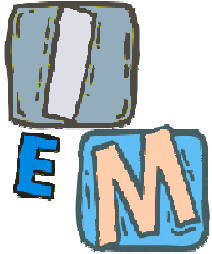
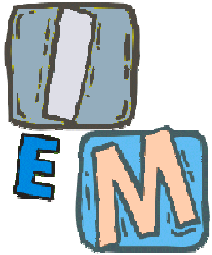


Colore

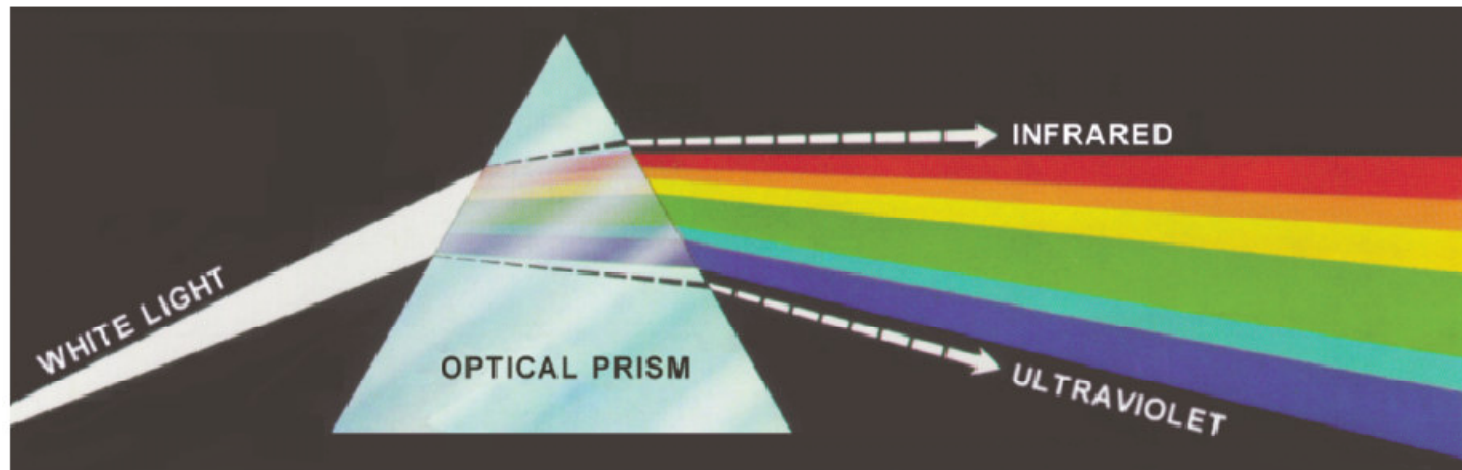


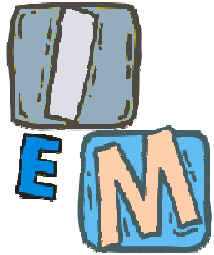
- Abbiamo studiato come funziona l'occhio e come il cervello elabora le informazioni ricevute.
- Adesso dobbiamo capire come è fatta la luce!



Sir Isaac Newton, 1666

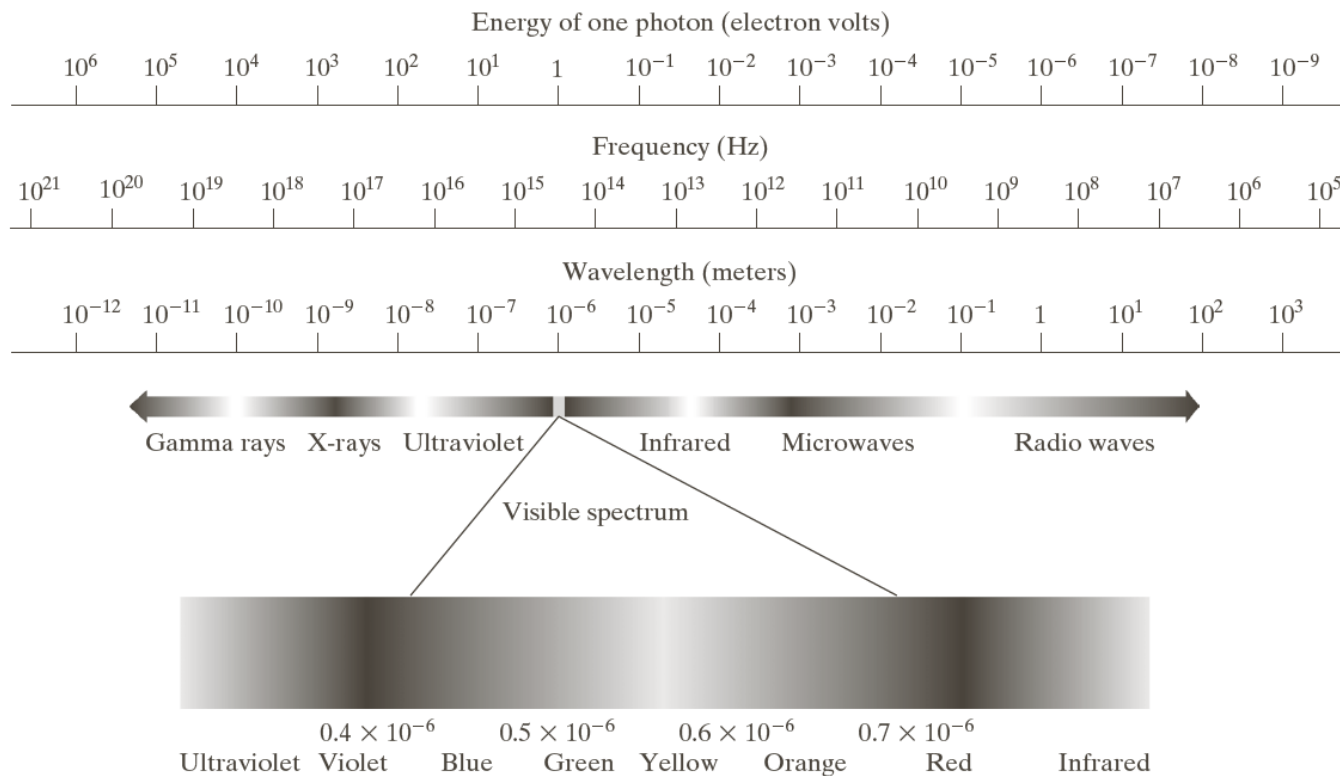
- Se un raggio luminoso bianco attraversa un prisma di vetro, ciò che si ottiene non è luce bianca, ma è uno spettro di colori che vanno dal violetto al rosso.
- Quindi la luce può essere decomposta in onde luminose di tipo differente.

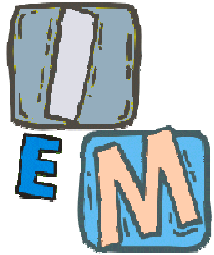




Lo spettro elettromagnetico

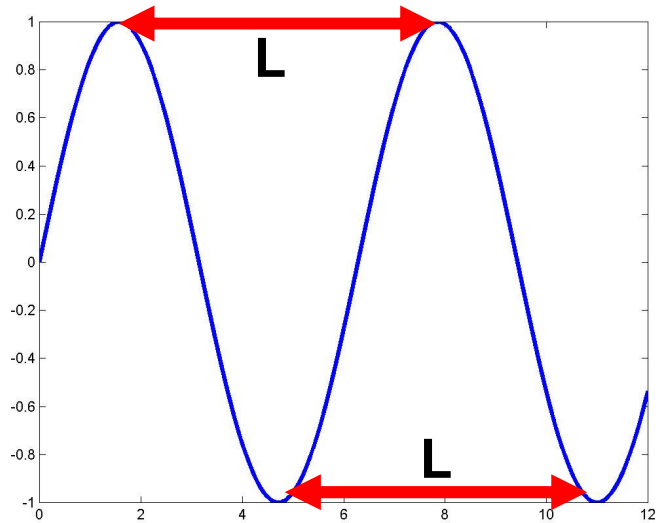
- Quello che il nostro occhio percepisce è solo una piccola porzione dello spettro elettromagnetico.





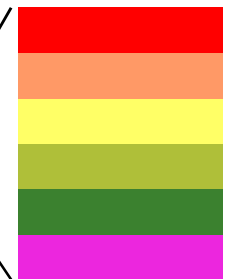
Colore

I colori sono legati alle lunghezze d'onda (Newton-Huygens).

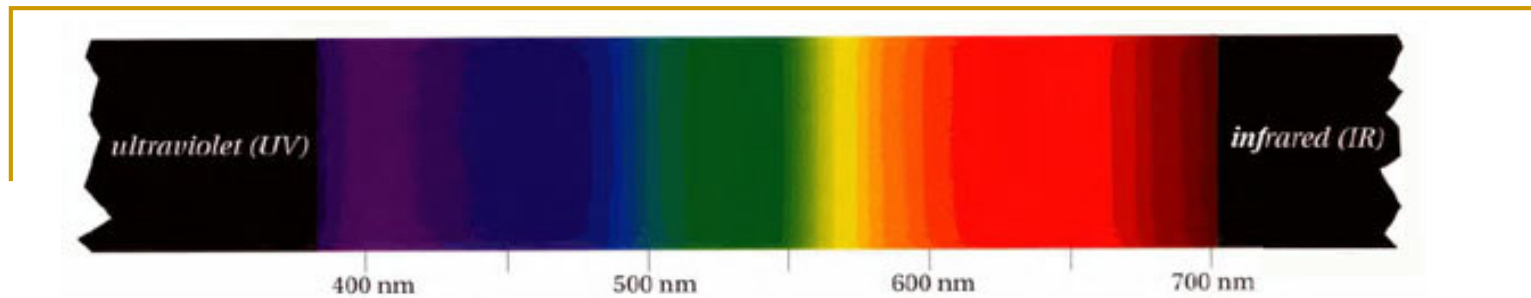
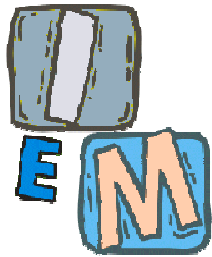


L=Lunghezza d'onda

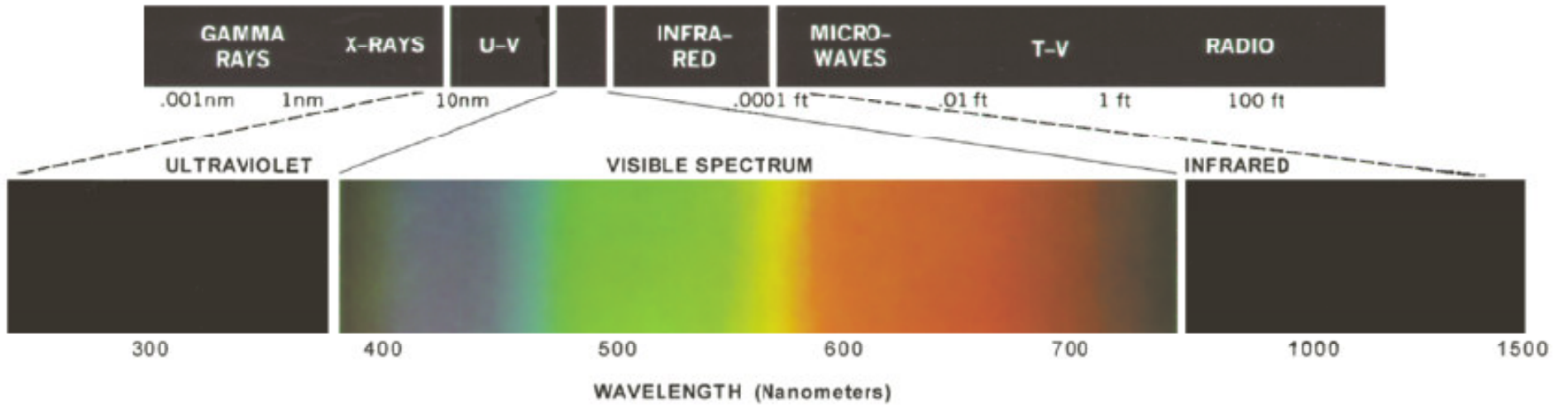
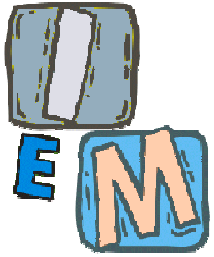
Lung. in nanometri	Tipo radiazione
$10^{17} - 10^{13}$	Osc.elettriche
$10^{13} - 10^9$	Onde radio
$10^9 - 10^6$	Micro-onde
$10^6 - 10^3$	Infrarosso
$10^3 - 10^2$	Visibile
$10^2 - 10$	Ultravioletto
$10 - 10^{-3}$	Raggi X
$10^{-3} - 10^{-7}$	Raggi gamma e cosmici

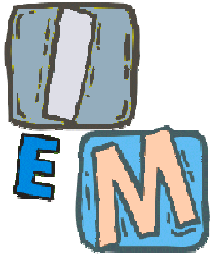


Un nanometro= 1 metro / 1.000.000.000

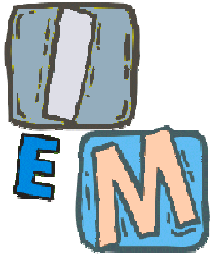


- La luce è formata da tutte quelle lunghezze d'onda percepite dall'occhio umano.
- Lo spettro della luce visibile oscilla tra il violetto e il rosso.
- Per comodità lo spettro del visibile è diviso in sei regioni: violetto, blu, verde, giallo, arancio e rosso.
- Le bande di colore non sono tutte della stessa grandezza e degradano in quelle limitrofe.

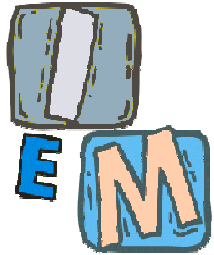




- L'occhio umano percepisce come colore di un oggetto quella luce che l'oggetto stesso riflette.
- Se un oggetto riflette tutte le lunghezze d'onda luminosa, allora l'oggetto sarà percepito come bianco.
- Un oggetto che riflette le lunghezze d'onda da 500 a 570 nm ed assorbe tutto il resto, sarà percepito come di colore verde.



- Per descrivere la luce bastano i seguenti valori:
- *Radianza*: cioè la quantità di luce emessa dalla sorgente luminosa;
- *Luminanza*: cioè la misura dell'energia percepita dall'utente;
- *Brillantezza*: è un valore soggettivo che indica la sensazione di colore.



I coni

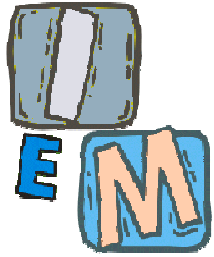
Nella retina ci sono tre tipi di coni:

TIPO S: Sensibili alle lunghezze d'onda corte (short, colori bluastri)

TIPO M: Sensibili alle lunghezze d'onda medie (middle, colori verdastri)

TIPO L: Sensibili alle lunghezze d'onda lunghe (long, colori rossastri)

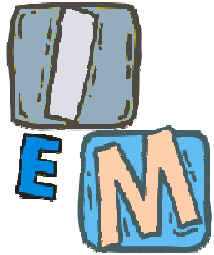
Tutti i primati hanno questi tre tipi di cellule retinali. I non primati hanno solo due tipi di cellule retinali per i colori mentre gli uccelli ne hanno ben 5 tipi differenti!



Teoria del tristimolo (Young, 1802)

**Tutti i colori si possono ottenere
“mescolando” tre colori fondamentali in
proporzioni differenti.**

Dimostreremo che questa *ipotesi* è *FALSA* se
non in prima approssimazione.



Standard CIE

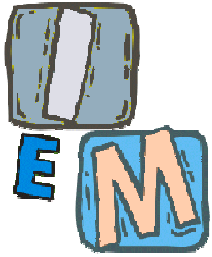
- Nel 1931 il CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) ha fissato le lunghezze d'onda standard per i tre colori primari:

Blue = 435,8 nm

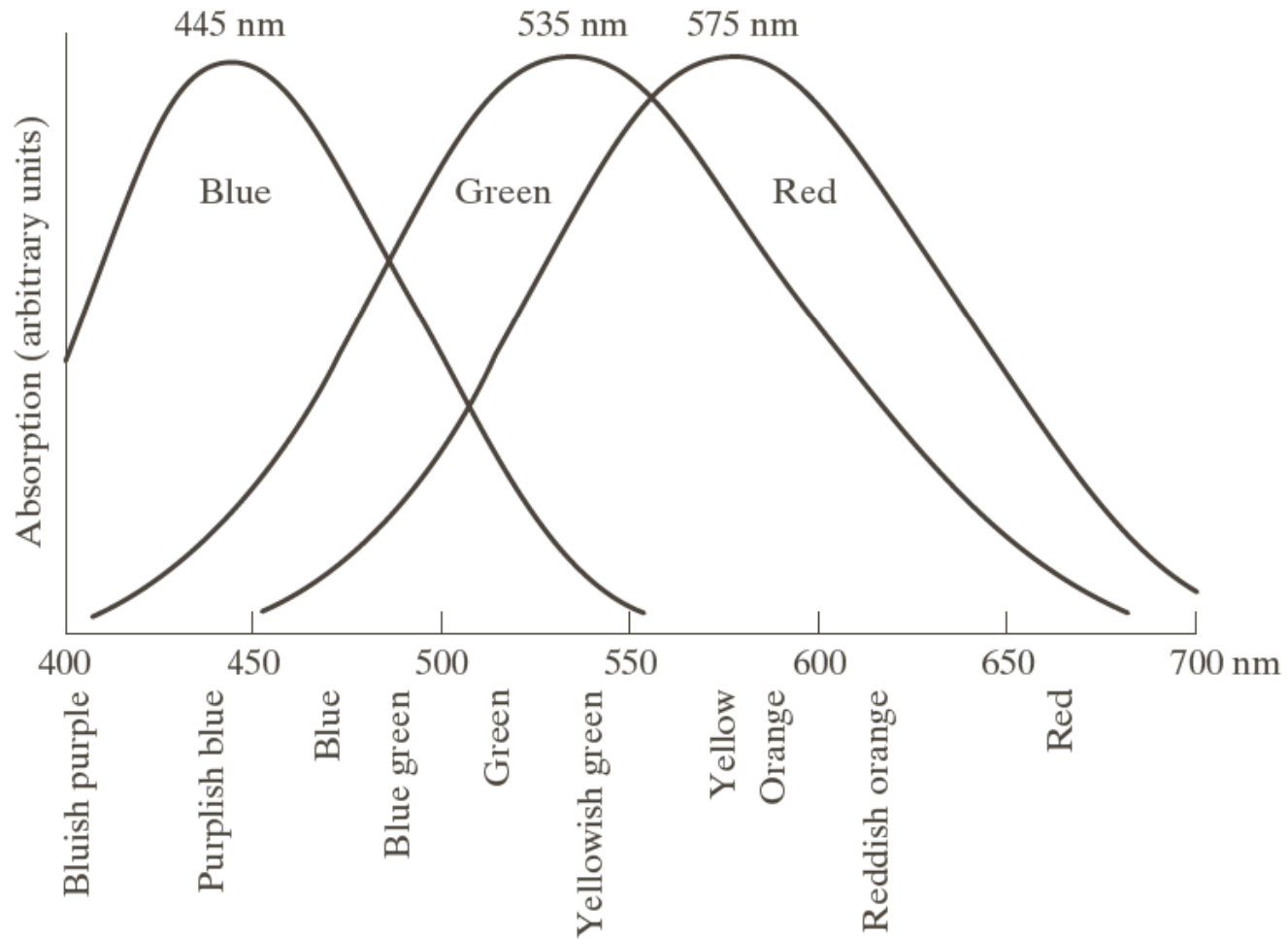
Verde = 546,1 nm

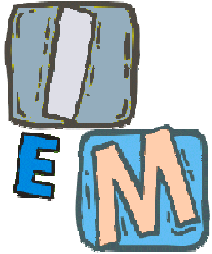
Rosso = 700 nm

- Anche se nel 1965 i dati sperimentali hanno dimostrato che in realtà il valore reale è lievemente differente.



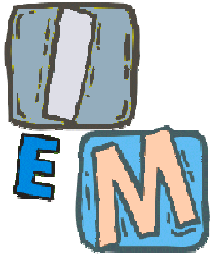
Standard CIE





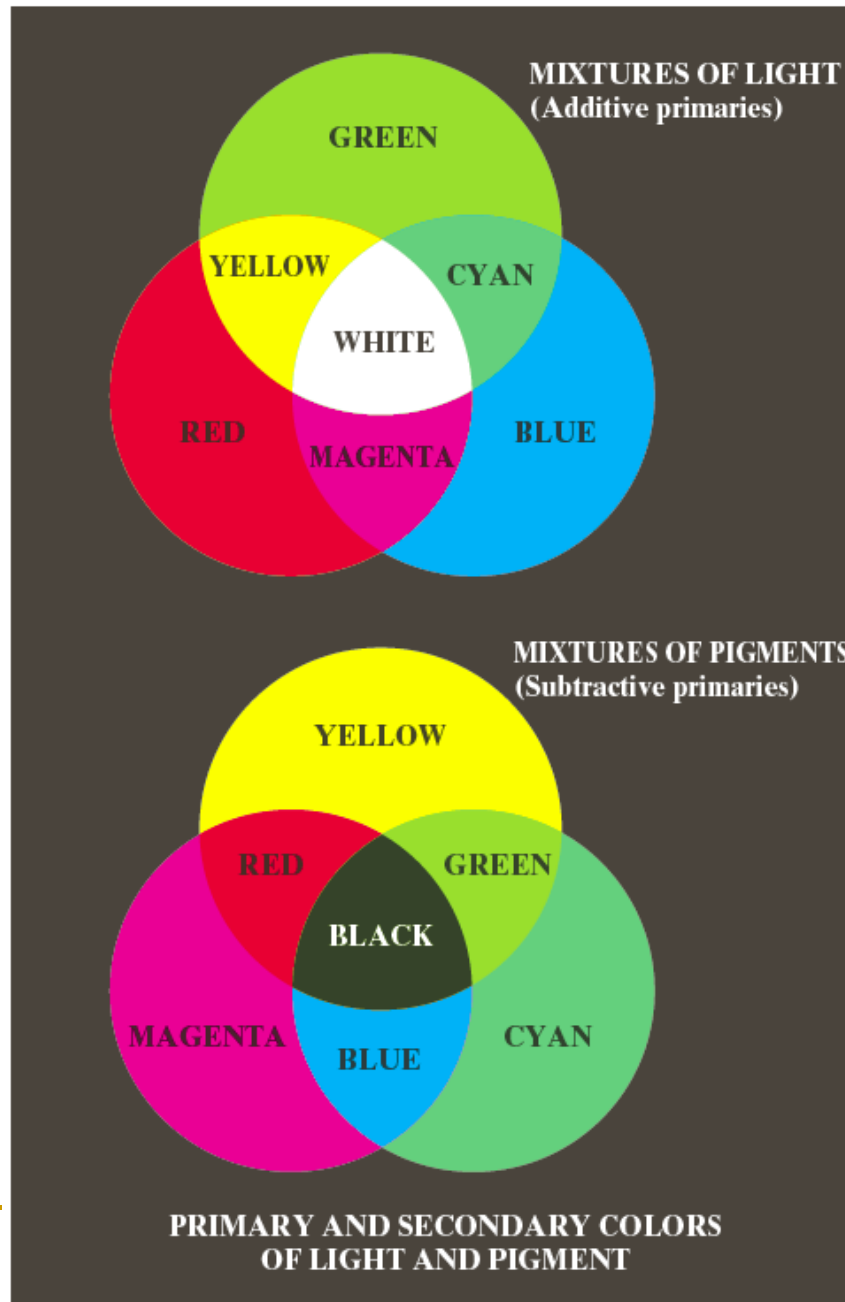
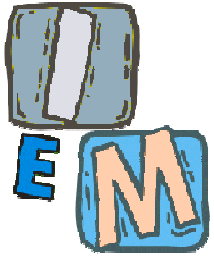
Colori primari e secondari

- I colori Rosso R, Verde G e Blue B sono detti colori primari.
- Combinandoli tra di loro NON si ottengono tutti i colori visibili.
- Combinandoli a due a due si ottengono i colori secondari: Magenta M, Giallo Y e Ciano C.



Colori primari

- L'uso del termine primario è stato ampiamente frainteso nel senso che i tre colori primari standard, mescolati in varie proporzioni di intensità, venivano considerati capaci di produrre tutti i colori visibili. Come si vedrà a breve, questa interpretazione non è corretta a meno che si permetta anche alla lunghezza d'onda di variare, ma in questo caso non si avrebbero tre colori primari standard fissi.



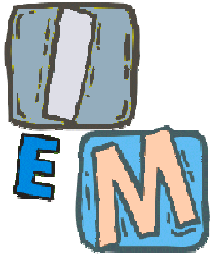


Diagramma cromatico CIE

- Se x è la quantità di rosso
- Se y è la quantità di verde
- z è la quantità di blu ottenuta come
 $z = 1 - (x + y)$
- La rappresentazione grafica al variare di x e y da origine al diagramma cromatico CIE

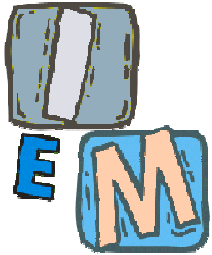
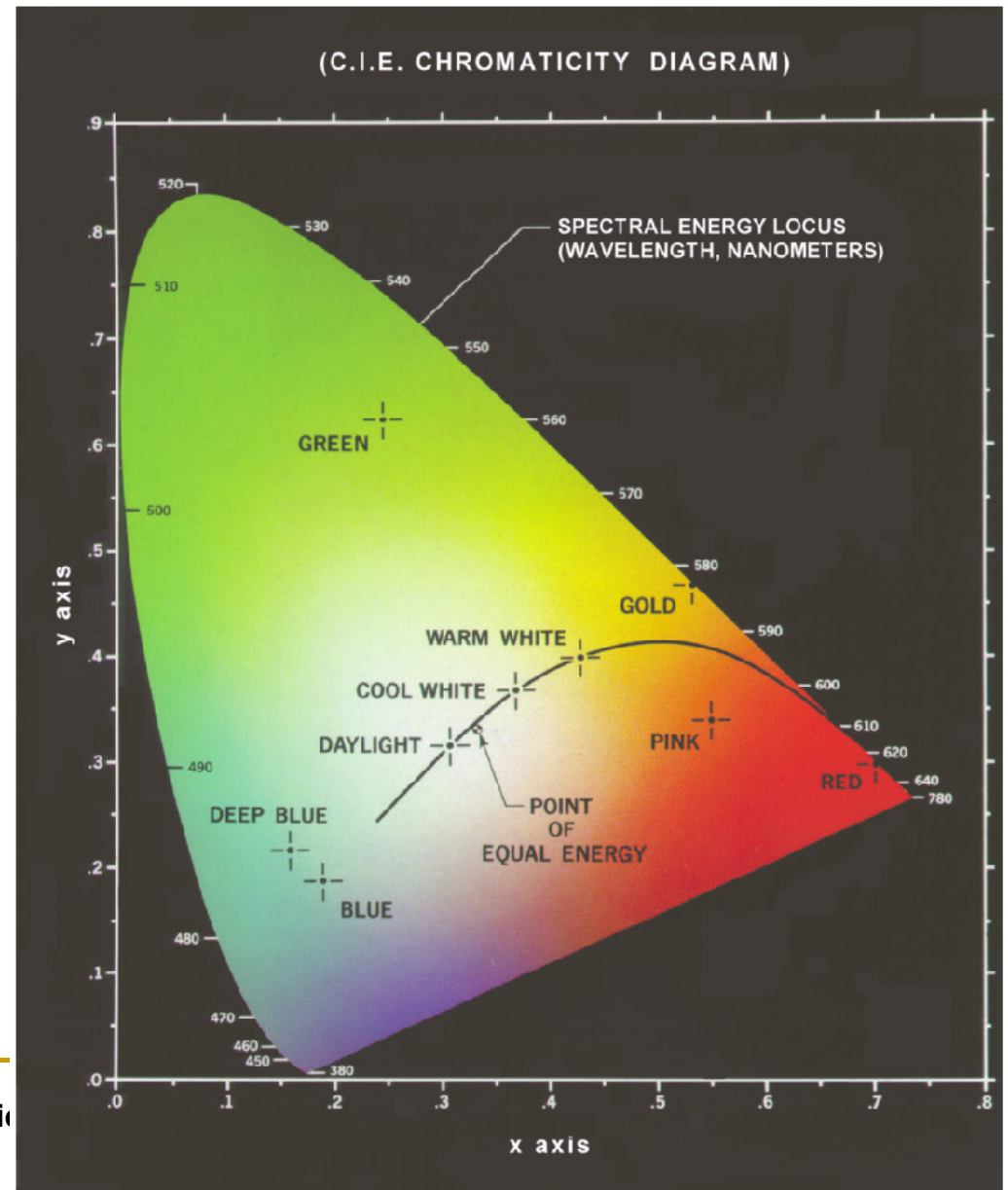


Diagramma cromatico CIE

- Tutti i colori delle lunghezze d'onda visibili sono disposti lungo i bordi.
- Il punto di uguale energia è il bianco.
- Qualsiasi colore lungo il bordo non ha bianco, quindi è puro.



Interazio

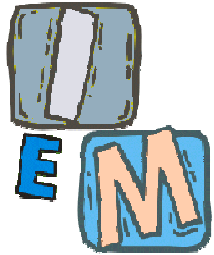
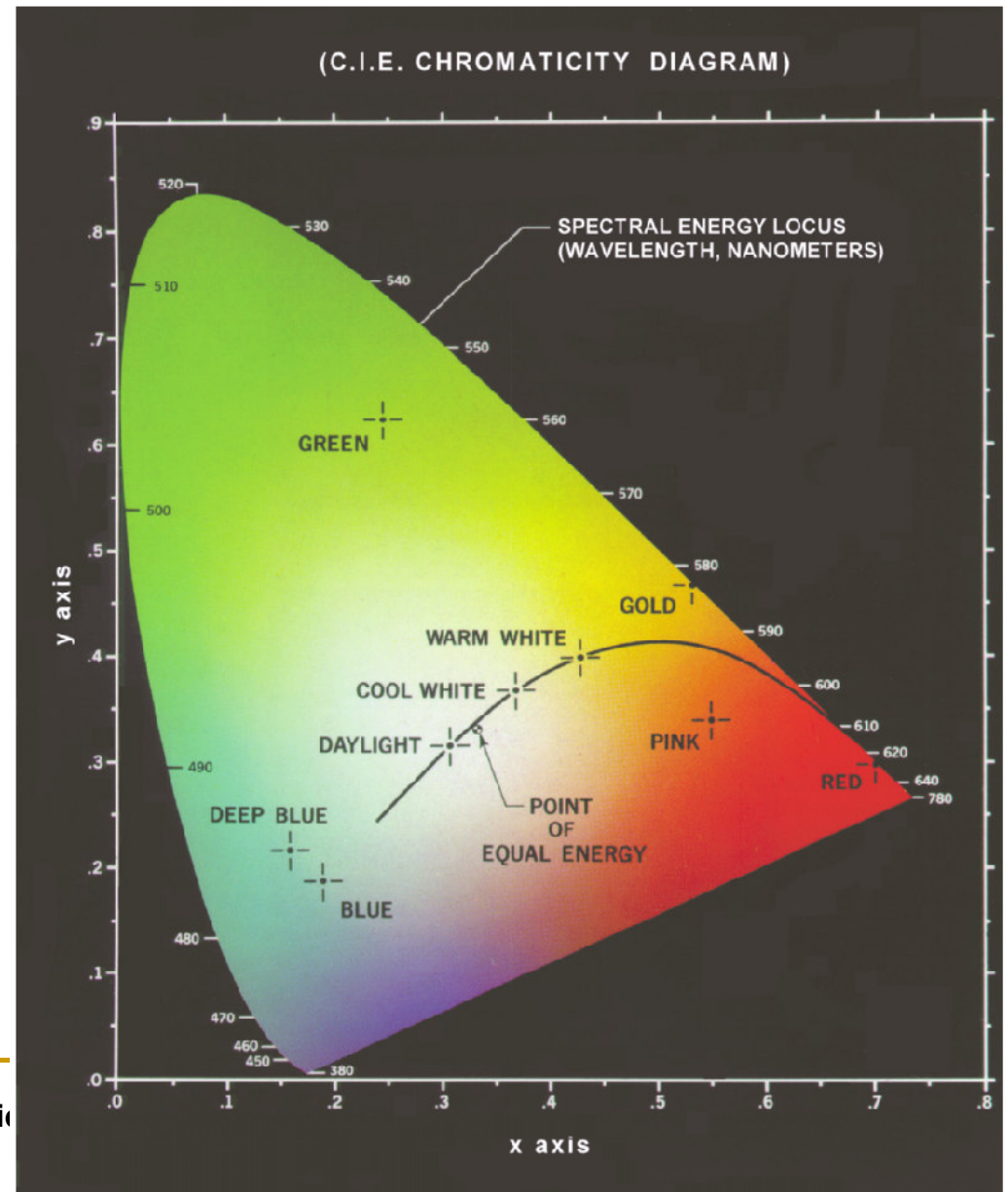


Diagramma cromatico CIE

- Unendo due colori con una linea, tutti i colori nella linea sono quelli ottenibili mischiando i due colori.
- Unendo un colore con il bianco si ottengono tutti le tonalità di quel colore



Interazio

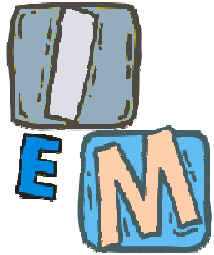
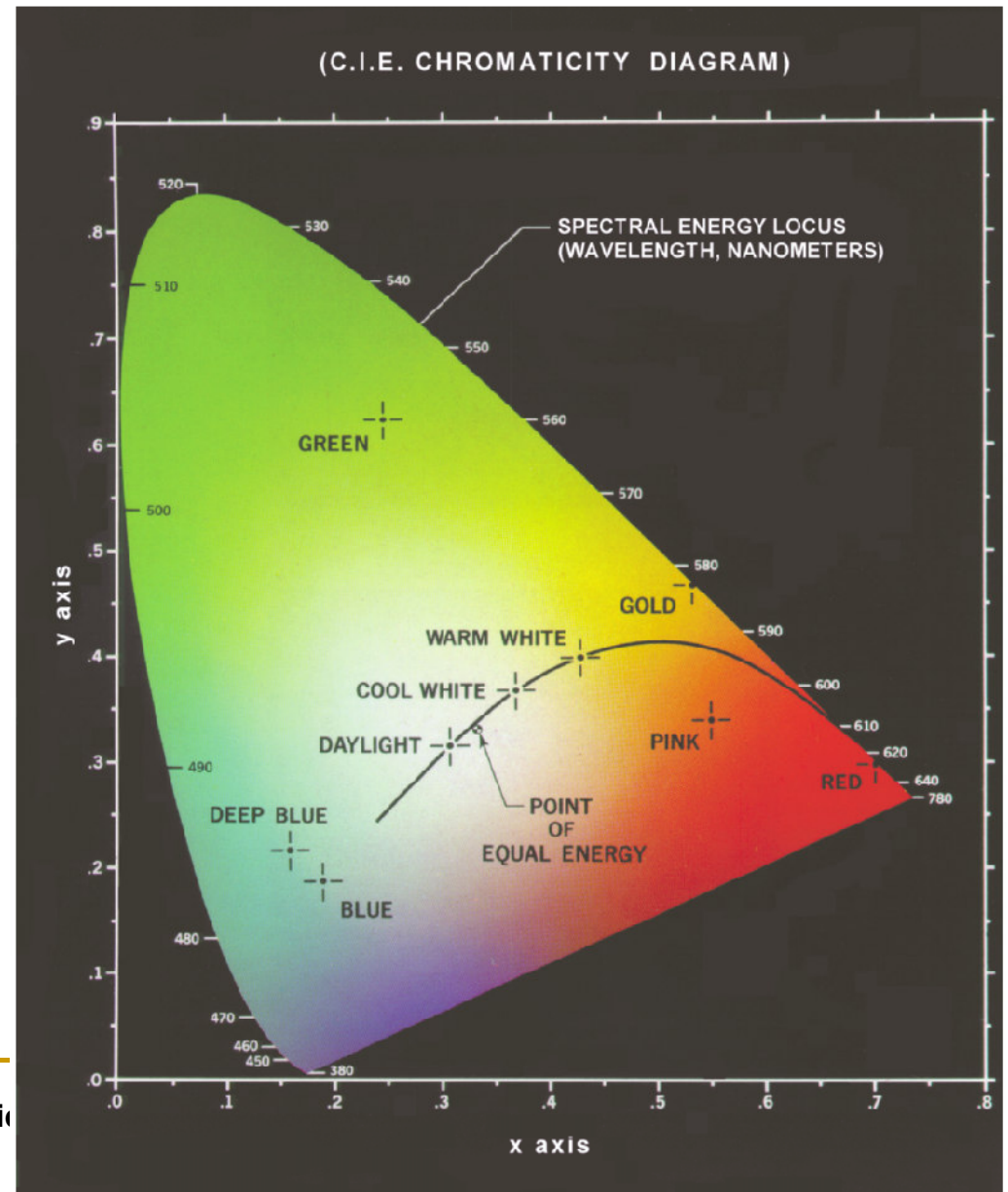
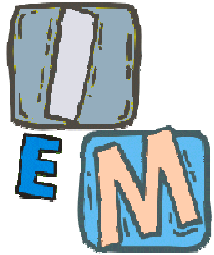


Diagramma cromatico CIE

- Unendo tre colori con un triangolo, tutti i colori lungo il bordo e nel triangolo sono quelli ottenibili mischiando quei tre colori.

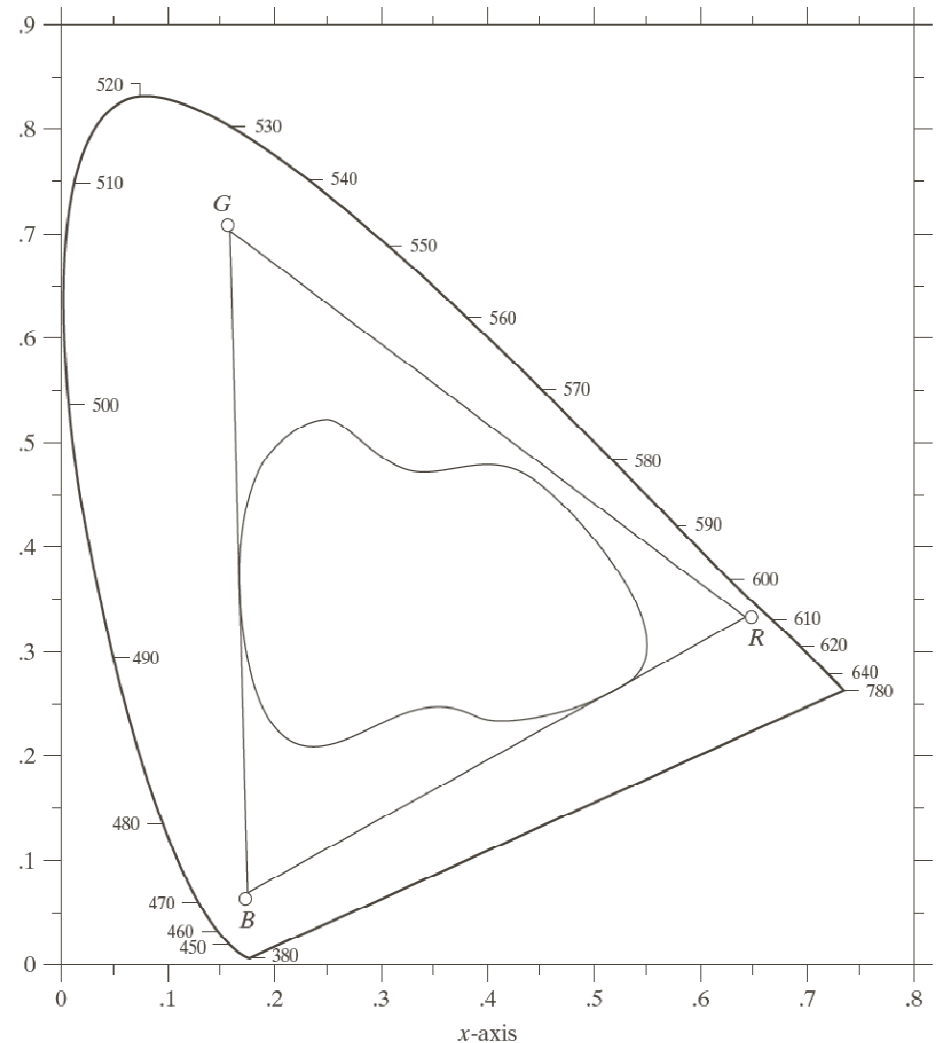


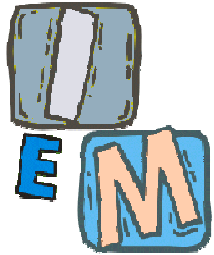
Interazio



Color gamut

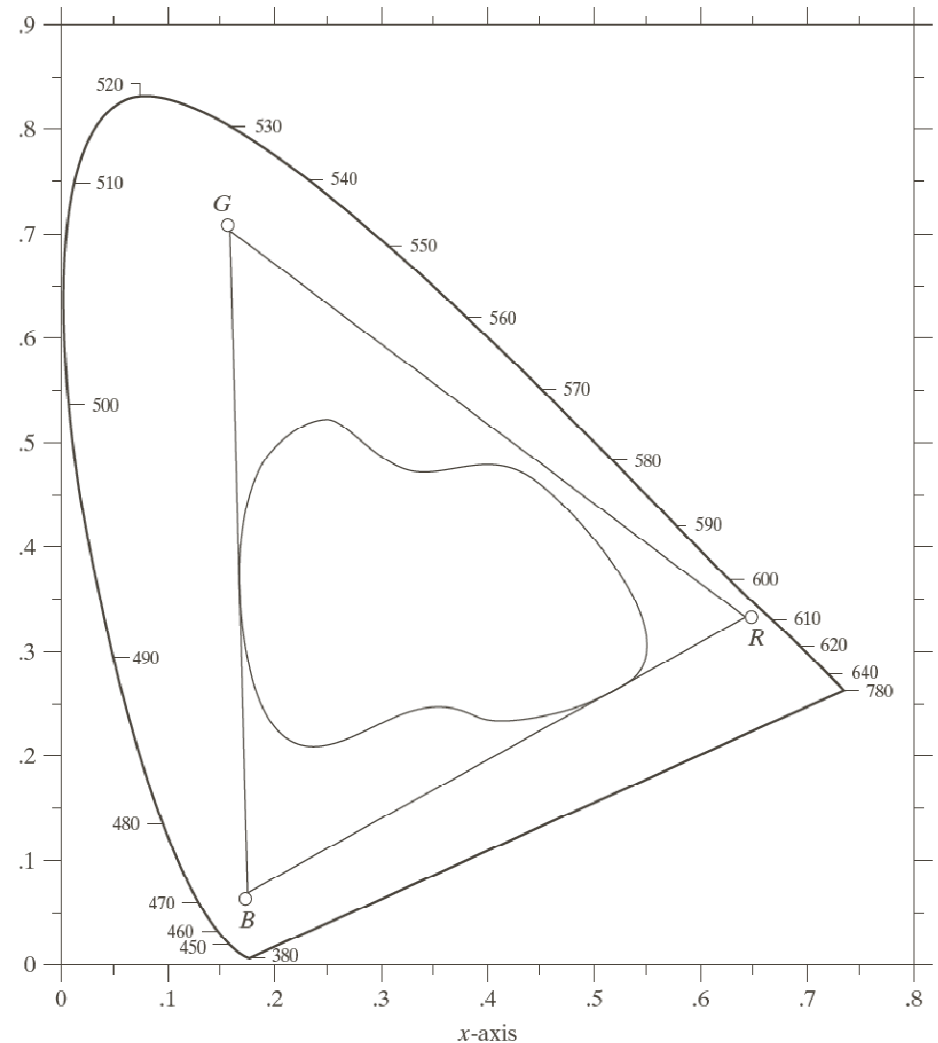
- Unendo R G e B si ottiene un triangolo che contiene tutti i colori che si possono produrre.
- Da notare che il triangolo non copre tutta l'area, quindi non tutti i colori si ottengono unendo R G e B.

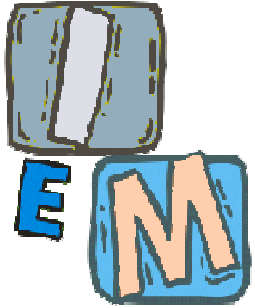




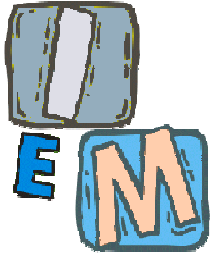
Color gamut

- L'area irregolare dentro il triangolo rappresenta tutti i colori che una stampante può ottenere.
- Questi sono in numero minore rispetto a quelli dei monitor perché è differente il modo di mischiare i colori (additivo vs sottrattivo).





Gli spazi di colore



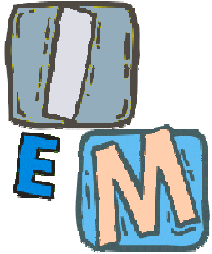
In realtà:

Raramente vediamo in natura colori puri. Ma piuttosto vediamo miscele di radiazione luminosa in ogni lunghezza d'onda.

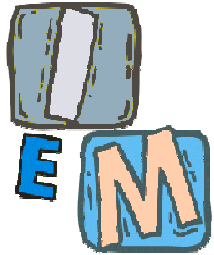
Il nostro cervello non è uno “spettrometro”:

- spettri differenti producono sensazioni cromatiche eguali;

- manteniamo una percezione costante del colore di una superficie anche se cambia la luce che la illumina.

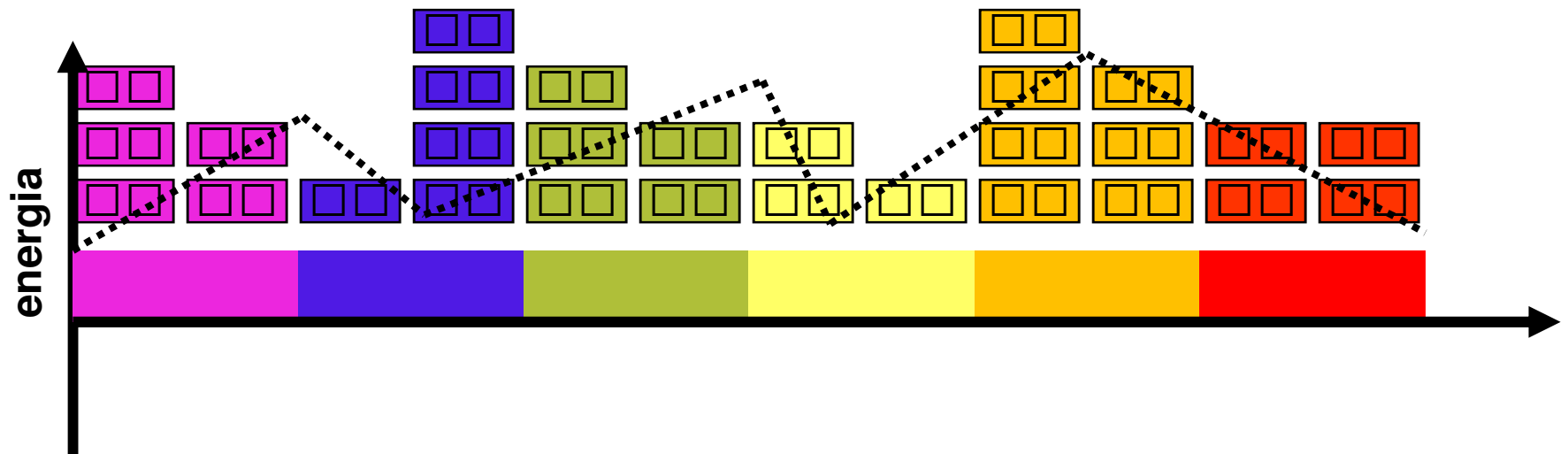


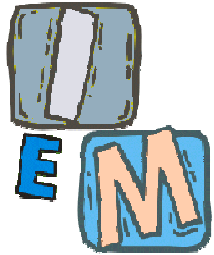
- **Ogni lunghezza d'onda trasporta differenti quantità di energia.**
- **La energia totale della radiazione è la somma di tutti i contributi di energia dalle diverse lunghezze d'onda.**
- **Lo “spettro” di un illuminante è il diagramma dei contributi di energia che esso apporta per ciascuna differente lunghezza d'onda.**



Spettro

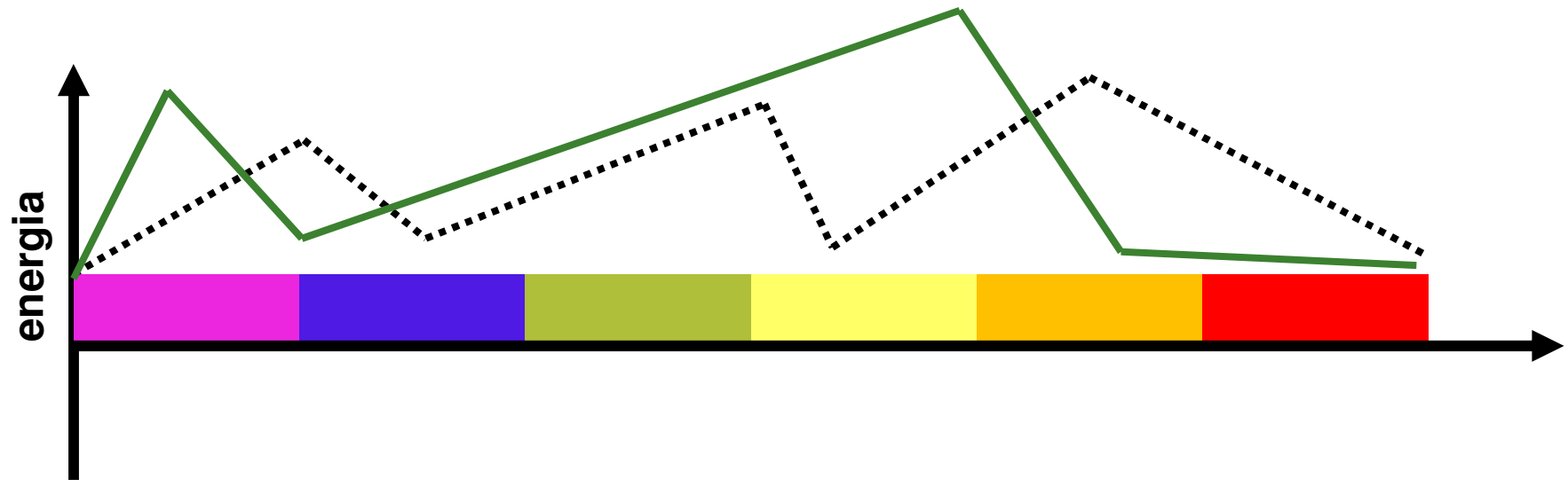
- Il disegno mostra uno spettro “discretizzato” con una convenzione grafica del tipo visto in una applicazione di “equalizzazione” nello stereo.





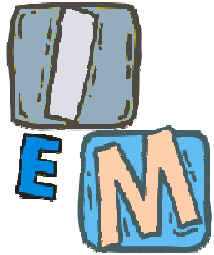
Metameri

Spettri diversi possono produrre colori eguali: coppie di spettri con questa reciproca proprietà si chiamano **metameri**.



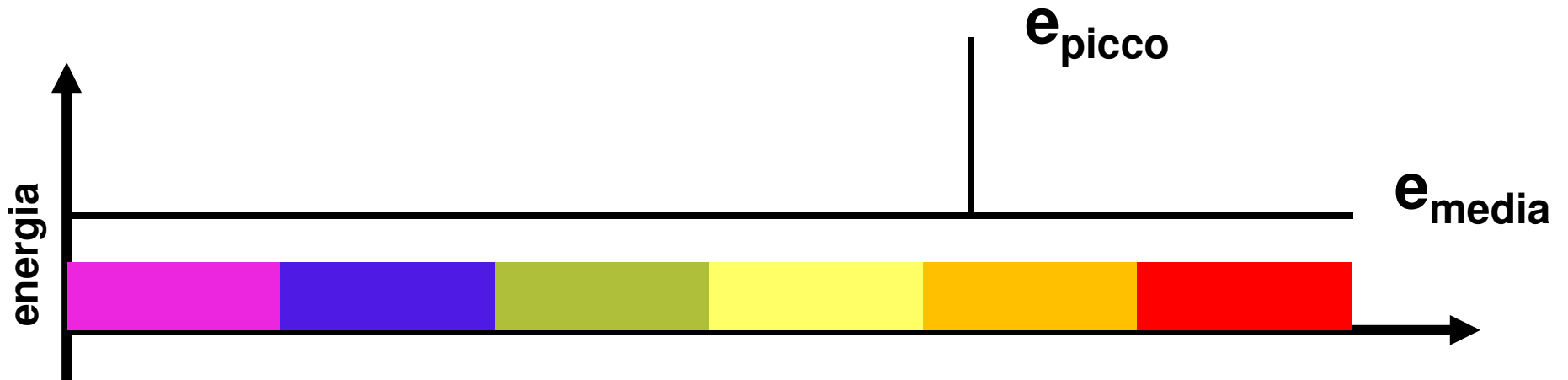
Lo spettro tratteggiato e quello continuo producono (nel cervello) il medesimo colore!

Tra i vari metameri di un dato spettro se ne può sempre individuare uno assai importante che è alla base del modello dei colori detto “del pittore”.



Modello del pittore: basi fisiche

Ogni spettro ha un metamero della seguente forma:

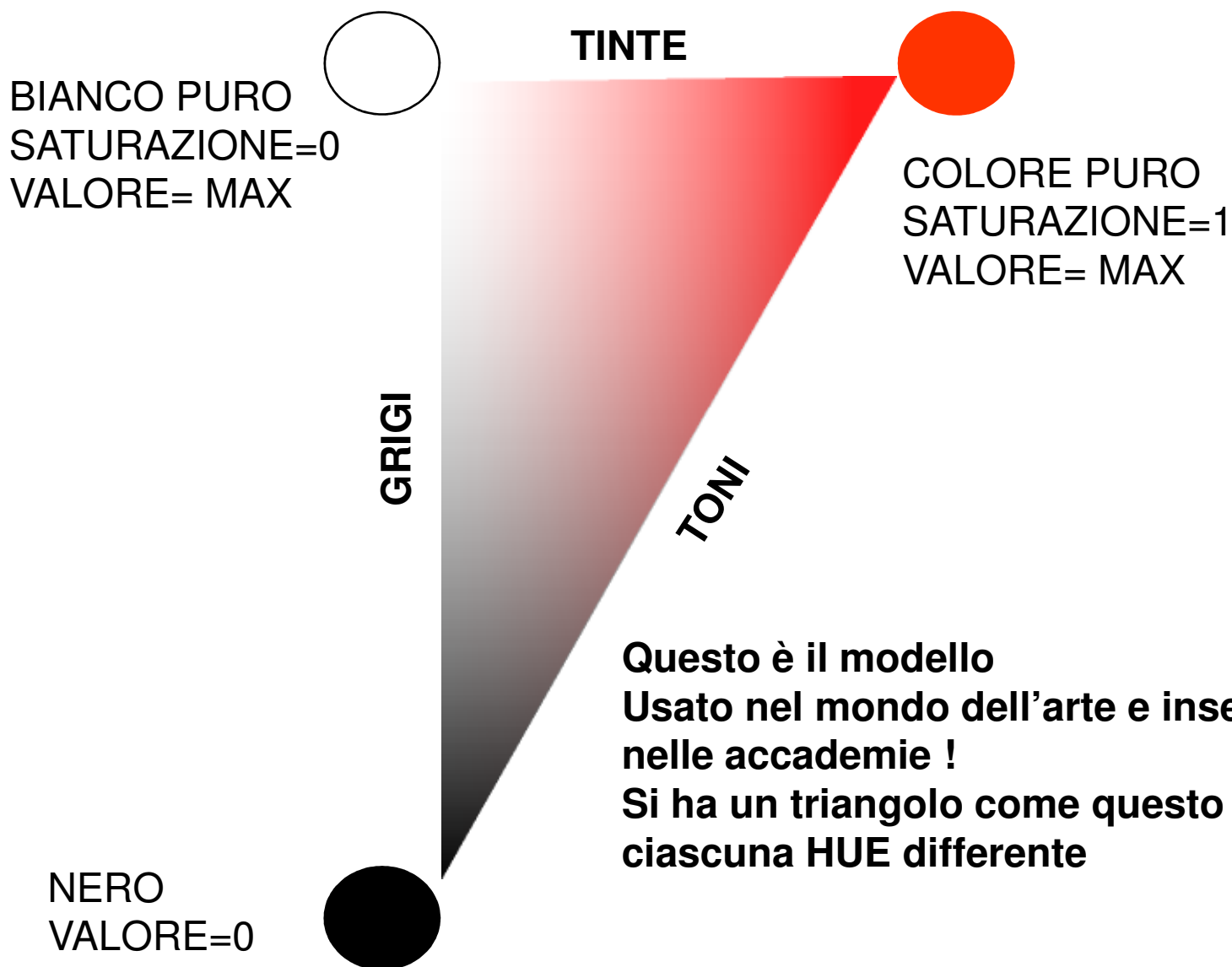


La lunghezza d'onda in cui si ha il picco è responsabile del “colore percepito” (detto anche in inglese **HUE**).

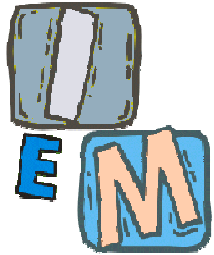
Il rapporto $(e_{\text{picco}} - e_{\text{media}}) / (e_{\text{picco}} + e_{\text{media}})$ è la **SATURAZIONE**, cioè quanto il colore è puro. Meno luce bianca equivale ad un maggiore valore del rapporto.

emedia è proporzionale al contenuto energetico della radiazione: essa può essere considerata una misura della “luminosità” di una radiazione (detto anche **VALORE**). Esso da un contributo “bianco” al colore percepito.

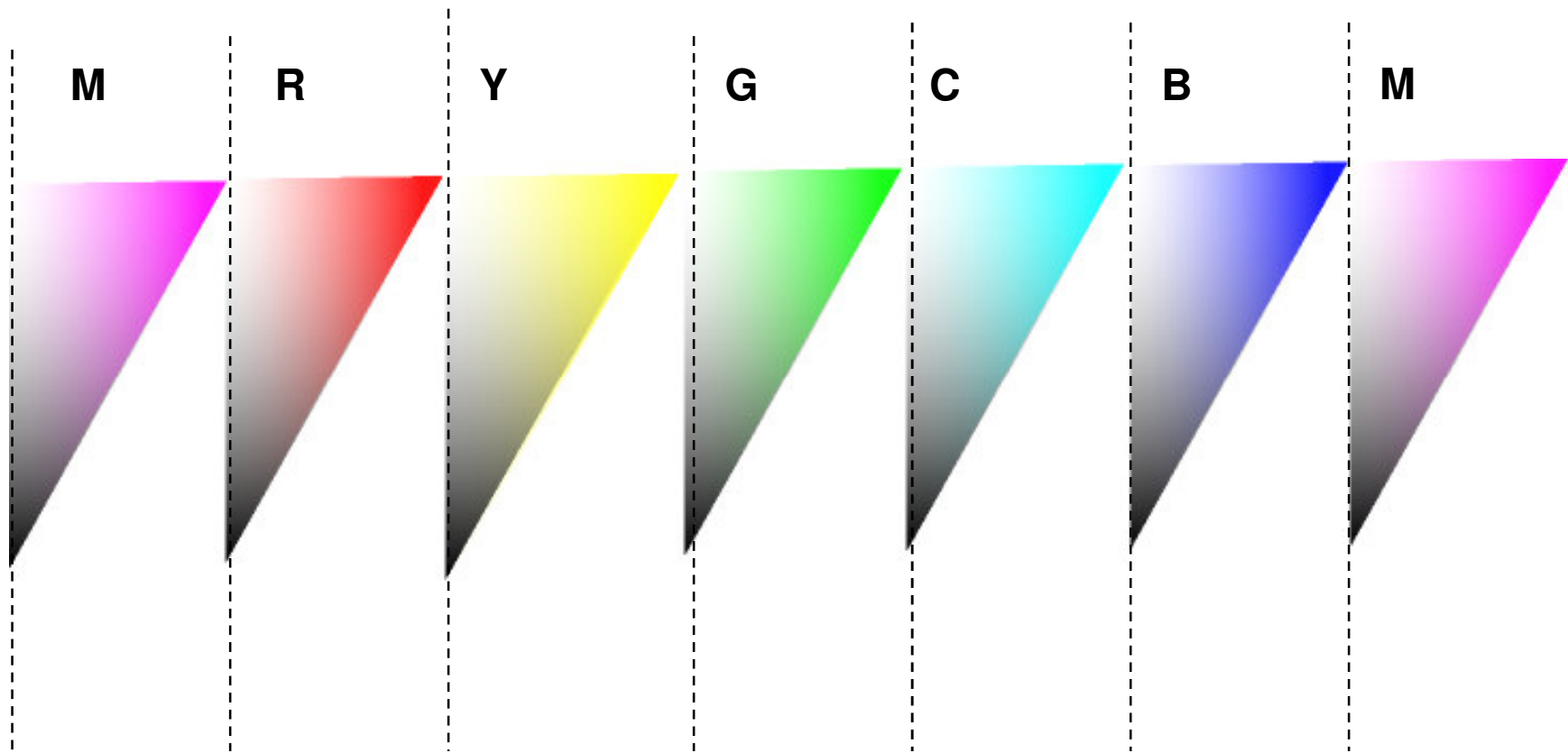
Modello del pittore: schema di Munsell



**Questo è il modello
Usato nel mondo dell'arte e insegnato
nelle accademie !
Si ha un triangolo come questo per
ciascuna HUE differente**

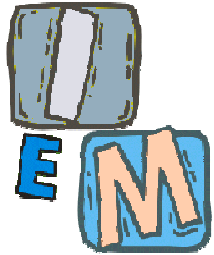


Mettere assieme i triangoli...

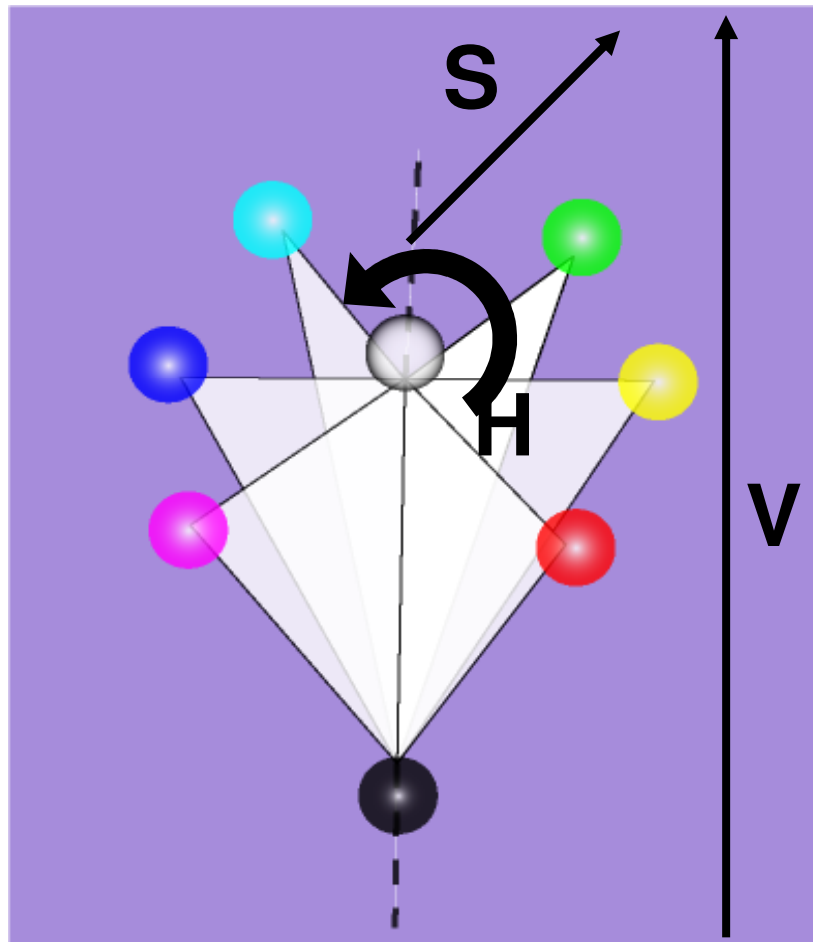


Tutte le linee verticali tratteggiate sono la rappresentazione della medesima “linea dei grigi”.

IDEA! Attacchiamo tutti i triangoli in una “girandola” facendo coincidere le linee dei grigi.



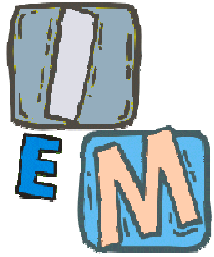
Spazio HSV (oppure HSI)



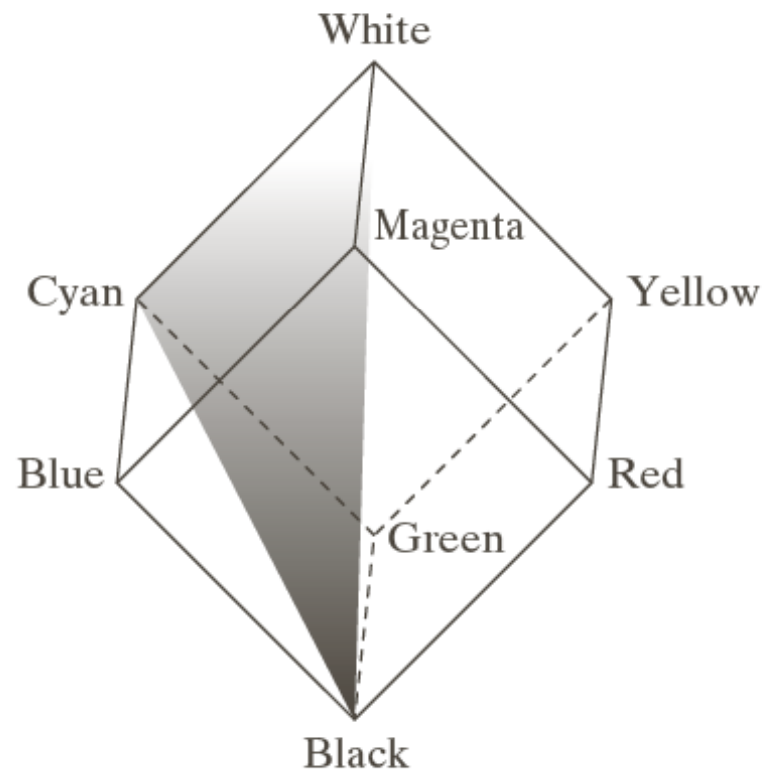
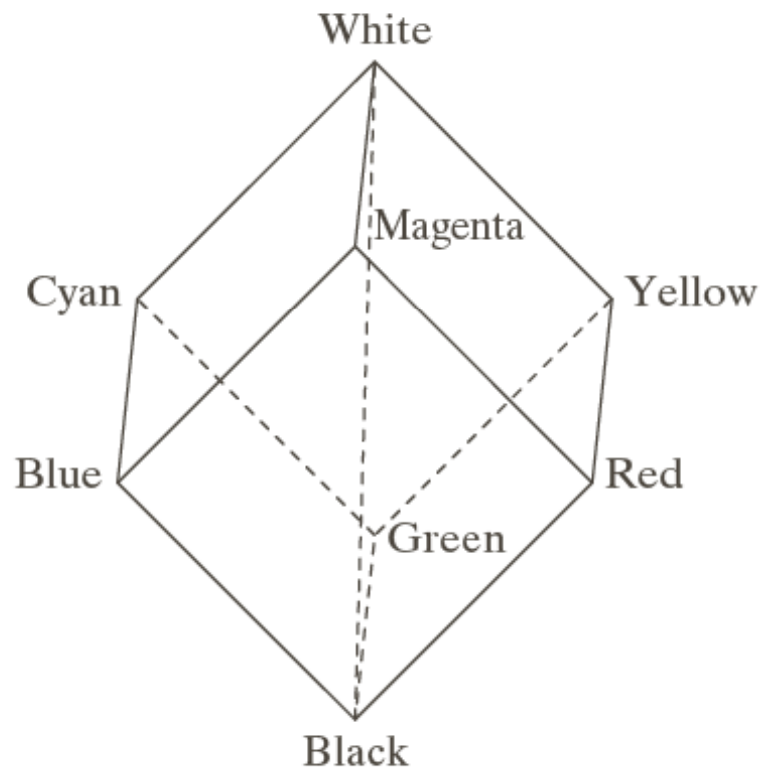
H = hue (colore);
copre tutti i colori ordinati in
sequenza

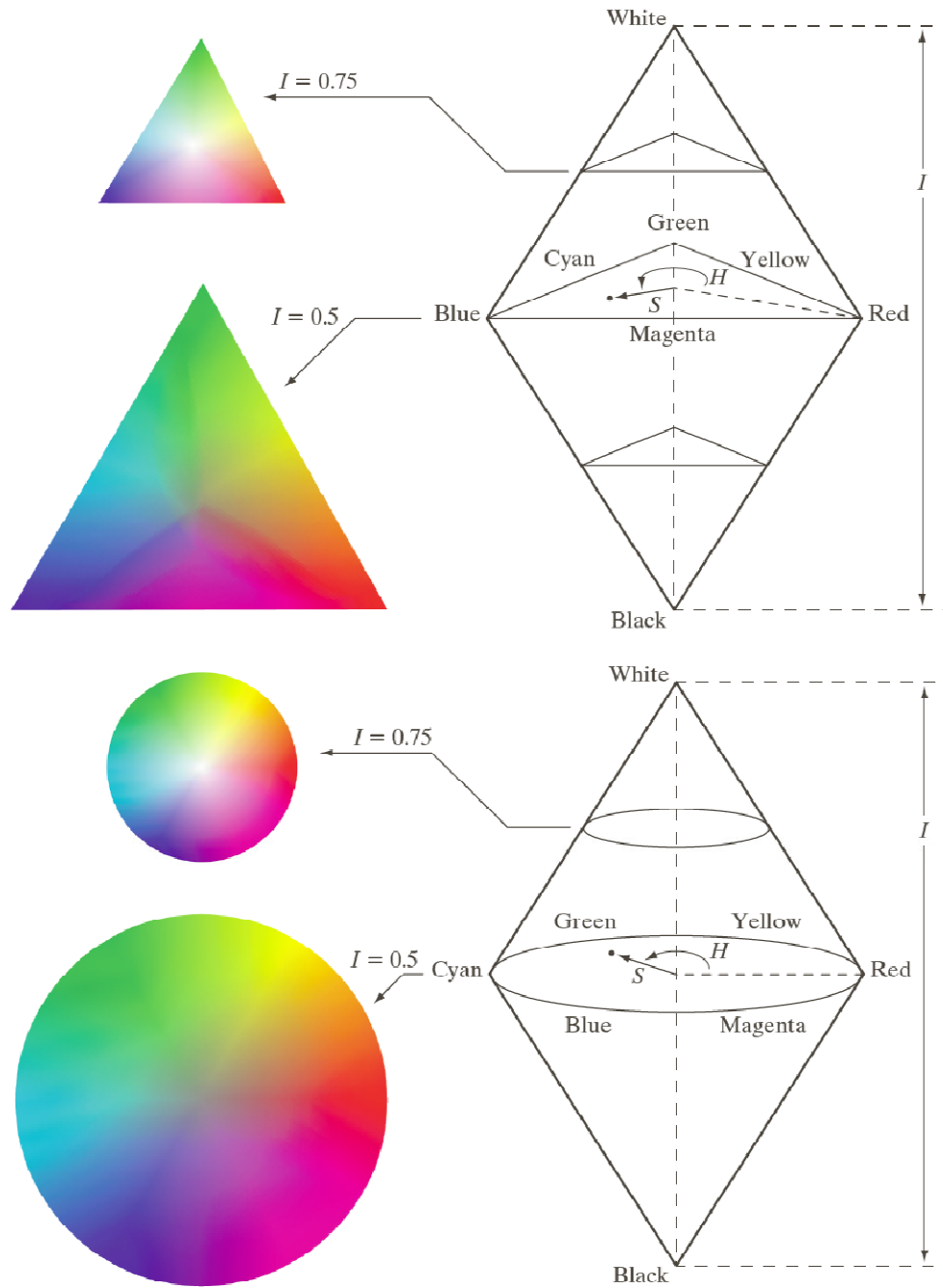
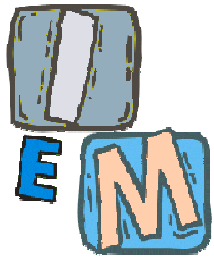
S = saturazione;
da un minimo (centro) pari al
bianco puro
ad un massimo (periferia) colore
puro.

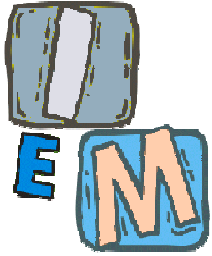
V = valore o luminosità;
da un minimo (nessuna energia
emessa)
ad un massimo.



Relazione tra RGB e HSV







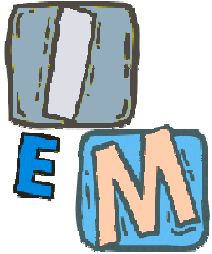
Discussione del modello del pittore

■ PRO:

- Intuitivo;
- Percettivamente significativo: i parametri HSV hanno una perfetta interpretazione nelle nostre percezioni.

■ CONTRO:

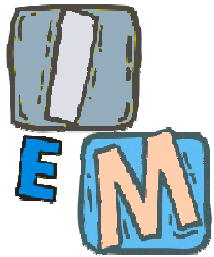
- Modello non lineare;
- Perché una piramide esagonale?
- Quanti sono i “colori base”?



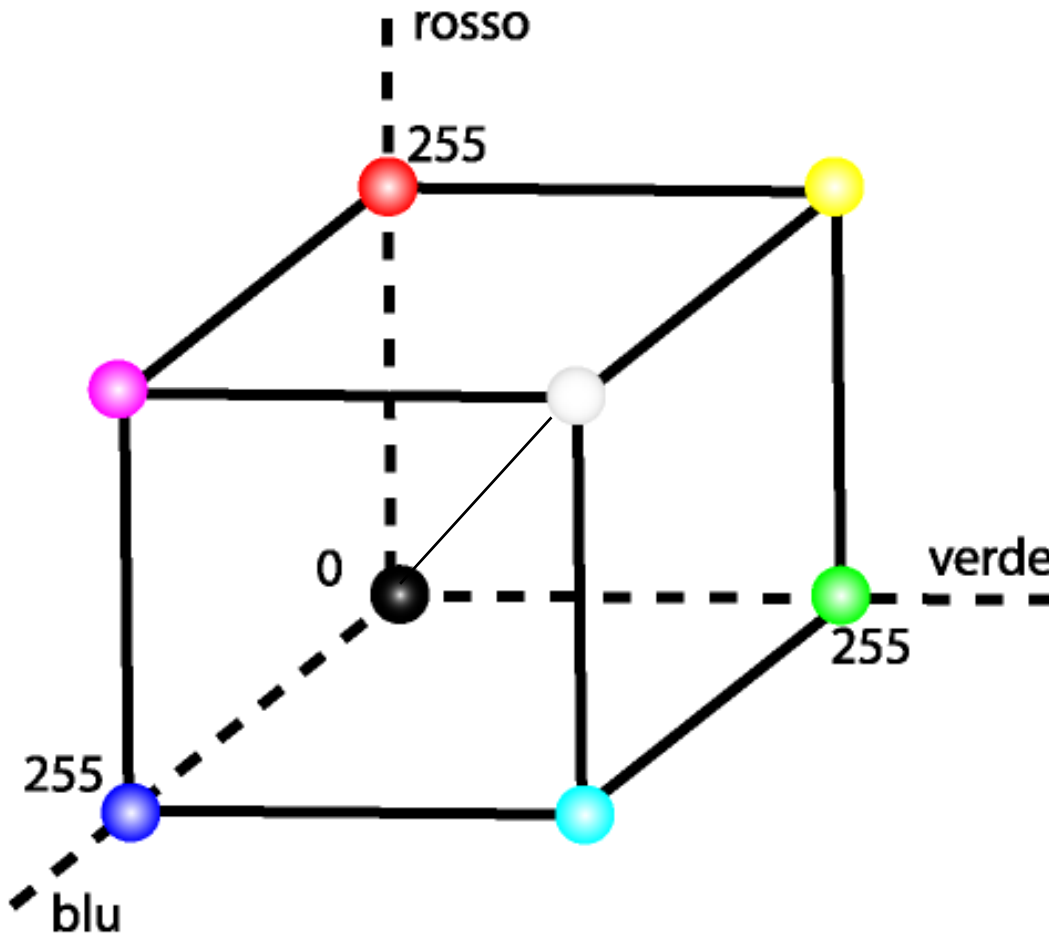
RGB

- Nel modello RGB ciascun colore è ottenuto mischiando i tre colori fondamentali.
- Se ogni componente di colore è intesa come una coordinata cartesiana, allora il modello RGB può essere graficamente descritto da un cubo.





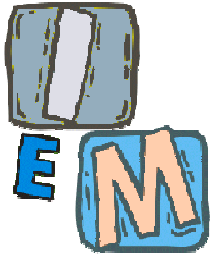
Descrizione geometrica



I contributi del RED, GREEN e BLUE sono assunti indipendenti l'uno dall'altro (e quindi rappresentati da direzioni perpendicolari tra loro).

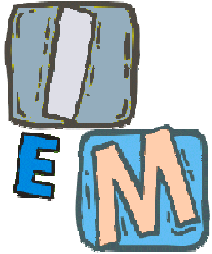
Ogni colore è un punto contenuto dentro il cubo.

La retta che congiunge nero e bianco è la retta dei grigi.



Modello additivo

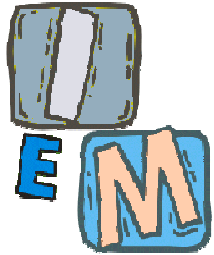
- Nel mondo delle immagini a colori ci sono due modi per riprodurre selettivamente la cromaticità: colori additivi e colori sottrattivi.
- I colori additivi sono utilizzati con sistemi che emettono luce, nei quali la luce proveniente da sorgenti di differente colore viene fusa assieme per produrre i colori così come sono percepiti.
- In un dispositivo a colori additivi, come un display CRT, la luce è prodotta da tre fosfori primari, rosso, verde, e blu (RGB). Questi fosfori vengono eccitati separatamente formando un fascio di elettroni. La luce emessa dai tre fosfori stimola nell'occhio i tre tipi di recettori per produrre la percezione dei colori.



Discussione

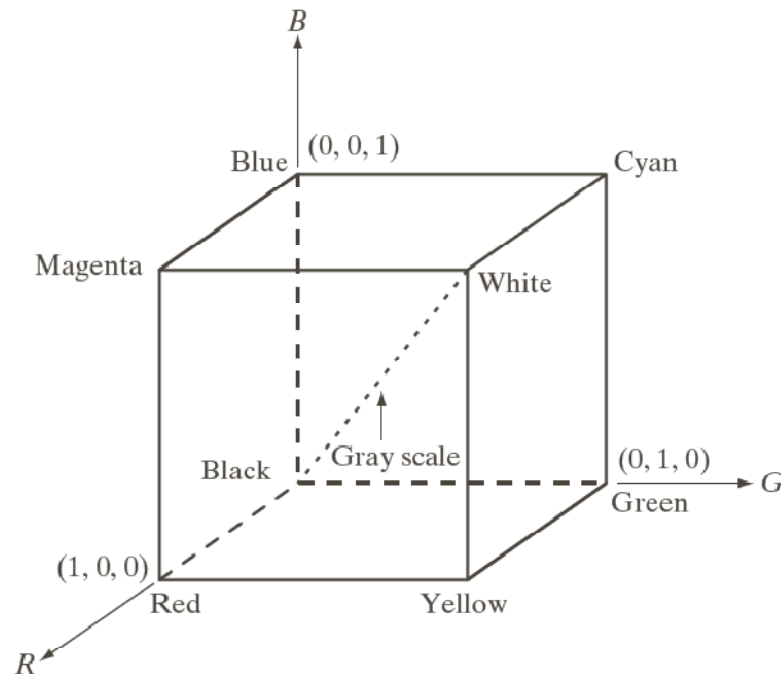
- **PRO:**
semplice da usare e implementare in software e hardware.
De facto è uno STANDARD.
- **CONTRO:**
percettivamente poco comodo: difficile capire guardando un colore in natura in quale proporzione vi contribuiscano l'R, il G e il B.

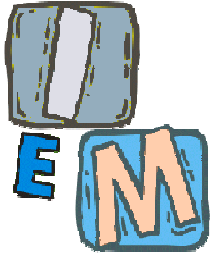
CUBO RGB e piramide HSV si trasformano l'un l'altro mediante semplici algoritmi (non lineari).



CMY

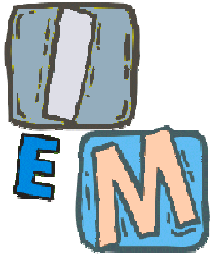
- Il modello complementare a RGB è CMY, Ciano, Magenta e Giallo.





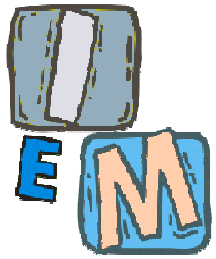
Modello sottrattivo

- I colori sottrattivi sono usati nei sistemi passivi, nei quali la luce viene assorbita selettivamente alle diverse lunghezze d'onda, riflettendone solo alcune che comporranno i colori desiderati.
- I colori sottrattivi sono utilizzati principalmente nell'industria della stampa. Tre colori (e a volte un quarto) vengono impressi in una superficie riflettente come la carta. Gli inchiostri, tipicamente ciano (un blu-verde), magenta, e giallo (CMY), assorbono selettivamente una certa gamma di lunghezze d'onda della luce. L'occhio percepisce la luce riflessa, che non viene assorbita; da qui il termine "sottrattivi".

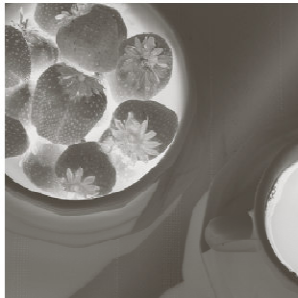


Modello sottrattivo

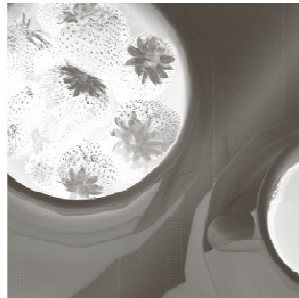
- Quando non c'è inchiostro nella carta la luce riflessa è bianca; quando sono presenti tutti e tre i colori, la luce viene (in linea di principio) assorbita e la carta appare nera.
- In pratica, l'assorbimento completo è difficile da ottenere quindi si utilizza un quarto inchiostro, il nero (CMYK, dove K sta per black).



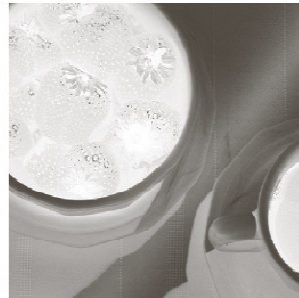
Full color



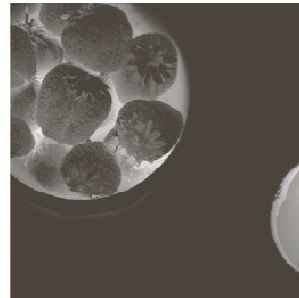
Cyan



Magenta



Yellow



Black



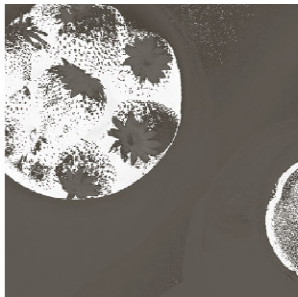
Red



Green



Blue



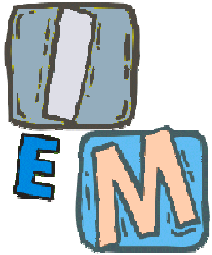
Hue



Saturation

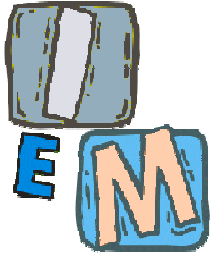


Intensity



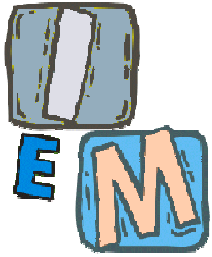
Riepilogando

- Le rappresentazioni dei colori nello spazio RGB (o CMY il duale) non sempre sono le più convenienti.
- Sono disponibili altre rappresentazioni che usano componenti che sono specificatamente relazionate al criterio usato per descrivere la luminanza, la tinta e la saturazione (HSV).
- La tinta descrive che colore è presente (rosso, verde, giallo, ecc.) e può essere correlato alla lunghezza d'onda dominante della sorgente di luce.
- La saturazione, invece, esprime quanto è vivo il colore (molto forte, pastello, vicino al bianco) e può essere correlato alla purezza o alla distribuzione dello spettro della sorgente.
- La luminanza è la grandezza che tende a valutare la sensazione luminosa ricevuta dall'occhio, è legata quindi all'intensità della luce (quanto il colore è bianco, grigio o nero) e può essere correlata alla luminosità della sorgente.



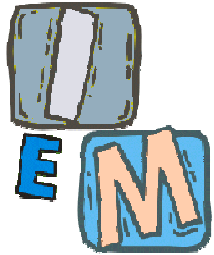
Colori sicuri

- Si sa che 40 di questi 256 colori vengono processati in modo diverso da vari tipi di sistemi operativi, mentre 216 colori sono comuni alla maggior parte dei sistemi. Questi 216 colori sono diventati gli standard di fatto dei colori sicuri, specialmente nelle applicazioni Internet. Essi vengono utilizzati quando si vuole che i colori visti dalla maggior parte delle persone siano gli stessi.
- Ognuno dei 216 colori sicuri è formato come sempre da tre valori RGB, ma ogni valore può essere solo 0, 51, 102, 153, 204 o 255. Quindi, le triplette RGB di questi valori ci danno $(6)^3 = 216$ valori possibili (si noti che tutti i valori sono divisibili per 3).



Rappresentazioni luminanza-crominanza

- Gli spazi colore, nei quali una componente è la luminosità e le altre due componenti sono legate alla tinta e alla saturazione, vengono chiamate rappresentazioni luminanza-crominanza.
- La luminanza fornisce una versione a scala di grigi dell'immagine mentre la crominanza fornisce le informazioni "extra" che trasformano l'immagine in scala di grigi in un'immagine a colori.
- Le rappresentazioni luminanza-crominanza sono particolarmente importanti nella compressione delle immagini.
- L'occhio umano è più sensibile alla luminanza che ai colori. Posso dunque "spendere" molti bit per registrare la luminanza e risparmiarne un po' sulle crominanze.



Lo spazio YUV

- La luminanza è ottenuta mediante una combinazione lineare della intensità luminosa dei canali rosso, verde e blu. Un'approssimazione abbastanza fedele della luminanza Y si ottiene attraverso la somma pesata:

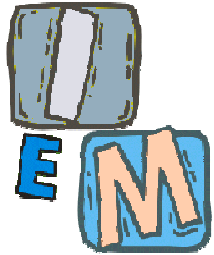
$$Y = 0.3R + 0.6G + 0.1B$$

- Il termine *crominanza* è definito come la differenza tra il colore e un bianco di riferimento alla stessa luminanza. I valori della crominanza possono pertanto essere espresse da un insieme di differenze di colore, U e V , definiti come segue:

$$U = B - Y \quad U \in [-229.5, 229.5]$$

$$V = R - Y \quad V \in [-178.5, 178.5]$$

- Queste differenze di colore valgono 0 quando $R=G=B$. Questa condizione produce il grigio che non ha crominanza. La componente V controlla i colori dal rosso al blu-verde. Mentre la componente U controlla i colori dal blu al giallo.



La luminanza



Immagine RGB

$$L = a R + b G + c B$$

$$a = .3$$

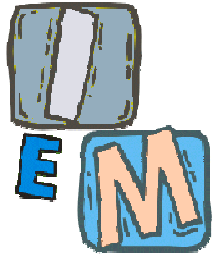
$$b = .6$$

$$c = .1$$



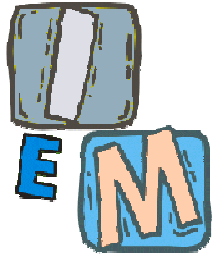
Canale LUMINANZA

I tre canali RGB non danno eguale contributo alla luminanza.
Il valore di “luminanza” è mantenuto massimamente nel canale G.



Lo spazio YUV





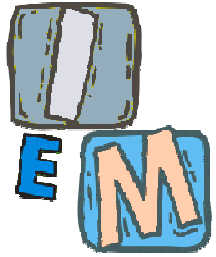
Lo spazio YC_bC_r

- Lo spazio YC_bC_r è fortemente legato allo spazio YUV. Esso utilizza la stessa coordinata del sistema YUV, mentre le coordinate U e V vengono scalate e *shiftate* producendo due variabili, C_b e C_r rispettivamente. In particolare le equazioni per C_b e C_r sono:

$$C_b = \frac{U}{2} + 114,75$$

$$C_r = \frac{V}{1.6} + 111,57$$

- Con questa trasformazione i valori della cromaticità stanno sempre nell'intervallo da 0 a 255.
- Questo sistema di coordinate viene largamente utilizzato dagli standard di compressione (Es. JPEG).

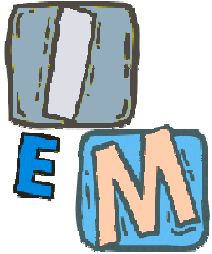


Lo spazio YC_bC_r

YC_bC_r :

Y rappresenta la *luminanza* mentre C_b e C_r rappresentano la *crominanza* del blue e del rosso.





Come variano i colori al variare dei parametri che li descrivono?

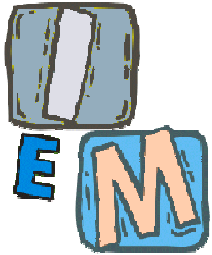
Se si variano i parametri (RGB oppure HSV) di pochissimo il colore percepito resta eguale all'occhio di un umano.

“*minima differenza percettiva*” = valore max entro il quale contenere le variazioni dei parametri per non variare percettivamente il colore.

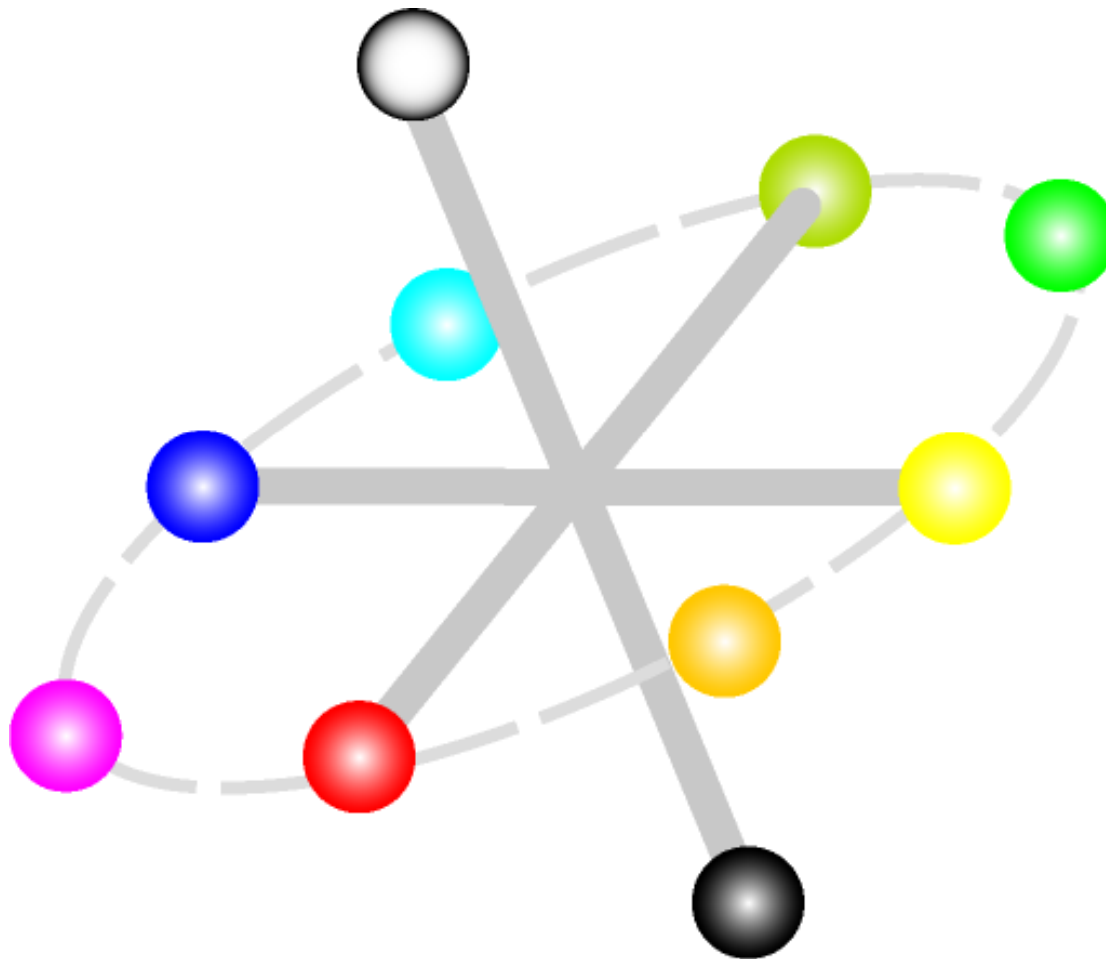
In RGB e HSV non esiste una unica “*minima differenza percettiva*” sull'intero spazio (colori più saturi sono più sensibili alle variazioni dei parametri di quelli meno saturi).

I modelli RGB e HSV NON sono percettivamente uniformi.

I modelli luminanza-crominanza SONO percettivamente uniformi.



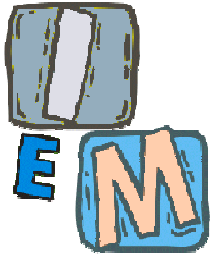
Color Opponency: geometria



Due coppie di colori sono “opposte” (ovvero danno **massimo contrasto**):

BLU-GIALLO

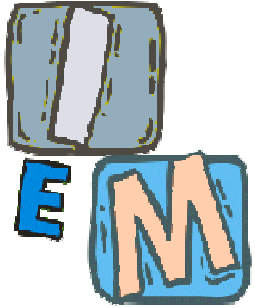
VERDE-ROSSO



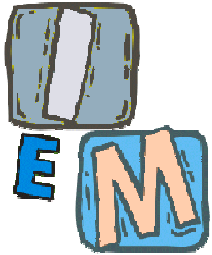
Applicazioni della Color Opponency

Usare sfondo blu e scritte gialle per il massimo **contrasto tra colori** (nero su bianco darà comunque maggiore contrasto!).

Se si vuole “estrarre” una regione da una immagine tratta dalla natura basandosi sul suo colore, guardare ai valori RGB porta a risultati poco soddisfacenti. Se si guardano i valori nello spazio Color Opponency invece si ha una migliore “estrazione”.



Colori e memoria



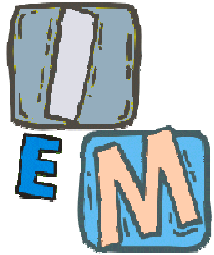
Colori e memoria

Schema assunto in RAM per mostrare i colori:

8 bit Red + 8 bit Green + 8 bit Blue = 24 bit

(circa 16 milioni di colori o true color)

Questo costoso schema **NON E'** lo schema con il quale i colori vengono conservati in memoria di massa e compressi nelle tecniche JPEG, GIF o altro!



Più colori che pixel!

Una immagine “grande” è di
 $2400 \times 1800 = 4.520.000$ pixel.

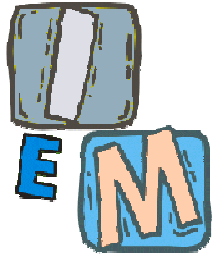
Una immagine “media” è di
 $1600 \times 1200 = 1.920.000$ pixel.

Una immagine “piccola” è di
 $800 \times 600 = 480.000$ pixel.

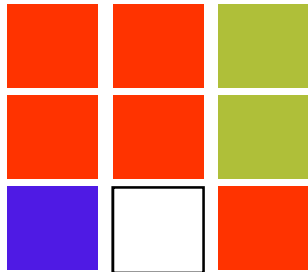
**In ogni caso ho più colori
che pixel!**

**Inoltre le immagini “naturali”
hanno una proprietà di
coerenza interna per cui
raramente si ha un colore
differente per ogni differente
pixel.**

**Questo porta ad adottare la modalità a
COLORI INDICIZZATI (indexed color) o a
PALETTE o a LOOK-UP-TABLE (LUT).**



Palette: l'idea



Dovrei ricordare:

255, 0, 0	255, 0, 0	0, 255, 0
255, 0, 0	255, 0, 0	0, 255, 0
0,0,255	255, 255, 255	255, 0, 0

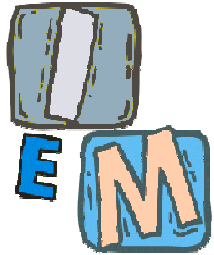
Totale (9 pixel x 3 byte)= 27 byte = 216 bit

00	00	01
00	00	01
11	10	00

00 = (255, 0, 0)
01 = (0, 255, 0)
10 = (255, 255, 255)
11 = (0, 0, 255)

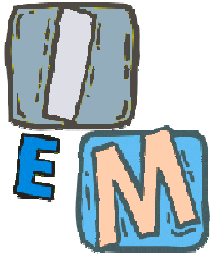
Totale
 18 bit (9 pixel x 2 bit) per l'immagine
 + 12 byte per la palette
 = 114 bit

Ricordo queste "etichette" e questa tabella



La palette

La tabella che lega “etichette” con le corrispondenti componenti RGB si chiama:
“tavolozza”,
“palette”, -
“tabella di indicizzazione dei colori”, “tabella di sbirciata”,
“look up table”,
“LUT”.



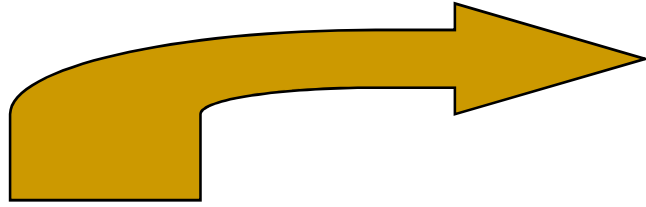
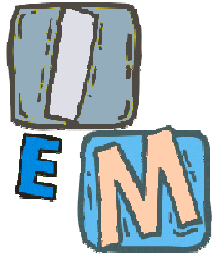
Indicizzazione di una immagine true color

I software commerciali e alcuni formati di compressione (GIF) adottano una palette di 256 colori.

Se nell'immagine true color ci sono meno di 256 colori essi vengono replicati nella palette.

Se nell'immagine true color ci sono più di 256 colori essi vengono "ridotti" scegliendo 256 rappresentanti che garantiscano una buona qualità visiva (esistono numerosi algoritmi, anche proprietari per tale scopo).

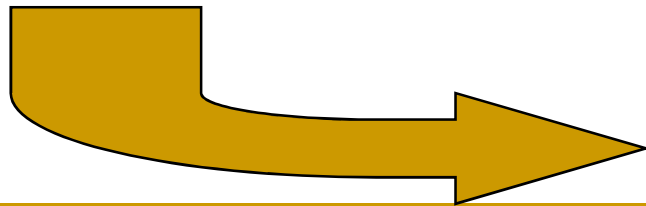
Esistono anche palette "standard": MAC, WINDOWS, WEB_SAFE, OTTIMIZZATE eccetera



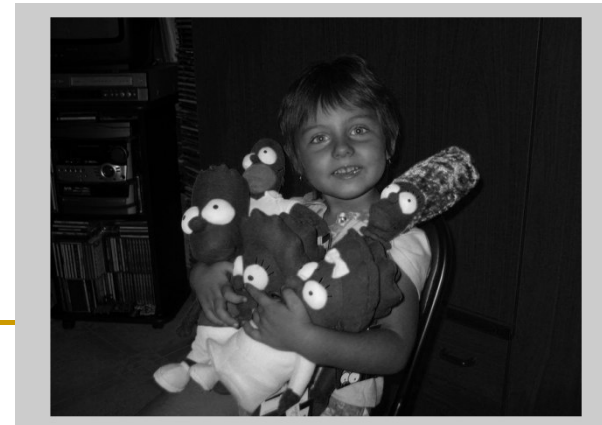
R



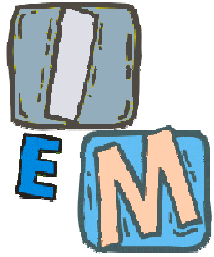
G



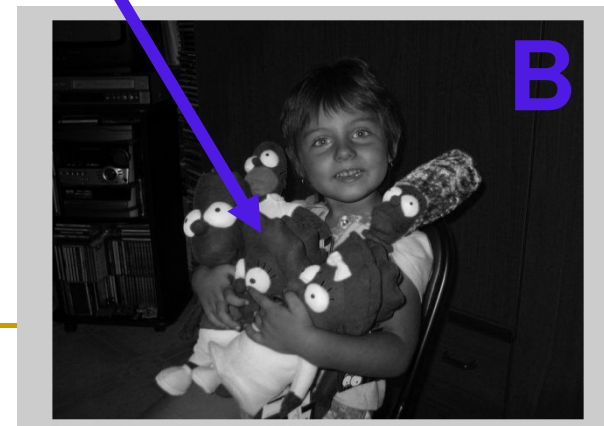
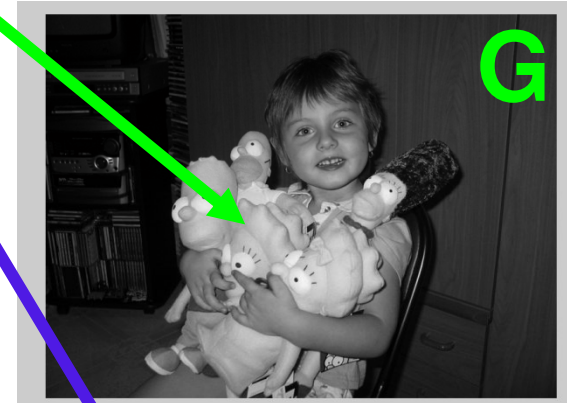
B

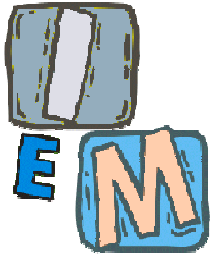


Interazione & Multimedia

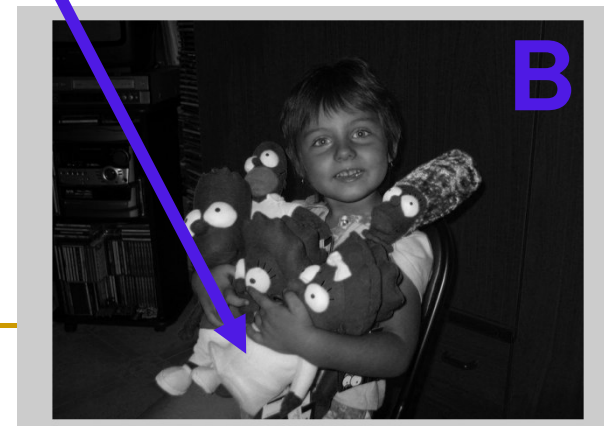
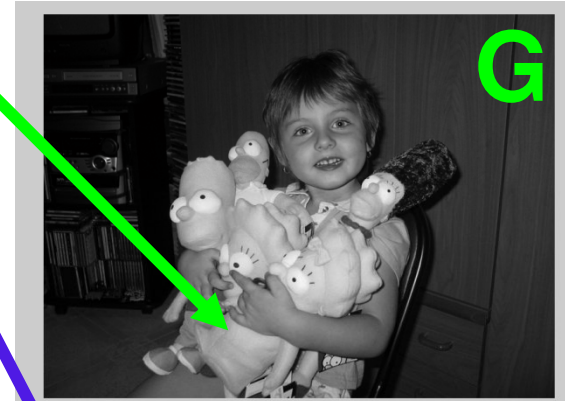


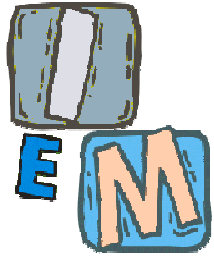
Colore giallo (255,255,0)



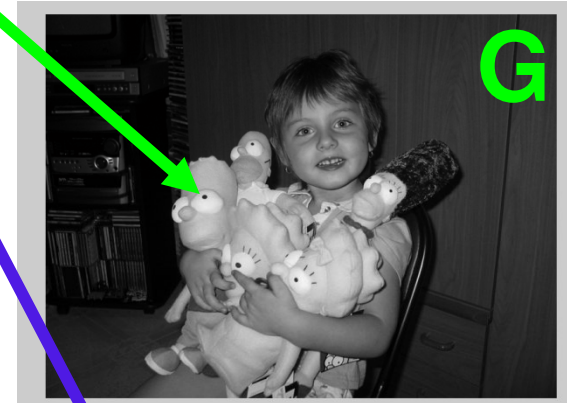


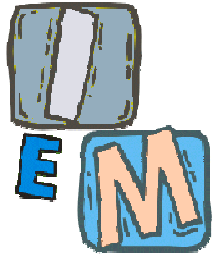
Colore ciano (0, 255,255)





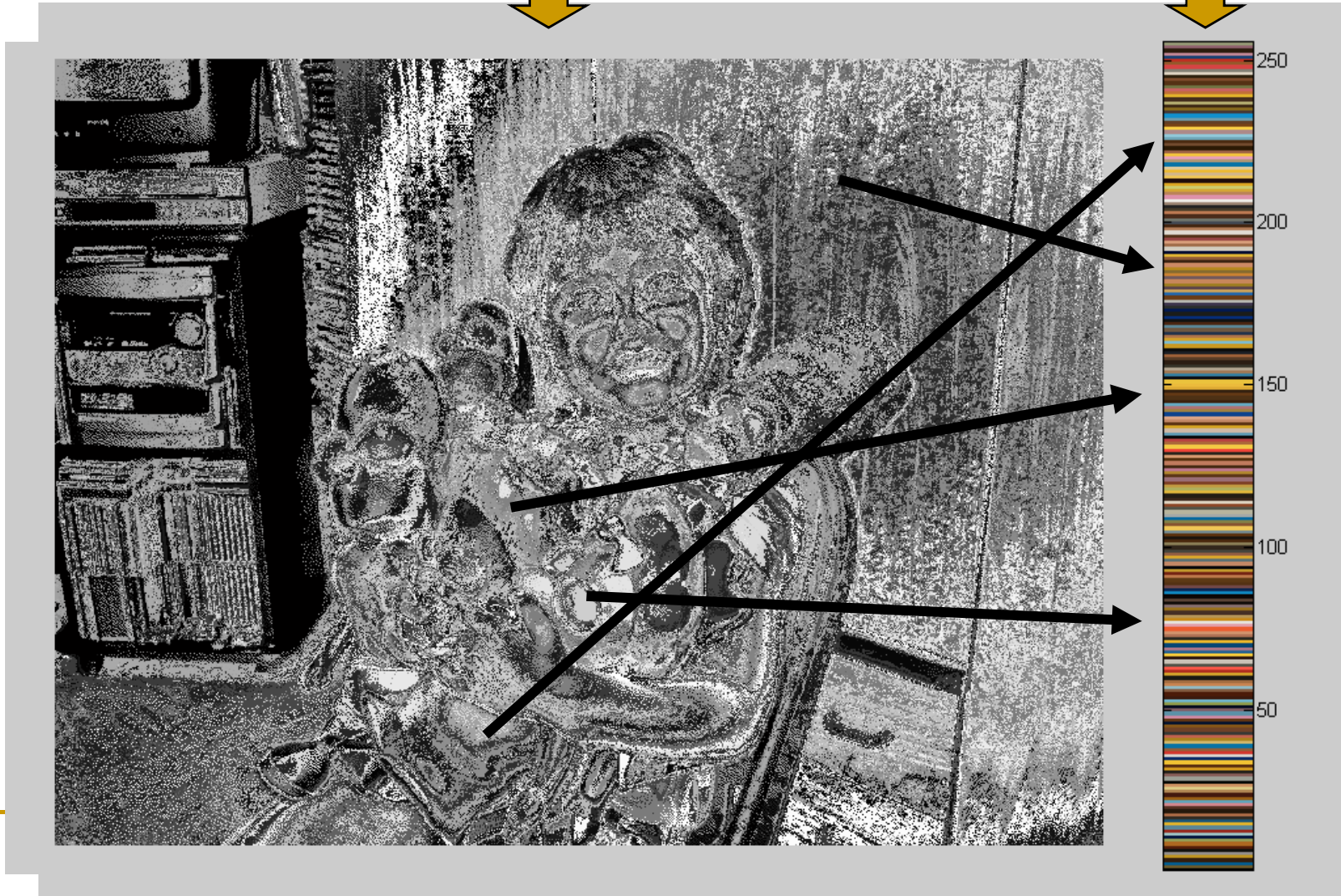
Colore bianco (255,255,255)

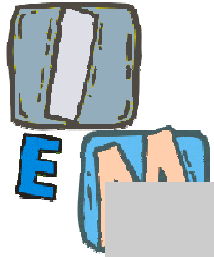




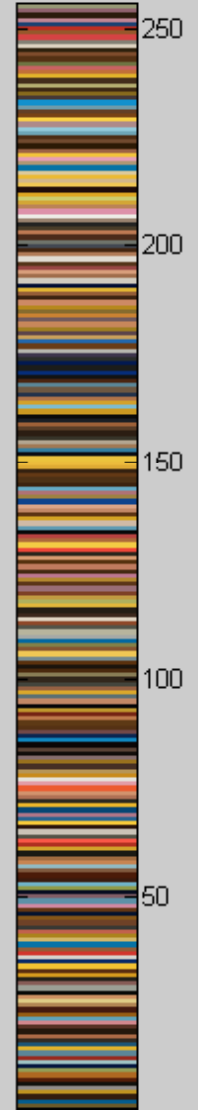
Matrice degli indici

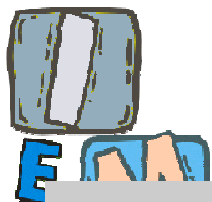
Palette



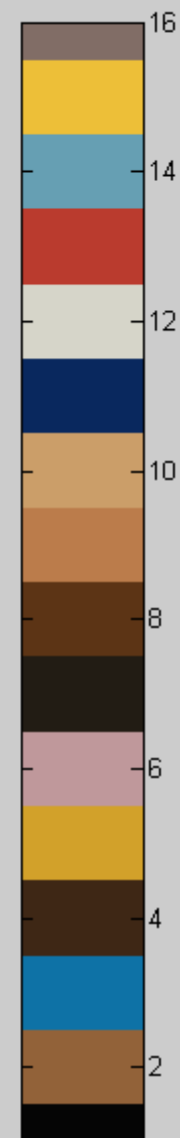


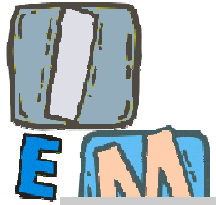
Palette 256 colori



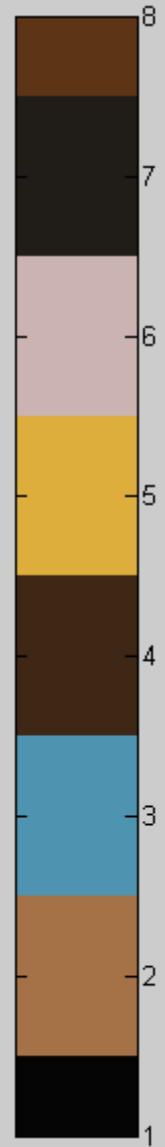


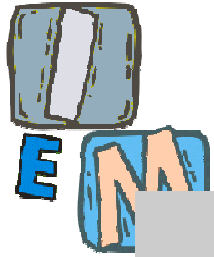
Palette 16 colori



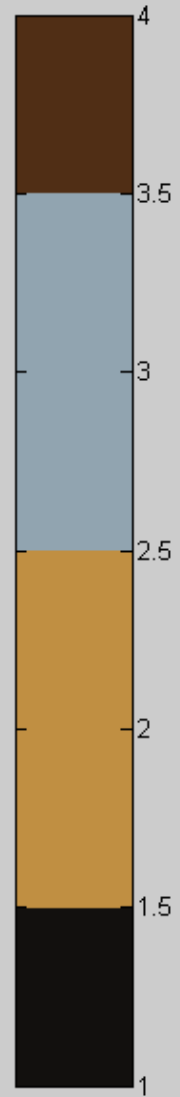


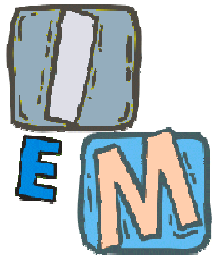
Palette 8 colori



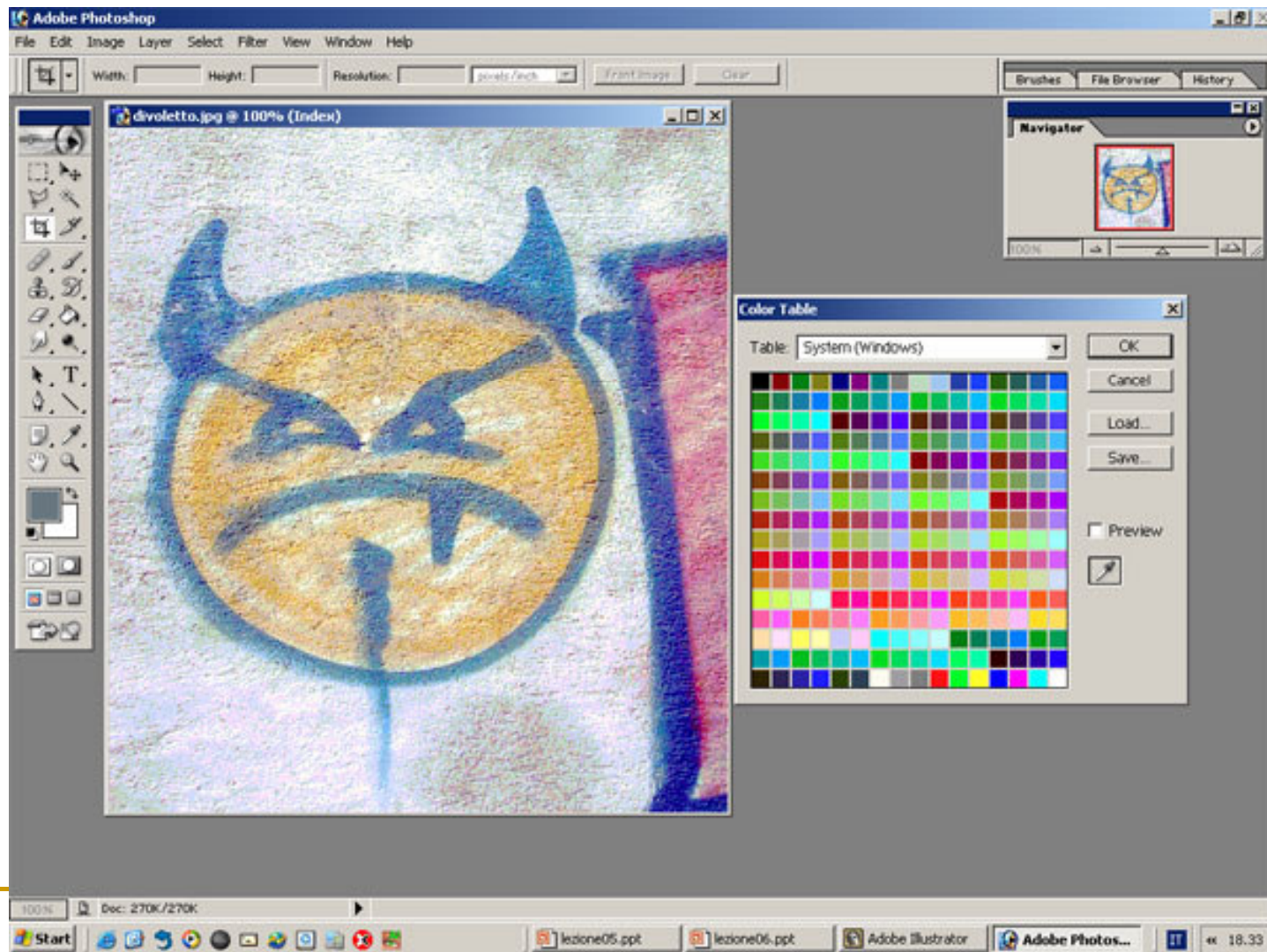


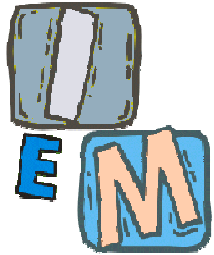
Palette 4 colori



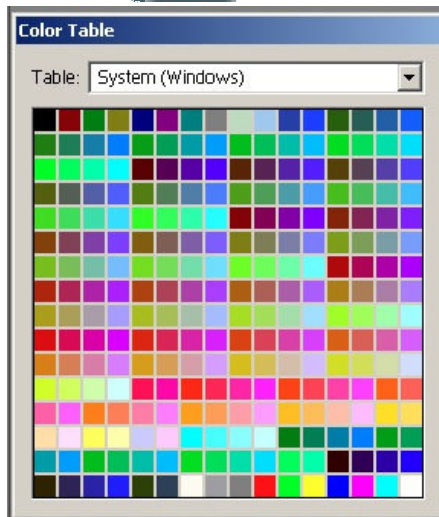


Palette: una schermata di Photoshop

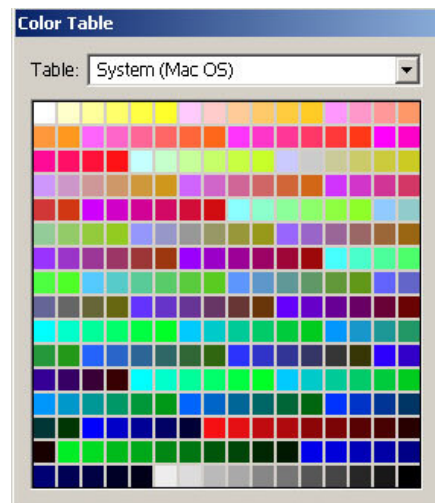




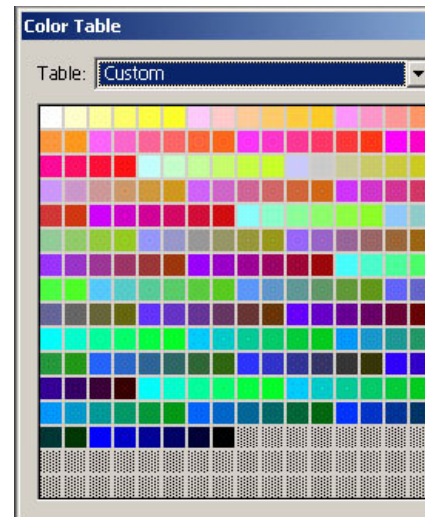
Confronti tra palette



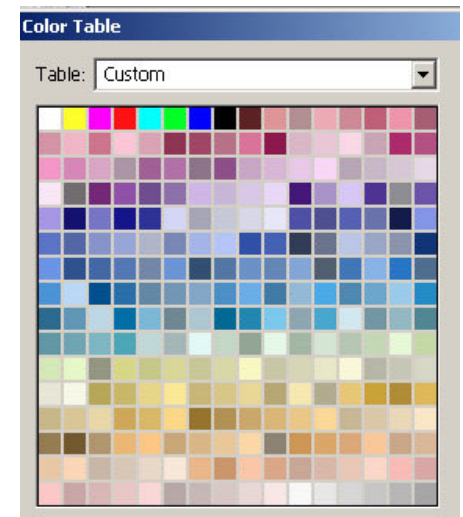
Palette di sistema di Windows



Palette di sistema di Macintosh

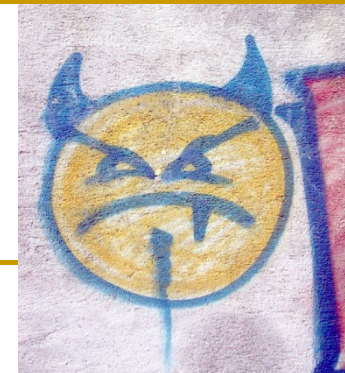


Palette Web Safe (216 colori)

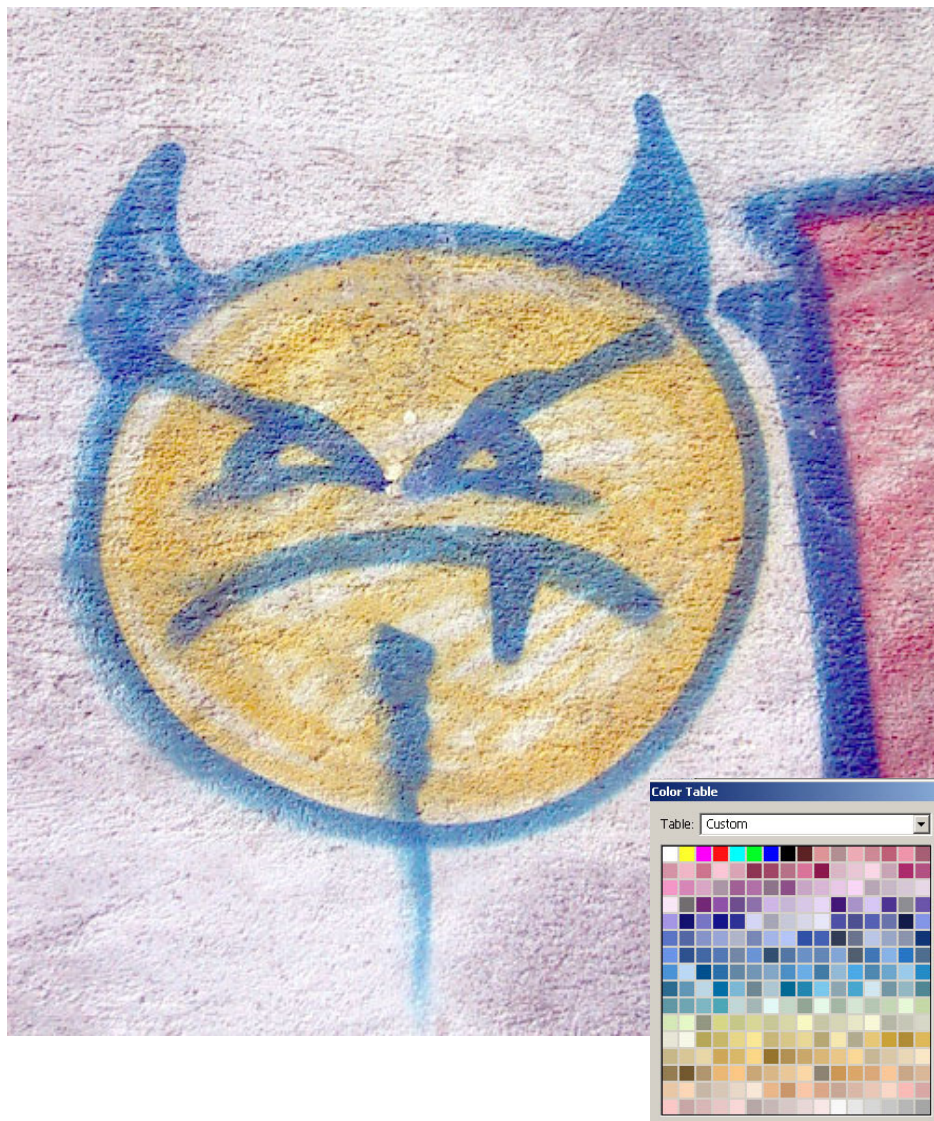


Palette ottimizzata per l'immagine (Photoshop)

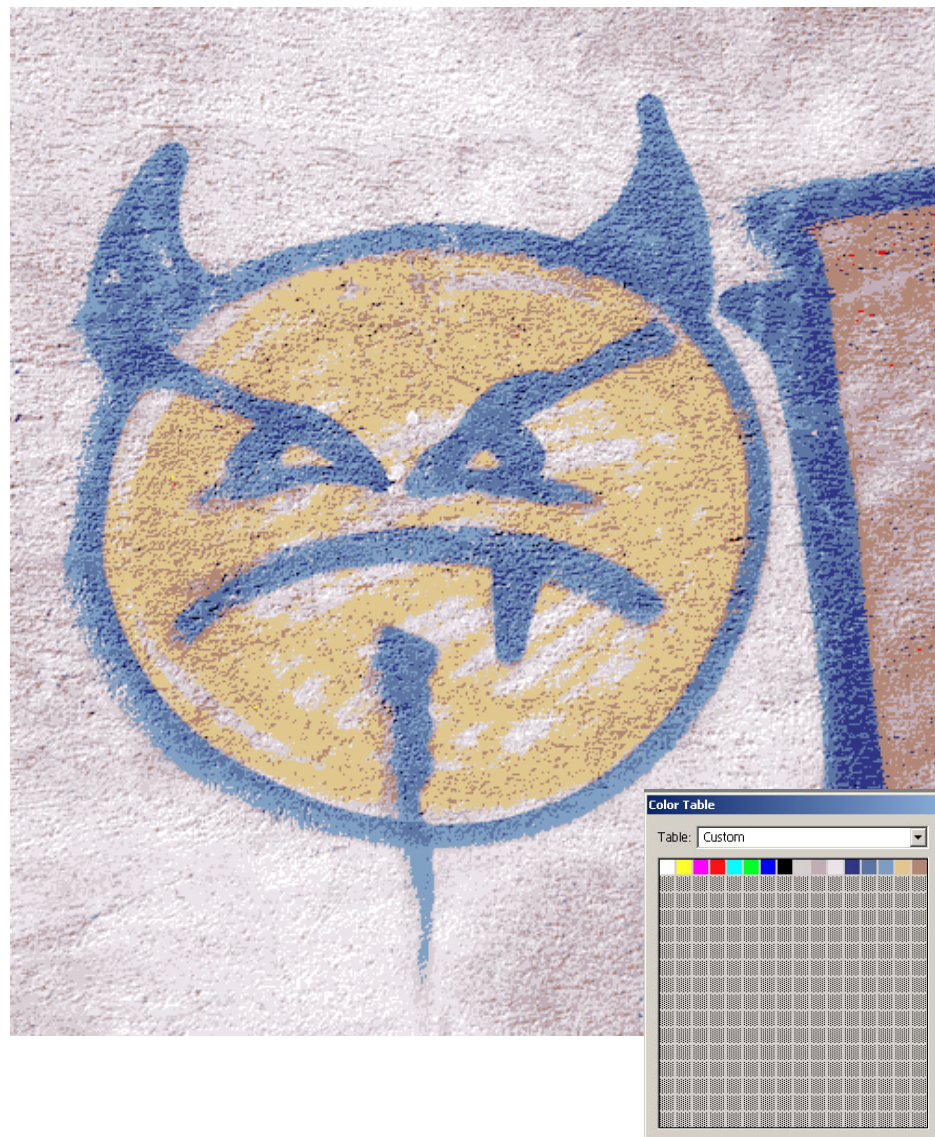
Le differenze percettive tra le varie palette ci sono ma non sono evidenziabili via proiettore e quindi sono qui trascurate

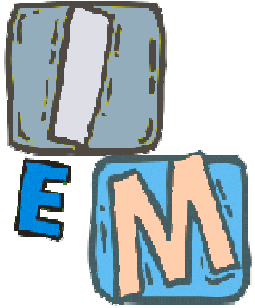


Palette a 256 colori, ottimizzata per l'immagine (Photoshop)

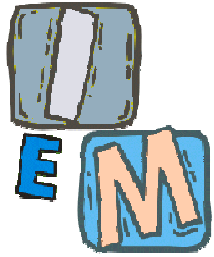


Palette a 16 colori, ottimizzata per l'immagine (Photoshop)

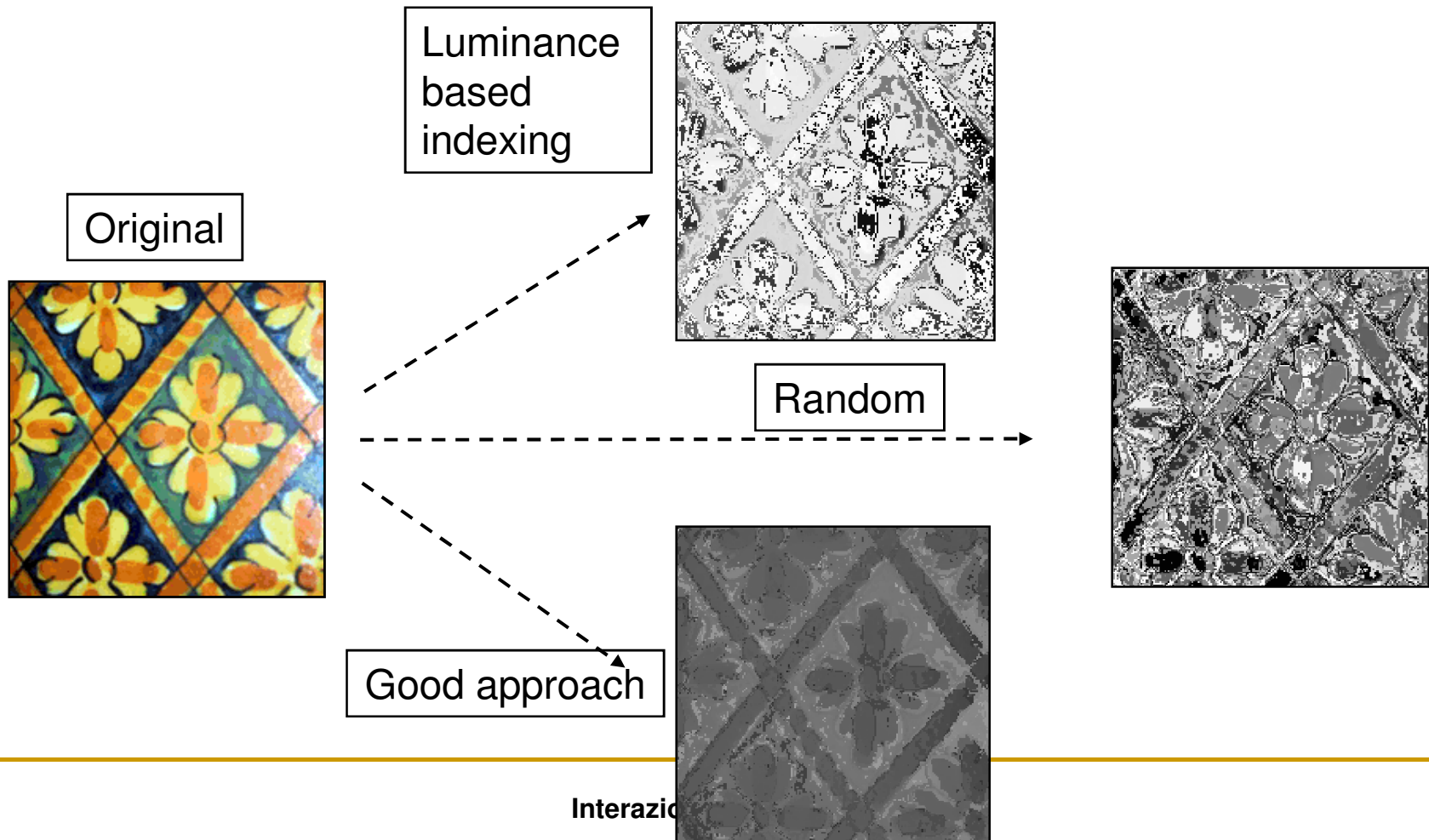


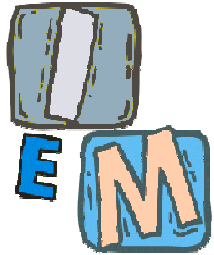


Il re-indexing



Cambiare la posizione della palette e quindi anche l'indice corrispondente in modo da creare una matrice di indici che abbia l'entropia minima.



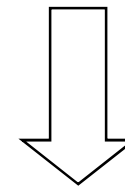
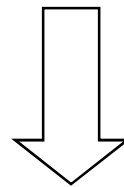
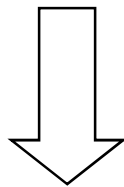
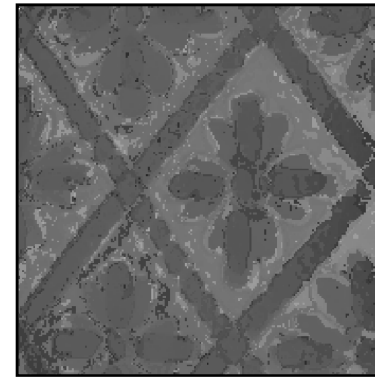
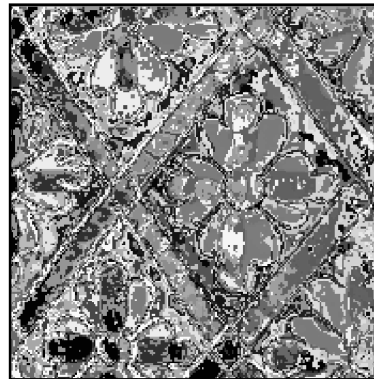
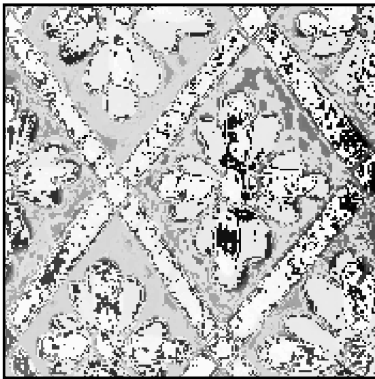


Minimizzare l'entropia

Gray-level

Random

Good



5.25

5.85

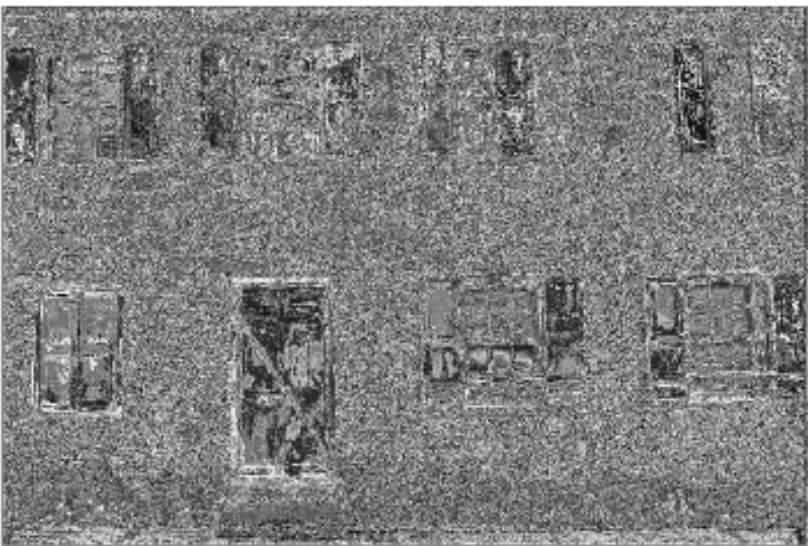
4.65



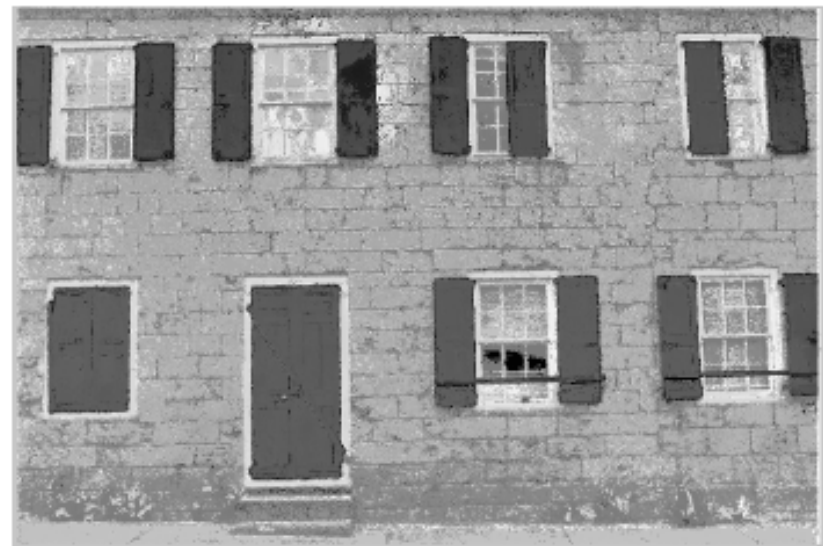
(a)



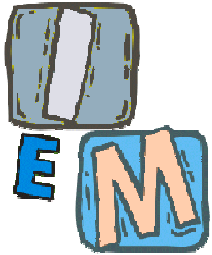
(b) Entropy=5,762



(c) Entropy=6,860



(d) Entropy=5,010



Maggiori dettagli sul re-indexing

- S. Battiato, G. Gallo, G. Impoco, F. Stanco - *An Efficient Re-indexing Algorithm for Colour-Mapped Images. IEEE Transactions on Image Processing, ISSN 1057-7149, vol. 13, n. 11, pp. 1419-1423, Novembre 2004;*
- S. Battiato, F. Rundo, F. Stanco - *Self Organizing Motor Maps for Colour Mapped Image Re-indexing – IEEE Transactions on Image Processing, ISSN 1057-7449, Vol. 16, Issue 12 – December 2007, pp. 2905-2915*