un prisma si ottiene lo stesso spettro solare.



L'occhio umano distingue invece tantissimi diverse sfumature tonali. Certi non appartengono allo spettro solare, come p.es. il "magenta" ■ : percepito come media tra rosso e blu e che sin dai tempi di *Sir Isaac Newton* (1642-1727) è usato per completare e chiudere un immaginario cerchio cromatico. Newton se lo immaginava situato sulla linea "D" della sua ruota cromatica.



1.2 Luce e riflessi



Riflessione di luce da tinta azzurra

Se della luce *bianca* è proiettata su una superficie tinta (non lucidata), si riflette più o meno il "colore" della tinta. Gli altri colori sono assorbiti dalla tinta.

Usando invece una luce colorata che *non contiene* il colore della tinta evidentemente non si riflette niente (totalità di assorbimento) e la superficie appare scura / incolore. La tinta di per sé è incolore (acromatica), ma riflette dei colori e a dipendenza della luce che la incontra ci appare come colore.

In pratica non si distinguono (salvo forse dal contesto) tra luce diretta e luce riflessa e si chiamano *colore* sia le tinte che le luci. Il colore di una casa proviene per forza da una tinta, mentre un colore che appare in un televisore è

luminoso.

La luce bianca è "incolore" (meglio "omnicolore") come la somma di tutti i colori dello spettro solare. Il nero è l'assenza di luce.

Le diverse sfumature di grigio (gli acromatici) si possono intendere come varie intensità di bianco fino alla sua assenza cioè il nero. Il riflesso di una luce grigia è quindi della stessa tonalità come per il bianco, ma meno intenso (luminante). **Nota:** In questo testo faccio la insolita distinzione tra luminosità *L* relativa (luminoso) e luminanza *K* assoluta (luminante) per motivi di notazione e aritmetica cromatica.



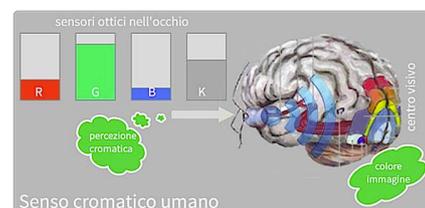
Chiarezza di colori



1.3 Percezione di colori

L'occhio umano *non* dispone della capacità di discriminare il milione di sfumature di colori che in realtà siamo capaci di distinguere. Funziona (fisiologicamente) con un metodo economico efficace e semplice: l'occhio dispone di quattro tipi di sensori per distinguere dei colori e la loro intensità (luminanza):

- sensori per individuare l'intensità del rosso
- sensori per individuare l'intensità del verde
- sensori per individuare l'intensità del blu
- sensori per individuare la luminanza , cioè l'intensità integrale.



Il difficile segue poi: il cervello, dai quattro valori di intensità per rosso, verde, blu e luminanza, combina un valore complessivo che ci fa apparire alla fine una sfumatura cromatica (fra milioni di possibilità) di un minuscolo punto (e di innumerevoli altri punti con altri colori), che alla fine vengono ricomposti in un'immagine di "realtà cromatica".

I sensori per la luminanza (sfumature di grigio acromatico) sono molto più sensibili dei sensori cromatici per rosso, verde e blu, perché dettano la sommatoria intensità dei tre altri. Lo notiamo bene quando in una notte di luna si percepisce ancora l'ambiente

ma acromatico, in "bianco-nero". Questo dopo qualche minuto di adattamento, quando i sensori cromatici si sono messi "a dormire".



1.4 Determinanti di percezione cromatica



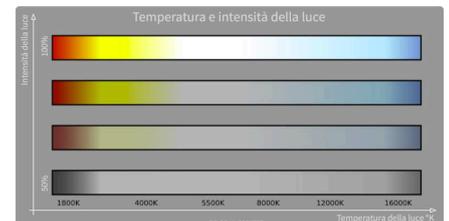
Nuvole in Toscana

Le alterazioni di colori, sia *luminose* che dovute a *riflessi di tinte* sono notevoli durante la giornata.

Di solito non ci rendiamo conto perchè il centro cromatico del cervello corregge entro certi limiti l'impressione percettiva alle caratteristiche della luce ambientale e alle nostre abitudini visive.

Le alterazioni delle **luci** dipendono da condizioni atmosferiche e/o di illuminazione. Di solito si quantifica e si misura la caratteristica illuminativa in dimensione temperatura colore in gradi Kelvin °K oppure K:

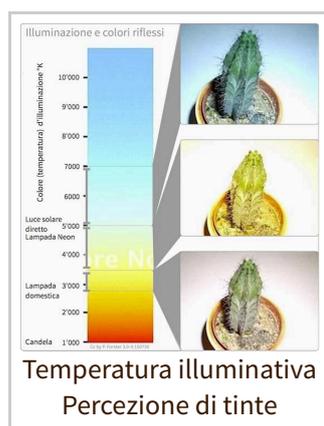
- Luce di una candela: circa 1 000 K
- Lampada a incandescenza: 2 650 K ... 2 980 K
- Lampada fluorescente cosiddetta "bianco caldo": 3 000 K
- Lampada fluorescente cosiddetta "bianco neutro": 3 500 K
- Lampada fluorescente cosiddetta "bianco freddo": 4 000 K
- Luce solare diretta al mezzogiorno locale : ~4 900 K
- Lampada fluorescente cosiddetta "luce normalizzata": 5 000 K
- Bianco puro, o "punto acromatico di riferimento": 5 455 ... 5 500 K
- Luce d'ambiente in pieno giorno: ~6 500 K
- Luce del cielo totalmente nuvoloso: ~7 000 K
- Luce del cielo parzialmente nuvoloso: tra 8 000 e 10 000 K
- Luce del cielo sereno: normalmente tra 10 000 e 20 000 K



Temperatura & intensità illuminativa



Illuminazione in un locale



Le alterazioni di colori di **riflessi di tinte** dipendono unicamente dalle caratteristiche della luce illuminante, cioè dal colore risp. della temperatura d'illuminazione.

Di fianco si nota un esempio lampante: la fotografia di un cactus a diverse temperature d'illuminazione. La differenza del colore di riflesso è notevole per il fatto che il verde della pianta (la sua tinta) è un composto di tonalità di pigmenti tra giallo-verde fino a verde-blu (contenuti nelle cellule della pianta). Secondo il colore della luce ambientale vengono quindi riflessi e assorbiti altre frazioni della luce. Inoltre il centro cromatico nel cervello non ha nessun motivo di correggere i colori delle immagini, perchè il colore della *vostra* luce ambientale è ancora diverso.

2. Smalti, inchiostri, tinte, vernici, pittura

Sono trattati i seguenti temi:

- [2.1 Tinte pigmentose](#)
- [2.2 Tinte solubili](#)
- [2.3 Vernici e inchiostri sintetici](#)
- [2.4 Variazioni basilari di tinte](#)
- [2.5 Complementi sottrattivi](#)
- [2.6 Miscele cromatiche sottrattive](#)



Affreschi minoici XVI secolo a.C.

Chiamo **tinte pigmentose** delle *vernici* che contengono dei pigmenti coloranti.



La "Pittura" o lo "smalto" sono delle **vernici**. La composizione delle prime vernici (ca. 200 a.C.) era assolutamente semplice: una resina (filmogeno, legante), perlopiù sandracca e un olio (solvente, plastificante) con l'aggiunta di un pigmento disperso.

I leganti più conosciuti di una vernice naturale sono la calce, il latte, l'uovo, l'olio di noce, più tardi l'olio di lino cotto, la cera d'api, le resine vegetali. La resistenza di una vernice naturale è enorme, soprattutto quando il supporto è affine: ad esempio si può parlare di millenni per la durata della classica tecnica ad affresco con acqua o latte e terre coloranti su un intonaco di pura calce.

I vecchi maestri pittori per i loro dipinti in olio usavano prevalentemente olio di noci o di papavero e l'essenza di trementina come diluente. Solo dopo il XVIII secolo gli oli di noce o papavero vennero sostituiti dall' olio di lino cotto



van Gogh 1890



Indaco, Blue Jeans

Chiamo invece **tinte solubili** delle tinte tipo *inchiostro* dove le particelle colorate sono solute nel diluente, ca. come lo zucchero nell'acqua.

Nella tintura di tessuti si usavano prevalentemente tinte solubili come p.es. degli estratti di piante (p.es. indaco) e oggi giorno dei surrogati sintetici corrispondenti.



2.1 Tinte pigmentose

Sono trattati i seguenti temi:

- [Preistoria](#)
- [Antichità](#)
- [Cultura europea](#)

In questo contesto chiamo "tinte pigmentose" delle dispersioni e emulsioni di pigmenti in oli o acqua. I Pigmenti di solito sono delle polveri finissime di minerali non

solubili.

Dispersione significa che la relazione tra la viscosità del liquido diluente e la dimensione delle particelle è tale che quest'ultime vengono tenute in "sospensione".

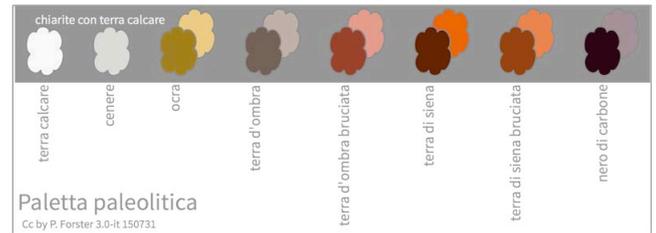


Pigmenti inorganici

Quando il liquido solvente essicca o polimerizza (incolla), lo strato pitturato rimane idealmente attaccato alla superficie.



Preistoria



Paletta paleolitica

Da immemorabile tempo, l'essere umano prepara e usa delle tinte per disegnare e dipingere, in ambito cosmetico, per "imbianchire" delle pareti, per colorare la ceramica e più tardi il vetro. Le prime tinte erano delle dispersioni di terre (minerali) finemente polverizzate (pigmenti) in acqua. Il bianco derivava da minerali calcarei, le sfumature rossastre e giallastre di solito da minerali contenente ferro, il nero da legno o ossa carbonizzate, i diversi grigi da cenere e da argille (silicati con alta capacità di legare con acqua).



Antichità

Nella alte culture medio-orientali, ca. 5000 anni fa, oltre alle tinte prestoriche simili a:

- cenere  grigio chiaro
- nero di carbone  ... 
- terra calcare  bianco
- ocra  ...  marrone-giallo
- terra d'ombra  ...  marrone-grigio
- terra d'ombra bruciata  ...  rosso-grigio
- terra di siena  ...  arancione
- terra di siena bruciata  ...  arancione-giallo

Si scoprì l'uso di altri pigmenti:

- pigmenti ottenuti da minerali preziosi come lapislazzuli  (ultramarino), turchese  (azzurro), malachite  (verde) o di
- minerali come cinabro  (rosso-arancione), auripimento  (giallo-oro) ma anche di
- preparazioni metalliche come ossido di ferro e manganese  (grigio-nero) e di rame  (blu-verde)
- estrazione di colori da molluschi come porpora  e seppia  (marrone-grigio) e da un insetto come carminio  (rosso scuro). Non si tratta di tinte pigmentose ma solubili. Vennero usate però anche assieme a dispersioni pigmentose.





Nella cultura greco-romana, ca 2000 anni fa, la pittura era divulgata, ma sono rimaste poche testimonianze e solo in forma di affreschi. Le tinte sono dei pigmenti trattati precedentemente.

L'arte pittorica era divulgata anche nella cultura cinese, ca. 1000 anni fa. Sulle tinte usate se ne sa poco, ma è ipotizzabile che furono usati gli stessi o simili pigmenti.



Cultura europea



Nel medioevo europeo, ca. 800 anni fa, la tradizione greco-romana venne seguita attraverso miniature di dipinti per libri, prevalentemente da religiosi che usavano anche tinte molto preziose (visto le minime quantità necessarie).

Il rinascimento raffinò l'uso delle tinte alla perfezione. Su ordine di potenti e ricchi mecenati furono realizzati affreschi giganteschi su legno e tela con altissimi costi anche per l'uso di pigmenti spesso molti cari (il valore del lapislazzulo superava quello dell'oro).



D. Veneziano ca.1445

Codice miniato ca.1412

In contrasto all'evoluzione pittorica, i pigmenti usati rimasero ca. gli stessi con qualche scoperta di nuovi minerali coloranti e di relativi esperimenti d'uso (qualche volta con esito positivo).



Raffaello 1514

L'unico grande cambiamento riguardo le tinte fu probabilmente la riscoperta alchimica della preparazione del "bianco di piombo": un'ottima tinta immutabile, ben amalgamabile e ben coprente (l'unico svantaggio era la sua tossicità).

Questo aumentò notevolmente le capacità di miscela dei colori chiari. Il "bianco di piombo" fu prodotto e usato in grande stile fino al '800, all'inizio dell'industrializzazione.

Le tecniche di miscela divennero peraltro sofisticate, ampliate dalle possibilità dell'uso del bianco di piombo. Si ottennero p.es. tante sfumature di verde miscelando blu-rame con auripimento o di viola miscelando cinabro e acquamarina.

Le altre tecniche erano: chiarire e scurire con tinta bianca e nera, ingrignare una tinta con la tinta opposta come p.es. ingrignare un verde con del rosso o combinare tutte queste tecniche.



Miscela rinascimentali



Variazioni di tinte



2.2 Tinte solubili



Dettaglio tappeto da parete ca. 1430

Sin da tempi immemorabili le tinte solubili venivano usate per tingere tessuti. Purtroppo non si dispongono di molte testimonianze dirette: con il passar del tempo le tinte sbiadiscono e le fibre si decompongono. Le testimonianze indirette si trovano su antichi dipinti e sin dal medioevo su tappeti a parete. Le esigenze riguardo una tinta per tessuti sono diverse da quelle per una tinta pigmentosa: la tinta deve chimicamente legare al materiale tessile e sbiadire il meno possibile alla luce ultravioletta, fatto causato dalla frequente lavatura con detergenti con il seguente imbianchire alla luce del sole.

È poi approfondito:

- [Coloranti naturali per tessuti](#)

La tintura era un processo chimico che consisteva nella preparazione del tessuto con un mordente, l'aggiunta della tinta, ev. dei processi di fissaggio con urina o acido tannico e poi ev. lo "sviluppo del colore" alla luce, seguito dal lavaggio finale. Il mordente è una sostanza capace di legare chimicamente sia con il tessuto che con la tinta. Spesso, a questo scopo si usava [l'allume di potassio](#) o altri sali metallici.



Coloranti naturali per tessuti

I coloranti di tessuti furono principalmente estratti da piante, in minor misura da animali.

- insetto Cochenille [Dactylopius coccus](#): ■ carminio, rosso-arancione
- molluschi [Muricidae](#) ■ ... ■ porpora
- piante
 - Robbia, Garanza: radice di [Rubia tinctorum](#) e Hb. [Ipperico](#) ■ rosso-arancione
 - Guado Hb. [Isatis tinctoria](#) ■ indaco, blu
 - Guarderella, Luteola: Hb. [Reseda luteola](#), ginestra dei carbonai [Cytisus scoparius](#), ceretta comune [Serratula tinctoria](#) ■ giallo
 - il nero ■ si preparava con trucioli di ferro in acido tannico (estratto da legno di quercia o noce)

Il verde ■ si otteneva con una prima tintura in giallo ■ e una seconda in blu ■.

Le piante per tingere costituivano un notevole fattore economico e vennero coltivate in zone favorevoli alle loro crescita. Secondo le usanze del tempo vennero gestite da corporazioni artigianali.

Il carminio e la porpora erano molto costosi, perchè richiedevano l'importazione dal mediterraneo e quindi riservati a ricchi e potenti. Anche il verde era caro per la doppia tintura e le altre tinte pagabili solo da benestanti. Il popolino portava vestiti non tinti di fibra vegetale come lino, canapa, o animale come lana.

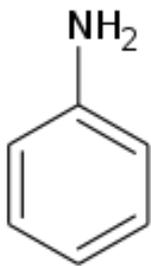
Breve storia della tintura



B. Zeitblom ca. 1490

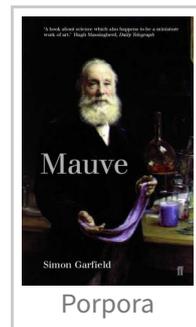


2.3 Vernici e inchiostri sintetici



Anilina

L'industrializzazione europea e nord-americana a partire dall'inizio del '800 rivoluzionò tutti i settori tecnici a scapito dell'artigianato tradizionale. Oltre alle nuove possibilità produttive, cambiarono anche le esigenze. Alla pittura artistica si aggiunse l'uso di colori adoperati come materiali di protezione per superfici edili e metalliche con dispersioni e vernici prefabbricate in enormi quantità, non più producibili in maniera artigianale.

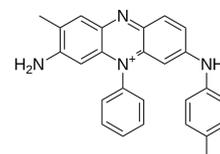


Porpora

Il trapasso dall'alchimia alla chimica moderna promosse questo sviluppo e così anche l'artigianato del tintore di tessuti e dell'agricoltura di piante tintorie sparì.

La porpora di anilina (o malveina o mauveina) ■ è stata il primo colorante artificiale ad essere sintetizzato. Fu scoperta per caso nel 1856 dall'allora diciottenne William Henry Perkin. Costruì una fabbrica per la produzione, e risolse una serie di problemi correlati come:

- produrre la sostanza come pigmento (polvere, forma originale) e come inchiostro (soluto in etanolo)
- produrre una base oleosa per dispergerla (come vernice) e un solvente adatto
- produrre delle sostanze di "riempimento" per chiarire e scurire il colore



Struttura malveina A

Perkin partì dal catrame di carbone, un prodotto residuo dalla produzione di coke e gas illuminante che contiene tra tantissime altre sostanze anche l'anilina.



Il successo di Perkin stimolò la ricerca di altri colori sintetizzabili. Negli anni seguenti furono scoperti l'indaco ■, il rosso di piombo ■, il verde di ossido di cromo ■, il verde metilico ■, il giallo di cadmio ■, il blu cobalto ■, il cinabro ■, carminio ■, minio di piombo ■, il violetto manganese ■, il nero ossido ■, il bianco di zinco ■ e tanti altri in tutte le sfumature e luminanze.

Erano usate per la tintura e la stampa di tessuti, produzione di carta e tappezzerie, per tingere legno, metalli, cuoio, giocattoli, matite colorate e come inchiostri.

Nella seconda metà dell'800 furono fondate delle imprese per la produzione di vernici e tinte con importanza mondiale e attive ancora oggi (Agfa, Hoechst, Bayer, BASF, Caran d'Ache, ...)

150 anni dopo sono reperibili dei colori per ogni immaginabile scopo, ovunque e a prezzi modesti (almeno per i sintetici). Ma vengono offerti ancora dei pigmenti originali: p.es. 1 gr di porpora autentica costa ca. € 2'500.-, 10 gr di lapislazzuli ca. € 200.- (ca. prezzo dell'oro), 50 gr di indaco ca. € 55.-

3. Variazioni e combinazioni di tinte

Sono trattati i seguenti temi:

- Variazioni basilari di tinte
- Complementi sottrattivi
- Miscele cromatiche sottrattive
- Armonie pigmentose, sottrattive



3.1 Variazioni basilari di tinte



Sono trattati i seguenti temi:

- Tinte "pure"
- Chiarire delle tinte
- Scurire delle tinte
- Desaturazione di tinte

Tinte "pure"

Dei pigmenti o tinte sono "pure", se non sono "contaminate" da altre sostanze. È evidente che in quanto prodotti vegetali naturali, minerali o animali variano notevolmente secondo la provenienza. In diluzioni o dopo trattamenti tintori cambiano spesso anche di tonalità.

In simulazioni Rgb si usano spesso dei colori "normalizzati": per l'indaco (per tingere dei Blue Jeans) si usano p.es. le tonalità indaco  #4B0082 puro  #9300ff, indaco scuro  #310062 puro  #7f00ff, indaco elettrico  #6F00FF puro  #6f00ff.

Si nota dalla deduzione dei "puri" Rgb, che persino in questo contesto "sintetico" variano leggermente di tonalità.

Lo stesso vale per altre tonalità. In breve: *non esistono* delle tinte "pure" pigmentose in senso di tonalità (in contrasto alle luci) ma solo nel senso di non essere "truccate".



Chiarire delle tinte

Le tinte pigmentose si rendono più chiare diluendole oppure aggiungendo della tinta bianca. Simulando l'operazione in Rgb, si può sfumare la tinta verso il bianco. Digitare nella casella un valore. Poi cliccare ovunque fuori dalla casella: appare la sfumatura.



Scurire delle tinte



Le tinte pigmentose si rendono più scure aggiungendo tinta nera. Simulando l'operazione in Rgb, si può sfumare la tinta verso il nero. Digitare nella casella con il valore. Poi cliccare ovunque fuori dalla casella: appare la sfumatura.



Desaturazione di tinte

I vecchi artisti raggiungevano ogni sfumatura desaturata di una tinta miscelandola con la tinta "opposta" o complementare *della stessa luminanza e cromaticità* (equiluminante). Richiedeva una grande conoscenza empirica circa le tinte opposte e le capacità artigianali di chiarire / scurire le due tinte opposte al medesimo livello di luminanza.

Per la simulazione non è però necessaria la deviazione tramite il complemento sottrattivo, perchè la luminanza K del colore è immediatamente deducibile dal colore stesso con le seguenti formule:

$$K = (0.299 * R) + (0.587 * G) + (0.114 * B); \text{rgbK} = \text{rgb}(K, K, K); \%K = K / 255 * 100;$$

La calcolatrice di fianco determina la desaturazione dopo aver digitato un qualsiasi colore fino alla luminanza del colore.



3.2 Complementi sottrattivi



Sono trattati i seguenti temi:

- [Colori complementari originali](#)
- [Simulazione di complementi pigmentosi](#)
- [Calcolatrice per complementi pigmentosi](#)
- [Interpretazione visiva](#)

Premessa

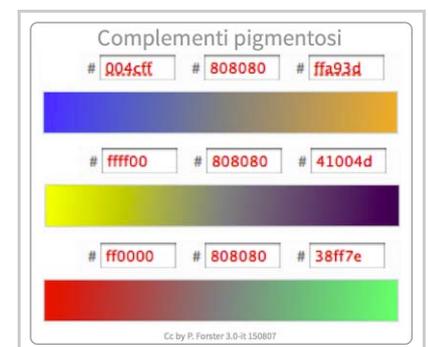
Come premessa è da osservare che i complementi pigmentosi (cs→compl.sottrattivi) **non** corrispondono ai complementi luminosi (additivi): il complemento *luminoso* del rosso è p.es. il ciano (e non il verde); dalla miscela pigmentosa di giallo e blu risulta verde mentre dalla miscela luminosa risulta grigio.

Colori complementari originali

I vecchi artisti chiamavano complementari due tinte che si neutralizzavano a vicenda, fornendo un grigio. Il "perfetto" complemento valeva per due tinte che in adeguate proporzioni fornivano un grigio medio (tipo #808080).

Trovarono p.es. le combinazioni "perfette":

- blu B #004cff ⇔ arancione O #ffa93d
- giallo Y #ffff00 ⇔ viola V #41004d
- rosso R #ff0000 ⇔ verde G #38ff7e

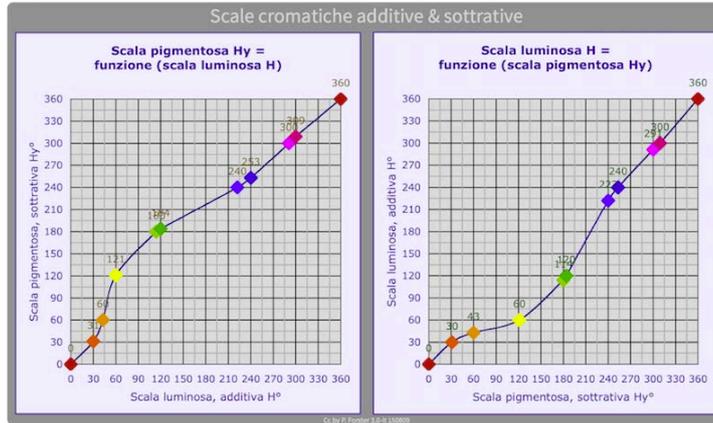


Simulazione di complementi pigmentosi

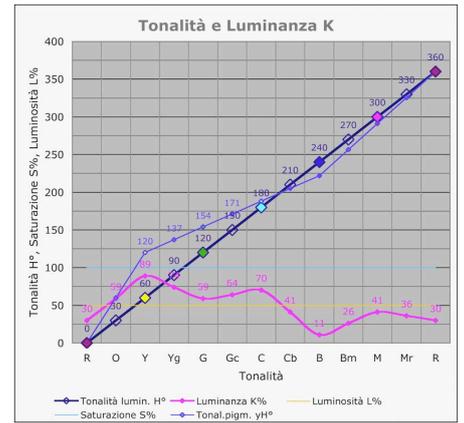
La simulazione di complementi di tinte (sottrattive, pigmentose) con strumenti informatici è difficile quanto è facile la realizzazione con vernice e pennello e fornisce risultati discutibili. Ho tentato di farlo con:

- un' approssimativa scala di tonalità di luci di riflesso H_y o yH relata alle luci dirette H e delle loro relative opposizioni col metodo delle regressioni polinomiali. Vedi → H2Hy2H_js.txt.
- un' iterazione da luminanza K a luminosità L per le varie tonalità (iterazione → tentativi sistematici), perché la funzione $Rgb \rightarrow K$ è irriversibile. Vedi → HSK2L_js.txt.

I risultanti dati principali sono i seguenti:

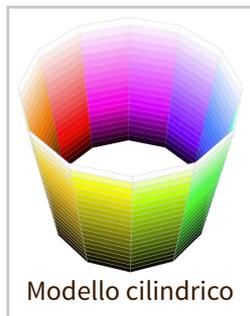


Hy2H2Hy

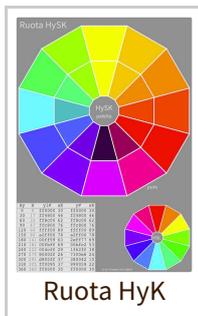


$yK=f(H_y)$

Di questi due strumenti di simulazione ho poi stilato un modello plausibile quantificabile simile a HSL: → HySK. Geometricamente consiste in un cilindro che sulla periferia si immagina le tonalità H_y delle tinte "pure", in verticale il percorso della luminanza K e verso il centro il percorso della desaturazione (manca nel disegno di fianco per evidenti motivi di rappresentazione).



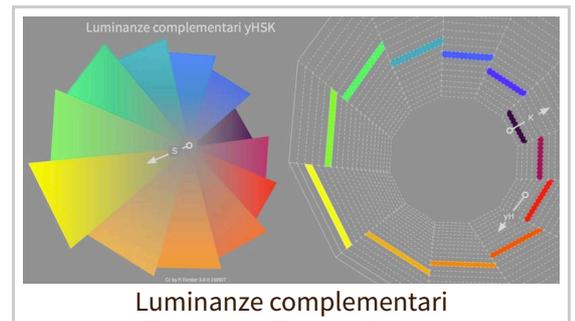
Modello cilindrico



Ruota HyK

Simulazione di complementi pigmentosi											
Hy	H	yl#	aK	y#	yK	Hy	H	yl#	aK	y#	yK
0	0	ff0000	30	ff0000	30	180	141	00ff59	63	2eff77	69
30	17	ff4800	46	ff4800	46	210	181	00bfff	69	00bfc2	53
60	33	ff8c00	62	ff8c00	62	240	222	004cff	29	1f62ff	38
90	47	ffc800	76	ffc800	76	270	270	8000ff	26	7300e6	24
120	60	ffff00	89	ffff00	89	300	291	d900ff	37	380042	10
150	82	a2ff00	78	a2ff00	78	330	325	ff0095	37	990059	22

I complementi pigmentosi richiedono anche una luminanza yK complementare, cosa intrinseca nei colori puri del sistema Rgb con K . Essendo spostate le scale delle tonalità, per il sistema $HySK$ bisogna aggiustare le luminanze yK nelle ruote per la metà dei colori. L'ho fatto mantenendo le luminanze delle tinte chiare e scurendo in dovuta misura le tinte scure opposte. Il confronto del risultato con le tinte "pure" e Rgb si nota nella *Ruota HyK*.

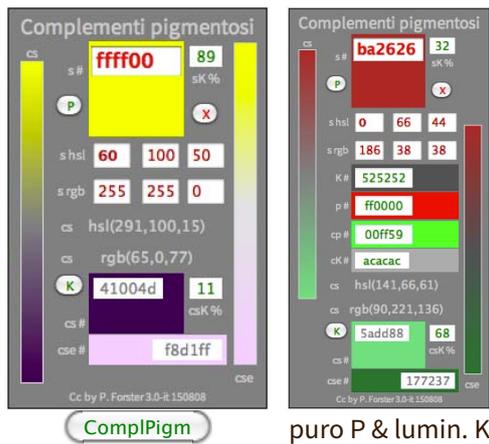


Luminanze complementari

Discutibili i metodi di simulazione!



Calcolatrice per complementi pigmentosi



puro P & lumin. K

La calcolatrice di fianco simula all'incirca le conoscenze dei vecchi maestri in merito ai complementi "perfetti" (in notazione Rgb e Hsl). Altrettanto importanti erano i complementi "equiluminanti" per creare i grigi di ogni tinta tramite la tinta opposta ma alla stessa luminanza della prima. La calcolatrice rileva anche il complemento pigmentoso *equiluminante* (cse→...equilumin.) e dimostra inoltre un finto sfumato tra complementi sottrattivi.

Ho aggiunto anche il virtuale colore puro (anche se la tinta "pura" non esiste in realtà pittorica). Per le simulazioni (azionare pulsante *P*) è comodo perché rende l'idea (per noi seguaci) della tonalità basilare della tinta.

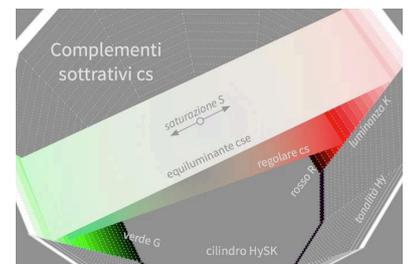


Interpretazione visiva

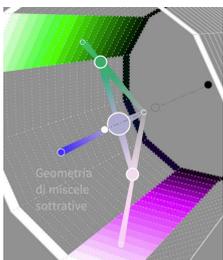
Nel modello cilindrico HySK si può osservare bene la differenza tra complemento regolare e equiluminante: per ogni tinta esiste uno e uno solo dei due complementi.

- regolare significa: attraversa il cilindro tinta → centro luminante del cilindro → tinta complementare.
- equiluminante significa: attraversa il cilindro sulla medesima altezza di luminanza.

Per ogni tonalità esistono "due volte innumerevoli complementi": per ogni colore di una tonalità a ogni luminanza, due complementi.



3.3 Miscele cromatiche sottrattive



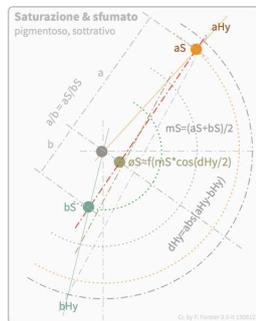
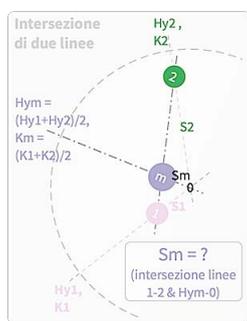
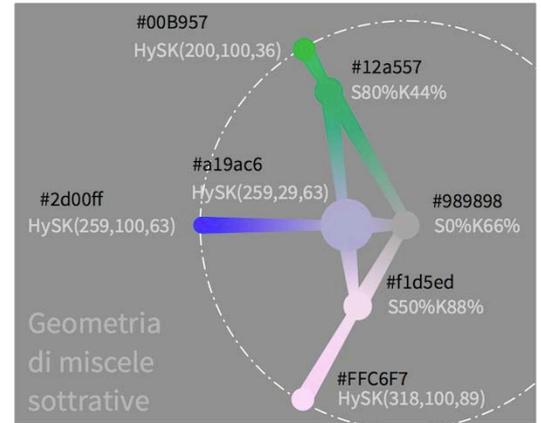
Sono trattati i seguenti temi:

- [Miscele e modello HySK](#)
- [Procedura calcolatoria](#)
- [Calcolatrice per miscele sottrattive e additive](#)
- [Variazione di valori nella calcolatrice](#)

Miscele e modello HySK

Simulare delle miscele sottrattive con una tastiera è un'impresa avventurosa. Possono servire le conoscenze tratte dai complementi, ampliate da riflessioni geometriche nel modello cilindrico HySK.

Avendo a disposizione una scala pigmentosa delle tonalità (per determinare la tonalità media) e un metodo per determinare le luminanze (a partire o raggiungere da o alle luminosità), rimane il compito di individuare le saturazioni S : queste diminuiscono con l'angolo tra i due colori (fino a raggiungere $S=0\%$ alla distanza di 180°). Ridotto a un semplice compito geometrico si tratta di trovare l'intersezione di due linee: una tra i due punti dei colori dati, l'altra tra la tonalità media dei due colori e il centro del cerchio.



La *luminanza K* risultante è evidentemente la media tra le due luminanze date. Il grattacapo è la *saturazione S*:

Il compito sarebbe facilmente risolvibile graficamente con compasso e riga. A livello di calcolo servono un pò di formule che alla fine si trasformano in un programmino JavaScript integrabile in questa pagina.

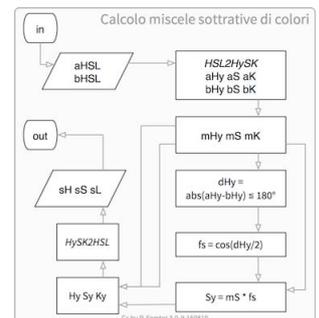
Per semplificare i calcoli dell' intersezione tra le due linee ci si può servire di un'approssimazione geometrica per determinare la saturazione e anche lo "squilibrio" della sfumata (illustrata a sinistra).



Procedura di calcolo

La procedura consiste dei seguenti passi:

- convertire la notazione HSL delle due tinte a e b in notazione $a_{Hy}_S_K$ e $b_{Hy}_S_K$
- calcolare le medie di tonalità mHy , saturazione mS e luminanza mK .
- determinare l'angolo dHy tra aHy e bHy : $abs(aHy-bHy) \leq 180^\circ$
- calcolare il fattore di diminuzione della saturazione per via dell'angolazione fs : $cos(dHy/2)$
- determinare la saturazione risultante Sy : $mS * fs$
- riconvertire il risultato da $mHy Sy mK$ in HSL



Calcolatrice per miscele sottrattive e additive

La calcolatrice di fianco esegue tutti questi calcoli e in più li confronta anche con le miscele additive che possono essere molto diverse come lo dimostra l'esempio del giallo e del blu.

Inoltre si capisce che una miscela è un percorso graduale tra due colori e non un valore. Il valore medio calcolato indica solo la massima amalgamazione dei due. La miscela dei due crea delle nuove tonalità che si trovano tra le due iniziali.

Formule per miscele sottrattive:

$a = aS^*(aS+bS)$; $b = bS^*(aS+bS)$;
 HSL \rightarrow HySK:
 $\rightarrow aHy, bHy, aS, bS, aK, bK$;
 $mHy = (aHy+bHy)/2$;
 $mS = (aS+bS)/2$;
 $mK = (aK+bK)/2$;
 $dHy = \text{abs}(aHy-bHy) \leq 180^\circ$;
 $fs = dHy/2$;
 $Sy = mS^*fs$;
 $\rightarrow mHy Sy mK$;
 HySK \rightarrow HSL;



Il *valore medio sottrattivo* non si trova necessariamente in mezzo alla riga sfumata ma dipende dalla differenza dei due valori per la saturazione: la posizione è indicata all'inizio del righello con la sigla *gs* in percento.

Osservazioni alla calcolatrice:

Questa calcolatrice serve a stilare delle miscele di due colori in modo additivo (luminosi, luci) e sottrattivo (pigmentosi, tinte, vernici).

I due colori si digitano in notazione *esadecimale Hex #* nelle caselle *aHex* e *bHex*, seguito dall'azionamento del tasto tabulatore \rightarrow . Appaiono subito i colori delle miscele con le loro notazioni.

- nella casella *msHex* il colore della miscela pigmentosa con il suo valore Hex#, Rgb e Hsl.
- nella casella \emptyset il colore della miscela luminosa mediana con il suo valore Hex#: al solito usato sul web.
- nella casella \star il presunto colore reale di una miscela di due luci con il suo valore Hex#: (raramente considerato).

Azionando il tasto *Var* si aprono tre righe per variare i due colori secondo i singoli parametri delle notazioni Rgb e Hsl: doppio clic sopra un numero rosso, digitare un'altro valore, tabulatore \rightarrow : cambiano immediatamente tutti gli altri valori e i colori

Azionando il tasto *Sfu* si chiude e si apre a vicenda una casella con le progressive sfumature delle miscele tra i due colori scelti.

Negli **sfumati sottrattivi**, il valore indicato si può trovare ovunque sul righello: (secondo le saturazioni dei due colori scelti). Il valore *gs* indica dove sul righello per le sfumature sottrattive da sinistra in percento.

Sopra e sotto il righello principale sottrattivo si trovano le sfumature *equiluminanti*: di sopra relato al valore destra, di sotto al valore sinistro di partenza.

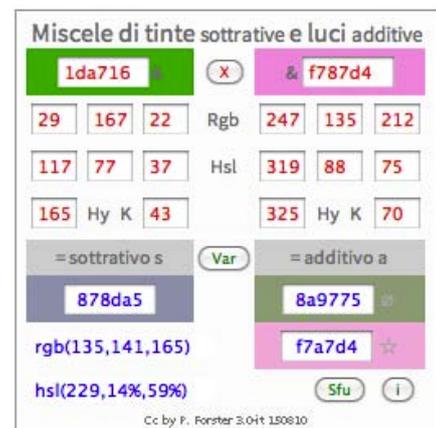
Negli **sfumati additivi** sono indicati le sfumature mediane e di mescolanza di luce. I valori indicati nelle caselle \emptyset (mediano) e \star (di luce) si trovano al centro dei relativi righelli.

Variazione di valori nella calcolatrice

La calcolatrice è versatile: non solo si possono digitare i due valori in *esadecimale* #come entrata, ma per ciascun colore anche nelle notazioni **Rgb**, **Hsl** e **yHSK**.

Azionando il tasto *Var* si aprono tre righe con le variabili per Rgb, Hsl e yHK. Per avere più posto si può anche chiudere la casella con le sfumature azionando il tasto *Sfu*.

Ogni variazione di uno dei (due volte nove) valori adatta immediatamente tutti gli altri valori (correlati) come anche i colori e sfumature.



Variazione di colori

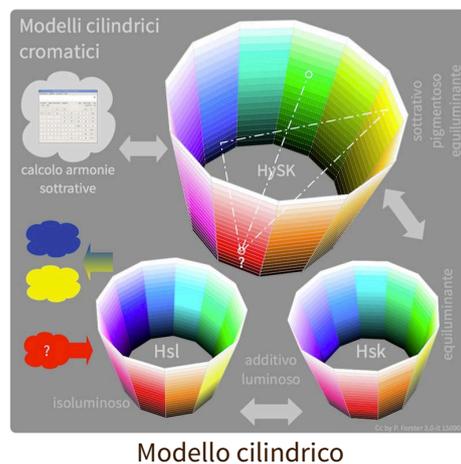


3.4 Armonie pigmentose, sottrattive (accordi)

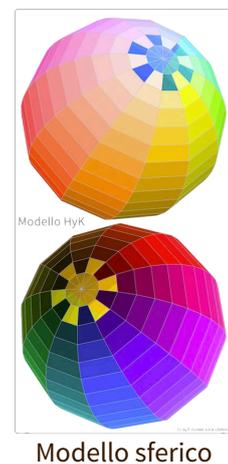
Le armonie cromatiche si definiscono come combinazioni di colori che piacciono all'occhio. Nella tradizione europea sono delle combinazioni che si completano a vicenda in tonalità, saturazione e luminanza. Scolasticamente si pretende che la miscela sottrattiva della combinazione armoniosa regolare fornisca un grigio medio. L'esempio lampante per *due* tinte che soddisfano questa pretesa sono tutte le tinte complementari. P.es. un rosso #ff0000  è pigmentosamente complementare a un verde & #2eff77  = #808080 .

Sono trattati i seguenti temi:

- [Tipi di armonie, calcolatrice](#)
- [Tonalità di armonie pigmentose](#)
- [Armonie complementari](#)
- [Accordi saturi](#)
- [Accordi equiluminanti](#)
- [Accordi puri](#)



Visto che delle armonie regolari devono essere complementari di luminanza assoluta K, bisogna prima convertire la luminosità L (da Hsl) in Hsk. Come si può notare inoltre dalla diversità di complementi additivi (luminosi) e sottrattivi (pigmentosi) è da presumere che anche altre armonie cromatiche (come triadiche e quadruple) non siano uguali alle additive. È evidente che al posto della solita scala tonale H (proveniente da Rgb) c'è da usare la scala Hy.



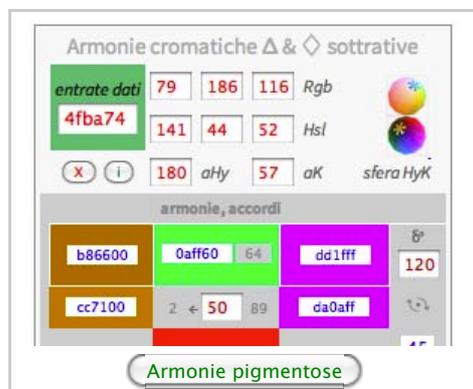
Risulta quindi che dei calcoli di armonie sottrattive sono da eseguire in un sistema di coordinate HySK. Questo richiede delle conversioni Hsl → HySK prima dei calcoli e di HySK → Hsl dopo per far apparire i risultati sul monitor.



Tipi di armonie, calcolatrice

Anche se in senso stretto le armonie perfette richiedono complementarità di luminanza a un grigio medio, in pratica sono usati anche altri approcci:

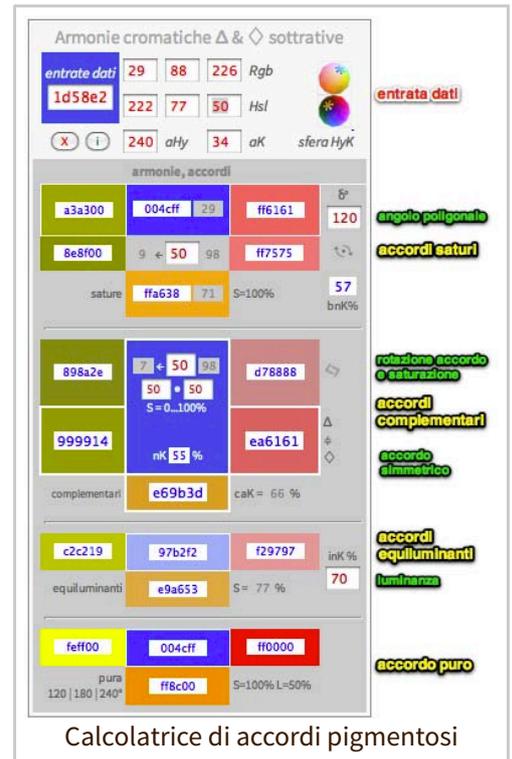
- armonie *sature* sono complementari di luminanza al grigio medio, ma pretendono la massima saturazione per tutti le tinte coinvolte (anche l'originaria)
- armonie *equiluminanti* sono complementari di luminanza a un qualsiasi grigio determinabile
- armonie *pure* sono armoniche nel senso delle tonalità e definite tutte di saturazione $S=100\%$ e di luminosità $L=50\%$
- armonie *complementari* si combinano perfettamente in un grigio medio



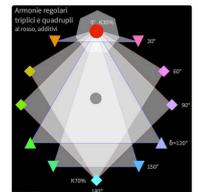
La calcolatrice di fianco permette tutte queste variazioni come descritto in poi e anche delle variazioni di angoli poligonali, rotazione di accordi e assestamenti di saturazione.

I dati per stabilire la tinta originaria dell'accordo possono essere introdotti in notazione #hex, Rgb, Hsl e yHK. L'entrata di dati è interattiva: ogni

cambiamento di un dato causa immediatamente l'adattamento di tutti gli altri dati correlati.



Calcolatrice di accordi pigmentosi



Osservazioni alla calcolatrice:

Questa calcolatrice serve al calcolo di armonie *sottrattive* (pigmentose). Calcola per una qualsiasi tinta definita in #Hex, Rgb o Hsl degli accordi *triadici* e *quadrupe*:

- gli accordi saturi $S = 100\%$
- degli accordi complementari triadiche e quadrupe regolari, ristretti e allargati ($0...180^\circ$) con possibili variazioni di luminanza aK entro i limiti indicati con *max* e *min* e di saturazione S
- il colore complementare pigmentoso al colore di partenza $aHex$,
- degli accordi equiluminanti variabili in luminanza iK ($0...100\%$) relati all'accordo complementare,
- l'accordo puro p relato all'accordo complementare.

L'angolo caratteristico del poligono è variabile digitando un valore diverso del 120° (tra $0...180^\circ$) nella casella δ .

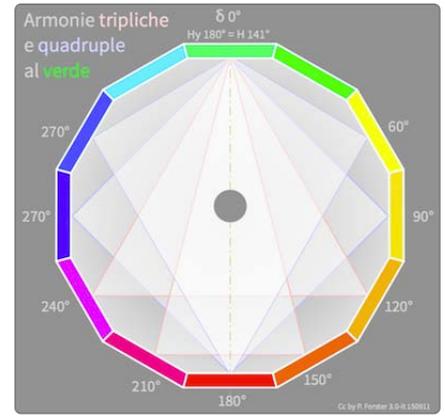
Le relative luminanze sono variabili digitando un'altro valore nelle caselle $rotbK$ e/o vK nei limiti indicati con *min* e *max*.

La luminanza dell'accordo equiluminante è variabile digitando un valore diverso del 50% nella casella iK .

Tonalità di armonie pigmentose



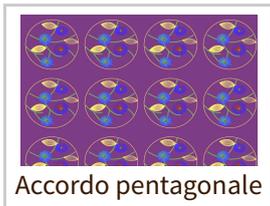
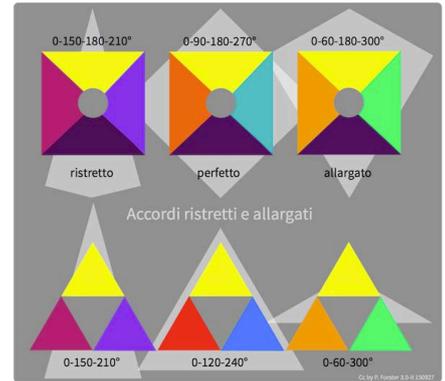
Le tonalità di tinte di armonie sottrattive sono definite da poligoni inclusi al cerchio dei colori pigmentosi Ryb. I poligoni possono essere triangoli, quadrati, pentagoni, ... Sono perfettamente armoniose solo dei poligoni equilateri (angoli uguali). Si considera e si usano in grafica moderna anche dei poligoni simmetrici *non equilateri*, "ristretti" o "allargati" con una predominanza della tinta originaria (allargato) oppure complementare (ristretto).



Si definisce al solito l'angolo tra due tinte in gradi °. Evidentemente un triangolo equilatero è determinato da 3 volte 120°, un quadrato da 4 volte 90°, un pentagono da 5 volte 72° e così via.

Digitando nella casella δ° (delta) della calcolatrice il primo angolo poligonale vengono calcolati tre tonalità:

- le tonalità + (prima) e - (ultima) dell'angolazione poligonale (allargata, perfetta o ristretta secondo la scelta dell'angolo),
- la tonalità complementare a 180° (indipendentemente se poi usata o meno).

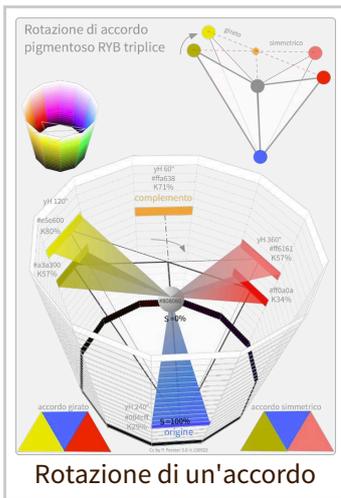


Con questo sono determinati le tonalità cardinali di un qualsiasi accordo triplo o quadruplo. Non ho considerato altri poligoni, ma sono facilmente determinabili ripetendo il calcolo (p.es. "pentagono": 72° e 144°).

Un'esempio di colorazione con un'accordo pentagonale perfetto si trova di fianco.



Armonie complementari sottrattive

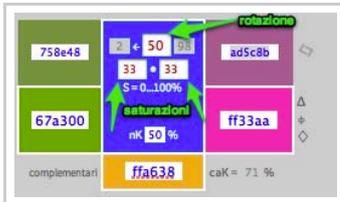


Delle armonie complementari, oltre alla simmetria tonale si combinano perfettamente in un grigio medio. Significa, che la tonalità, saturazione e luminanza delle tinte coinvolte si trovano geometricamente sul medesimo piano con nel centro il grigio medio ■.

Di **armonie complementari** perfette a una data tinta ne esistono tante per via del fatto, che la superficie sulla quale si trovano le tinte dell'accordo è ruotabile intorno all'asse tinta originaria-complementare. Questo aumenta la luminanze di una delle tinte dedotte mentre abbassa la luminanza dell'altra in stessa misura.

Le saturazioni delle due tinte sono equamente variabili, rimanendo così nelle condizioni dell'accordo perfetto. Lo schizzo di fianco illustra il

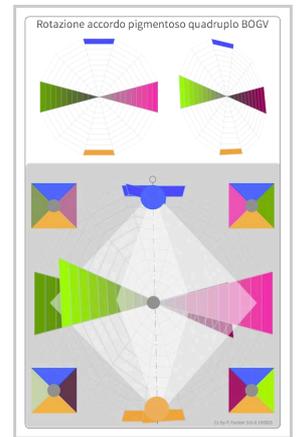
meccanismo.



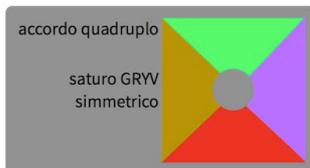
Sulla calcolatrice la "rotazione" è definita come variazione di luminanza K (per comodità). Digitando nell'apposita casella un valore tra i limiti indicati di fianco, cambiano le luminanze delle tonalità. Nella stessa maniera si possono definire i valori per le

saturazioni nelle caselle sottostanti - regola d'arte con la stessa saturazione a destra e a sinistra.

Lo schizzo di fianco dimostra un esempio per un'accordo quadruplo simmetrico ruotato con variazioni di saturazione. Si nota, che esistono degli accordi diversi fra di loro basandosi sulla medesima tinta originaria.



Accordi saturi



Anche gli accordi saturi sono ruotabili esattamente come gli accordi complementari. Per definizione manca invece il grado di libertà della saturazione (perché le saturazioni sono stabilite tutte a S = 100%).



Una combinazione della tinta originaria con un resto di accordo saturo può essere bello per contrasto di saturazione (anche senza essere perfettamente in regola con "il grigio medio"). Va al solito raffinato con un'adattamento delle luminanze a destra e a sinistra per sostenere il contrasto di saturazione con un'ulteriore contrasto chiaro - scuro.

Accordi equiluminanti



In senso stretto *non si tratta di accordi regolari*, perchè non soddisfano la regola del *grigio medio*. Si completano però a un grigio più chiaro o più scuro della media e sono perciò ritenuti "canonici" da artisti meno rigidi. Digitando sulla calcolatrice il valore richiesto per la luminanza, appaiono le tinte in'accordo a tale luminanza.



Anche gli accordi equiluminanti invitano a infrangere le regole: spesso viene sostituita una tinte di un accordo equiluminante con la tinta pura della stessa tonalità.

Accordi puri



Accordi "puri pigmentosi" non sono mai armoniosi, perché non rispettano la regola del grigio medio. Gli ho elencate comunque per rendere l'idea delle tonalità coinvolte negli accordi.

4. Luci colorate



color-rainbow-spectrum

Sono trattati i seguenti temi:

- [3.1 Vetrate](#)
- [3.2 Monitori](#)
- [3.3 Notazioni e conversioni luminose](#)
- [3.4 Variazioni cromatiche luminose](#)



ca. 1100

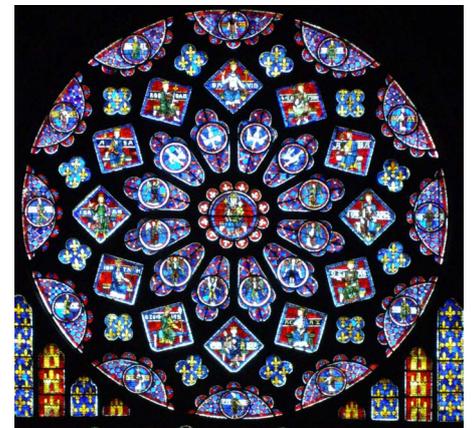


4.1 Vetrate

Fin da quando (ca. 4'000 anni fa) si conosce la fabbricazione di vetro, (fusione di sabbia di quarzo (Silice SiO₂) a ca. 1'800°C), esistono anche dei vetri colorati risultati dalle impurità della sabbia usata: ferro, rame, cromo, cobalto.

Nell'epoca romana si fece uso di questo effetto aggiungendo alla fusione del vetro dei minerali contenenti questi metalli.

La tradizione fenice-romana persistette nel regno bizantino. Poi riprese (forse stimolate dalle crociate) intorno al 1'100 nelle vetrate di cattedrale romane e poi gotiche.



Chartres ca. 1140

I colori dei vetri, secondo la tradizione fenicia - egiziana - greco-romana - bizantina - veneziana si ottenevano con dei minerali contenenti dei metalli come:



S. Baldriano gotico

- cobalto: blu;
- ferro: verde, giallo
- rame: blu, rosso
- cromo: verde
- uranio: giallo, verde
- nichelio: viola
- selenio: rosa, rosso
- argento: giallo
- oro: rosso rubino

Questa tradizione persiste ancora ai nostri giorni.



Marc Chagall 1967



4.2 Monitori



Schermo televisivo

Dagli anni '85 dello scorso secolo ci siamo abituati ad usare, oltre al televisore, anche dei monitor a colori per computer (PC).



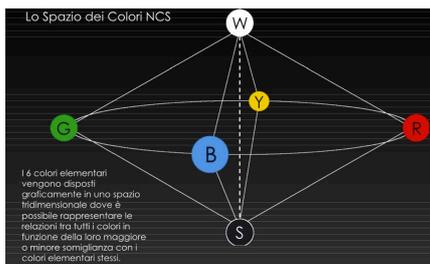
Monitor PC

In termini di colore si tratta di *emettitori* di luce e non pareti di *riflettori* di luce. Finché li usiamo solo per guardare, la differenza fa poco effetto; quando invece vogliamo usare il computer per creare delle immagini, arrivano i grattacapi. Come visto nell'introduzione [Luce e riflessi](#) ci sono notevoli differenze nel comportamento di luce emessa e luce riflessa e parecchi di più di quelli già descritti.

Ma il primo compito è dare un nome a un determinato colore. Così il computer sa cosa deve far vedere sul monitor. Questo è trattato nel seguente capitoletto: *Notazioni cromatiche luminose*.



4.3 Notazioni e conversioni luminose



Sono trattati i seguenti temi:

- [Tipi di notazione](#)
- [Notazione Rgb / #Hex](#)
- [Caratteristiche di notazione Hsl](#)
- [Notazioni e calcoli HsK](#)
- [Conversioni di notazioni](#)

Tipi di notazione

Esistono molti sistemi per identificare dei colori, specialmente per delle vernici, basati su sistemi di campionatura come:

- architettura, produzione di materiali: [NCS](#) (Natural Colour System è un sistema logico di ordinamento dei colori che si basa sul modo in cui questi vengono percepiti.)
- settore grafico, industria, chimica: [Pantone](#) (Pantone Inc. è un'azienda statunitense)
- vernici e rivestimenti: [RAL](#) (Comitato del Reich Tedesco per termini e condizioni di vendita, istituito nel 1925 dalla Repubblica di Weimar).



Il **computer** riesce a capire diversi tipi di notazione:

- notazione a [campione](#) digitale:

campioni: clic →



colorazione testo

- [verbale](#) in inglese: p.es. *red* → rosso, *green* → verde, *blue* → blu.

Queste due possibilità sono limitate in quanto permettono solo dei colori predefiniti nei campioni o con parole inglesi.

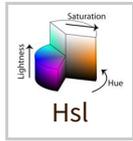
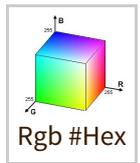
È diverso con notazioni numeriche:

- con 3 numeri **RGB**: *rgb(55,211,133)* →  o abbreviato:
- con 3x2 cifre **esadecimali**: *#abcdef* → , *#654321* → , *#ff00ff* → 
- con 3 numeri **HSL**: *hsl(222,100%,50%)* →  (usato anche il sistema *H S V* o *H S B*).

- con 4 numeri **CMYK**: $cmyk(33\%,77\%,11\%,0\%) \rightarrow$ 
- con 3 numeri **Lab**: $lab(97,-22,94) \rightarrow$ 

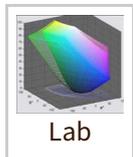
Sono le cinque notazioni accettati in .html (la lingua franca di programmazione per il web).

Si usa quasi sempre la notazione *esadecimale* # perchè è molto economica da scrivere. La notazione *Rgb* è analoga, solo scritta con 3 numeri decimali (in un ambito da 0...255) e più adatta a eseguire dei calcoli.



La notazione *Hsl* (luminosa) *non* si basa sulla *miscela* (bensì sulla scala) luminosa di colori ma su delle caratteristiche che descrivono un colore in termini di *tonalità*, *saturazione* e *luminosità*. È meglio immaginabile delle altre notazioni e si presta bene a delle operazioni aritmetiche con dei colori.

La notazione *Cmyk* è destinata a scopi tipografici e usata per delle combinazioni di colori pigmentosi (miscele sottrattive). Va anche usata per la descrizione di colori luminosi.



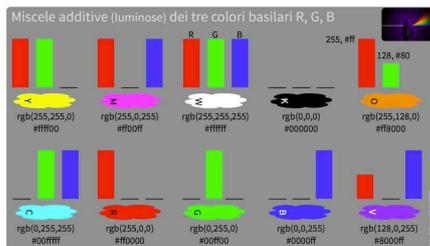
La notazione *Lab* è la notazione "scientifica" di riferimento. Si basa sulla luminanza L^* e due colori opposti *a* (asse rosso-verde) e *b* (asse giallo-blu). Permette una rapida e precisa conversione tra tutte le altre notazioni numeriche additive.

In questo scritto uso anche due notazioni non approvate ma comode per dei calcoli: la notazione HsK (simile a Hsl ma con la luminanza K al posto della luminosità L) e HyK (simile a Hsl ma con una scala tonale sottrattiva Hy al posto della scala H additiva).



Ci sono ancora altre notazioni che servono a specifici scopi ma che interessano meno in questo contesto.

Notazione Rgb / #Hex



Le notazioni Rgb ed esadecimale si basano sulle miscele di tre luci primari (additivo) rosso R, verde G e blu B.

Per l'uso tecnico questi tre colori sono definiti secondo CIE con rosso 700 nm, verde 520 nm e blu 400 nm. Vengono spesso misurati con valori tra 0 ... 255 corrispondente a esadecimale #00 ... #ff.

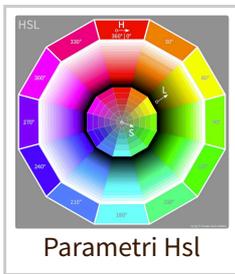
L'assenza di un colore è indicato con "0", la completa presenza è indicato con "255". Ogni colore è quindi definito come triplo di numeri, ad es. $rgb(0,0,0)$ per l'assenza di tutti tre colori (nero) o $rgb(255,255,255)$ per la completa presenza di tutti tre colori (bianco).

Tutti colori in tramezzo sono definiti per vari miscele quantitative dei tre come ad es. giallo = $rgb(255,255,0)$ cioè completa presenza ("255") di rosso R e verde G e assenza ("0") di blu B.

Per l'uso sul web si usano normalmente la notazione esadecimale indicato con il prefisso # seguito da tre coppie di numeri esadecimali da 00 ... ff (0...255). "#ffff00" significa quindi $rgb(255,255,0)$ corrispondente a "giallo".



Caratteristiche di notazione Hsl



La notazione Hsl *non* si basa su una miscela di colori ma su una scala circolare di luci pure (tonalità H), dedotti dallo spettro solare e ampliato del colore magenta (che non appartiene allo spettro solare). *Nota*: si tratta sempre di una notazione *additiva*, luminosa. Per raggiungere tutta la gamma dei colori si varia poi il colore puro H con due altri parametri: la saturazione S (brillantezza) e la luminosità relativa L (più scuro o più chiaro relativa alla tonalità).

La tonalità si indica al solito in gradi angolari tra 0 ... 360° da rosso 0° ... viola, magenta, rosso 360° la saturazione S tra grigio 0% e completa saturazione S100% e la luminosità relativa L tra nero 0% e bianco 100% in misura della tonalità.

Caratteristiche di colori HSL			
yH = 83	comb.	hex#	K%
H 44	°H puro	ffbb00	73
S 33	%S & H	aa9355	58
L 66	%L & H	ffd152	82
hsl	H & S & L	c5b68c	71

default: H=222 | S=100 | L=50
Cc by P. Forster 3.0-It 150922

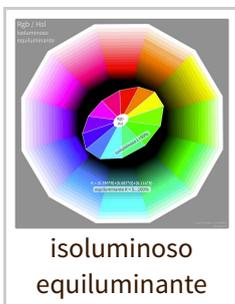
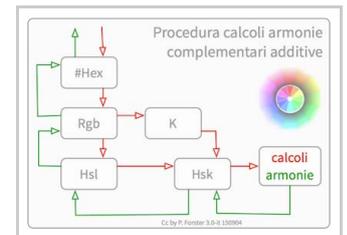
Luminanze HSK

La *luminanza K* (percentuale) dipende da tutti tre parametri H, S e L e va calcolata da quest'ultimi. Per abituarti a questa notazione ho aggiunto una calcolatrice che illustra le relazioni tra i parametri e le correlazioni con la luminanza K.



Notazioni e calcoli con luminanza assoluta K

La notazione Hsk non è approvata e quindi usato solo in questo scritto. Si distingue dalla notazione Hsl per il fatto, che al posto della luminosità relativa L viene usata la luminanza assoluta K. Questo facilita notevolmente il calcolo delle armonie ma anche di altre operazioni aritmetiche.



La procedura consiste essenzialmente nella conversione di notazione #Hex → Rgb → Hsl → HsK, poi nei calcoli necessari e poi nella ri-conversione di HsK → Hsl → Rgb → #Hex.

L'insolito modello HsK alla base di questa procedura si trova di fianco. La verticale del cilindro del modello è suddiviso secondo luminanze K assolute eque (equiluminante). Il solito modello è invece suddiviso in luminosità relative L (isoluminoso).

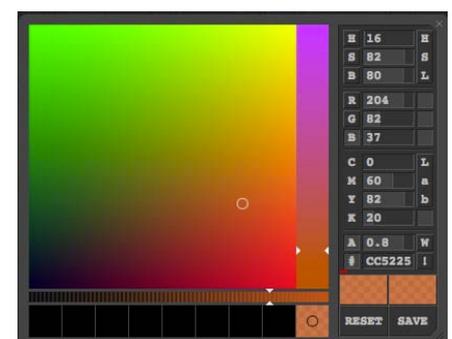
Si nota che le assi giallo-blu / verdeciano-magentarosso della ruota delle luminosità relative è girata di ca. 60° verso la sezione orizzontale del cilindro equiluminante.



Conversioni di notazioni additive

Esistono delle funzioni che permettono delle conversioni da una notazione a un'altra. Spesso sono noti dei colori p.es. in notazione esadecimale con le quali bisogna fare delle operazioni che sono meglio realizzabili in un'altra notazione p.es. in Rgb. Allora si converte Hex# in Rgb (Hex→Rgb o HexToRgb o Hex2Rgb), si fanno i calcoli con valori Rgb e si ri-converte il risultato in Hex# (Rgb→Hex, RgbToHex, Rgb2Hex).

Per evitare le complicazioni delle conversioni ho aggiunto un motore che li fa automaticamente con ogni cambiamento di un numero.



Convertitore

Permette anche le conversioni Hsb, Lab e l'aggiunta della trasparenza (opacità).

thanks to [Peter Dematté](#)

Di seguito, per farsi un'idea delle differenze di notazione (dei medesimi colori) si può vedere una tabellina per i sei colori fondamentali e per le sette notazioni più usate.

Col	Hex #	Rgb			Hsl			Hsb			Cmy			Cmyk				Lab		
		R	G	B	H	S	L	H	S	B	C	M	Y	C	M	Y	K	L	a	b
R	ff0000	255	0	0	0	100	50	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0	53	80	67
Y	ffff00	255	255	0	60	100	50	60	100	100	0	0	100	0	0	100	0	97	-22	94
G	00ff00	0	255	0	120	100	50	120	100	100	100	0	100	100	0	100	0	88	-86	83
C	00ffff	0	255	255	180	100	50	180	100	100	100	0	0	100	0	0	0	91	-48	-14
B	0000ff	0	0	255	240	100	50	240	100	100	100	100	0	100	100	0	0	32	79	-108
M	ff00ff	255	0	255	300	100	50	300	100	100	0	100	0	0	100	0	0	60	98	-61

Esempio: G = #00ff00 → rgb(0,255,0) → hsl(120,100%50%) → ... → cmyk(100,0,100,0) → lab(88,-86,83).

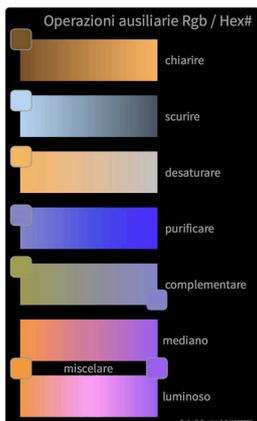
5. Variazioni e combinazioni di luci

Sono trattati i seguenti temi:

- Variazioni cromatiche additive
- Complementi luminosi
- Miscele luminose
- Sfumati luminosi
- Armonie luminose



5.1 Variazioni cromatiche additive



Da uno o due colori, servendosi della notazione Rgb, si possono dedurre (calcolare) diverse caratteristiche utili:

Sono trattati i seguenti temi:

- Aritmetica cromatica luminosa
- chiarire un colore, massima luce
- scurire un colore, minima luce
- la luce pura a massima intensità senza ingrigimento
- desaturare la luce, acromatizzare, il grigio
- la luce complementare, opposta
- delle miscele tra due o più colori
- miscele mediane e di luci, calcolatrice
- sfumato tra due o tre colori

Aritmetica cromatica additiva: riassunto

Queste variazioni sono usate in molti contesti, specialmente per combinazioni di toni e per costruire gradienti.

I prossimi capitoletti, basati sulla relativa calcolatrice di fianco, descrivono le basi aritmetiche per stilare delle variazioni.

Per le *miscele* e le *sfumature* ci sono anche delle calcolatrici specifiche che si trovano in Miscele luminose e Sfumature di colori.

Valori dedotti Hex# / Rgb				
originale	6f37de	R	111	G 55 B 222
chiaro	7f3fff			rgb(128,63,255)
scurio	3800a7			rgb(56,0,167)
puro	5500ff			rgb(86,0,255)
acromat.	5a5a5a	K	91	K 36 %
complem.	90c821			rgb(144,200,33)
sfumati: valori Hex i, s, p, k → complemento cHex				

Aritmetica luminosa

Chiarire un colore luminoso

Chiarire un colore luminoso significa aumentare l'intensità di luce senza modificare la tonalità e/o la cromaticità (saturazione). L'intensità massima di un qualsiasi colore è raggiunta quando il colore più intenso delle tre basilari R, G, B arriva alla massima intensità. In termini di notazione Rgb:

- coefficiente proporzionale massimo: $CpM = \max(\text{rgb}(R,G,B))/255$
- colore a massima intensità: $InM = CpM * (\text{rgb}(R,G,B))$

Esempio: arancione O #654321 → rgb(101,67,33)

- proporzione CpM = 255/101 = 2.525
- massima intensità InM = 2.525*(rgb(101,67,33)) = rgb(255,169,83) → O #FFA953



→ Aritmetica cromatica luminosa



Scurire un colore

Scurire un colore significa abbassare la sua intensità senza modificare la tonalità e/ la cromaticità (saturazione). L'intensità minima di un qualsiasi colore è raggiunto, quando il colore meno intenso delle tre basilari R, G, B arriva all'intensità zero. In termini di notazione Rgb:

- diminuendo dalla luce iniziale di tutti i tre valori il valore minimo: un valore diventa zero
- gli altri due valori diventano più scuri, mantenendo la tonalità

Esempio: blu B #abcdef → rgb(171,205,239)

- diminuire del valore minimo: rgb(171,205,239)-rgb(171,171,171)
- risulta: rgb(0,34,68) → B #002244



→ Aritmetica cromatica luminosa



Luci pure

Una luce è pura alla massima intensità tonale e in assenza di "grigiastri". In termini di notazione Rgb:

- ogni "tono" cromatico è determinato da al massimo due dei tre colori basilari R G B, quindi R, G, B, R&G, R&B, G&B.
- la massima intensità è raggiunta, se uno dei colori basilari ha il valore 255
- l'assenza di grigiastri significa che uno dei tre valori è 0.

Si può quindi dedurre da qualsiasi luce la luce pura:

- diminuendo dalla luce iniziale di tutti i tre valori il valore minimo: un valore diventa zero
- aumentando il rimanente valore massimo a 255
- aumentando il rimanente valore proporzionalmente a 255/mass.

Esempio: blu-rosso Br #7371bd → rgb(115,113,189).

- eliminare il grigiastro: rgb(115,113,189)- rgb(113,113,113) = rgb(2,0,76)
- portare a massima intensità: coefficiente proporzionale = 255/76 = 3.355; pR = 2*3.355 = 7;
- luce pura corrispondente: rgb(pR,pG,pB) = rgb(7,0,255) → pHex = pBr #0700ff.



→ Aritmetica cromatica luminosa



Luminanza di luci

L'occhio umano percepisce i vari colori con luminanze diverse. Il giallo p.es. viene percepito ca. 9 volte più luminante del blu.

La CIE ha sviluppato ca. cent'anni fa una formula per quantificare la luminanza assoluta dei colori. Si basa sull'intensità dei tre colori base R, G e B, ciascuna con un fattore diverso.

Il risultato si chiama K e va da 0→nero fino a 255→bianco. La formula è:

$$K = (0.299 * R) + (0.587 * G) + (0.114 * B)$$

N.B. Dalla formula si nota che le luci basilari non partecipano uniformemente alla luminanza ma: rosso R con ca. 30%, verde G con ca.59% e blu B con ca.11%.

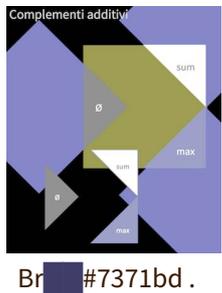
Di questo valore si può costruire un grigio $rgb(K,K,K)$ che indica la percezione acromatica del colore. Inoltre si trova un valore che quantifica il grado di grigio, la luminanza tra 0%→nero e 100%→bianco con: $\%K = K/255 * 100$.

Esempio: arancione O #FFA953 → $rgb(255,169,83)$

- luminanza: $K = (0.299 * 255) + (0.587 * 169) + (0.114 * 83) = 76 + 99 + 9 = 184$
- #luminanza $rgbK = rgb(184,184,184) \rightarrow \#K$ #B8B8B8
- $K = 184/255 * 100 = 72\%$.



5.2 Complementi luminosi



Due luci vengono ritenuti complementari se la loro somma (calcolatoria) è bianca. In termini di notazione Rgb:

$rgb(R,G,B) + rgb(cR,cG,cB) = rgb(255,255,255)$. Risulta $rgb(cR,cG,cB) = rgb(255,255,255) - rgb(R,G,B)$

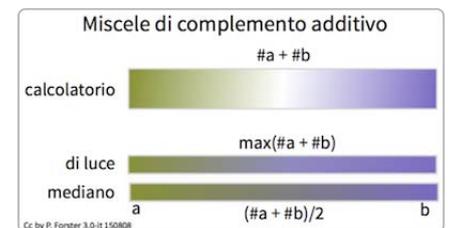
Esempio: verde Yg #8C8E42 → $rgb(140,142,66)$. Complemento: $rgb(255,255,255) - rgb(140,142,66) = rgb(115,113,189) \rightarrow$

Br #7371bd.



Interpretando un complemento come miscela delle due luci complementari si può calcolare tre ipotetiche miscele:

- la media delle due luci \emptyset (complementari) che risulta sempre in un grigio medio (metà tra bianco e nero), usato nella tecnica dei monitori. $media = rgb(255,255,255) - rgb(140,142,66) = rgb(115,113,189)$
- la somma delle due luci Σ (complementari) che risulta per definizione in bianco, usato come concetto calcolatorio. $somma = rgb(140,142,66) + rgb(115,113,189) = rgb(255,255,255)$
- la reale sovrapposizione delle due luci \star (complementari) che risulta dalla combinazione dai massimi valori delle tre partizioni rosso R, verde G e blu B. $massima = \max((rgb(140,142,66) \& rgb(115,113,189))) = rgb(140,142,189)$

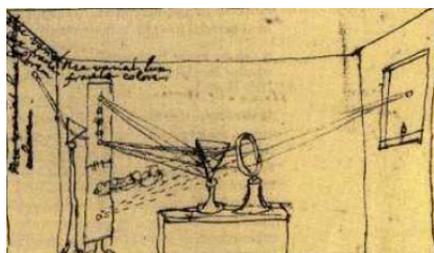


Sfumati di complementi

→ Aritmetica cromatica luminosa



5.3 Miscele luminose



Esperimento di Newton:
Scomposizione e ricomposiz. di luce

Abitualmente si calcolano la miscela di due luci A e B come la loro media: $(A+B)/2$.

In realtà sarebbe più sensato determinarla come somma dei colori. Newton ha dimostrato in un celebre esperimento che la miscela dei colori dello spettro solare fornisce il bianco e quindi la loro somma (e non la loro media).

È approfondito di seguito:

- Miscele mediane e luminose

Sarà tecnicamente utile e/o necessario usare delle medie luminose di luci, ma fisicamente non si tratta di una miscela luminosa ma di una simulazione di tinte non esistenti - quindi di una miscela pigmentosa virtuale - che chiamo personalmente "mediana" in contrasto alle additive vere e proprie.



Miscele mediane e luminose

Esempio: due colori luminosi noti B ■ #0000ff e G ■ #00ff00 sono da miscelare 1:1. il risultato *canonico* è $(B+G)/2$. Si convertono i due colori Rgb: B=rgb(0,0,255) e G=rgb(0,255,0). Risulta $rgb(0,255,255)/2 = rgb(0,128,128)$. Si riconverte in Bg ■ #008080.

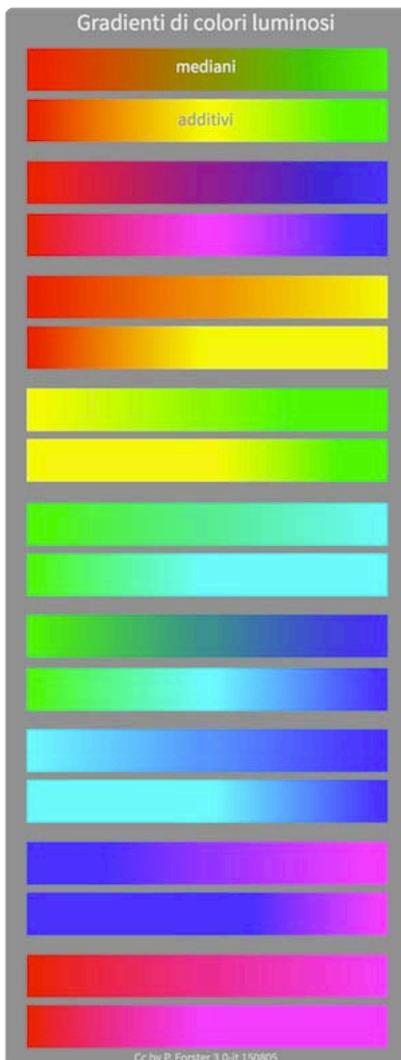
Quindi ■ & ■ = ■

Mi si dirà, con giusta ragione, che la miscela di due luci fornisce una luce più chiara della luce della più scura delle due e che la media tra blu e verde è ciano: ■ & ■ = ■. Non ho mai capito, perchè a volte (per le luci R, G, B, pure e le combinazioni tra R, G, B e C, M, Y) si calcola il **massimo M** della miscela e per tutti gli altri e per dei gradienti invece si calcola la **media Ø**.



Nella calcolatrice sottostante si può provare le differenze tra media Ø e massimo M.

Una ragionevole miscela di *luci* si calcola con i maggiori dei valori per R, G e B delle due luci: p.es. Y ■ #ffff00 & O ■ #654321 → $\max(rgb(255,255,0) \& rgb(101,67,33)) = rgb(255,255,33) \rightarrow M$ ■ #ffff21. Il valore "canonico" Y&O sarebbe invece Ø ■ #b2a110.



Gradienti mediani & additivi

La lista di fianco dimostra la differenza dei due metodi per diversi colori basilari: si nota che i gradienti delle miscele luminose si muovono sempre in direzione del più chiaro dei tre colori: Il terzo è il massimo calcolato dai due iniziali.

I due metodi di calcolo sono evidentemente applicabili anche per più di due colori.

La calcolatrice di fianco determina quindi sia la *somma* che la *media* di due colori digitati in Hex#.

L'esempio lampante sono i colori complementari: p.es. rosso R#ff0000 & ciano C#00ffff forniscono grigio K#808080 come media e bianco W#ffffff come somma.

L'applicazione più evidente di miscele di luci sul monitor è la creazione di gradienti tra due colori. Tutti i motori a me noti li calcolano come mediane, simulando delle ipotetiche tinte e non additivamente come si comporta effettivamente la sovrapposizione di luci.



Miscele di luci

Una calcolatrice che permette di determinare contemporaneamente le miscele additive e sottrattive oltre al loro confronto con degli sfumati (gradienti) si trova in [Miscele di tinte e luci](#).

N.B. Un calcolo della somma dei valori può fornire dei risultati, che in Rgb eccedono l'ambito dei valori ($\max R = \max G = \max B = 255$). Si può ipotizzare una somma "troncata" limitando i massimi calcolatori a 255.

somma troncata di ■ #F7CB8D + ■ #FF651E:

→ $\text{rgb}(247,203,141) + \text{rgb}(255,101,30) = \text{rgb}(255,255,171) \rightarrow$ ■ #ffffab.

Confronto: mediana $\emptyset =$ ■ #fb9855 e di luci $\star =$ ■ #ffcb8d



5.4 Sfumati luminosi

La calcolatrice per gradienti di colori (sfumati) è basata su due potenti strumenti informatici:

- la funzione Canvas di Html5 e
- le relative funzioni in JavaScript JS.

Il canvas permette di piazzare facilmente delle forme geometriche (p.es. un rettangolo) in mezzo a un testo in .html. Le funzioni in JS permettono di riempire queste forme p.es. con vari colori e delle sfumature tra loro.

La calcolatrice di fianco è un esempio: calcola le miscele additive di due colori e li fa vedere come sfumature e come caratteristiche numeriche.

- digitando il numero esadecimale per un colore nella casella *#lhex* e un altro nella casella *#rhex* viene calcolato il gradiente "canonico" mediano e viene fatto vedere il valore mediano nella casella *mhex*.
- digitando nella casella *||* un altro valore, il valore medio si sposta sul righello nella posizione indicata in %.



Osservazioni alla calcolatrice:

Questa calcolatrice serve a stilare delle miscele di due colori in modo additivo (luminosi, luci).

Basta digitare un valore esadecimale nella casella *lhex*, (seguito dall'azionamento del tasto *tabulatore*) e poi un valore per *rhex*>.

Appaiono immediatamente i dati, i colori e le sfumature per tre tipi di miscele:

- la miscela mediana "canonica" \emptyset : calcolata dalle medie R G B sinistra l e destra r.
- la reale miscela di luci delle due tonalità \star : calcolato dai massimi di R G B sinistra l e destra r.
- un valore ipotetico $t\Sigma$: consistente dalla somma dei valori di R G B sinistra l e destra r, troncati se necessario al massimo valore numerico di 255.

I tre valori calcolati (*mhex*, *mlhex* e *msxhex*) sono situati al centro dei righelli per le sfumature (50%). Si può spostarli digitando un altro valore nella casella *||*.

Al solito è usato solo il valore mediano \emptyset e la corrispondente sfumatura.

Con piccole modifiche si potrebbe usare il motorino per qualsiasi gradiente tra due o più colori. Per approfondire l'argomento serve consultare il relativo programmino .txt e poi la letteratura in merito p.es. Canvas, Canvas e Processing.js.



5.5 Armonie luminose

A differenza dei capitoletti sopra non mi è noto un algoritmo in grado di dedurre direttamente da valori Rgb dei valori per delle armonie. È interessante il fatto che dalle permutazioni di R G B risultano delle *tonalità* di armonia triadica, ma non conosco delle funzioni per adattare la luminanza K alle esigenze.

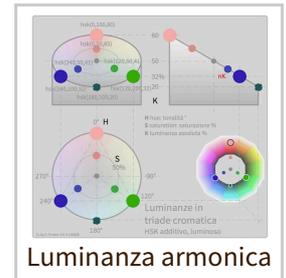
Esempio tonalità permutative: rgb(255,125,64)  rel0° → rgb(125,64,255)  rel240° → rgb(64,255,125)  rel120°

Mi servo quindi del sistema Hsl per calcolare anche delle armonie additive, luminose, osservando le seguenti regole:

- la tonalità delle "armoniose" la calcolo per addizione e sottrazione degli angoli del poligono all'angolo iniziale,
- la saturazione delle armoniose le tengo identiche a quella iniziale,
- la luminanza del colore iniziale aK la calcolo con $K = (0.299 * R) + (0.587 * G) + (0.114 * B)$ e la luminanza dell'accordo in funzione della luminanza iniziale aK e dell'angolo di apertura del poligono δ con $nK = ((aK - 50) * (1 - \sin(\delta))) + (100 - aK)$.

Approfondimento del tema:

- [Calcolatrice per accordi luminosi](#)



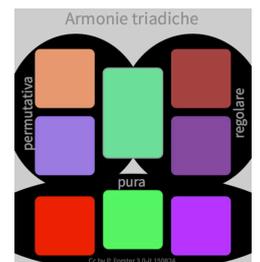
Esempio triade ristretta, angolo di apertura 100° (distanza 140°),
valore iniziale a#60df89  :

- #60df89 → a rgb(96,223,137) → a hsl(139,66,63);
- → aH=139°  → h1 = 139+140=279°  → h2 = 139-140= -1= 359° 
- aK = $((0.299 * 96) + (0.587 * 223) + (0.114 * 137)) / 255 * 100 = 69\%$
- s1 = s2 = aS = 66%; $\cos \delta = \cos 100^\circ = -0.173$
- nK = $50 + (-0.173 * (69 - 50)) = 47\%$
- Hsk2Hsl(279,66,47) → L1=57%; Hsk2Hsl(359,66,47) → L2=58%

a# = #60df89  | 1hsl(279,66%,57%) → 1#703191  | 2hsl(359,66%,58%) → 2#943233 

Paragonando le triadi si nota:

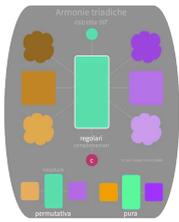
- la soluzione regolare rispetta le regole sull'accordo: è mantenuta sia la saturazione che la luminanza complessiva. Risulta una luminanza complementare.
- la triade pura ignora sia la saturazione che la luminanza iniziale
- la triade permutativa rispetta la saturazione ma è isoluminosa: la luminanza *non* è complementare.
- gli accordi equiluminanti e isoluminosi *non* rispettano la complementarità degli accordi. Significa che l'accordo dà la sensazione di grigio complessivo all'occhio, ma non del grigio medio.



Sul web non ho trovato un sito che tratta l'argomento. Le proposte di calcolo sono di tutti i tipi, ma nessuna del tipo proprio complementare in luminanza. La maggior parte è isoluminosa.



Calcolatrice per accordi luminosi



Gli accordi regolari sono variabili entro certi limiti, perchè sono simmetrici all'asse colore - complemento. Significa che la luminanza di un colore armonioso regolare è variabile a scapito dell'altra: p.es aumentando la luminanza dell'uno del 10% e diminuendo l'altra del 10% (si rimane perfettamente in regola della complementarità): un colore si scura e l'altro si chiarisce.

Armonie triadiche & quaduple
 entrate dati
 # aHex aR aG aB Rgb
 # aH aS aL Hsl
 aKhex aK aK

armonie
 m24 permutativa m12 (209)

complementari
 a24a [aK] r0c a12b var1
 a24 min... nK a12 Δ
 a24b [aK] r0c a12a var2

comple-
 miento cmp

l24 i0 i12 iK
 equi ci luminanti

p24 p0 p12 pura
 cp

© by P. Forster 2.041.1000©

Osservazioni alla calcolatrice:
 Questa calcolatrice serve al calcolo di armonie oddivise (lumiose). Calcola per una qualsiasi luce definita in #Hex, Rgb o Hsl degli accordi triadici e quadrupli:

- l'accordo permutativo (per definizione di 120°),
- degli accordi complementari triadici e quadrupli regolari, ristretti e allargati (s...30°) con possibili variazioni di luminanza oK entro certi limiti,
- il colore complementare al colore di partenza orico,
- degli accordi equiluminanti variabili in luminanza IK (s...30%) relativi agli accordi complementari,
- l'accordo puro p relativo agli accordi complementari.

L'angolo caratteristico del poligono è variabile digitando un valore diverso del 120° (tra s...30°) nella casella Δ. Le relative luminanze sono variabili digitando un altro valore nelle caselle [aK] o [aK] nei limiti indicati con min e max.
 La luminanza dell'accordo equiluminante è variabile digitando un valore diverso del 50% nella casella iK.

La calcolatrice di fianco permette di calcolare degli accordi regolari triadici e quadrupli. Le osservazioni (da raggiungere cliccando sul tasto della calcolatrice) spiegano l'uso.

Un esempio si trova a destra: un ornamento di un accordo quadruplo, determinato dalla calcolatrice cui sopra e realizzato sul sito ColourLovers.

N.B.: degli accordi ristretti e allargati *non* sono perfettamente complementari, perchè il loro centro è leggermente spostato verso un grigio più chiaro o più scuro del mediano.

Armonie triadiche & quaduple
 entrate dati
 # abcdef 171 205 239 Rgb
 210 68 80 Hsl
 X L c6-c6 78 aK

armonie
 cdefab permutativa efabod (209)

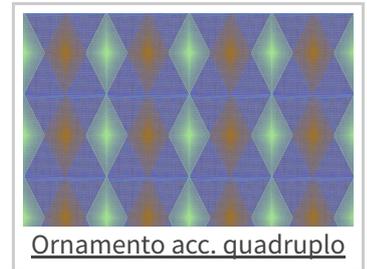
complementari
 3+91a 49 j 0c0208 var1
 305110 120 Δ 891a52 Δ
 2... 26
 030401 j 49 0c4791 var2

comple-
 miento 543210

740228 7ab0e6 e783b5
 equi d13c58 luminanti 66

80f00 0080ff ff0080 pura
 ff8000

© by P. Forster 2.041.1000©



6. Annessi

Sono trattati i seguenti temi:

- [Calcolatrici per operazioni cromatiche](#)
- [Sitografia: calcolatrici per colori](#)
- [Pagine correlate](#)
- [Commenti](#)



6.1 Calcolatrici per operazioni cromatiche

Questo capitoletto raggruppa i motori di calcolo usati su questa pagina. In cima si trova il link al corrispondente programma, in fondo il bottone per un PopUp (se non funziona, cliccare sull'immagine per aprire la calcolatrice).

Sono trattati i seguenti temi:

- [Conversioni, operazioni additive & sottrattive](#)
- [Operazioni tinte sottrattive yHSK](#)
- [Operazioni luci additive Rgb/Hsl](#)



Conversione di notazioni, operazioni additive & sottrattive

[Convert.html](#)

Convertitore

thanks to [Peter Dematté](#)

Armonie cromatiche Δ & ◊ sottrattive

ArmonPigm

Ruota HySK

Ruote yHSK & Rgb/HSL

[Miscela Lum Pigm.html](#)

Miscela Rgb & yHSK



Operazioni tinte sottrattive yHSK

[Chiarire Pigm.html](#)

ChiarirePigm

[Scurire Pigm.html](#)

ScurirePigm

[Desat Pigm.html](#)

DesatPigm

[Complemento Pigm.html](#)

ComplPigm

Modello yHSK



Operazioni luci additive Rgb/Hsl

Variazioni Lum.html

Valori dedotti Hex# / Rgb

originale: R: G: B:

chiaro: rgb(128,63,255)

scuro: rgb(56,0,167)

puro: rgb(86,0,255)

acromat: K: K: %

complem: rgb(144,200,33)

sfumati valori Hex i, s, p, k → complemento chex

Cc by P. Forster 3.0-it 150806

Aritmetica luminosa

Miscele Lum.html

Miscele luminose di colori

a

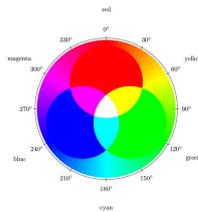
b

☆

∅

Cc by P. Forster 3.0-it 150804

Miscele di luci



Modello Rgb

Sfumati Miscele Lum.html

Calcolatrice per miscele cromatiche additive

∅mid | ☆Lum | tΣsum

#

%

☆

tΣ

Cc by P. Forster 3.0-it 150807

Gradienti cromatici



6.2 Sitografia: calcolatrici per colori

Ogni lavoro aritmetico sbrigativo su tinte e colori necessita di calcolatrici per conversioni di coordinate, trasformazioni di sistemi e operazioni con colori. Di seguito i a me più noti che servono a questo scopo:

- [ColorPicker](#) by [Peter Dematté](#).
- [ColorPicker](#) by [Brandon Mathis](#).
- [TinyColor](#) by [Brian Grinstead](#).
- [ColorConverter](#) by [WorkWithColor](#).
- [Convertitore cromatico](#),
- [Color DataConverter](#) by [Peter Forster](#).



6.3 Pagine correlate

Per approfondire le conoscenze riguardo dettagli delle teorie quantificate di colori e tinte possono servire le seguenti pagine:

- [Tonalità cromatica](#)
- [Saturazione cromatica](#)
- [Luminosità cromatica](#)
- [Miscele numeriche di tinte e colori](#)
- [Armonie cromatiche](#)
- [Convertitori per dati cromatici](#)



6.4 Commenti

alla pagina: [Colori: Luci e tinte](#). Se non c'è una relativa casella, cliccare sul titolo.

Originale: <http://pforster.no-ip.org/~admin/pmwiki/pmwiki.php/ColorCalc/ColorLuciTinte>
ultima modifica September 28, 2015, at 05:43 PM [Cc by P. Forster nc-3.0-it](#)