

Basi di Colorimetria

BYK-Instruments, 2022

Qualità superficiale



Colore

Brillantezza
Distinctness Of Image

Haze

Effetti

Buccia d'arancia

Il colore stimola certe emozioni!



Il colore influenza le nostre decisioni negli acquisti!



Il colore stimola certe emozioni!



Rosso = Azione - Passione - Servizio veloce

Il colore è usato anche per identificare!



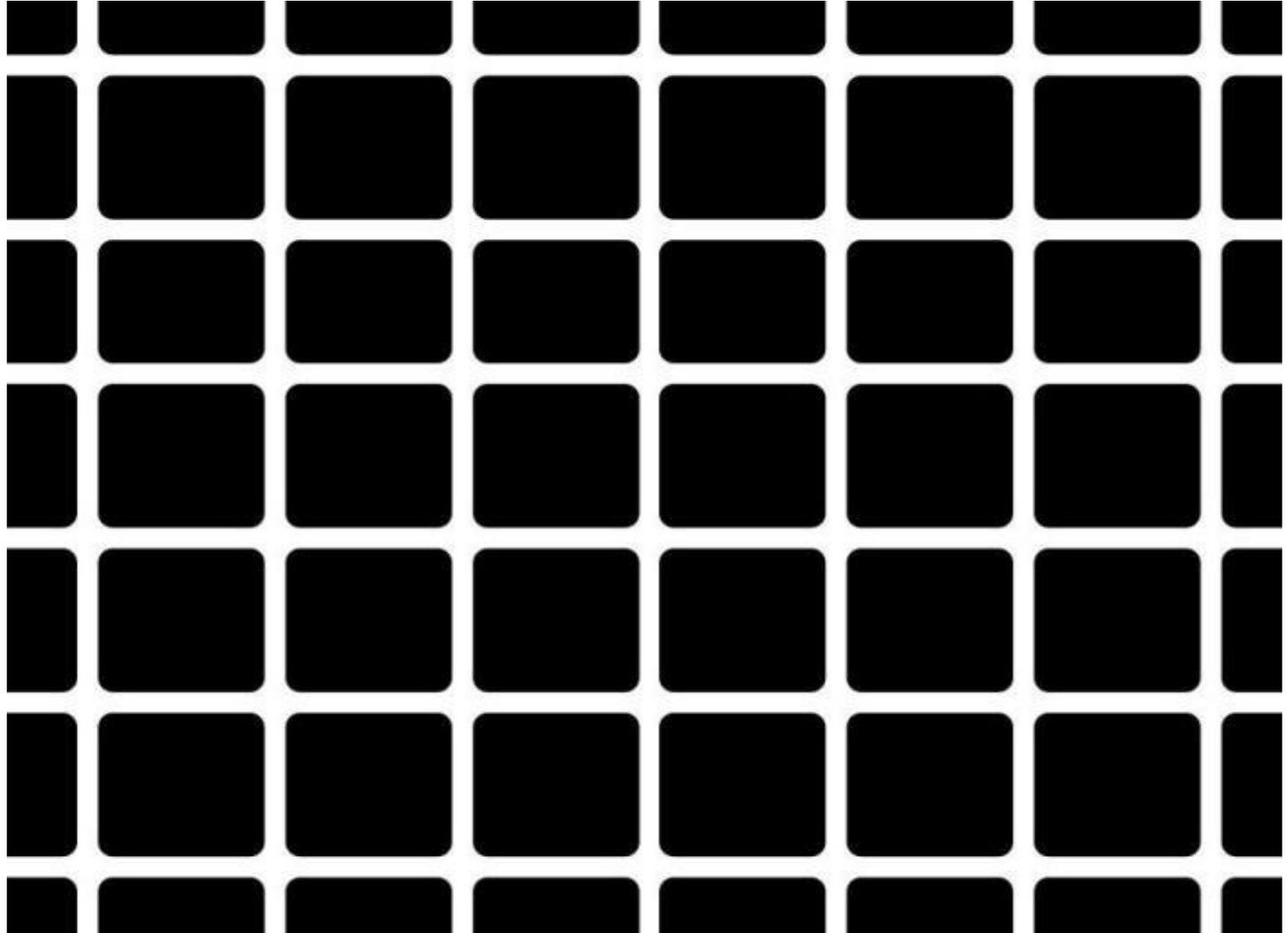
Il colore influenza le nostre decisioni negli acquisti!

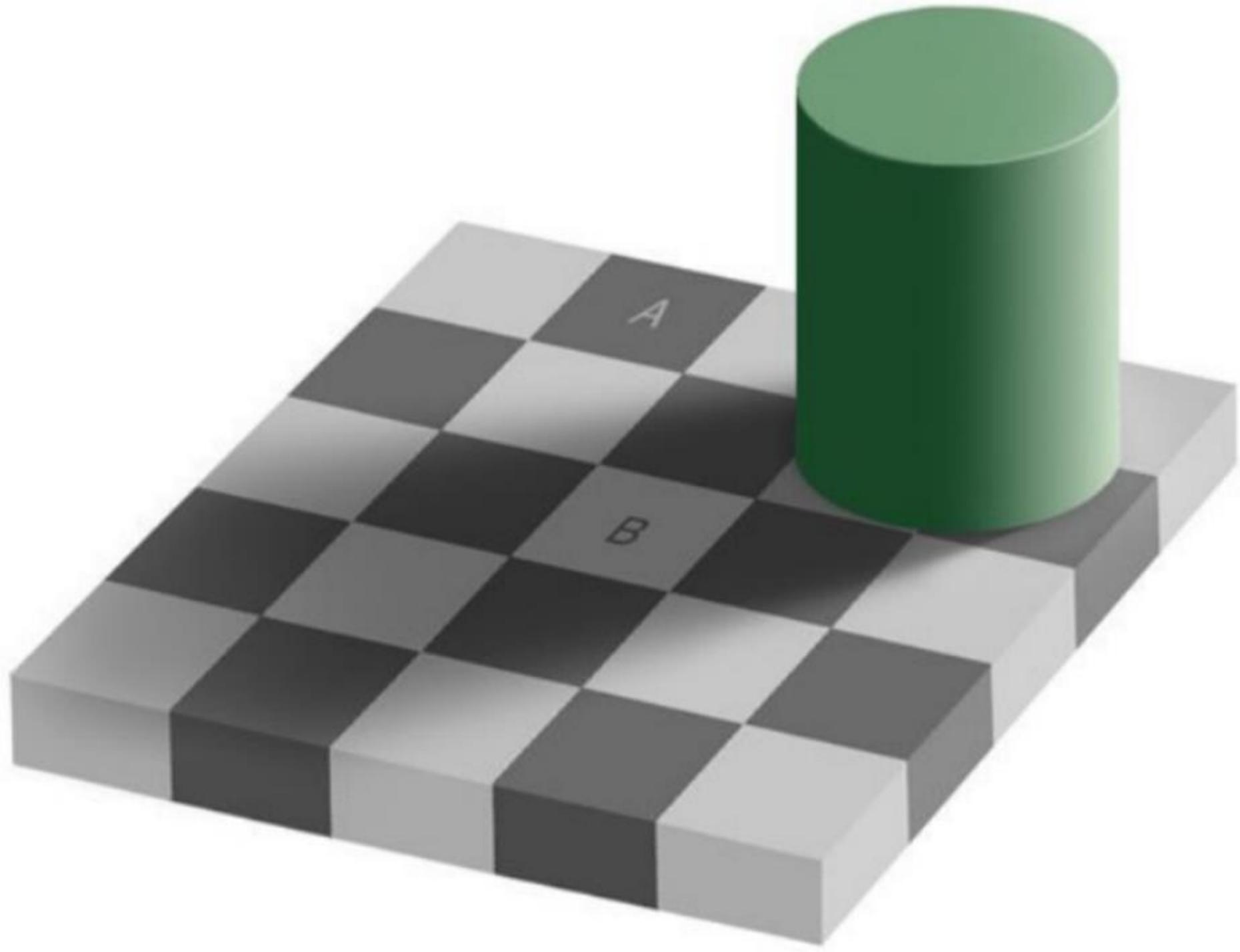


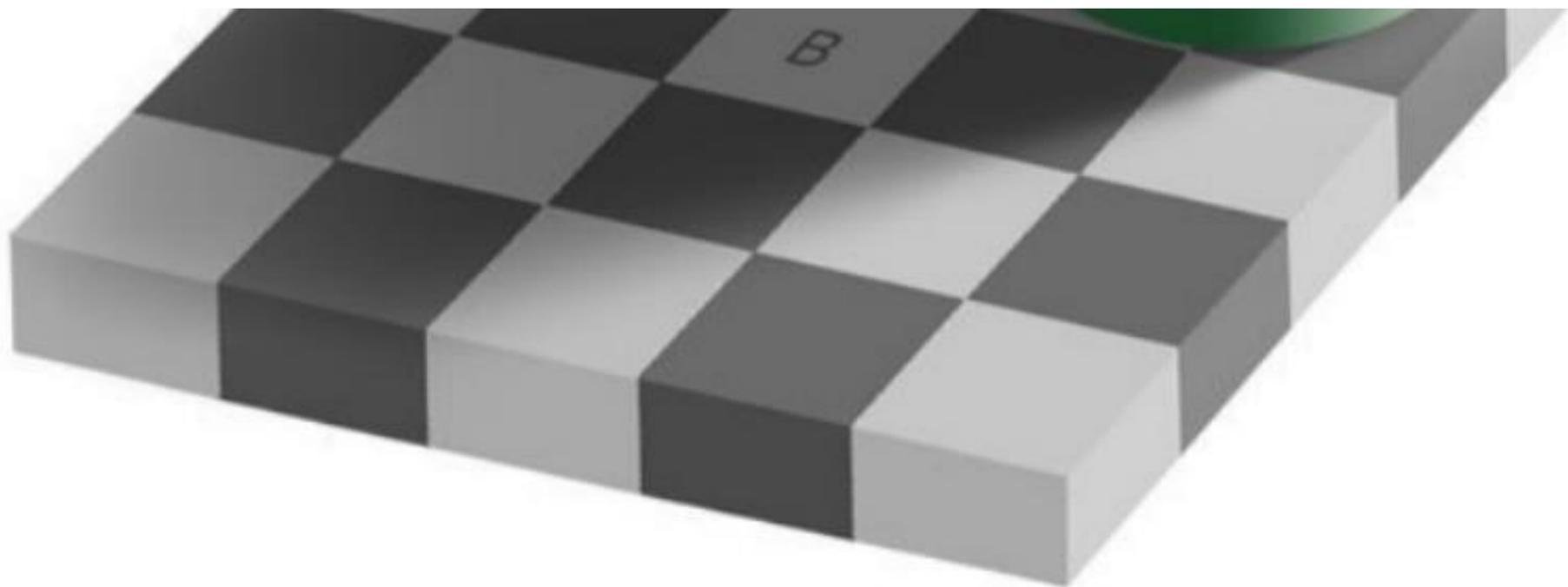
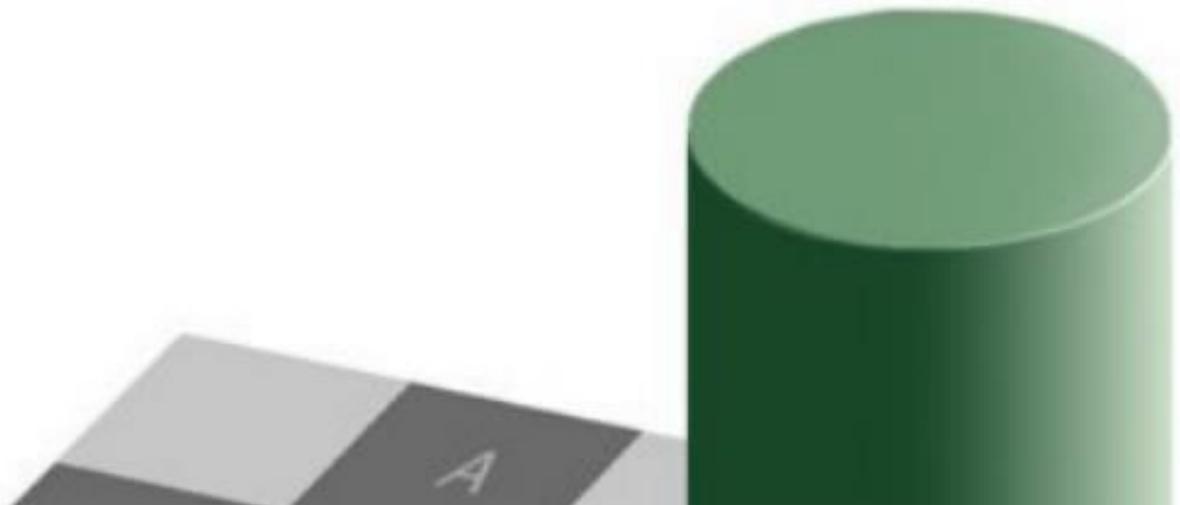
Colore uniforme: Prodotti multi-composti

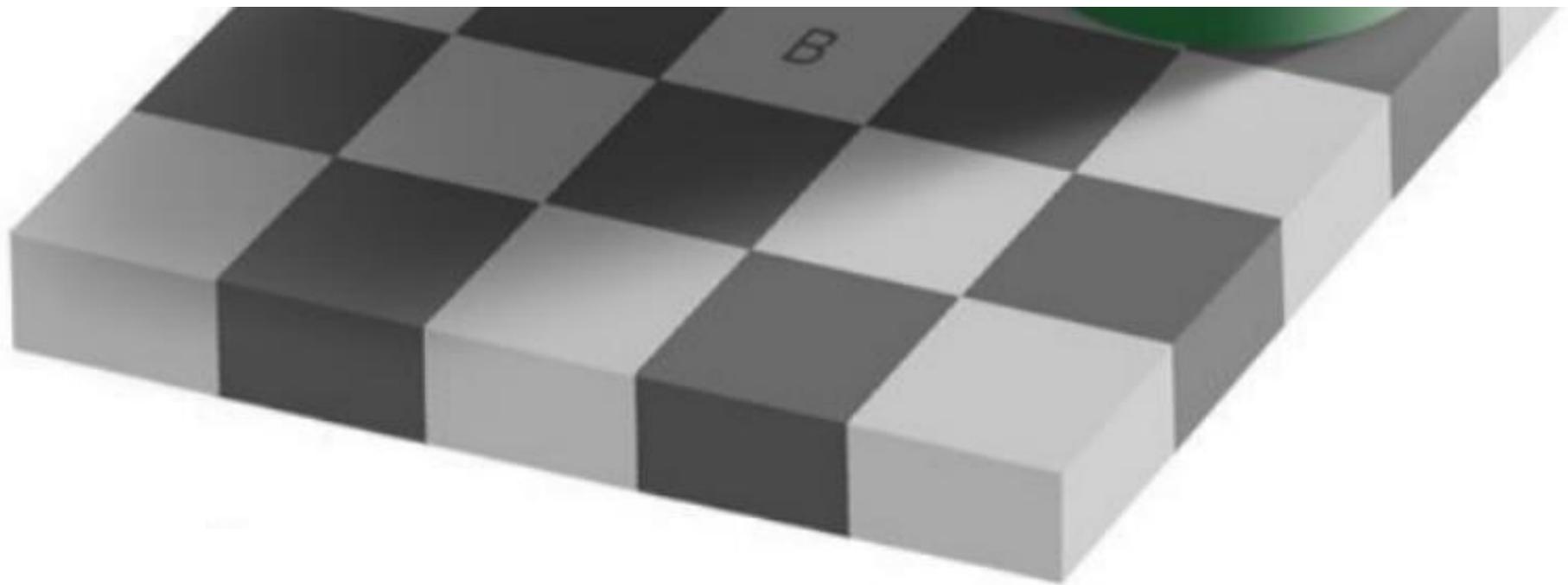
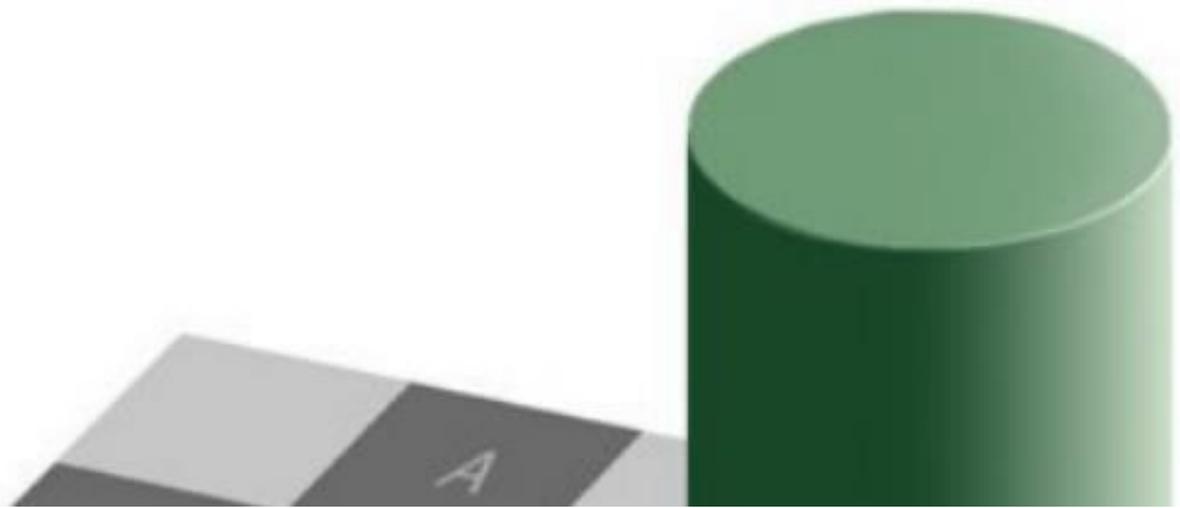


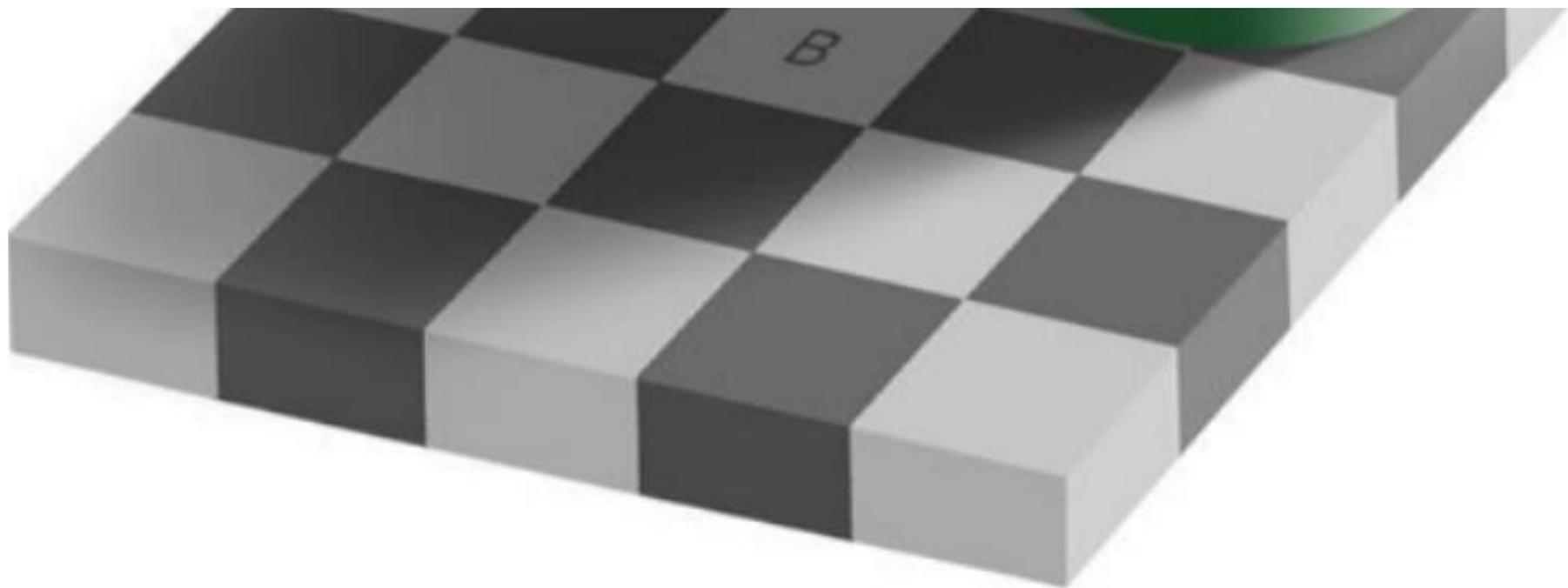
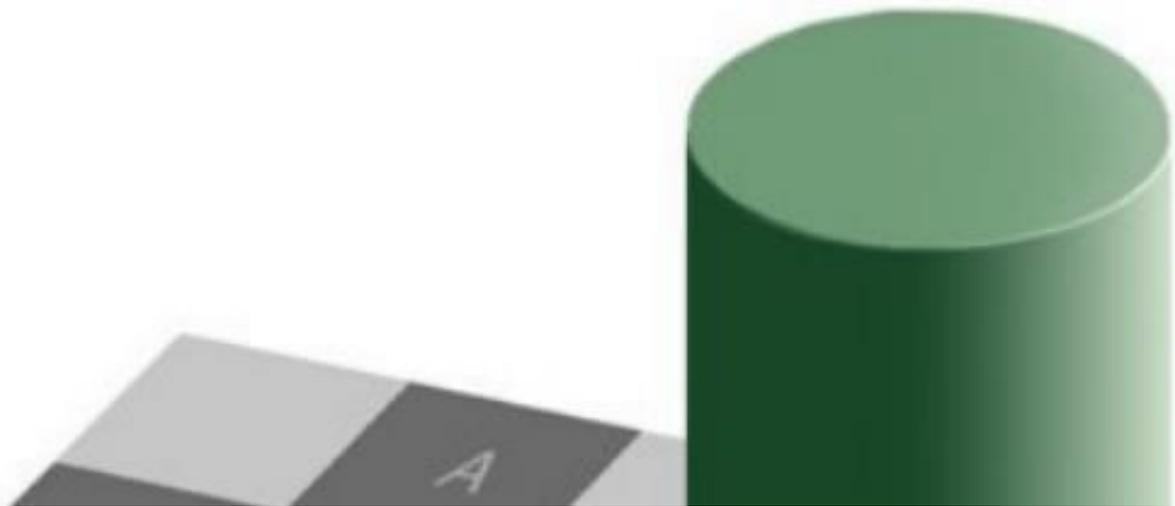
Vedete i punti alle intersezioni?

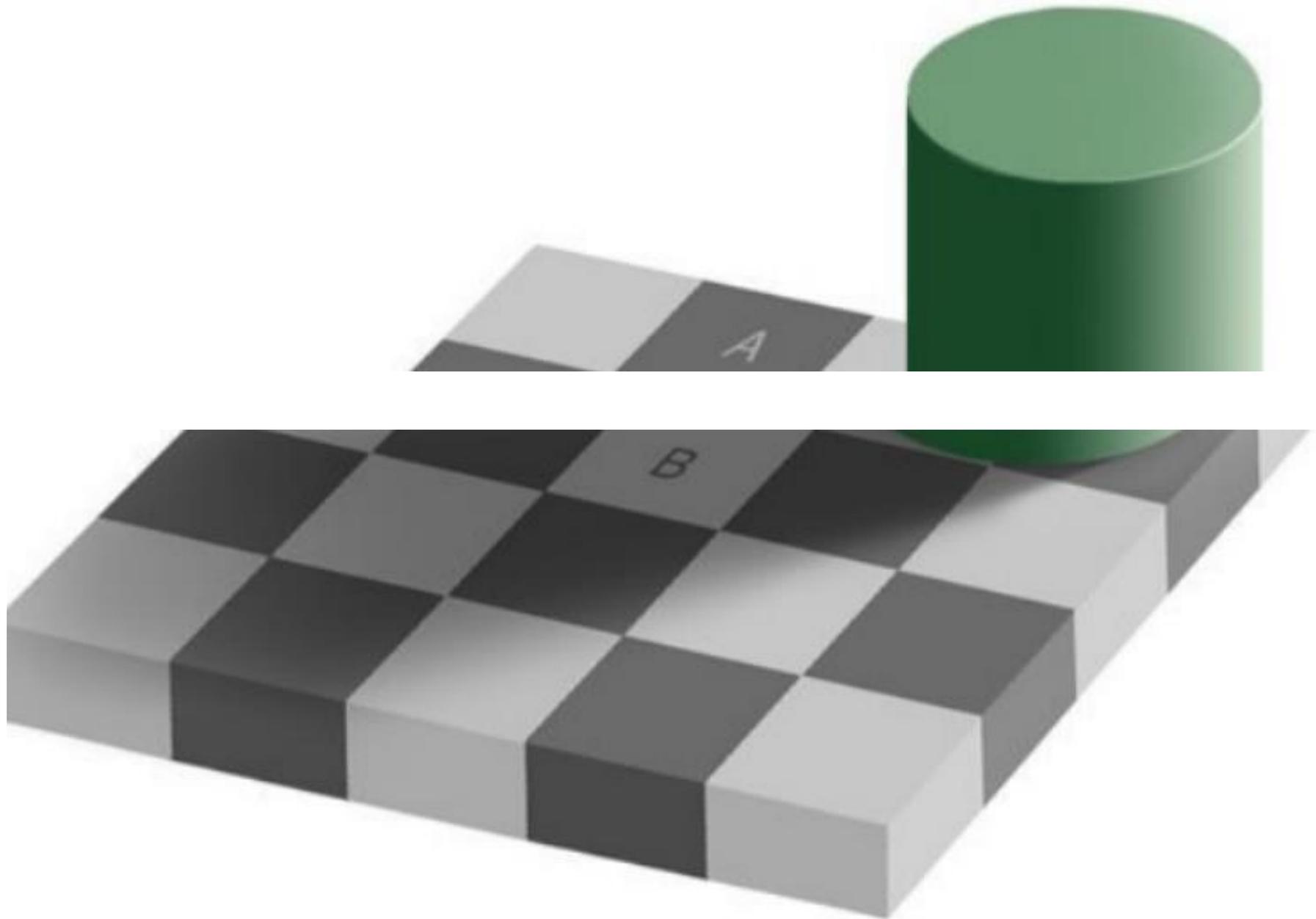


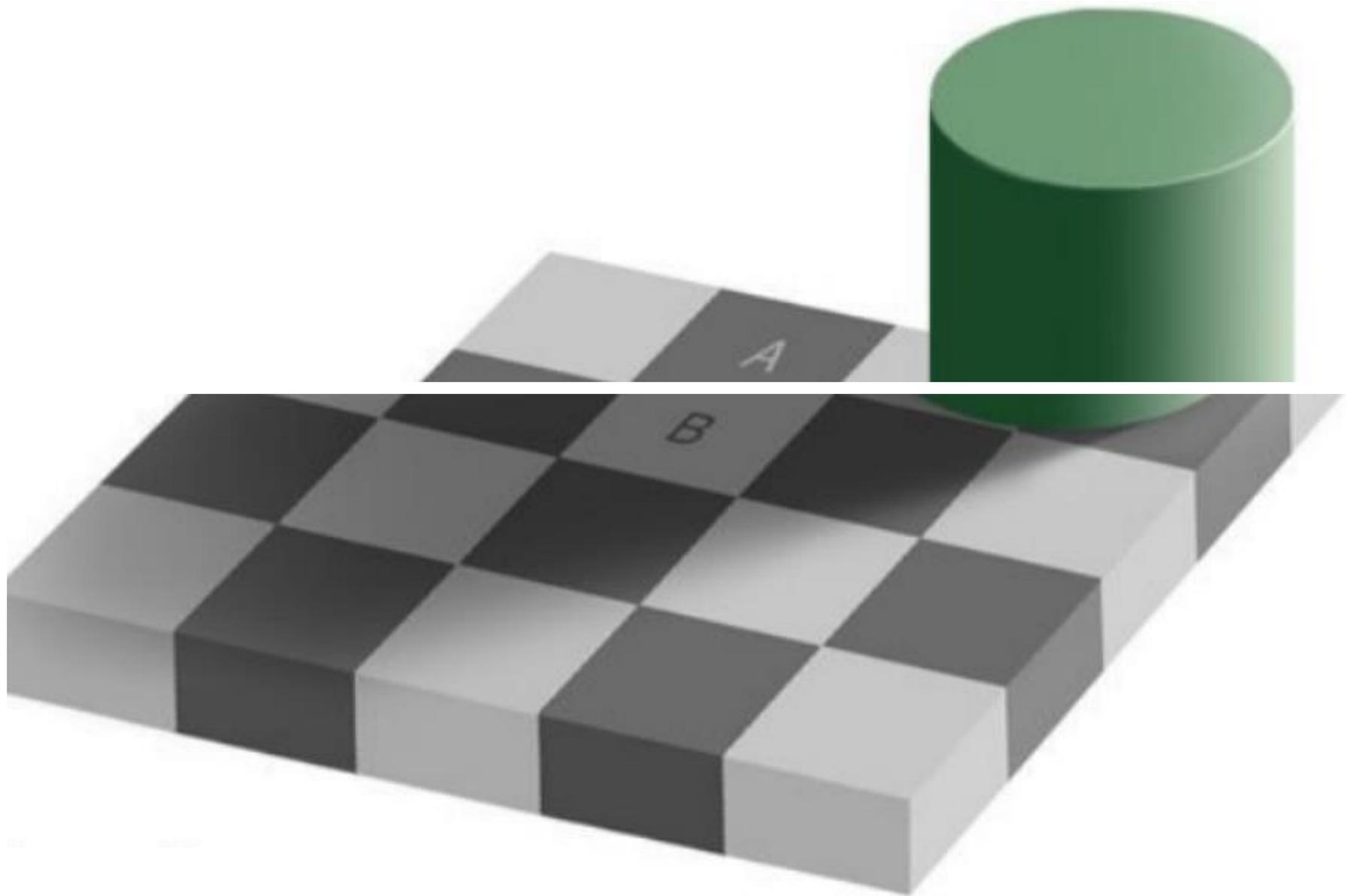


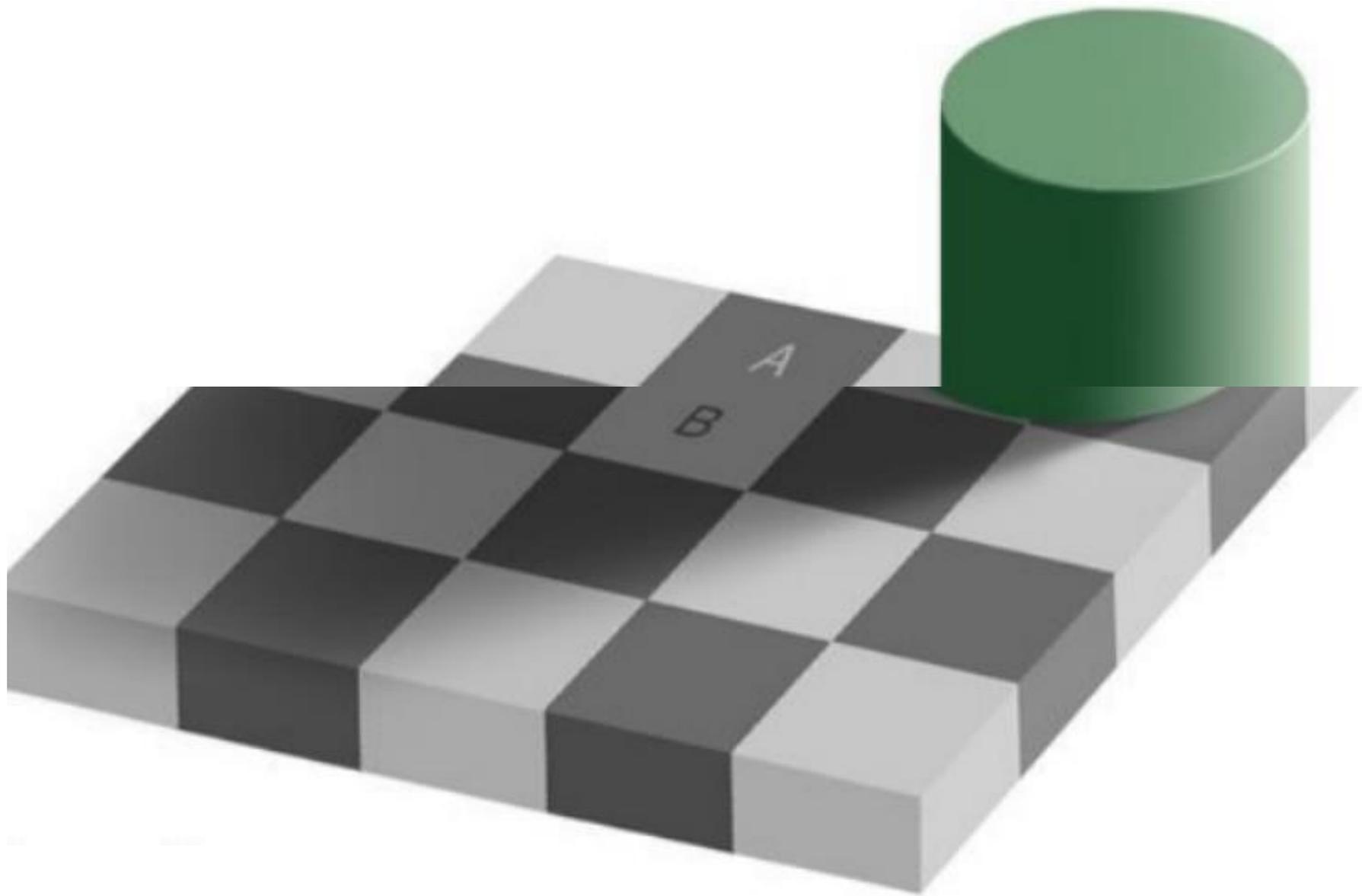


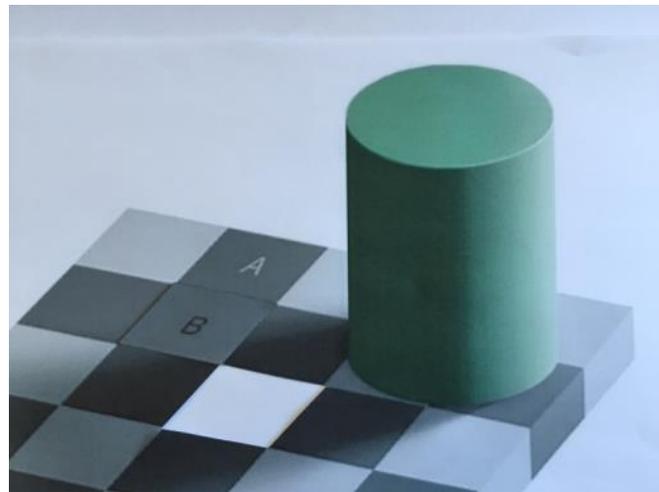
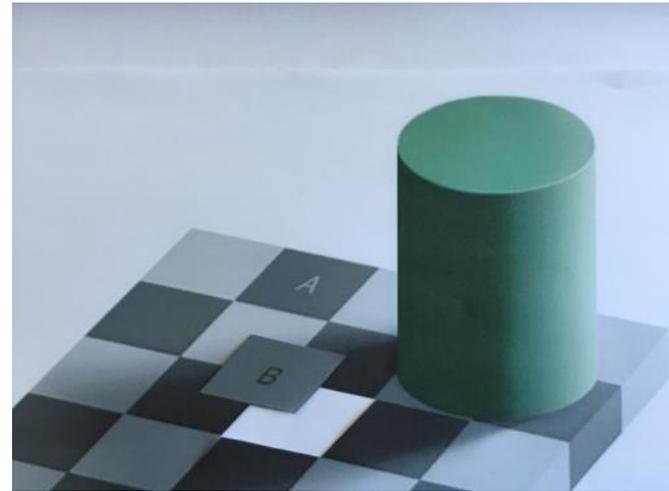
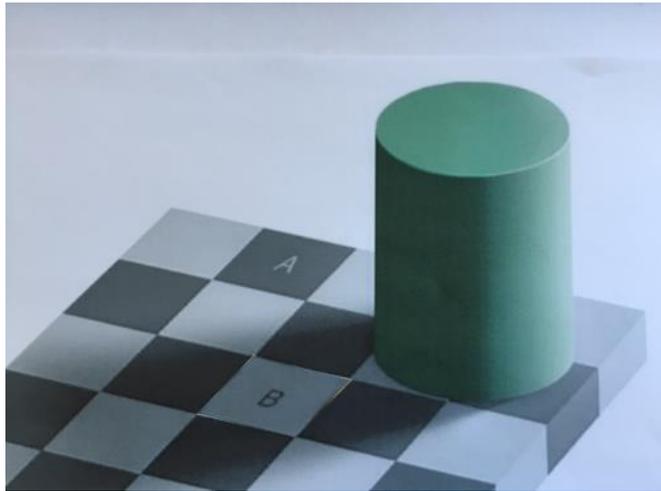












La percezione del colore è influenzata dall'osservatore

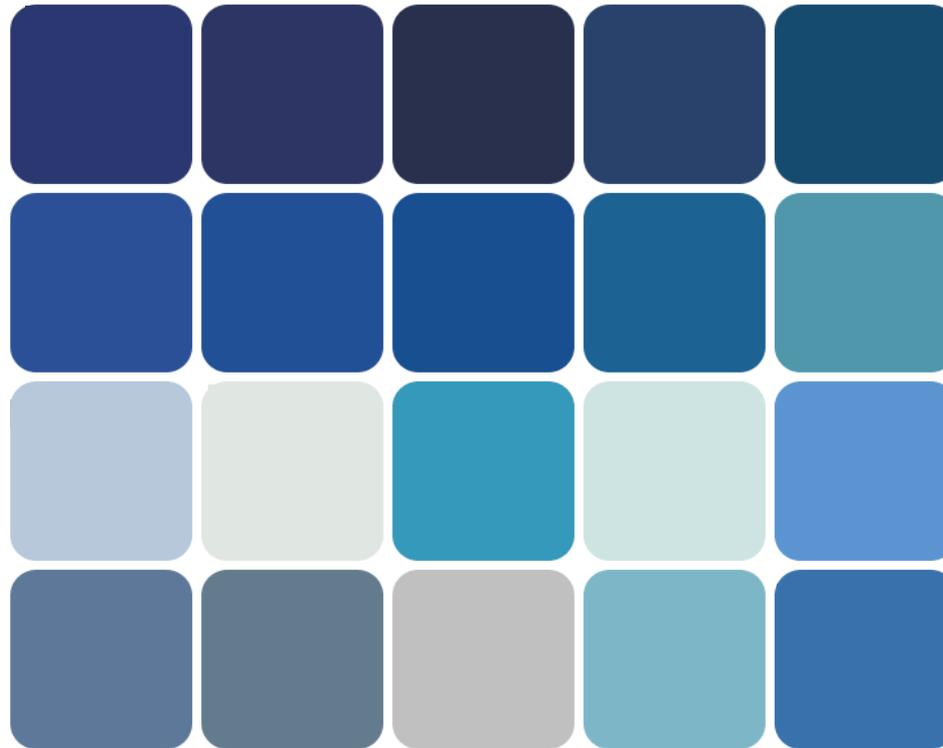
Uomini e Donne vedono il rosso in maniera diversa



Studio di Ricerca della Arizona State University:
Gene nel cromosoma X è responsabile per la percezione del rosso:
→ Le donne hanno due cromosomi X → maggiore distinzione delle varietà rosso-arancio

La percezione del colore è influenzata dalla nostra memoria del colore

Non possiamo ricordare un colore specifico, ma possiamo descrivere una differenza di colore

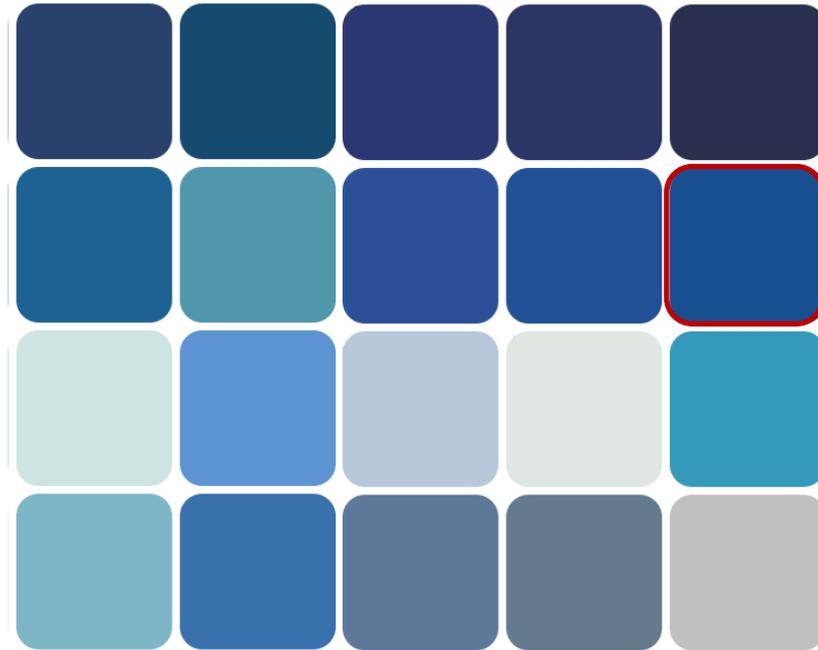


La percezione del colore è influenzata dalla nostra memoria del colore

Non possiamo ricordare un colore specifico, ma possiamo descrivere una differenza di colore



Vi ricordate quale è il Blu?



La percezione del colore è influenzata dalla nostra memoria del colore

Comunicazione del colore?

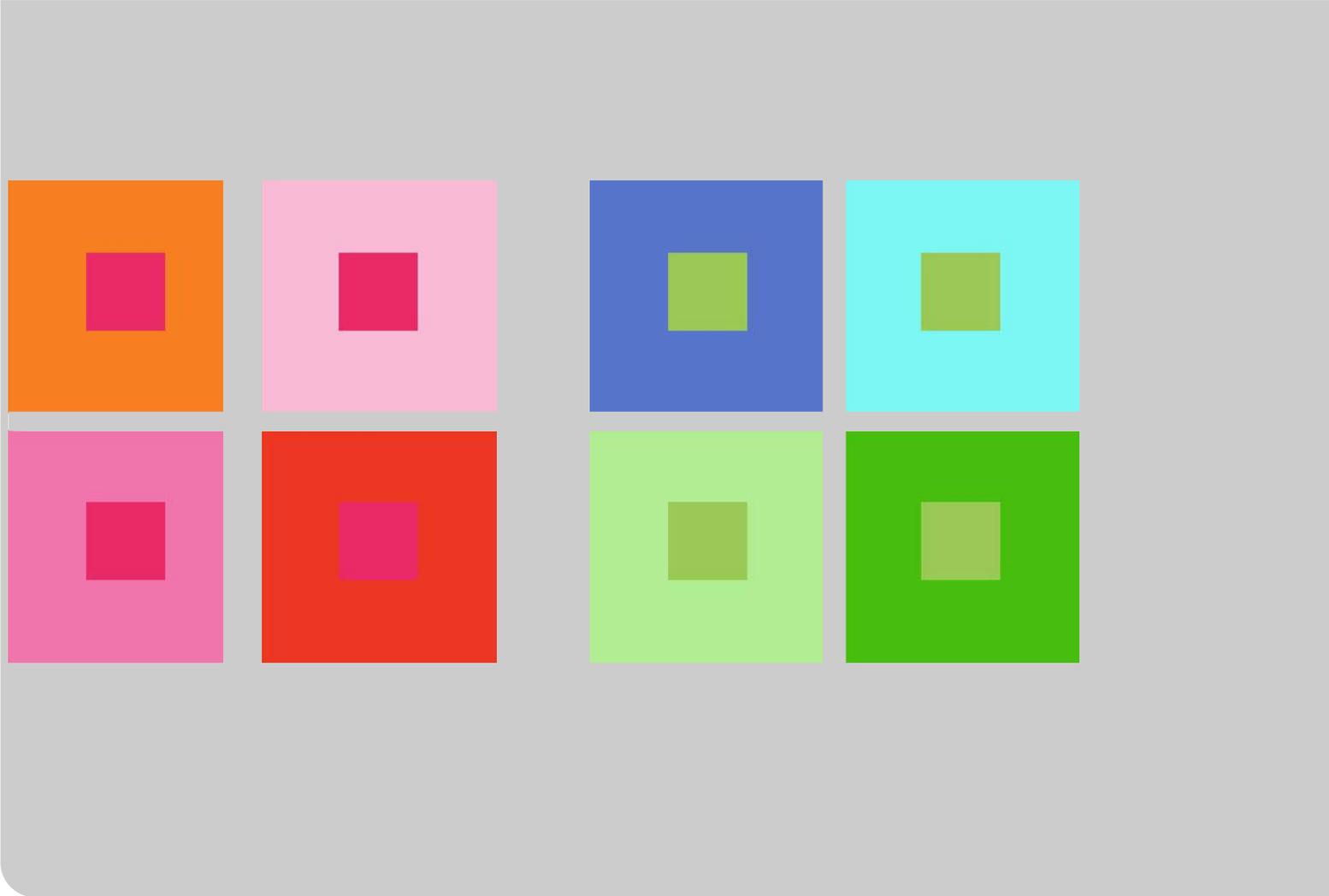


La percezione del colore è influenzata dalla nostra memoria del colore

Comunicazione del colore?

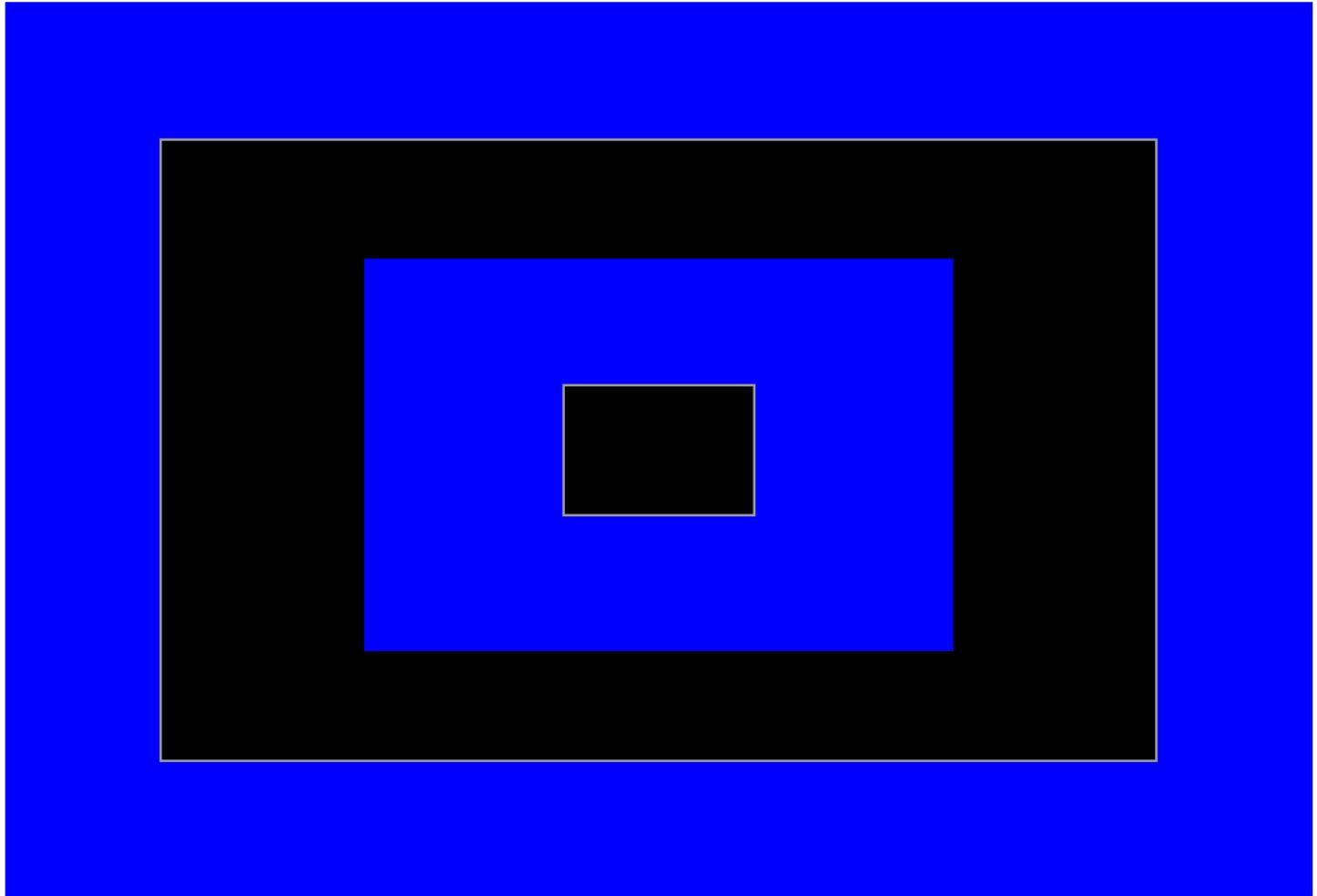


La percezione del colore è influenzata dagli sfondi

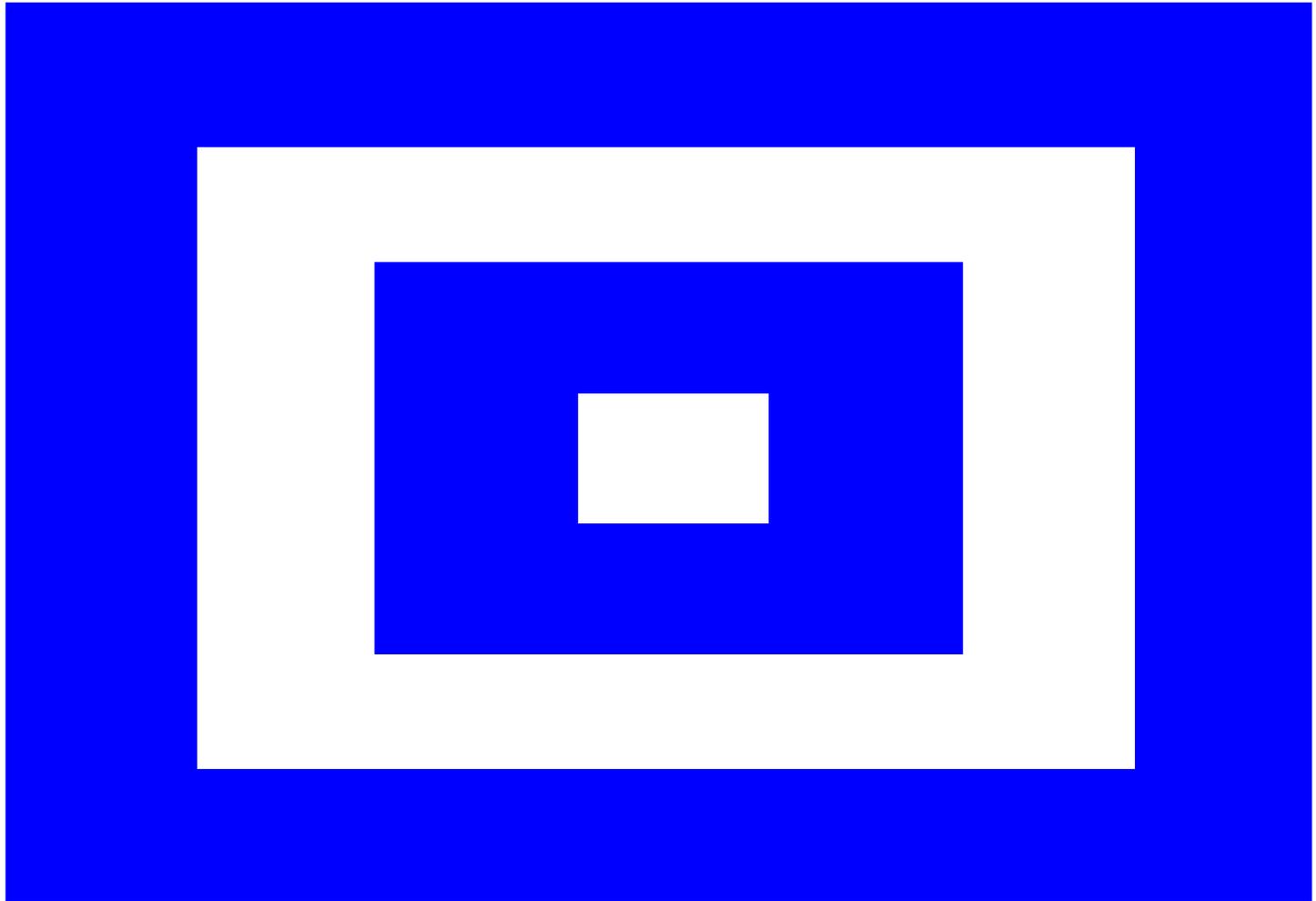


La percezione del colore è influenzata dagli sfondi

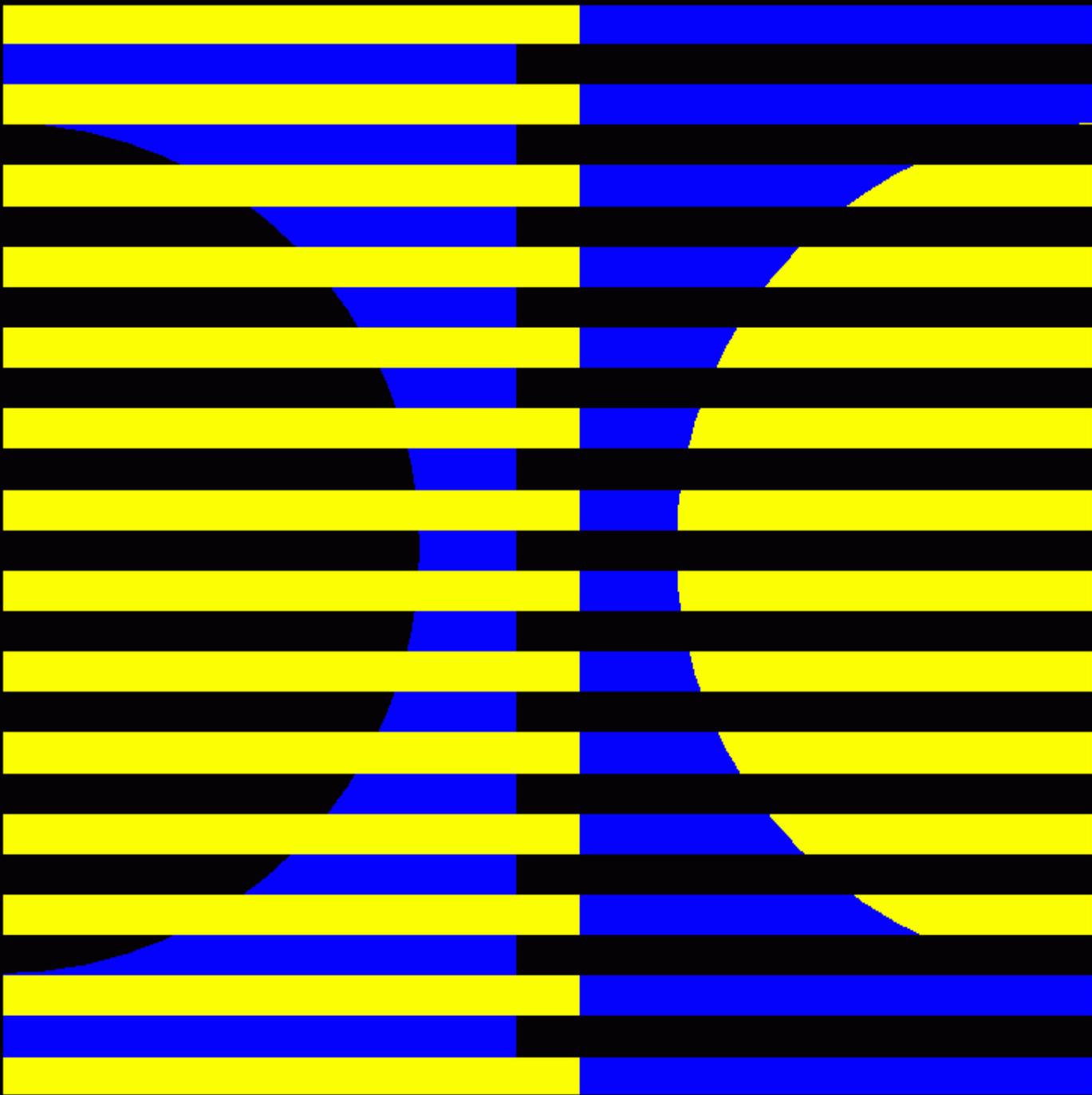


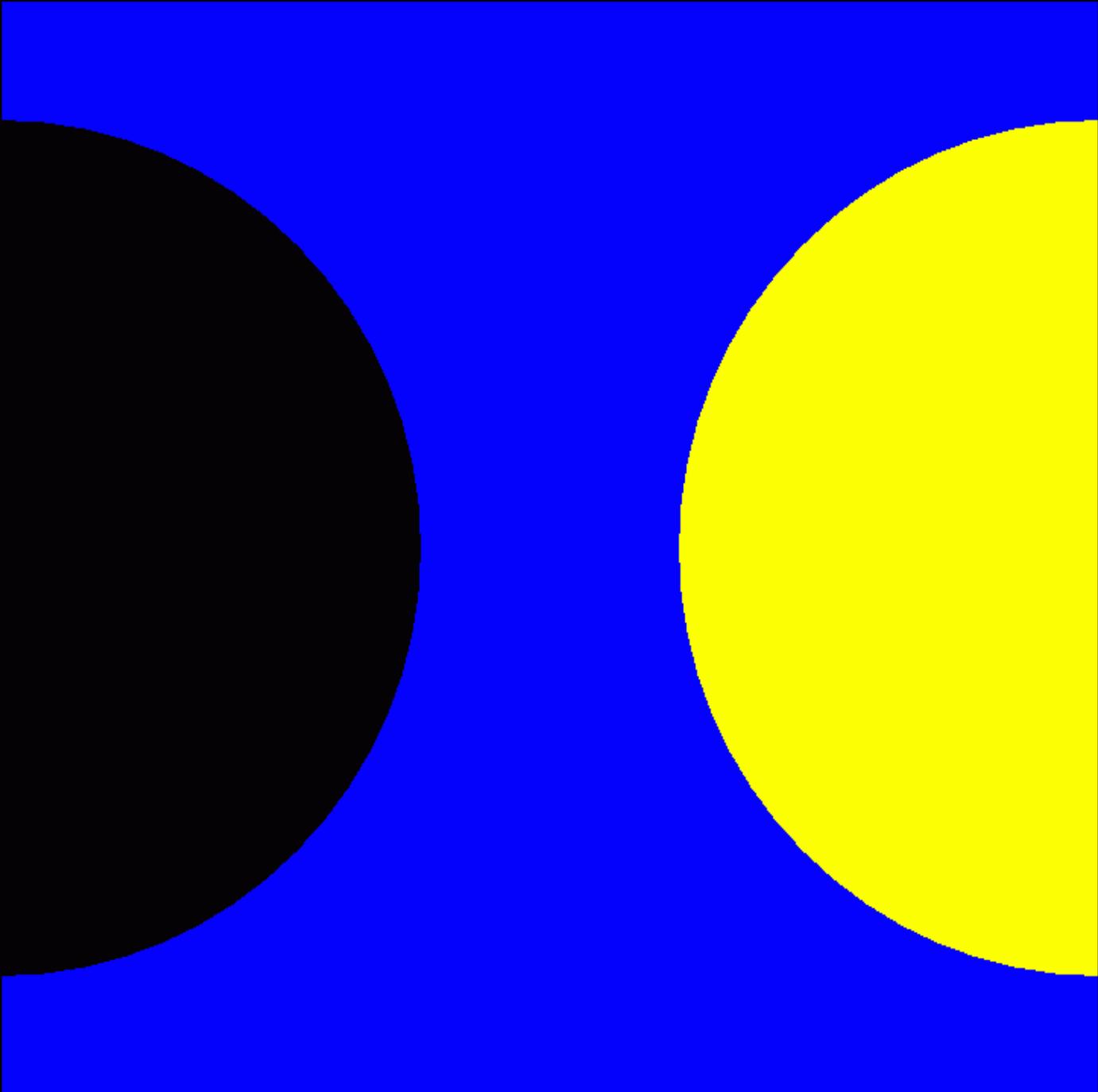


I colori appaiono più cromatici vicini al nero



I colori appaiono meno cromatici vicini al bianco





red blue orange purple

orange blue green red

blue purple green red

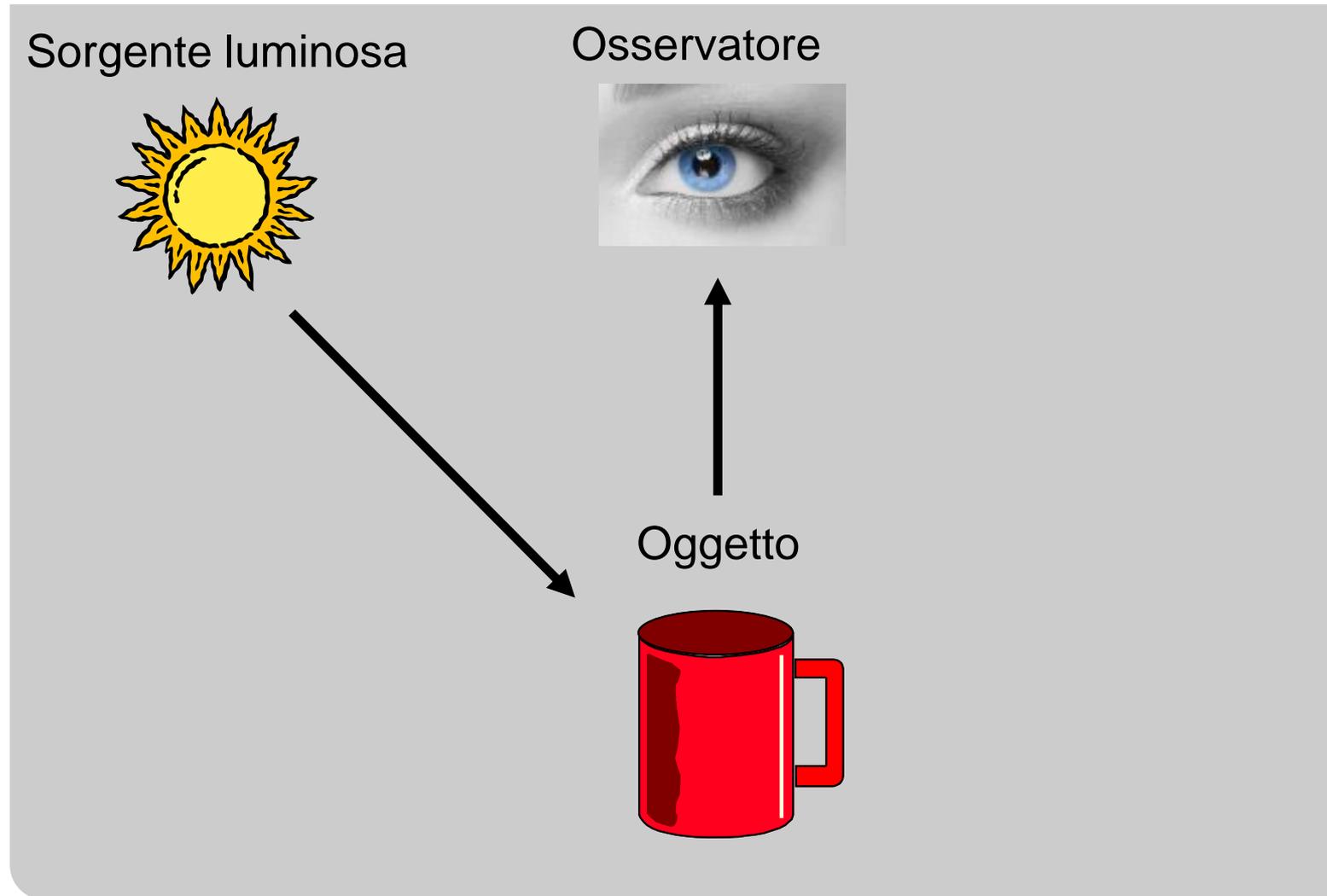
orange blue red green

purple orange red blue

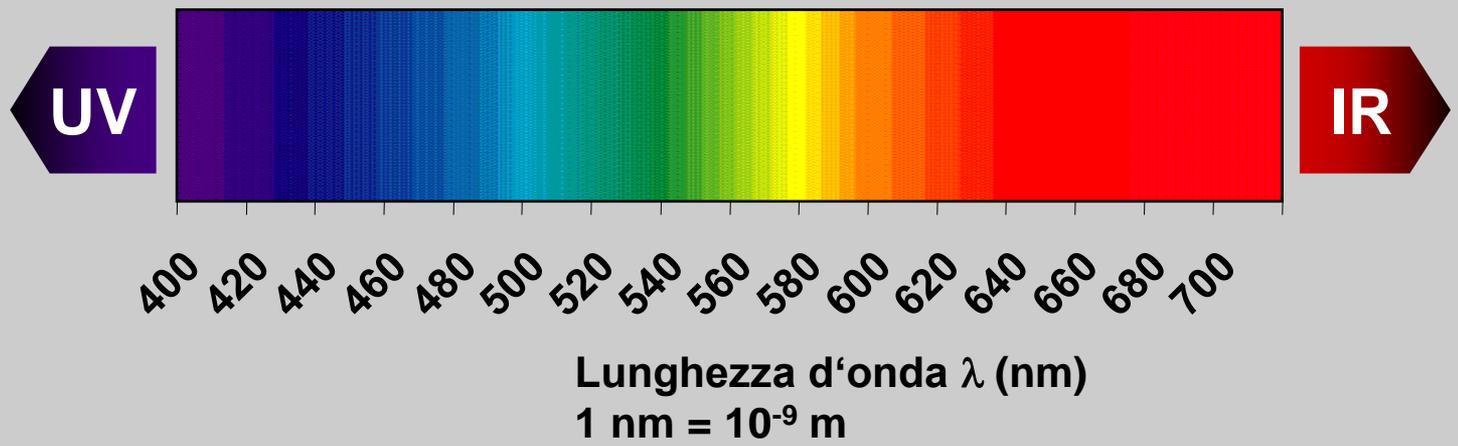
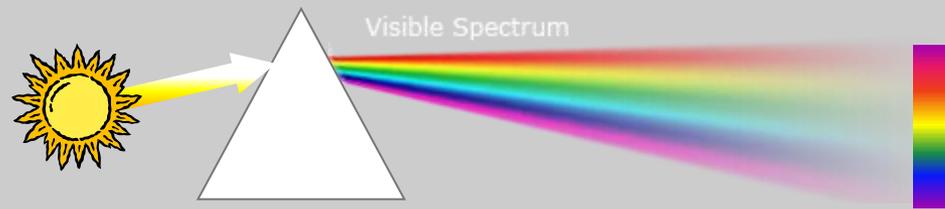
Percezione visiva

- La percezione del colore è soggettiva
 - Età, sesso, umore
- Non possiamo comunicare nè ricordare i colori
- Il colore dipende dalla luce circostante
- Il colore dipende dallo sfondo

Percezione del colore

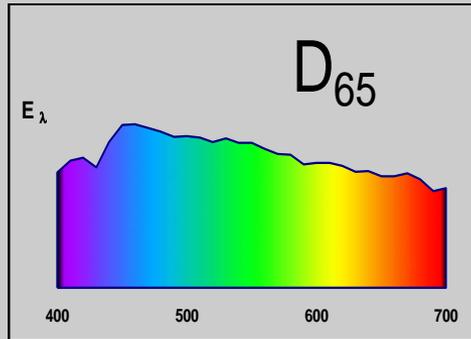


Spettro della luce visibile

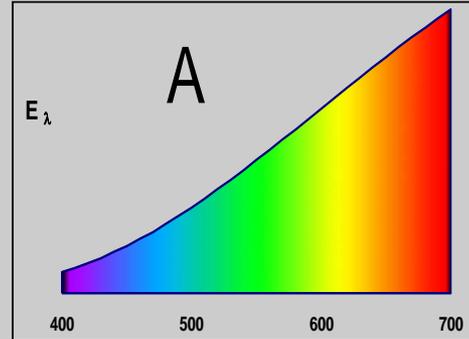


Illuminanti standard

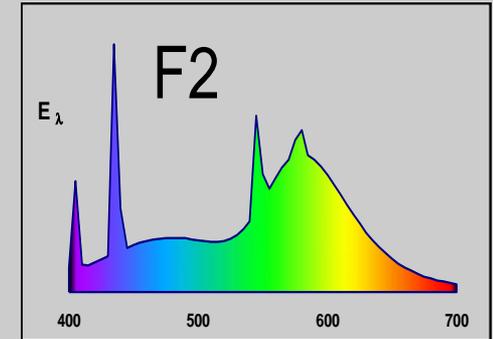
illuminanti



Luce diurna



Tungsteno

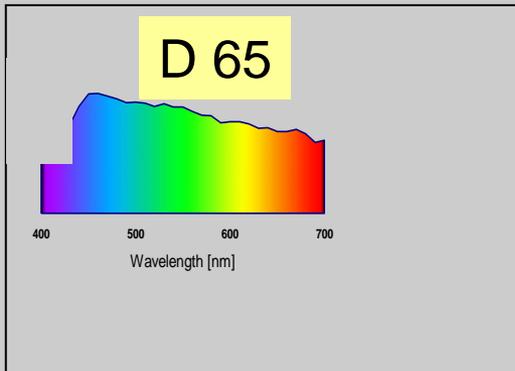


Fluorescente

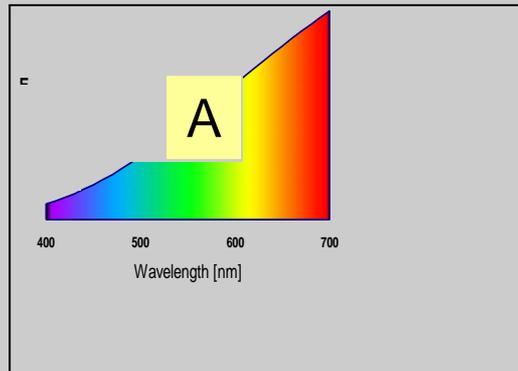


Gli oggetti appaiono diversi sotto illuminanti diversi

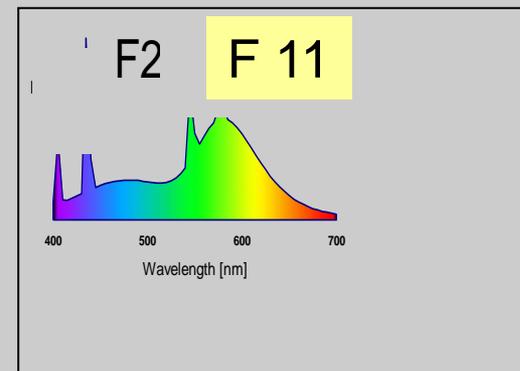
Illuminanti standard



Luce diurna



Tungsteno



Fluorescente

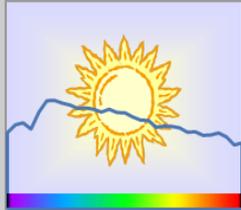


Gli oggetti appaiono diversi sotto illuminanti diversi

Illuminanti standard

Metamerismo

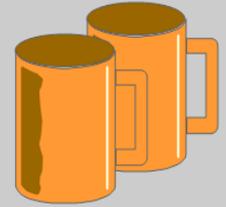
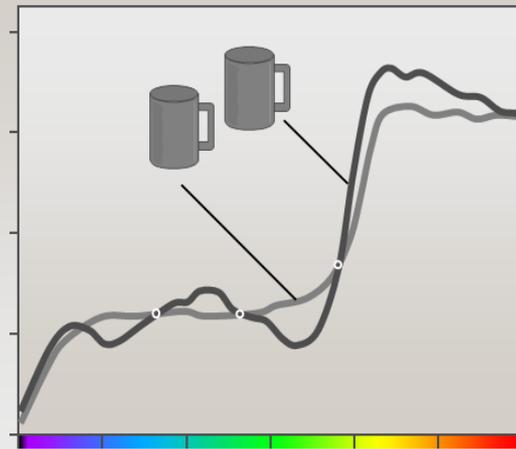
D65 Tageslicht



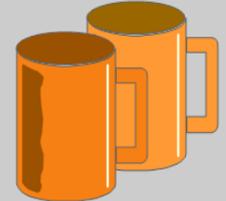
A Abendlicht



% Reflexion



gleich



unterschiedlich

Metamerie Index MI < 1
(Spektraldaten notwendig)

$$MI = \sqrt{(\Delta L^*_1 - \Delta L^*_2)^2 + (\Delta a^*_1 - \Delta a^*_2)^2 + (\Delta b^*_1 - \Delta b^*_2)^2}$$

Rapporto di misura

D65 / 10°
spectro-guide 45/0

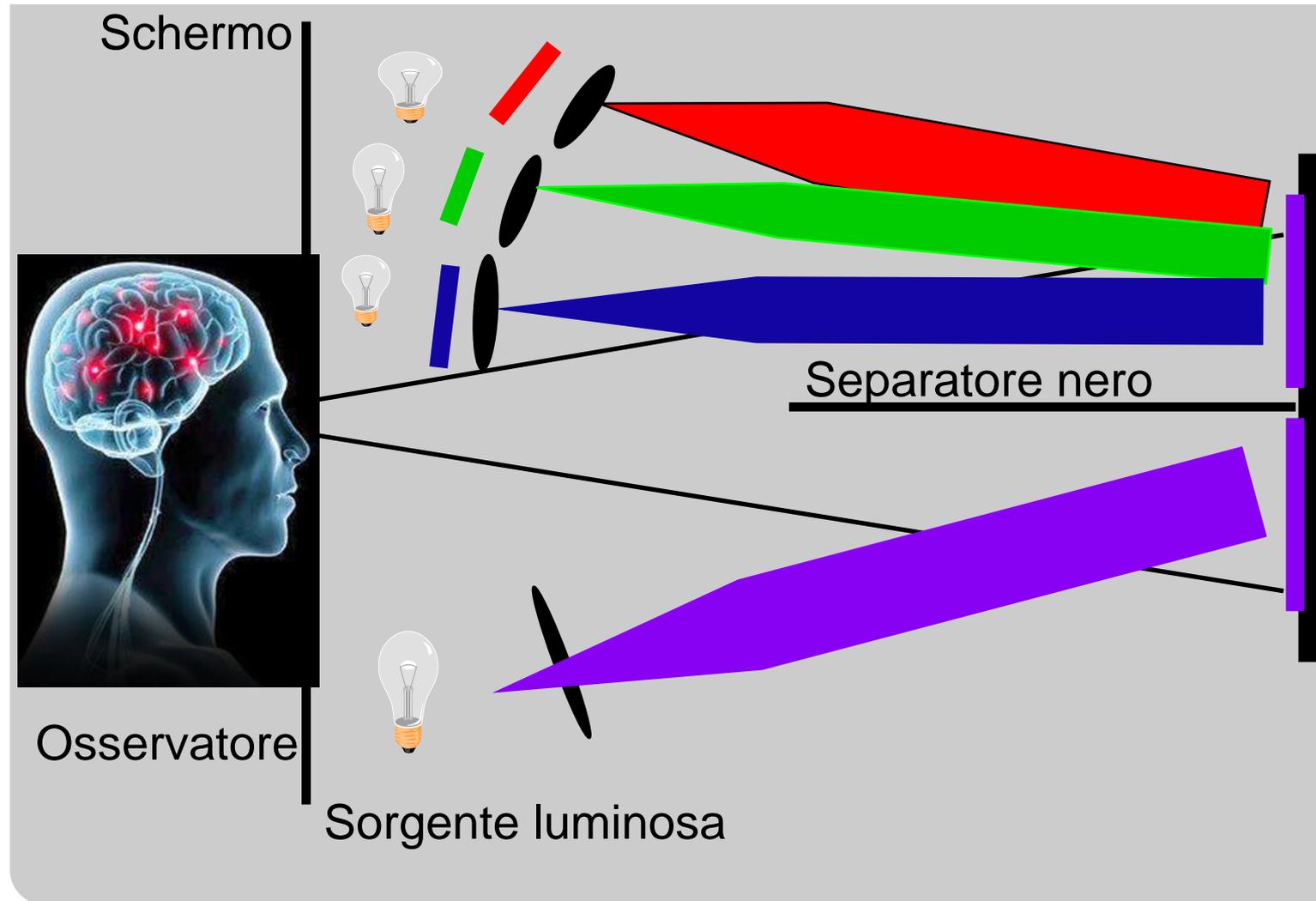
Scala colore	Standard	Campione	Differenze
L*	36.84	37.77	0.93
a*	-24.10	-24.59	-0.49
b*	12.00	11.88	-0.12
		dE* =	1.05

Rapporto di misura

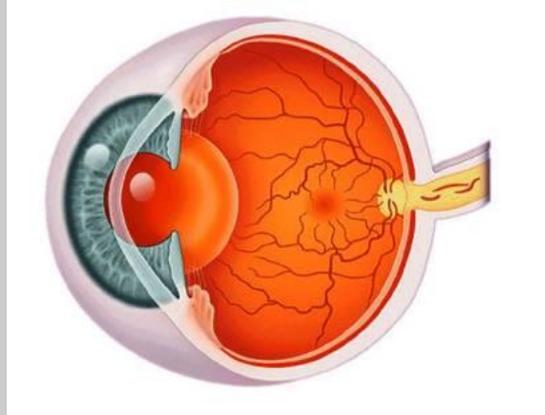
D65 / 10°
spectro-guide 45/0

Scala colore	Standard	Campione	Differenze
L*	36.84	37.77	0.93
a*	-24.10	-24.59	-0.49
b*	12.00	11.88	-0.12
		dE* =	1.05

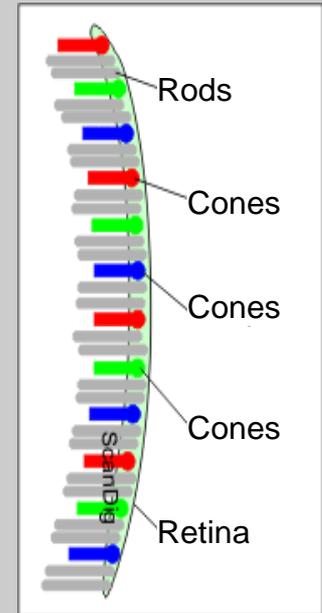
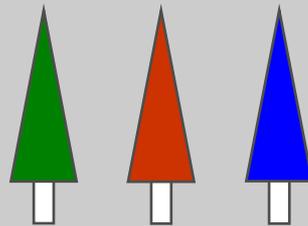
Esperimento di Wright / Guild



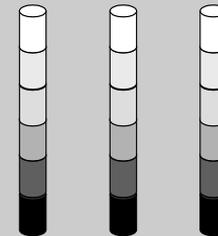
Ricettori dell'occhio

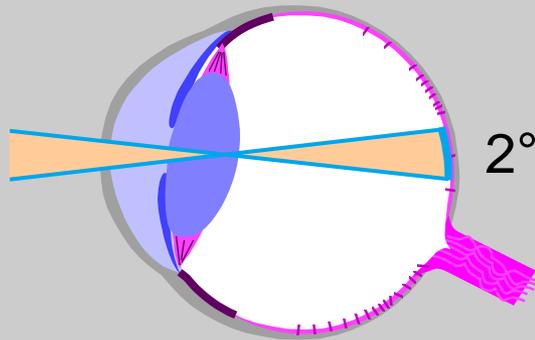


Coni
Rilevatori del colore



Bastoncelli
Rilevatori della luminosità

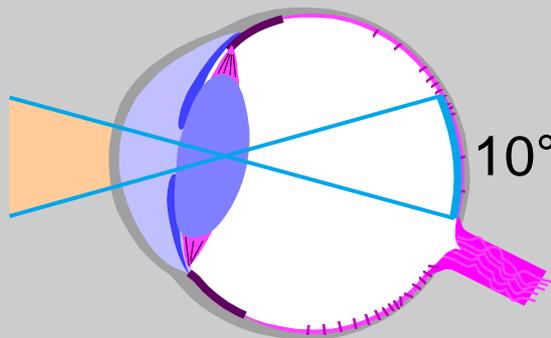




Osservatore 2° (1931)



- Piccola area della retina
- Non si accorda bene con la percezione del colore

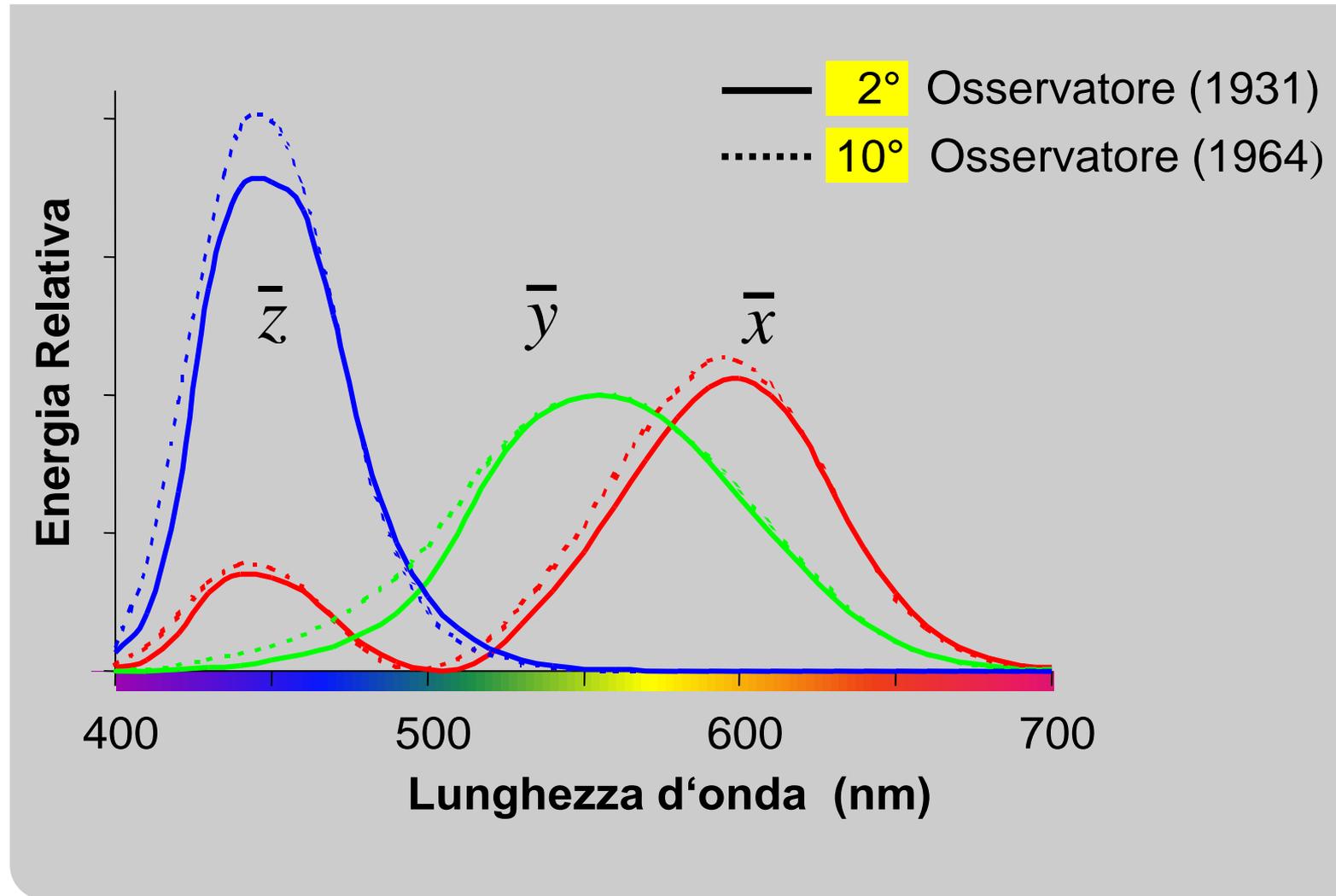


Osservatore 10°(1964)

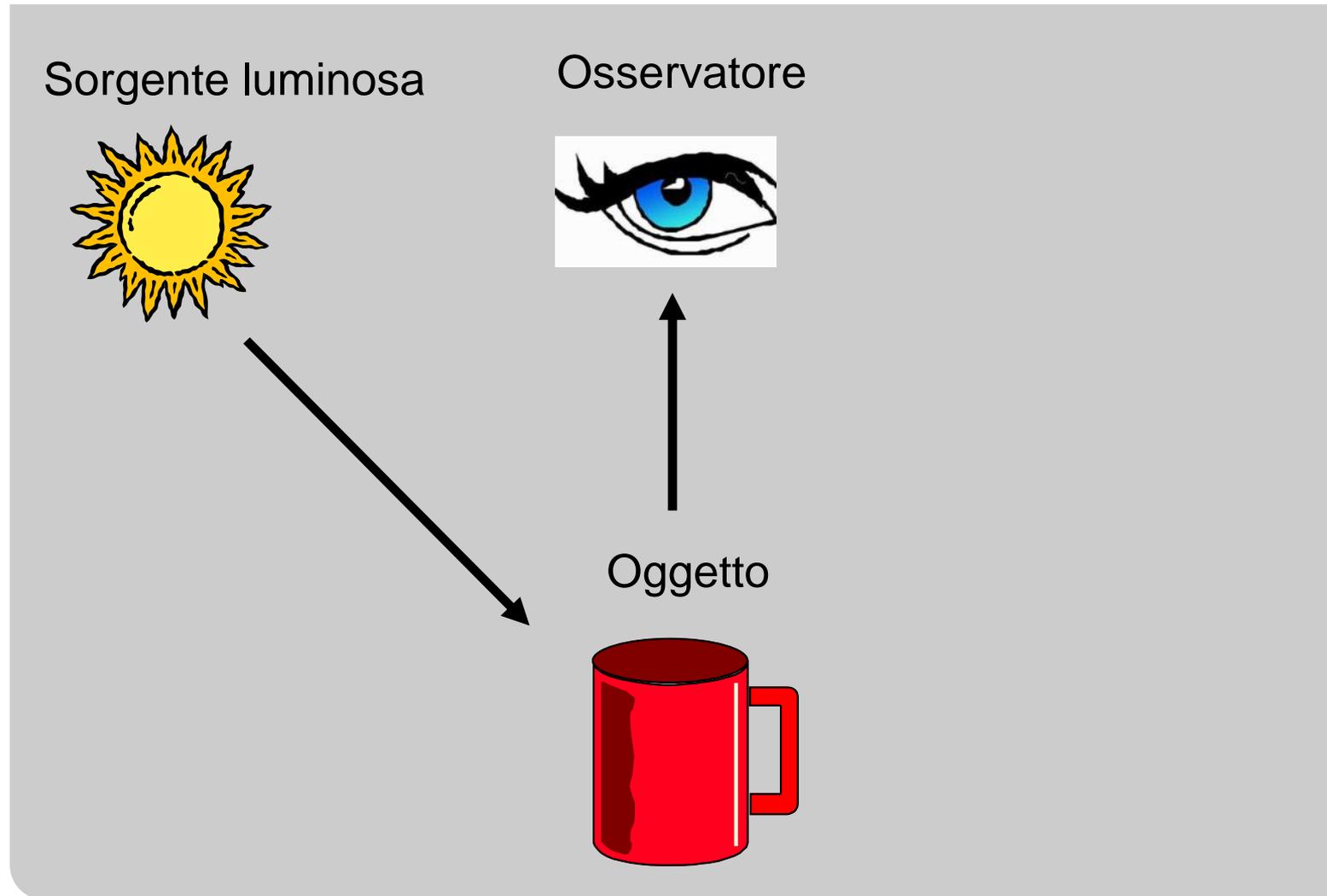


- Grande area della retina
- Corrisponde meglio alla percezione del colore

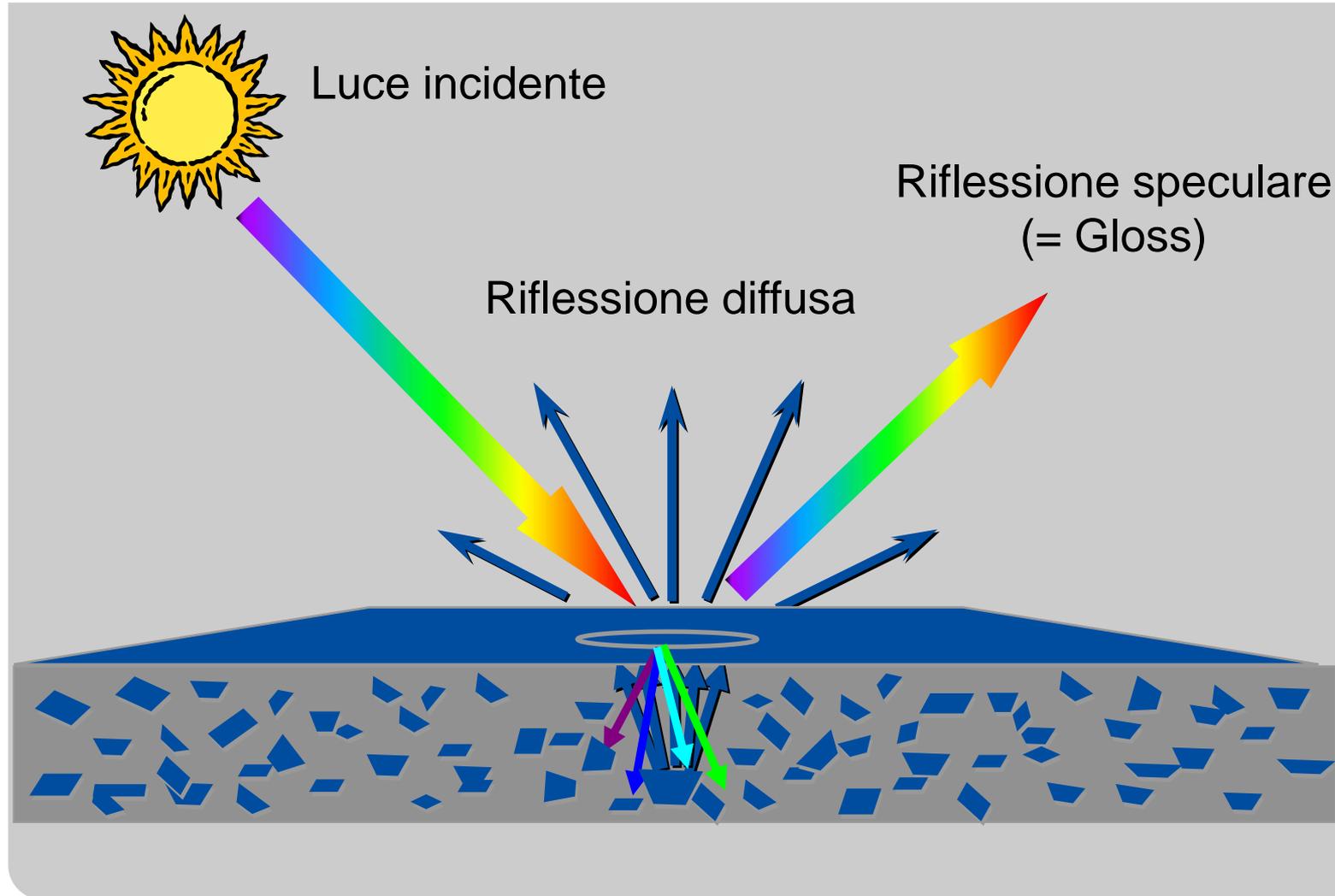
Osservatore standard



Percezione del colore

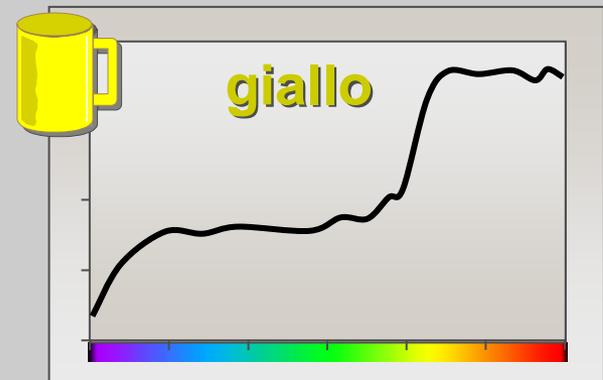
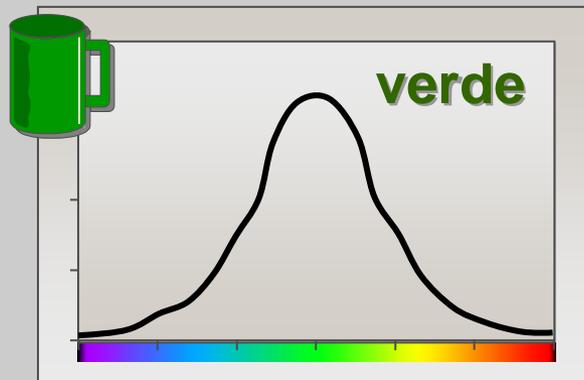
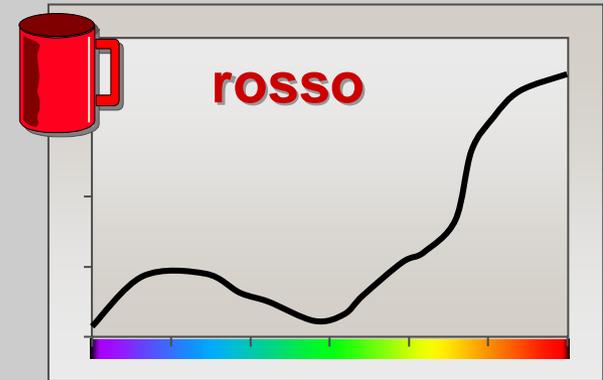
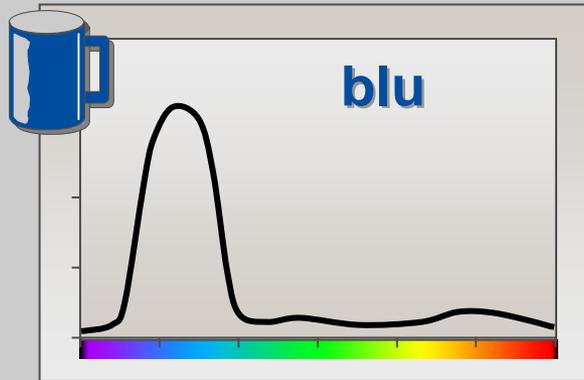


Riflessione

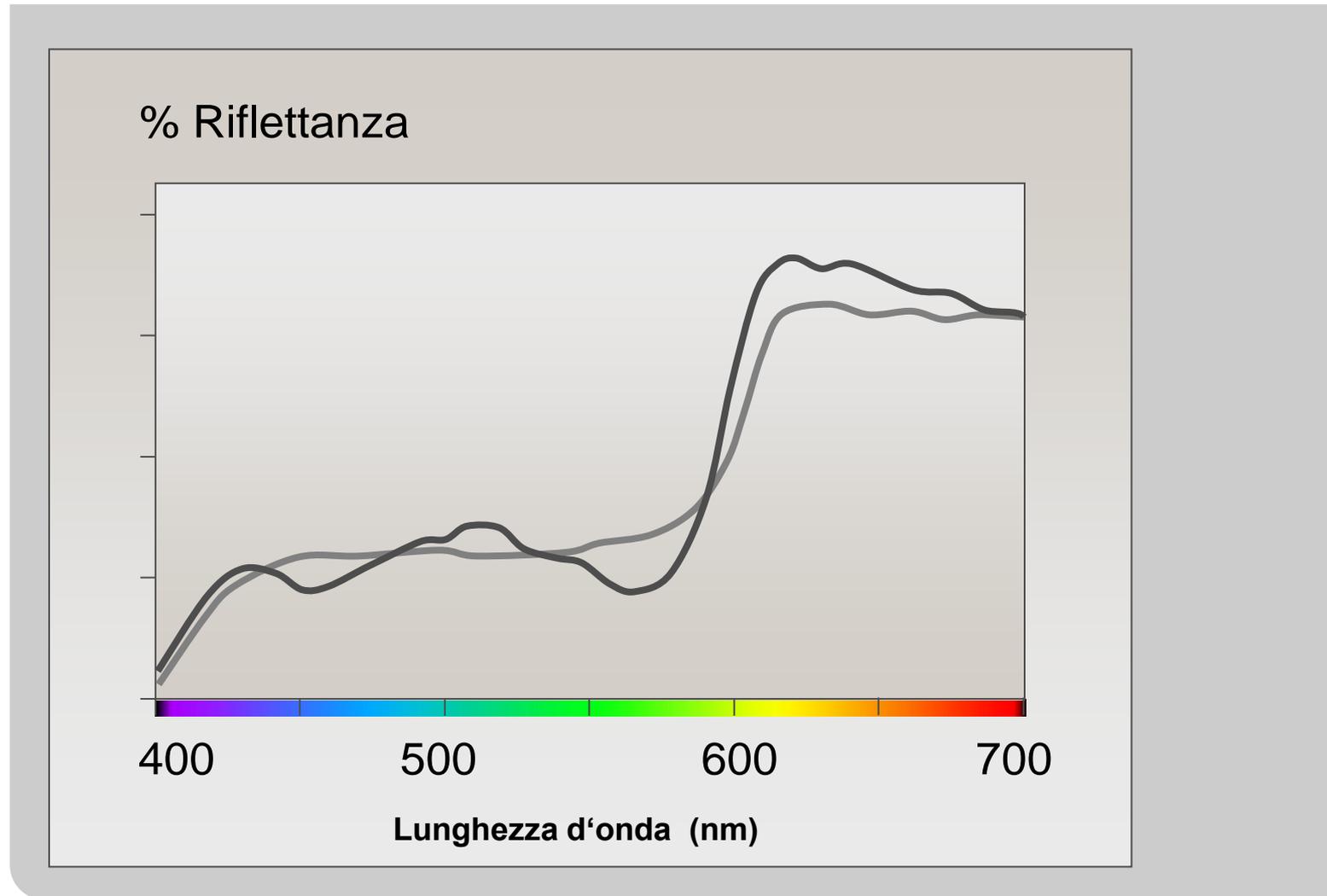


Colore dell'oggetto

Curve di riflettanza spettrale



Differenza di colore?



Le basi del colore

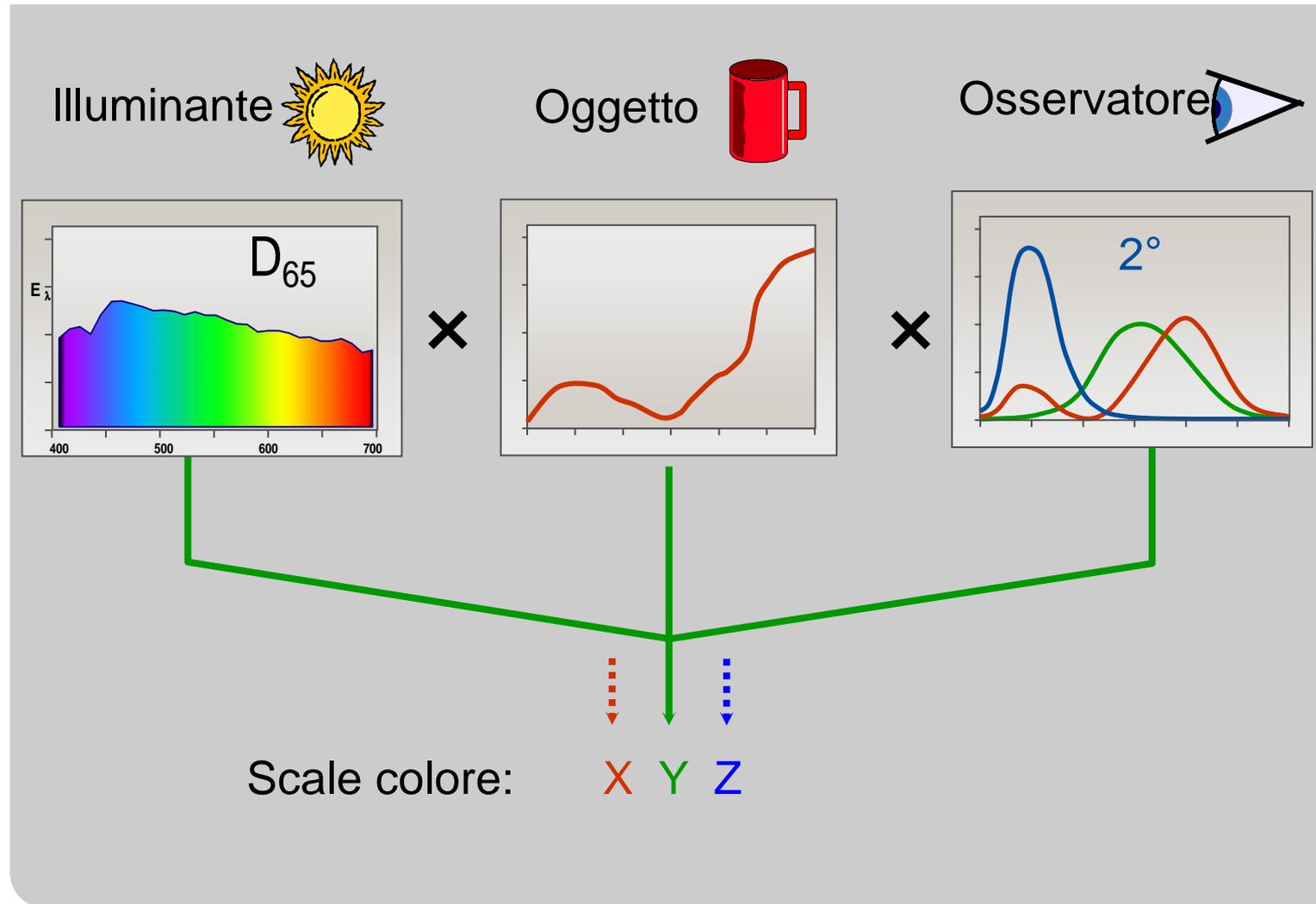
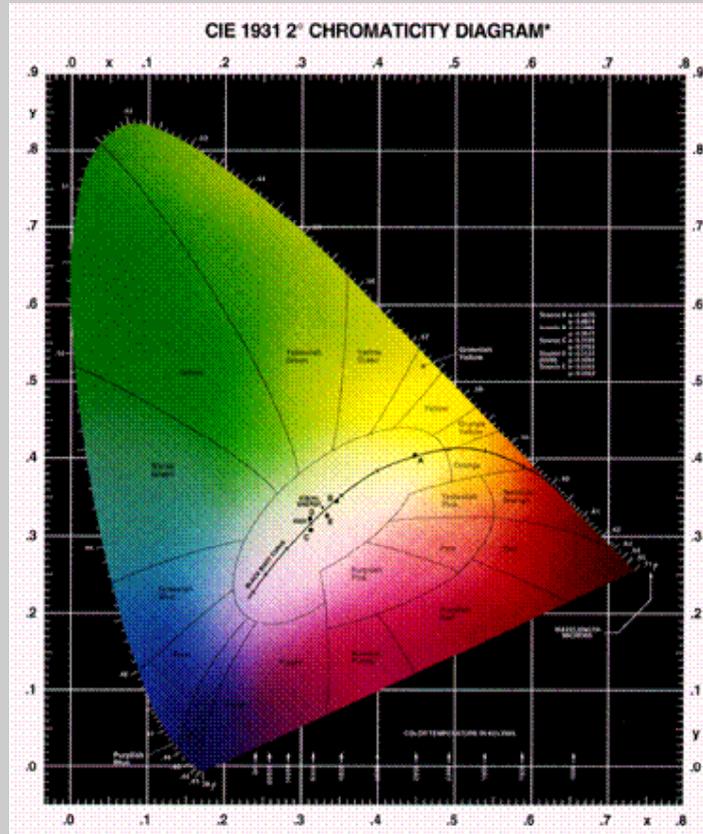
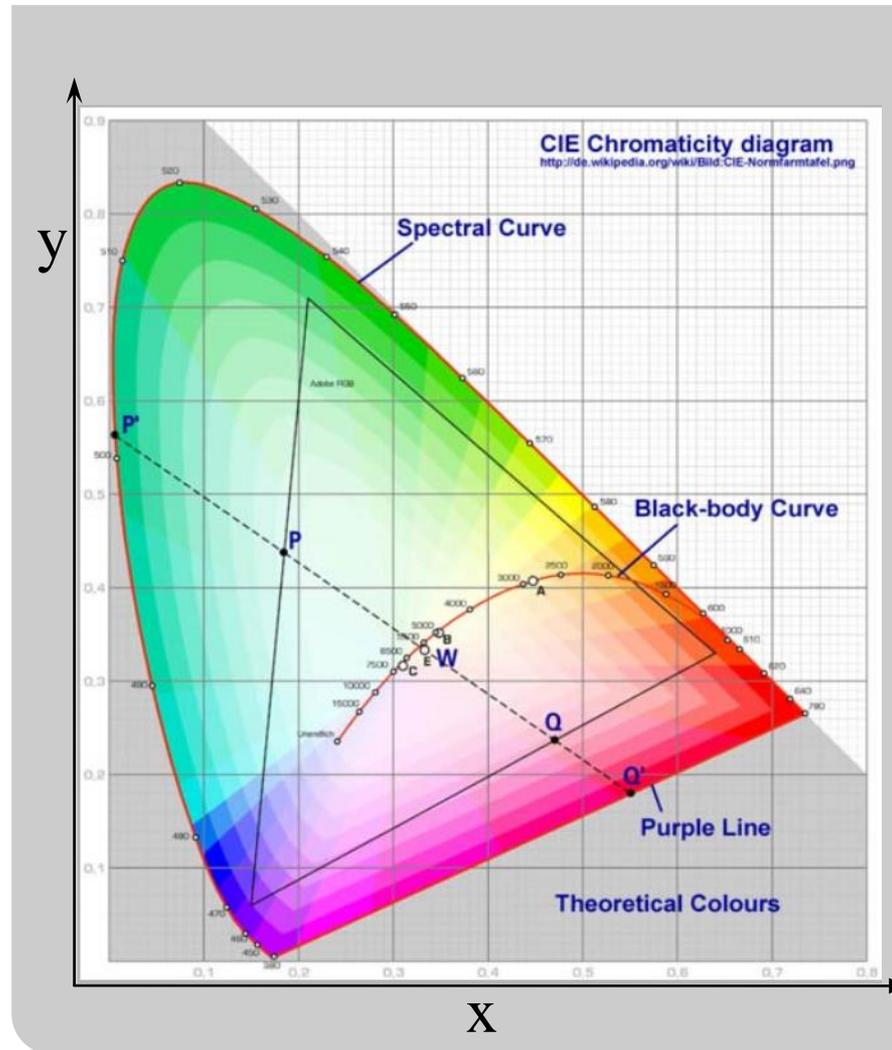


Diagramma della cromaticità CIE



Visualizzazione di tutti i colori naturalmente disponibili

Diagramma di cromaticità CIE 1931

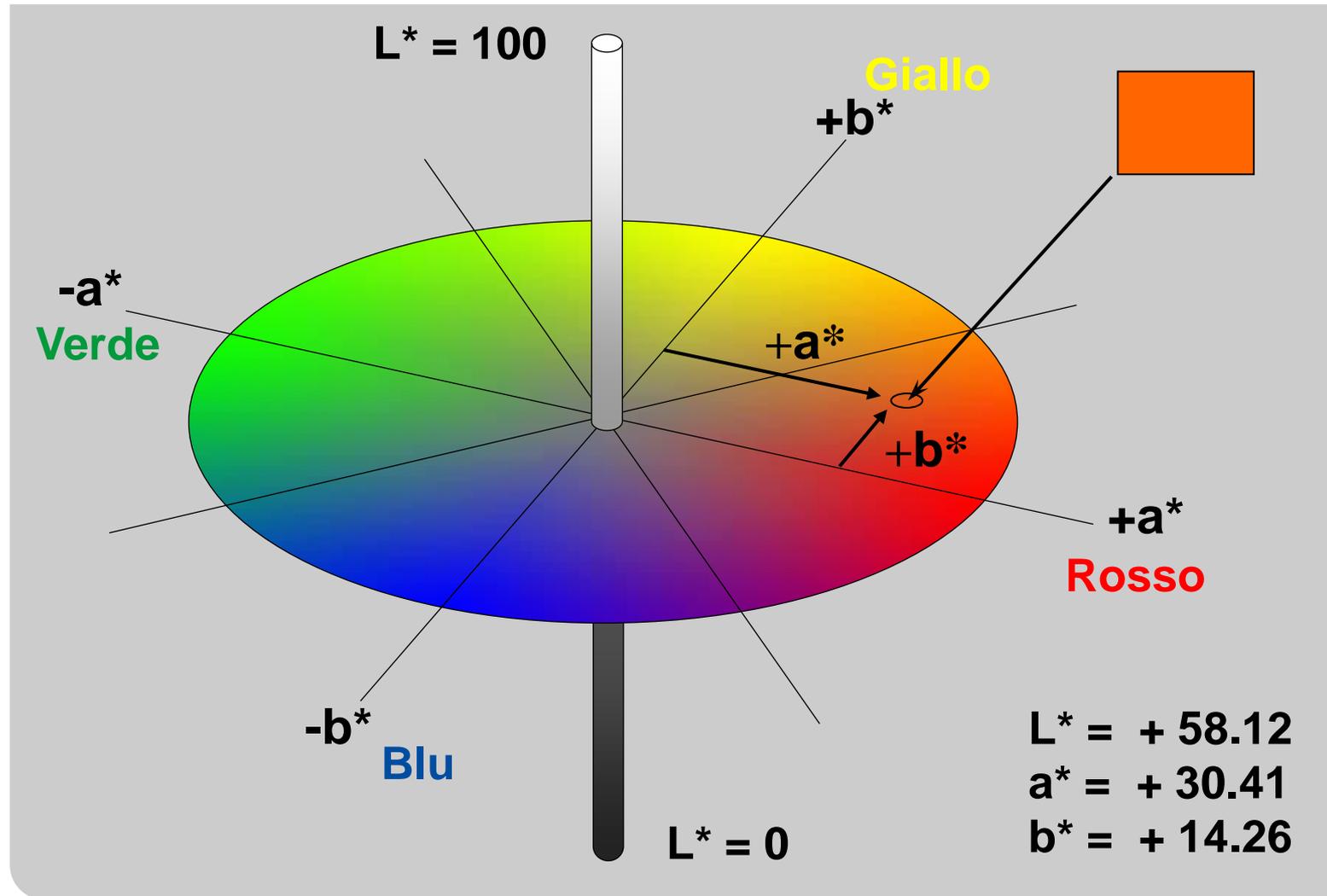


- x , y , Y non sono molto utili per la comunicazione oggettiva del colore: Non si correla con la descrizione verbale del colore

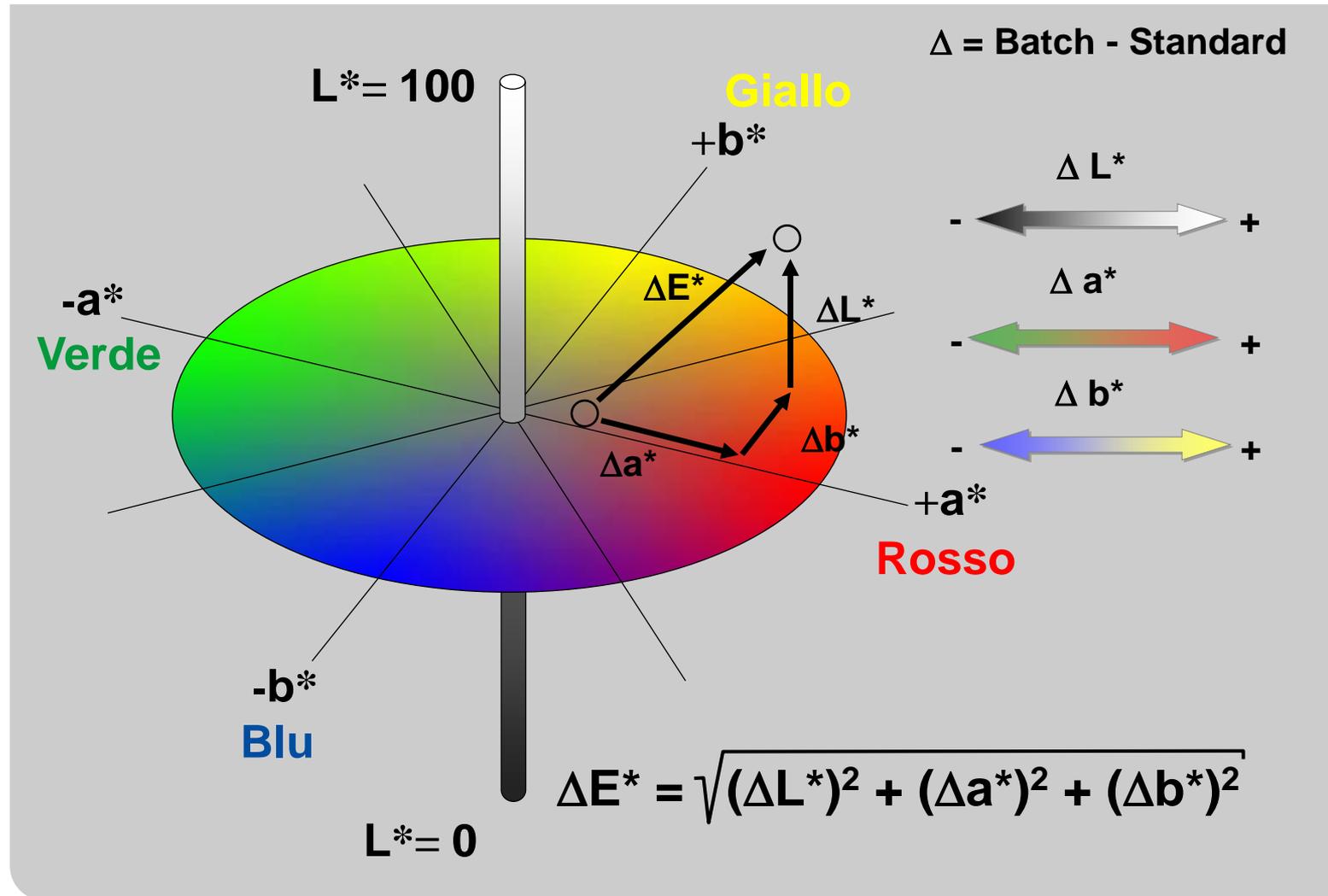
- Il diagramma di cromaticità non è omogeneo visivamente:

→ ellissi di MacAdam

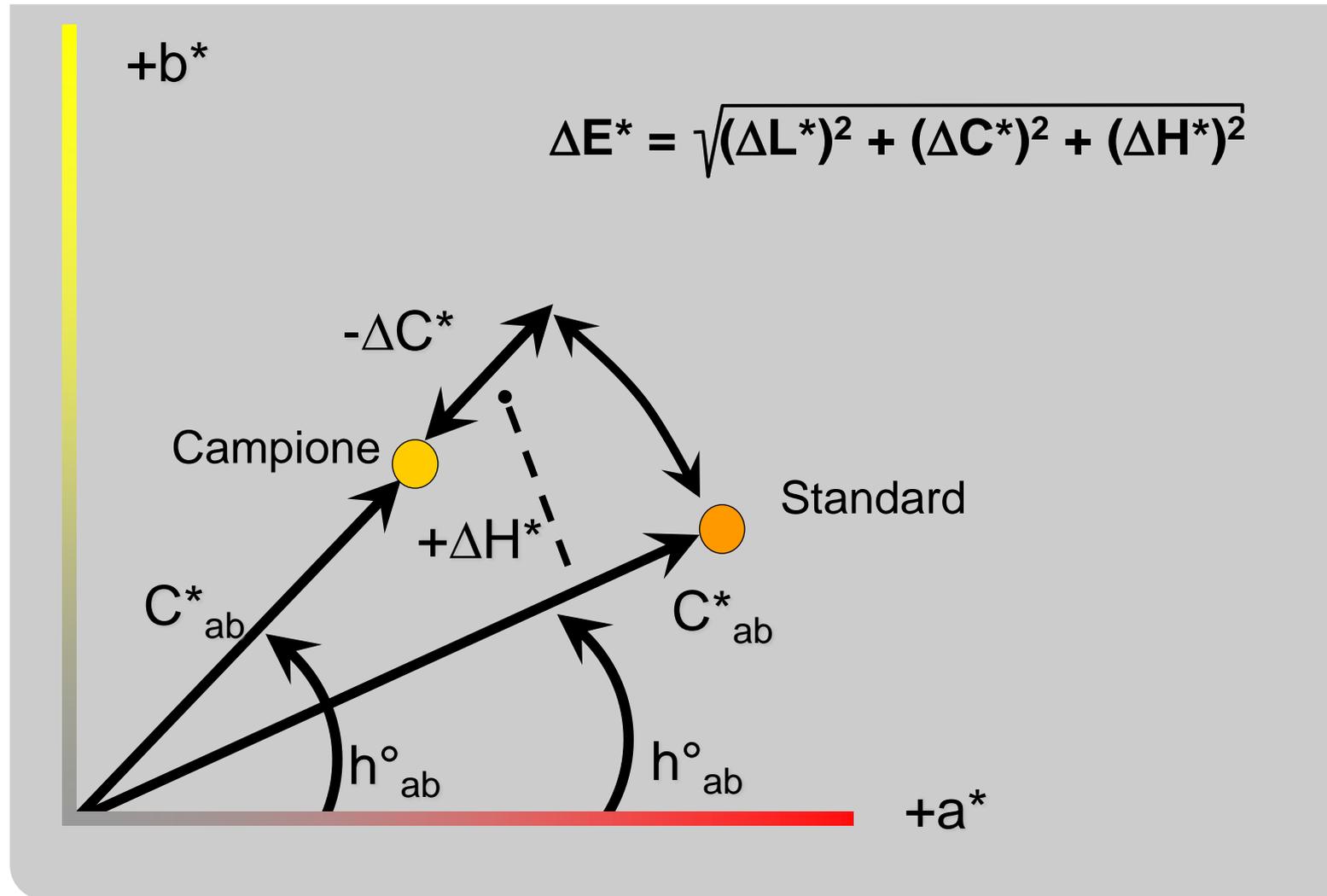
Sistema CIELAB: Coordinate L*a*b*



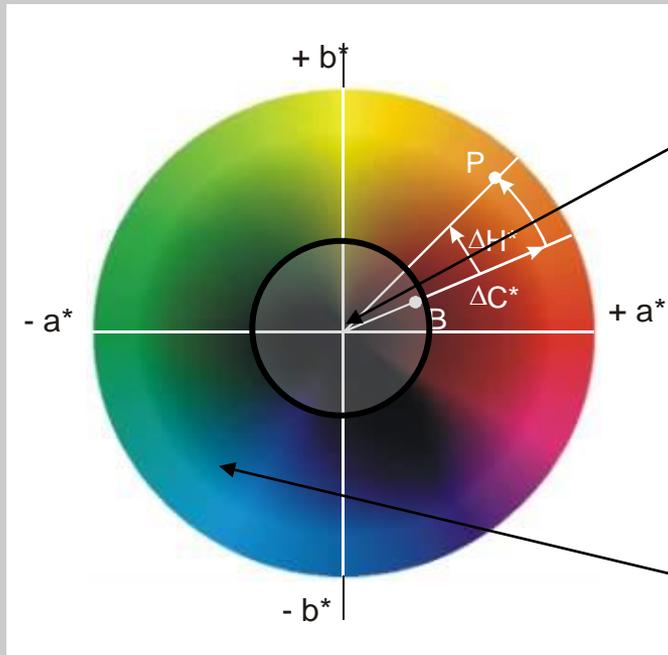
Sistema CIEL*a*b*: Differenza di colore ΔL^* , Δa^* , Δb^*



Differenze di colore dC* & dH*



Sistema CIELAB: Cromatici – Acromatici



Colori acromatici: $C^* < 10$

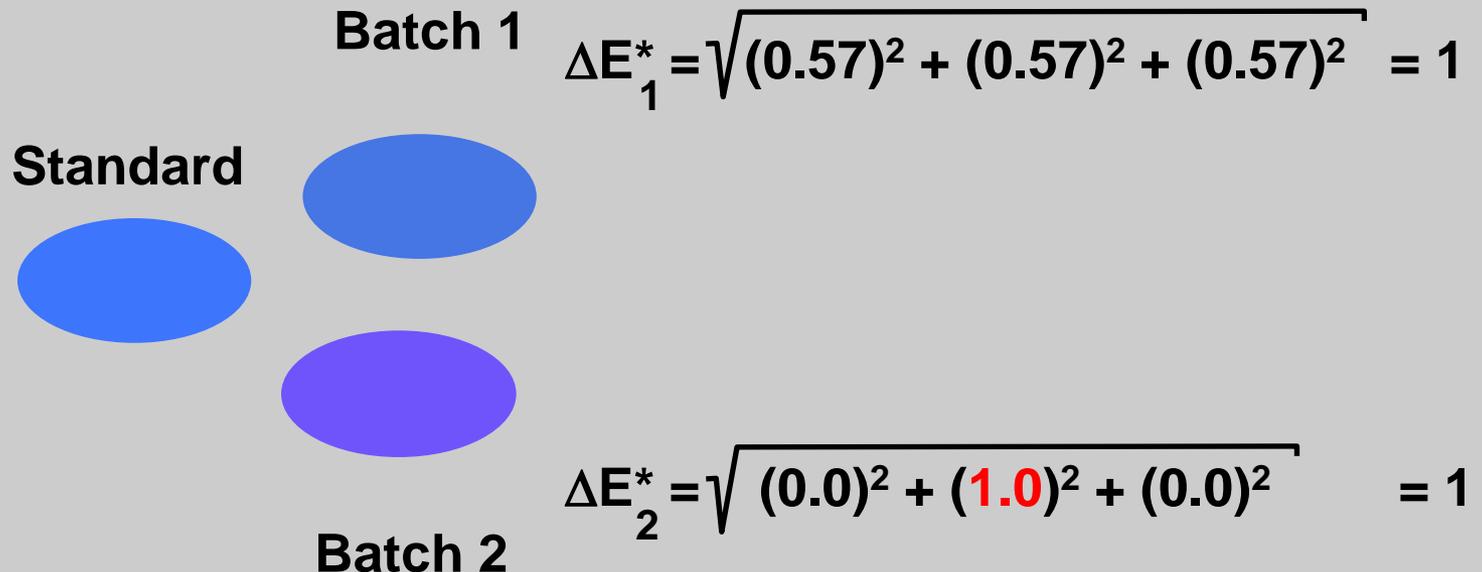
➡ Usare $\Delta L^*a^*b^*$

Colori cromatici: $C^* > 10$

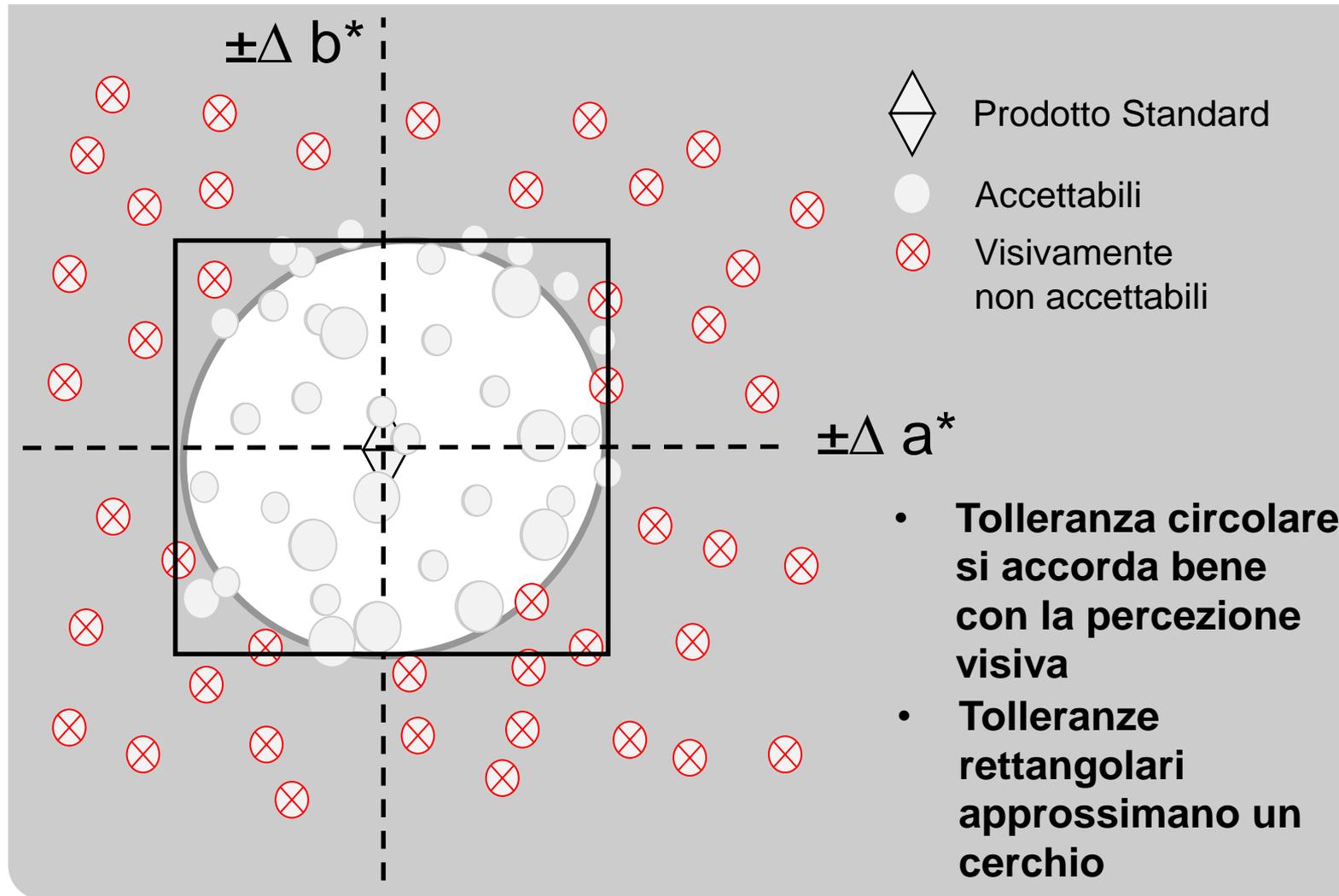
➡ Usare $\Delta L^*C^*h^\circ$

Le differenze dei diversi componenti determinano la causa di un disaccordo

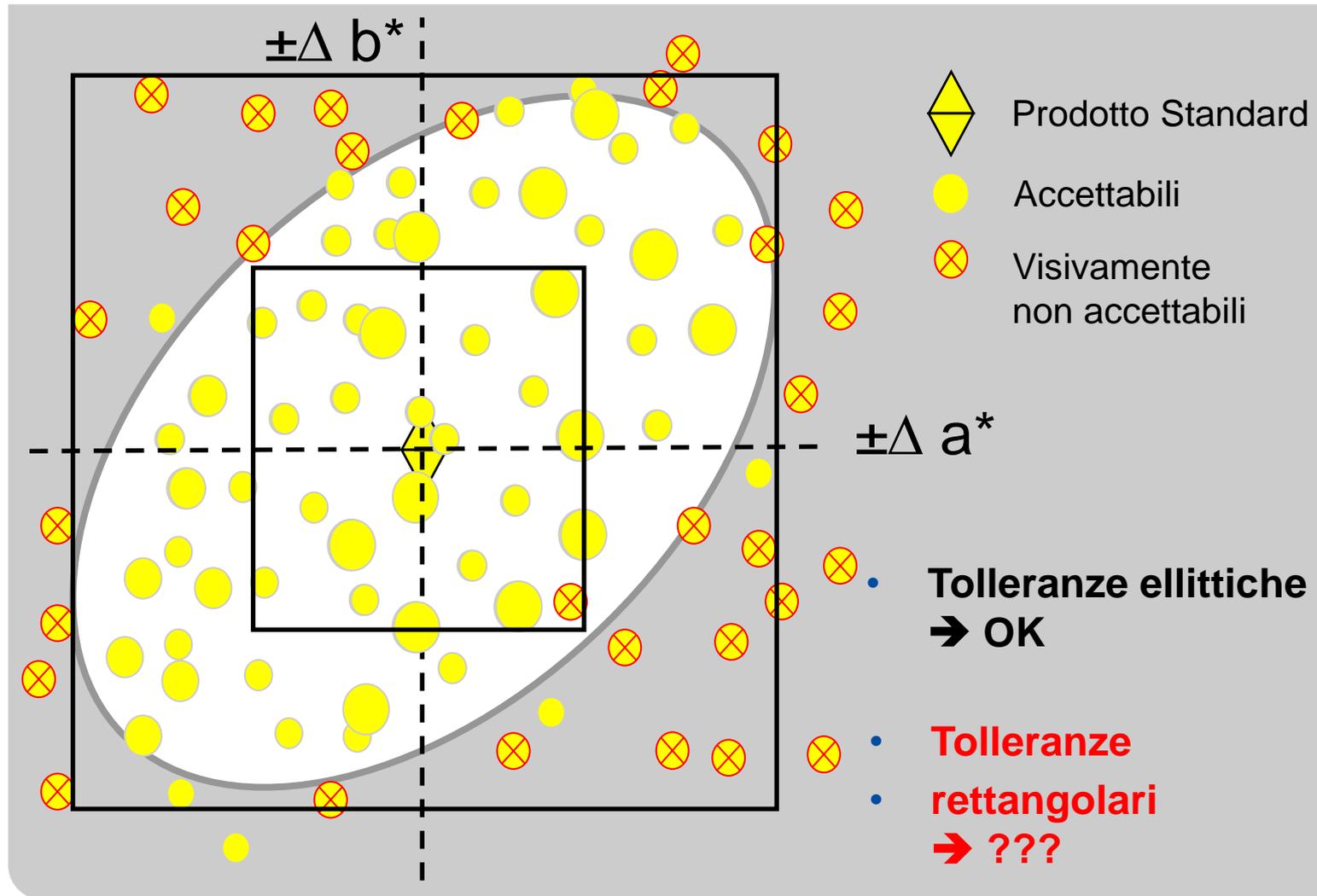
$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$



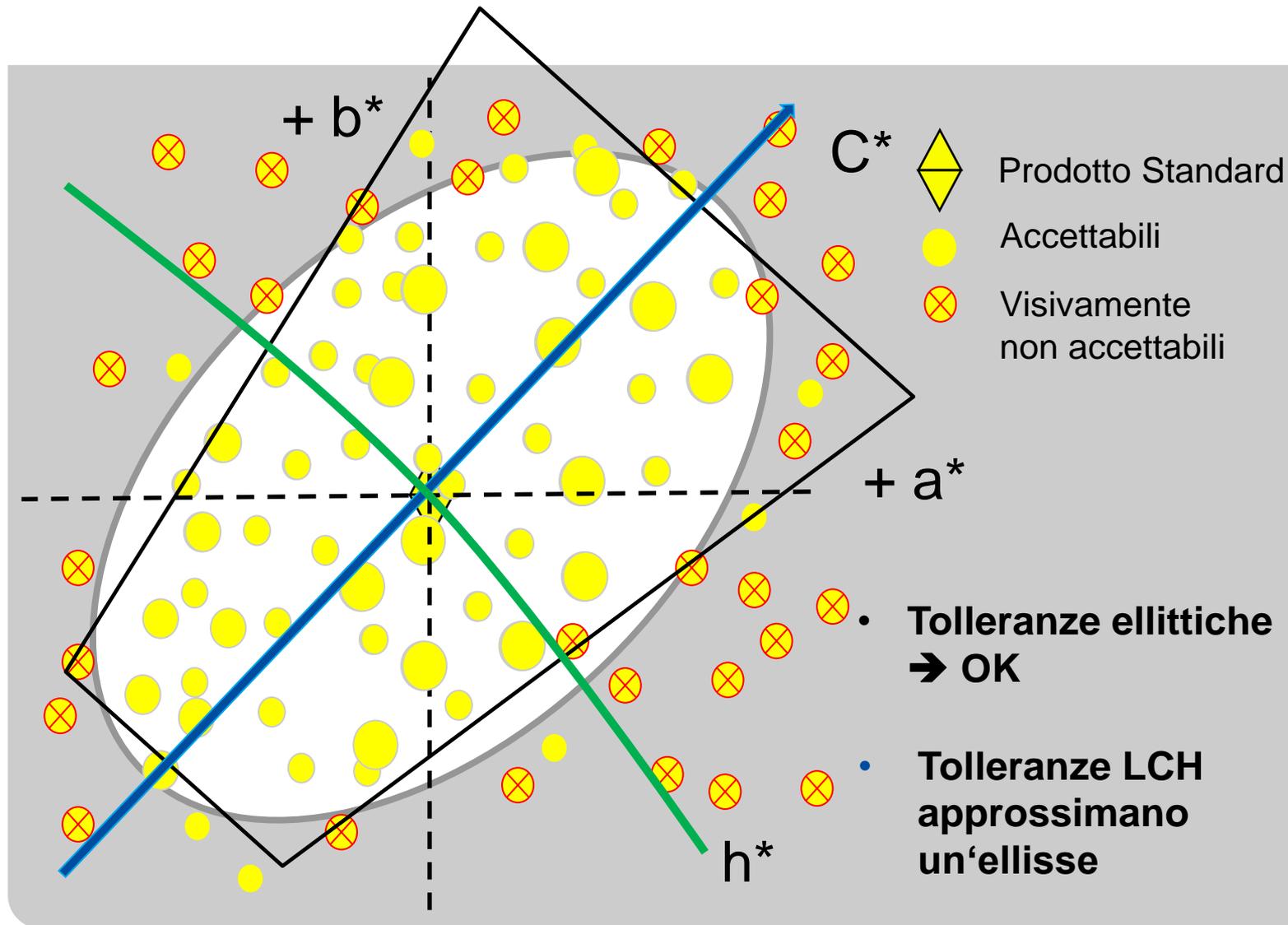
Tolleranze L*a*b* per colori acromatici



Tolleranze L*a*b* per colori cromatici



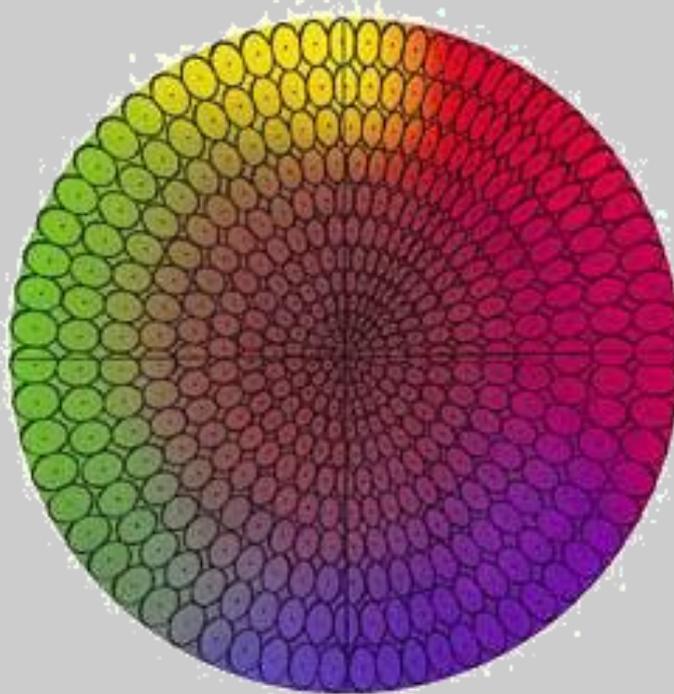
Tolleranze L*C* h per colori cromatici



Limitazioni del Sistema CIELab

Le differenze misurate non si correlano con la percezione visiva

Tutti i colori in un'ellisse sono percepiti come lo stesso colore.

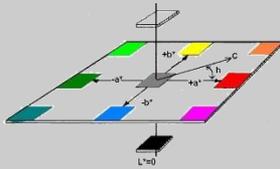


- L'accettazione visiva è basata su ellissi non cerchi
- I colori cromatici hanno tolleranze più alte dei toni neutri
- Dimensione e forma dell'ellisse cambiano a seconda del tono

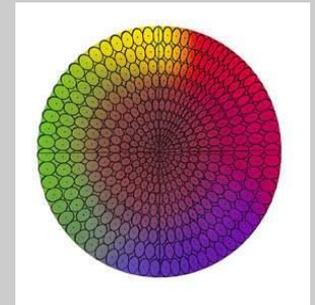
Sistemi Colore

Accordo visivo migliorato sui solidi

ΔE^*



Accordo visivo migliorato sui
solidi: ΔE_{CMC} ΔE_{94} ΔE_{2000}



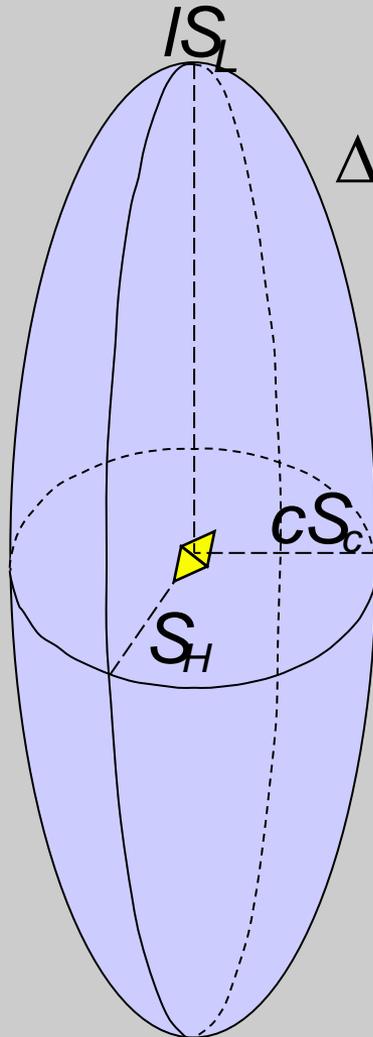
Accordo visivo migliorato sui
metallizzati: $\Delta E_{DIN6175-2}$



CMC – Color Measurement Committee of The Society of Dyers and Colorists (UK): 1988

- Basato sulla valutazione visiva di campioni di tessuto
- Basato sulla spaziatura ellittica (non rettangolare) e $\Delta L^*C^*H^*$
- Corregge secondo la percezione dipendente da saturazione, luminosità e tono
- Attualmente specificato nei seguenti standard:
 - British Standard BS6923
 - American AATCC Test Method 173
 - ISO International Standard 105-J03

CMC – Formula della differenza di colore



$$\Delta E_{\text{CMC}(l:c)} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{IS_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{cS_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{S_H}\right)^2}$$

- Ellissoide tridimensionale con gli assi corrispondenti a tono, croma e luminosità
- Funzioni ponderali (= semi-assi) S_L , S_C e S_H dipendenti dal colore dello standard
- Fattori l e c modificano le lunghezze dei semi-assi rilevanti

CMC – Formula della differenza di colore

$$dE_{\text{CMC (l:c)}} = \sqrt{\left(\frac{dL^*}{S_L}\right)^2 + \left(\frac{dC^*_{ab}}{cS_c}\right)^2 + \left(\frac{dH^*_{ab}}{S_H}\right)^2}$$

$$\text{Dove } S_L = \frac{0.040975 L_1}{1 + 0.01765 L_1} \quad S_c = \frac{0.0638 C_1}{1 + 0.0121 C_1} + 0.638$$

A meno che $L_1 < 16$ se $S_L = 0.511$

$$\text{E } S_H = S_C (Tf + 1 - f) \text{ dove } f = \left(\frac{(C_1)^4}{(C_1)^4 + 1900}\right)^{1/2}$$

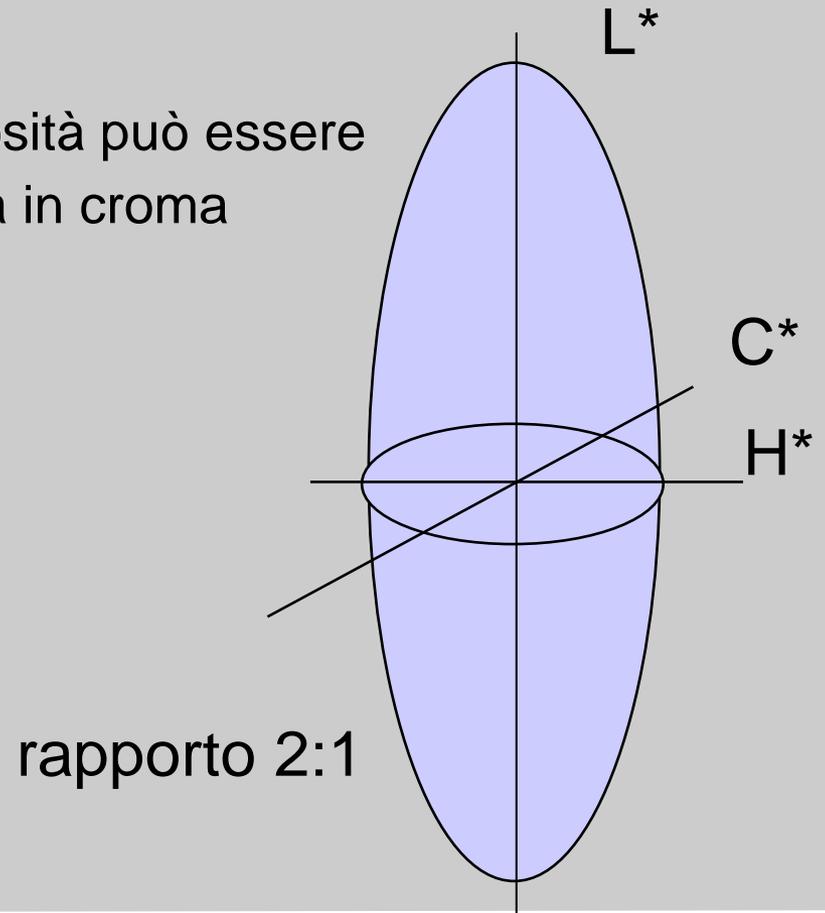
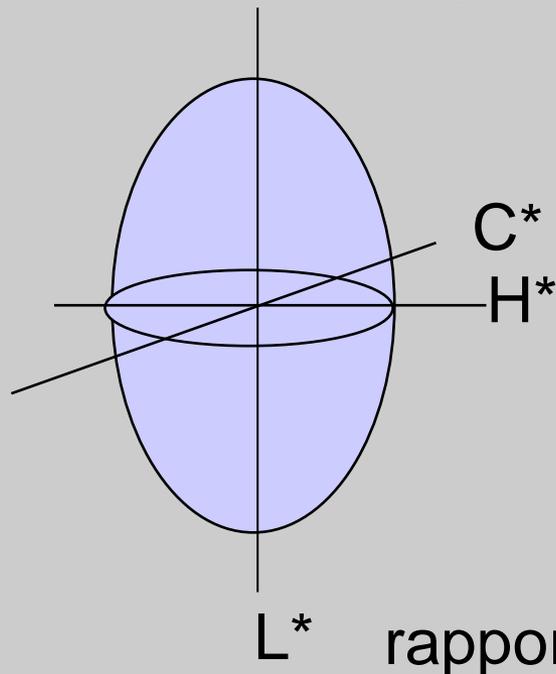
$T = 0.36 + 0.4 \cdot \cos(h^\circ_1 + 35)$ a meno che h°_1 sia tra 164° e 345° se:

$T = 0.56 + 0.2 \cdot \cos(h^\circ_1 + 168)$ dove L_1 , C_1 e h°_1 si riferiscono allo standard

CMC – Formula della differenza di colore

Influenza del rapporto $l : c$

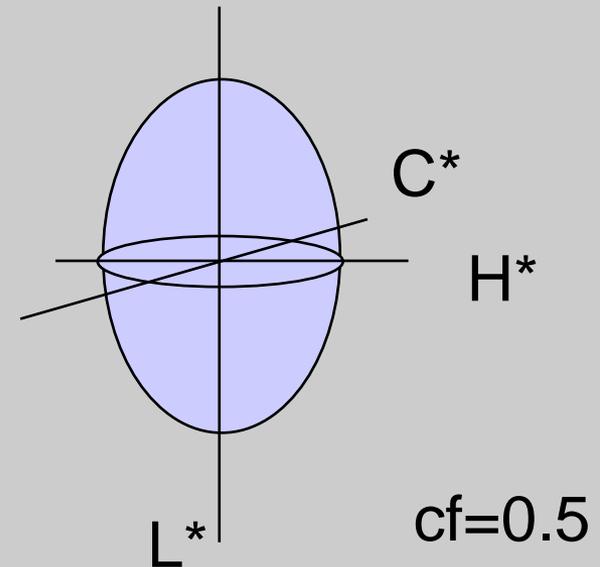
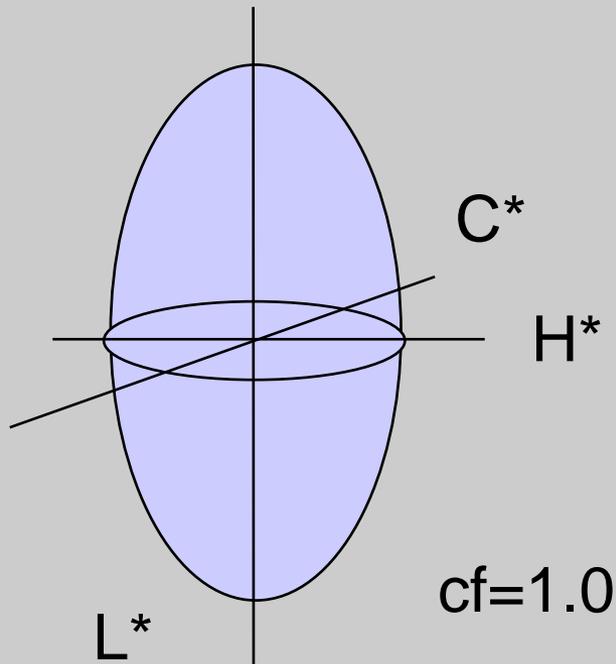
- Il rapporto $l:c$ permette il peso della luminosità sul croma
- Rapporto più comune: 2:1
➔ La variazione in luminosità può essere doppia rispetto a quella in croma



CMC – Formula della differenza di colore

Influenza del Fattore Commerciale: cf

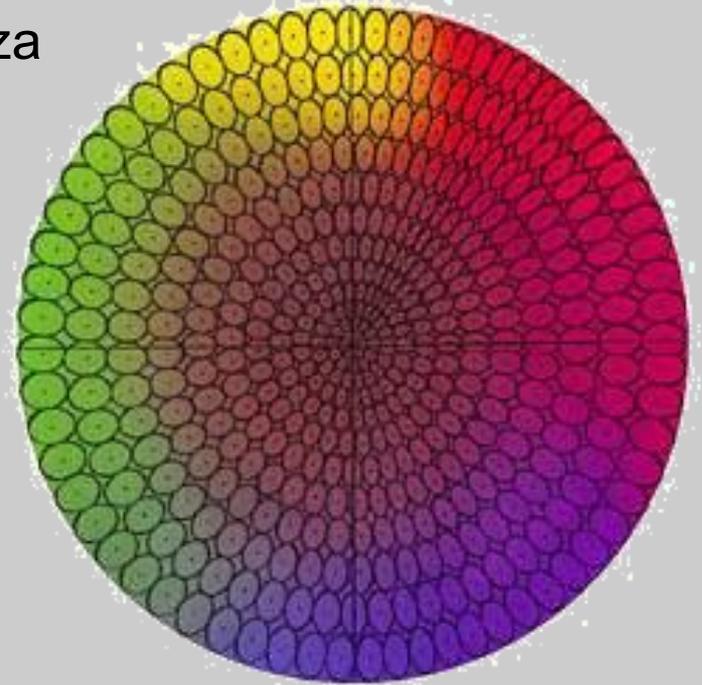
- Il Fattore Commerciale (cf) determina la dimensione totale dell'ellisse
- cf imposta la tolleranza del colore: $\Delta E_{CMC} < cf$ **PASSA**
 $\Delta E_{CMC} > cf$ **NON PASSA**



CMC – Formula della differenza di colore

Sommario

- Una tolleranza per tutti i colori:
→ cf = dimensione dell'ellisse di tolleranza
- Le tolleranze si basano su una spaziatura ellittica
→ Dimensione e forma dell'ellisse di tolleranza sono calcolate in base ad h_{standard}



CMC – Formula della differenza di colore

Sommario

Migliore correlazione alla percezione visiva:

- Colori Cromatici: Ellisse di tolleranza visiva più grande
→ ΔE_{CMC} più piccolo per i colori cromatici che per gli acromatici
(ΔC^* e ΔH^* pesano meno) rispetto al ΔE^*
- Colori Chiari: Ellisse di tolleranza visiva più grande per la luminosità
→ ΔE_{CMC} più piccolo per i colori chiari che per gli scuri
(ΔL^* pesa meno) rispetto al ΔE^*
- L'acceptabilità visiva decresce da Tono → Cromo → Luminosità
→ $l:c:h = 2:1:1$

Miglioramenti del Sistema CIELab

- **Obiettivo:**
 - Miglior accordo con la percezione visiva
 - Una tolleranza per tutti i colori = spazio del colore uniforme

dE_{CMC}

dE^*_{94}

DIN99

dE_{00}

ΔE_{94} – Formula della differenza colore: 1995

- Basato sulla valutazione visiva di nuovi set di campioni – solo colori solidi
- Attualmente pubblicata nella seguente raccomandazione CIE:
 - CIE Technical Report 116: Industrial Colour Difference Evaluation
- Basata sulla spaziatura ellittica e Delta L*C*H*
- Corregge solo in funzione del croma in base alla percezione di croma e tono
- Nessuna correzione di luminosità

ΔE_{94} – Formula della differenza colore

$$dE_{94} = \sqrt{\left(\frac{dL^*}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{dC^*_{ab}}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{dH^*_{ab}}{k_H S_H}\right)^2}$$

$$S_L = 1$$

$$S_C = 1 + 0.045 C^*_{ab}$$

$$S_H = 1 + 0.015 C^*_{ab}$$

$$k_L = k_C = k_H = 1$$

- I fattori ponderali S_C e S_H dipendono dal croma dello standard
- I fattori applicativi k_L , k_C , k_H vengono usati per correggere per le variazioni rispetto alle condizioni di riferimento:
 - Illuminazione: D65
 - Intensità di illuminazione: 1000 lx
 - Sfondo: grigio neutro
 - Campo di osservazione: $> 4^\circ$
 - Campione: colore uniforme – contatto diretto – differenza colore 1 - 5 unità CIELab

ΔE_{00} (CIEDE2000) – Formula di differenza del colore: 2001

- Basato su diversi set di dati già esistenti
- Attualmente pubblicato nella seguente raccomandazione CIE:
 - CIE Technical Report 142: Miglioramento della valutazione industriale della differenza di colore
- Basato su spaziatura ellittica e $\Delta L^*C^*H^*$
- Cinque correzioni al CIELab:

Formula di differenza colore ΔE_{00}

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H \cdot S_H}\right)^2} + R_T \cdot \left(\frac{\Delta C'}{K_C \cdot S_C}\right) \cdot \left(\frac{\Delta H'}{K_H \cdot S_H}\right)$$

Parte di differenza colore ponderata

Funzione di rotazione

Componenti di differenza $\Delta L'$, $\Delta C'$, $\Delta H'$:

$$\Delta L' = L'_b - L'_s$$

$$\Delta C' = C'_b - C'_s$$

$$\Delta H' = 2 \cdot \sqrt{C'_b \cdot C'_s} \cdot \sin\left(\frac{\Delta h'}{2}\right)$$

dove: $\Delta h' = h'_b - h'_s$

Parte di differenza colore ponderata

• Non sono usati i componenti normali CIELAB ΔL^* , ΔC^* , ΔH^* , ma i componenti pesati $\Delta L'$, $\Delta C'$, $\Delta H'$

$\Delta =$ Campione - Standard

b = Batch = Campione
s = Standard

Formula di differenza colore ΔE_{00}

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H \cdot S_H}\right)^2 + R_T \cdot \left(\frac{\Delta C'}{K_C \cdot S_C}\right) \cdot \left(\frac{\Delta H'}{K_H \cdot S_H}\right)}$$

$$S_L = \left(1 + \frac{0.015 \cdot (\bar{L}' - 50)^2}{\sqrt{20 + (\bar{L}' - 50)^2}}\right)$$

$$S_C = (1 + 0.045 \cdot \bar{C}'(\gamma))$$

$$S_H = (1 + 0.015 \cdot \bar{C}' \cdot T)$$

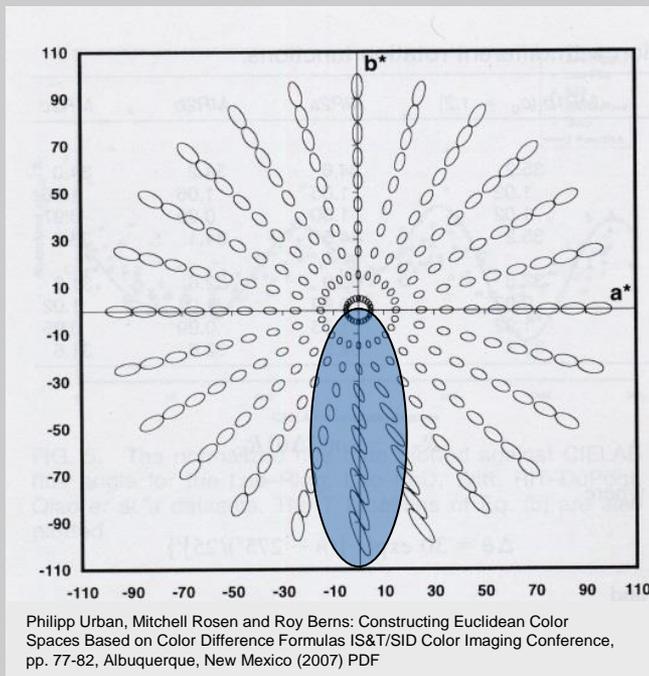
$$T = 1 - 0.17 \cdot \cos(\bar{h}' - 30) + 0.24 \cdot \cos(2\bar{h}') + 0.32 \cdot \cos(3\bar{h}' + 6) - 0.20 \cdot \cos(4\bar{h}' - 63)$$

Funzioni ponderali per considerare la variazione nella sensibilità visiva di differenza di colore dipendente da

→ luminosità – croma - tono

Formula di differenza colore ΔE_{00}

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H \cdot S_H}\right)^2 + R_T \cdot \left(\frac{\Delta C'}{K_C \cdot S_C}\right) \cdot \left(\frac{\Delta H'}{K_H \cdot S_H}\right)}$$



Funzione di rotazione

- Interazione tra differenza di croma e di tono nell'area del blu ($275^\circ \pm 25^\circ$)

- Influenza principale sui colori blu molto cromatici

- Rotazione dell'asse maggiore delle ellissi di tolleranza in direzione anti-oraria

Formula di differenza colore ΔE_{00}

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H \cdot S_H}\right)^2 + R_T \cdot \left(\frac{\Delta C'}{K_C \cdot S_C}\right) \cdot \left(\frac{\Delta H'}{K_H \cdot S_H}\right)}$$

**Modifica dell'asse a^*
(rosso-verde):**

$$L' = L^*$$

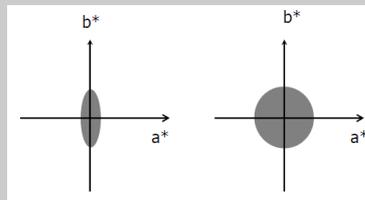
$$a' = a^* (1 + G)$$

$$b' = b^*$$

$$G = 0.5 \cdot \left[1 - \sqrt{\left(\frac{C_{ab}^{*7}}{C_{ab}^{*7} + 25^7} \right)} \right]$$

$$C' = \sqrt{a'^2 + b'^2}$$

$$h' = \tan^{-1}\left(\frac{b'}{a'}\right)$$



**Parte di differenza del
colore ponderata**

Migliore l'accordo con la percezione visiva delle differenze di colore per i colori neutri

Per i colori a basso croma „G“ aumenta la a' modificata rispetto alla a^* normale

Con i colori con croma più alto la a' si avvicina alla a^*

Formula di differenza colore ΔE_{00}

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H \cdot S_H}\right)^2} + R_T \cdot \left(\frac{\Delta C'}{K_C \cdot S_C}\right) \cdot \left(\frac{\Delta H'}{K_H \cdot S_H}\right)$$

$k_L = k_C = k_H = 1$ per le condizioni di riferimento

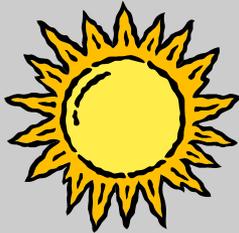
- I fattori di applicazione k_L , k_C , k_H per correggere le variazioni dalle condizioni standard:
 - Illuminazione: D65
 - Intensità dell'illuminazione: 1000 lx
 - Sfondo: uniforme, grigio neutro con $L^* = 50$
 - Campo visivo $> 4^\circ$
 - Campione:
 - Colore omogeneo senza struttura visiva apparente
 - Contatto diretto sugli spigoli tra batch e standard
 - Differenza di colore: 1 - 5 unità CIELAB

A man with grey hair, wearing a white lab coat over a teal shirt, is looking intently at a red and white instrument he is holding. In the background, two other people in white lab coats are working at a table in a bright, clean laboratory environment.

Costruiamo uno
strumento per il colore!

Costruiamo uno strumento per il colore!

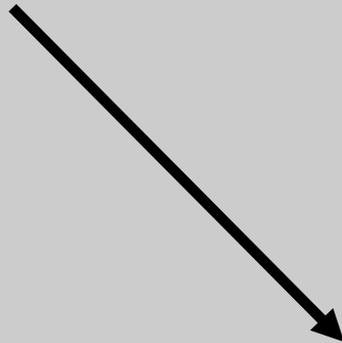
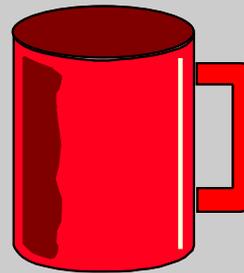
Illuminante



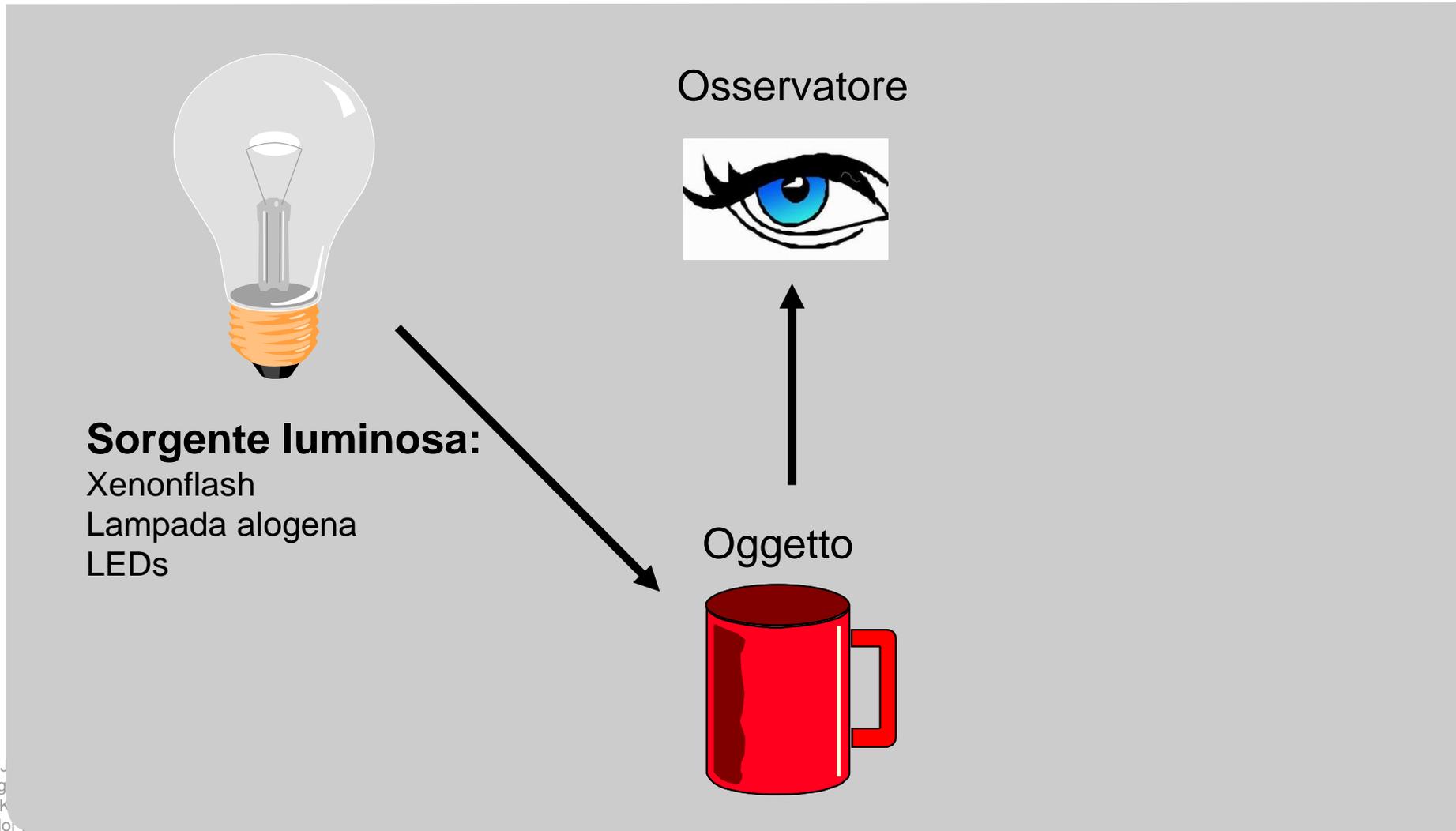
Osservatore



Oggetto



Costruiamo uno strumento per il colore!



Costruiamo uno strumento per il colore!



Sorgente luminosa:

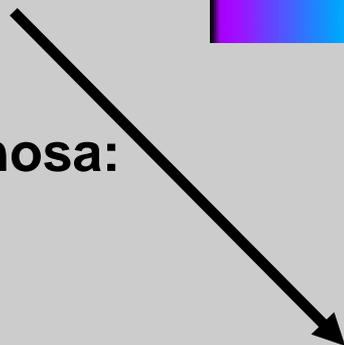
Xenonflash
Lampada alogena
LEDs



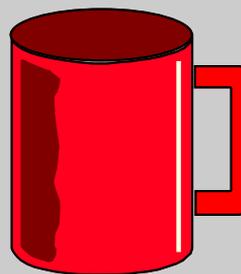
Microprocessore



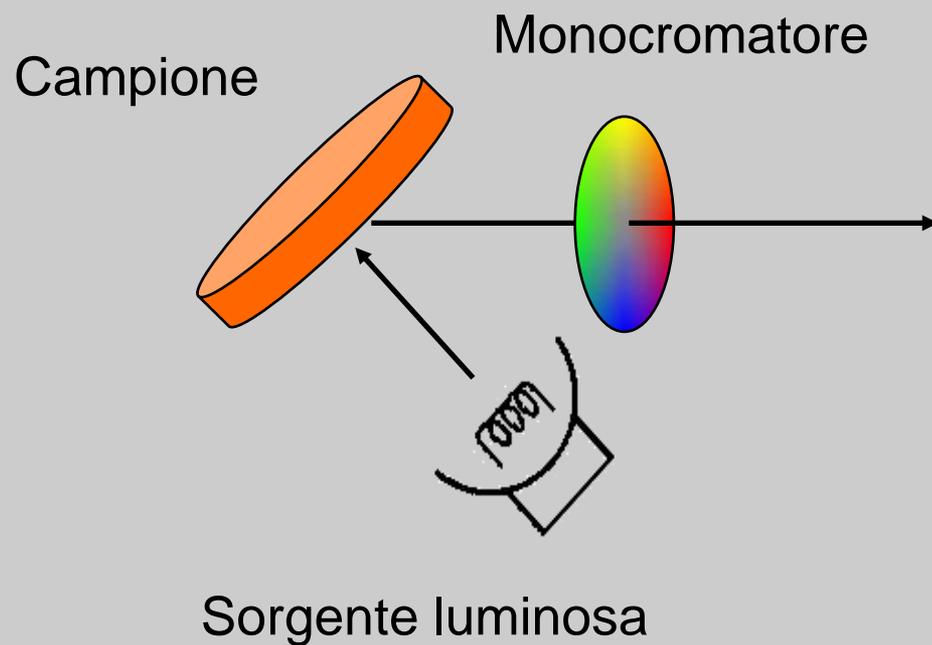
Monocromatore



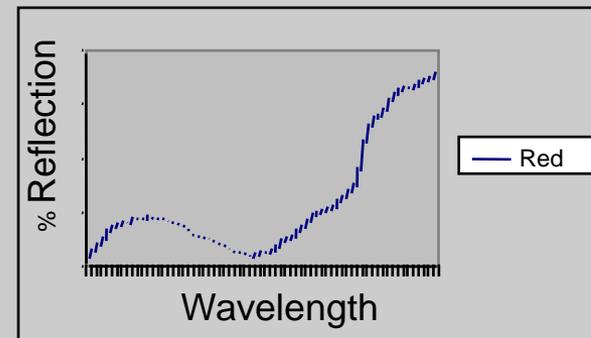
Oggetto



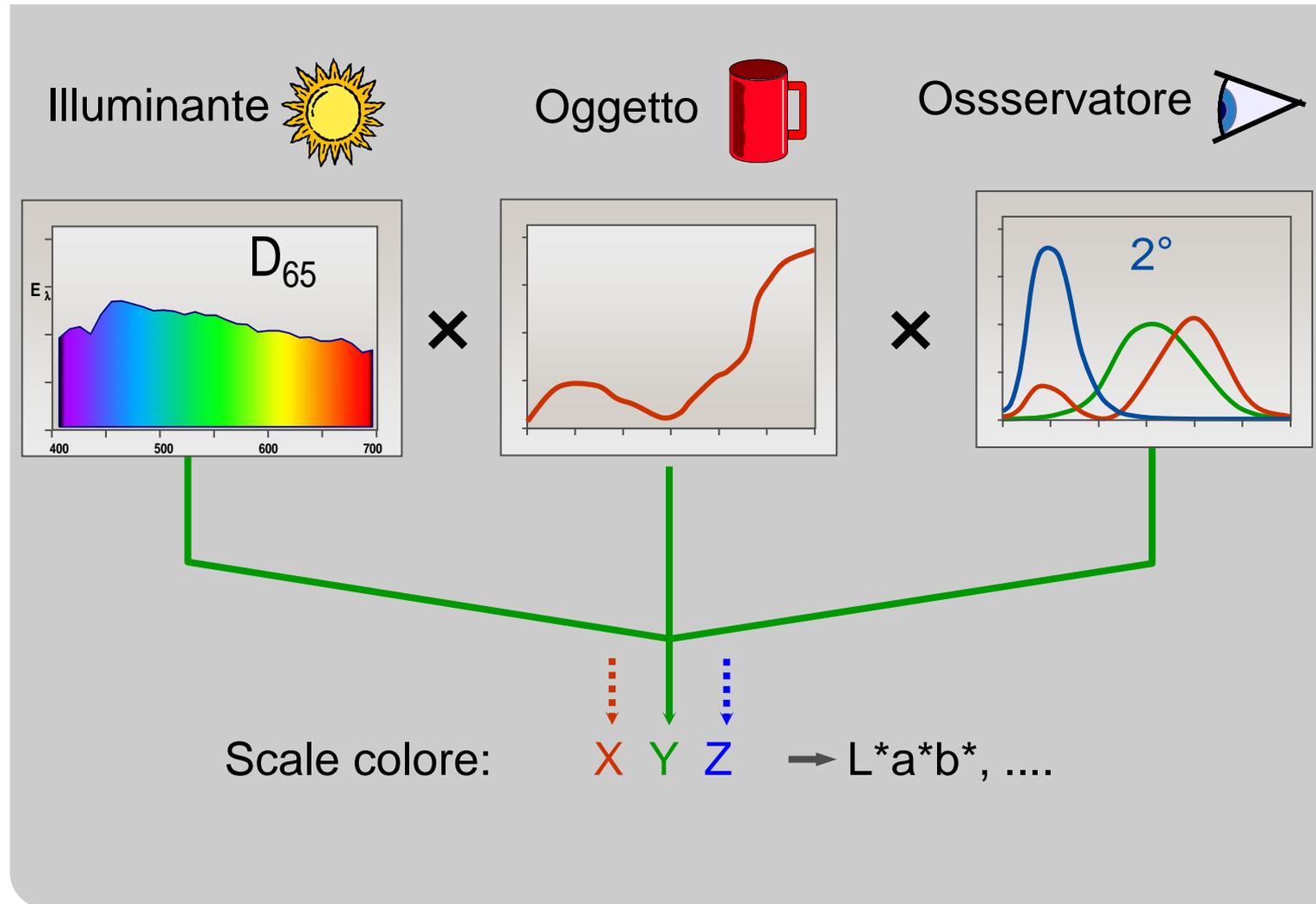
Principio di misurazione: Spettrofotometro



Dati spettrali



Le basi del colore



Vantaggi: Spettrofotometro

- Flessibile per ogni applicazione :
 - Qualsiasi sorgente luminosa può essere simulata
 - Dati spettrali e indice di metamerismo
- Ripetibilità e riproducibilità molto buone
- Definito negli standard internazionali



Tecnologia più comunemente usata oggi!

Rapporto di misura

D65 / 10°
spectro-guide 45/0

Scale colore	Standard	Campione	Differenze
L*	36.84	37.77	0.93
a*	-24.10	-24.59	-0.49
b*	12.00	11.88	-0.12
		dE* =	1.05

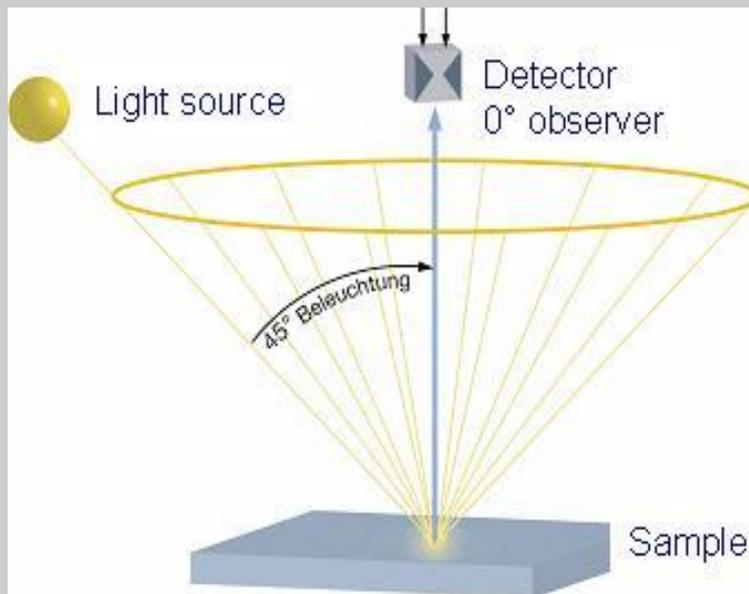
Percezione visiva: Geometria 45/0

Differenze in gloss/ struttura



Differenze colore

Illuminazione circonferenziale riduce l'influenza della direzionalità

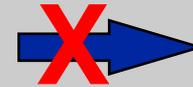


Applicazioni tipiche:

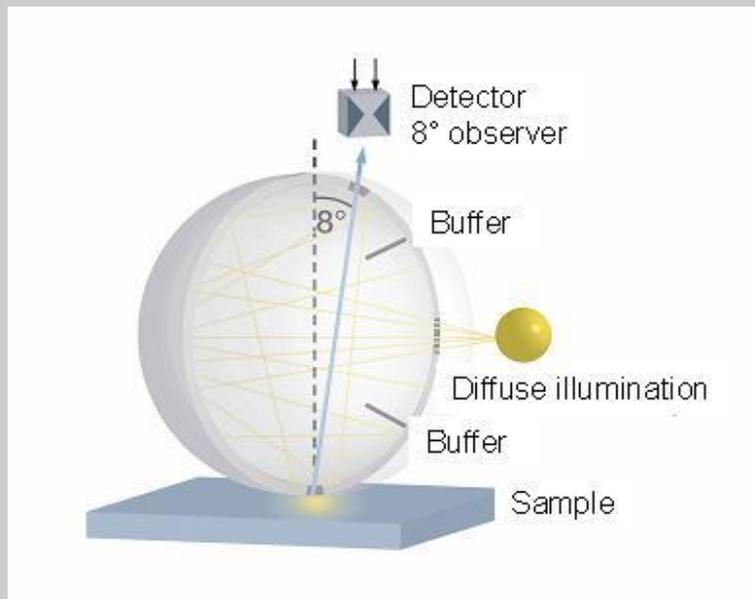
- Confronto con standard definiti
- Controllo lotto-su-lotto
- Armonizzazione di vari materiali/strutture

Controllo del tono del colore: Sfera Spin

Differenze in gloss/struttura



Differenze colore



Applicazioni tipiche:

- Formulazione del colore
- Sviluppo della resina
- Studi di invecchiamento

Il colore è uguale? Le due parti sembrano diverse?



La parte strutturata
sembra più chiara,
malgrado sia dello stesso
materiale colorato!

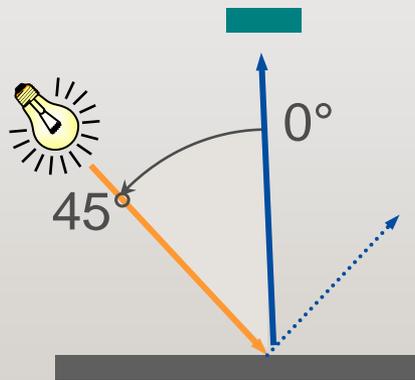


Colore e gloss
influenzano la percezione
visiva

Confronto: 45/0 - sfera spin

45/0

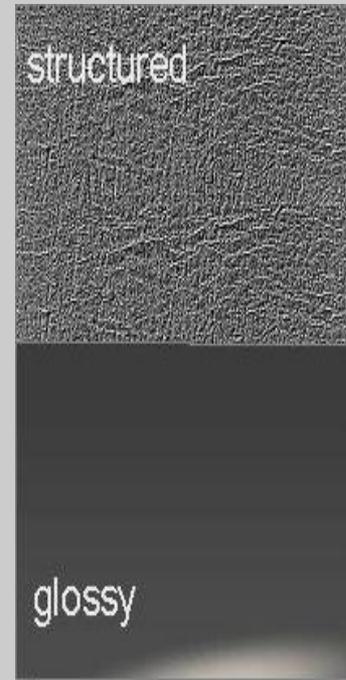
Il colore come lo vediamo



$dL^* = 4,79$
 $da^* = 0,26$
 $db^* = -0,04$

$dE^* = 4,79$

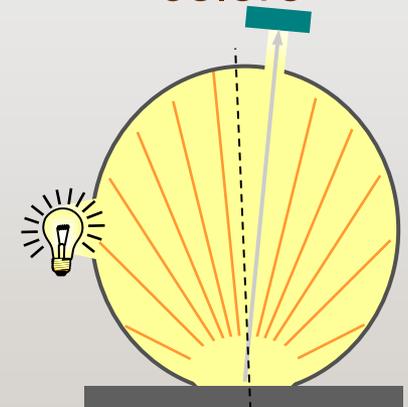
60° 5 GU



60° 30 GU

sfera spin *

Valuta la pigmentazione del colore



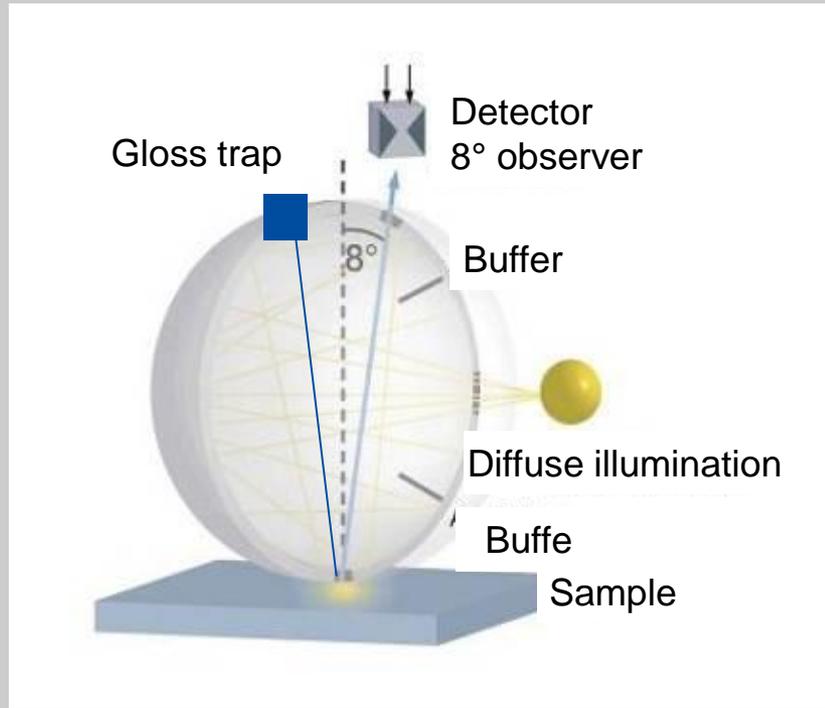
$dL^* = 0,06$
 $da^* = 0,09$
 $db^* = -0,01$

$dE^* = 0,10$

Percezione visiva: Sfera Spex

Differenze in gloss/struttura → Differenze colore

Buona correlazione con il 45/0 su superfici ad alto gloss!



Vantaggio:

Illuminazione diffusa -
influenza della
direzionalità ridotta

Svantaggio:

La correlazione col 45/0
diminuisce con i livelli di
gloss bassi --> la
trappola del gloss non
cattura tutta la luce
diffusa dalla riflessione
speculare

Rapporto di misura

D65 / 10°
spectro-guide 45/0

Scala colore	Standard	Campione	Differenza
--------------	----------	----------	------------

L*	36.84	37.77	0.93
a*	-24.10	-24.59	-0.49
b*	12.00	11.88	-0.12

dE* = 1.05

Gloss 60°

Valutazione visiva dei colori solidi

BYK-Gardner GmbH, 2018

La percezione visiva dipende dalla sorgente luminosa



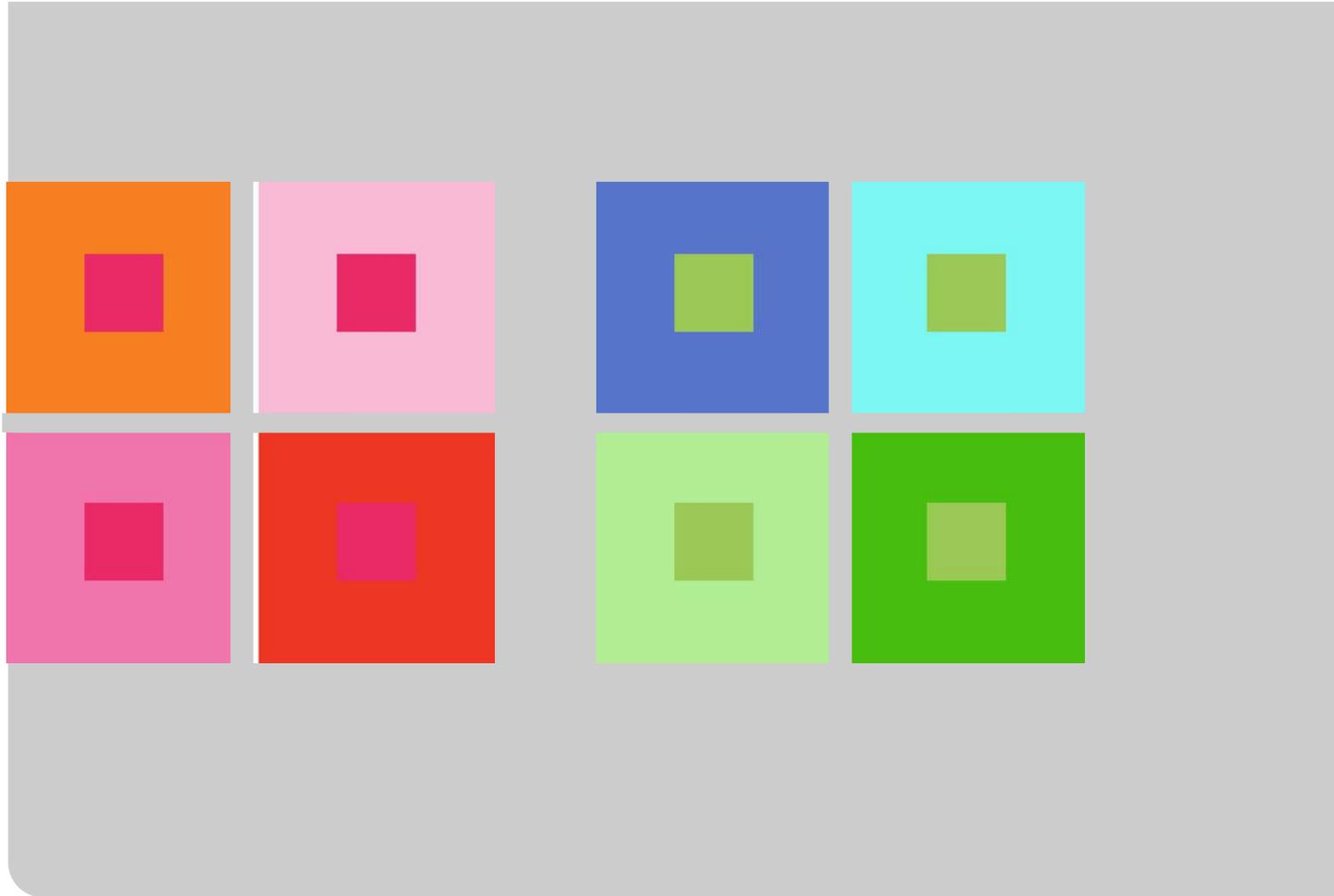
Valutazione all'esterno

Mezzogiorno – Tramonto

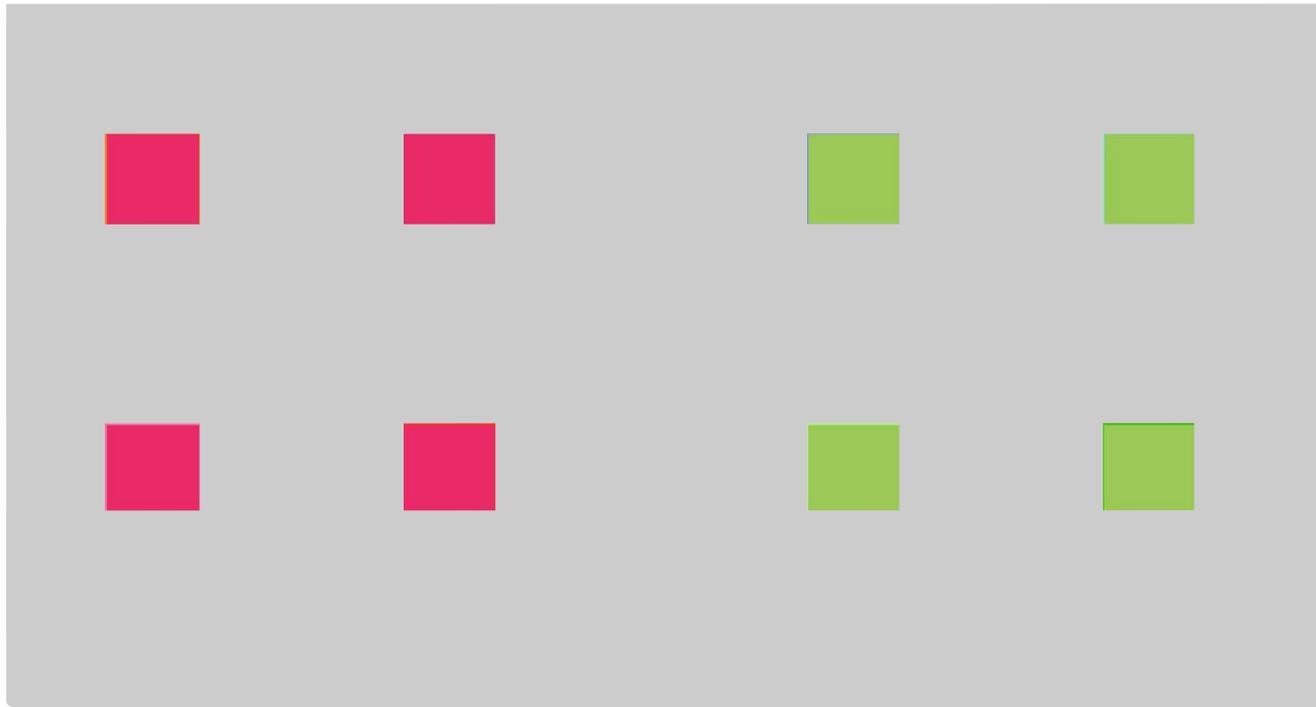
Illuminazione all'interno

Lampade fluorescenti –
Lampade al tungsteno - LED

Percezione del colore influenzata dallo sfondo



Percezione del colore influenzata dallo sfondo



Valutazione visiva di finiture solide

Valutazione in condizioni non-standard



- Provare a trovare una finestra verso nord
 - Ambiente circostante ordinato, neutro
 - I campioni dovrebbero toccarsi fisicamente
 - Illuminazione 45°/ osservazione perpendicolare o viceversa
- Problema maggiore: Sorgente luminosa non costante!

Standard internazionali per la valutazione visiva dei colori solidi

	ISO 3668	ASTM D1729	DIN 6173	SAEJ 361
Illuminante principale	D65	D65/D50/D75	D65	D65/Orizzonte (~ D50)
Illuminanti per il metamerismo	A	A/F2/F11	Nd	F2
Livello di illuminazione	1000 - 4000 lx	1080 – 2150 lx	1000 – 5000 lx	1080 – 1730 lx
Colore dell'interno	Grigio neutro opaco ($a^*, b^* < 1$) Generale: $L^* = 45-55$ Colori chiari $L^* > 65$ Colori scuri $L^* = 25$	Grigio neutro opaco N6 – N7, (~ $L^* = 61-71$)	Grigio neutro opaco	Grigio neutro opaco N6 – N7, (~ $L^* = 61-71$)
Gloss dell'interno	nd	60° gloss < 15 GU	nd	nd
Pannello diffusore	X	X	X	X

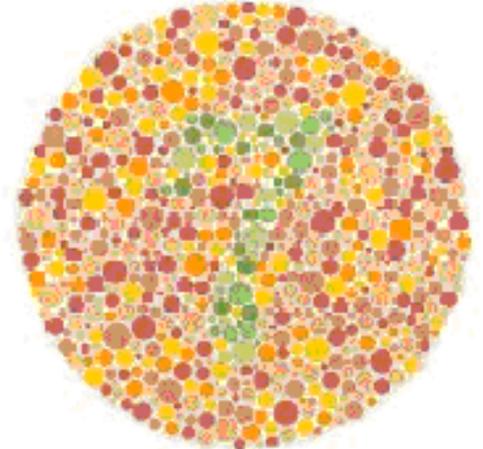
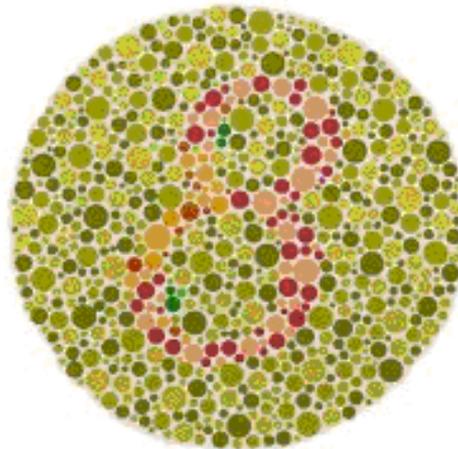
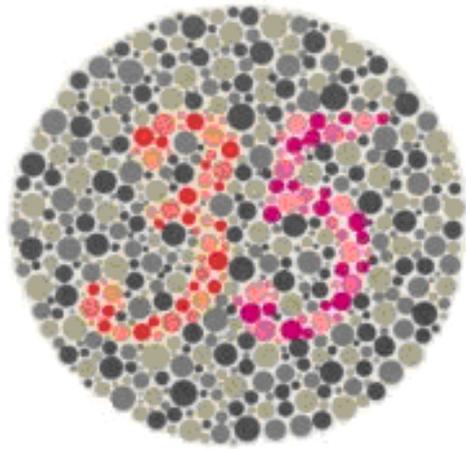
Valutazione visiva dei colori solidi

Osservatore



- Persona allenata e con esperienza
- Evitare effetti che faticano l'occhio:
 - No pastelli dopo colori cromatici
 - Decisione rapida
 - Periodi di riposo → guardare pareti grigie neutre
- Abbigliamento con colori neutri
- L'età è critica (40 anni!)
- Visione del colore normale

Test di Ishihara per valutare la deficienza nel colore



- **Dicromatismo:** solo 2 coni funzionano
 - Cecità al rosso (circa 1% dei maschi)
 - Cecità al verde (circa 1% dei maschi)
 - Cecità al blu (molto rara: 1-2 in 100,000)
- **Tricromatismo anomalo:** 3 coni – 1 cono è alterato
 - Caso più popolare (circa 5.9 % dei maschi) ad es. deficienza rosso-verde

Valutazione visiva dei colori solidi

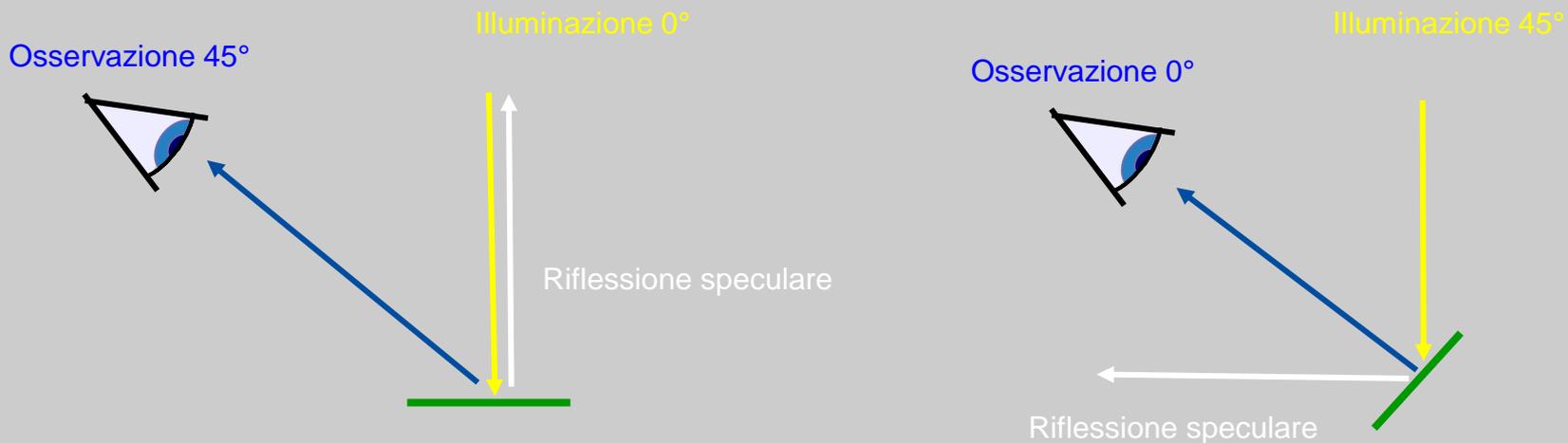
Procedura – Pannelli di prova

- Lo standard e il campione devono
 - Essere piatti e della stessa dimensione (preferibilmente 150 mm x 100 mm)
 - Essere preparati con un metodo di applicazione specificato
 - Avere gloss e texture superficiale simili
- Lo standard e il campione devono essere
 - Allineati fianco a fianco, a contatto tra loro
 - Scambiarli ogni tanto
- Distanza di osservazione 500 mm per corrispondere all'Osservatore 10°

Valutazione visiva dei colori solidi

Procedura – Confronto del colore

- Evitare di guardare la sorgente di luce specularmente riflessa dalla superficie
- Illuminazione perpendicolare / osservazione 45° o viceversa



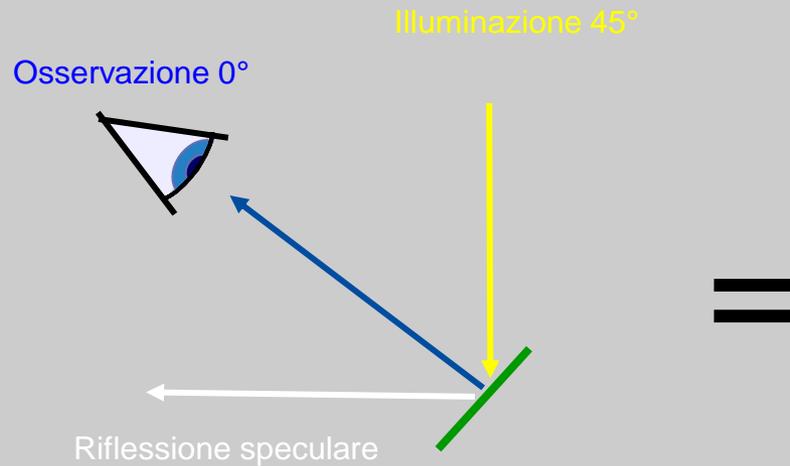
- Usare tono, croma e luminosità per descrivere le differenze di colore
→ Classificazione in classi

Valutazione visiva confrontata alla misurazione strumentale

Cabina luce

Valutazione visiva:

Illuminazione 45° / Osservazione 0°

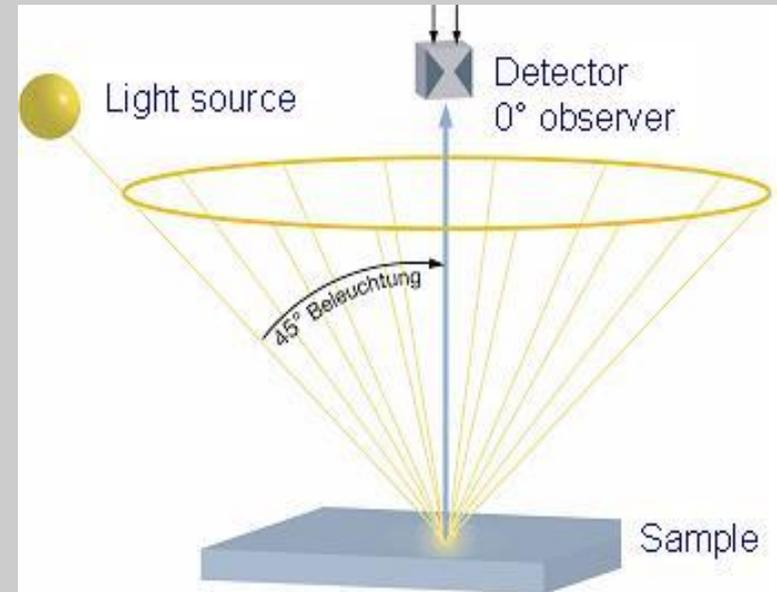


Valutazione visiva:

Illuminazione diffusa / Osservazione 8°

Valutazione strumentale:

Illuminazione 45° / Osservazione 0°

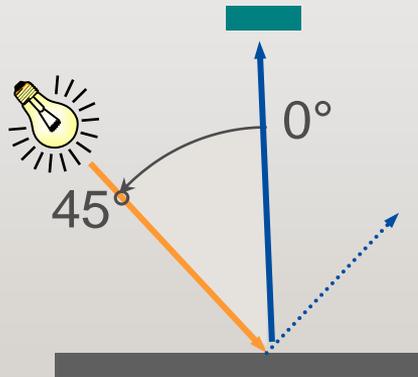


Valutazione visiva confrontata alla misurazione strumentale

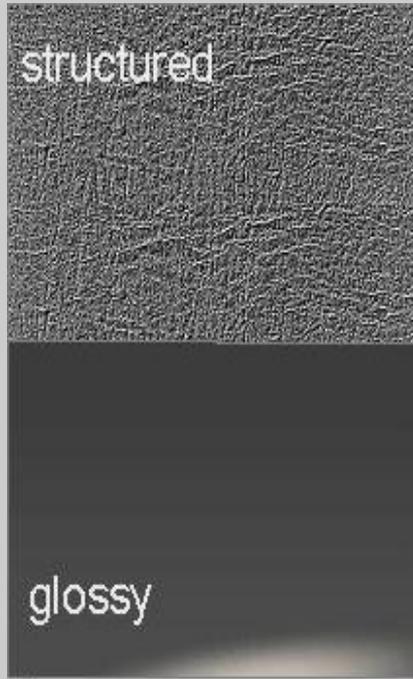
Cabina luce

45/0

il colore come lo vediamo

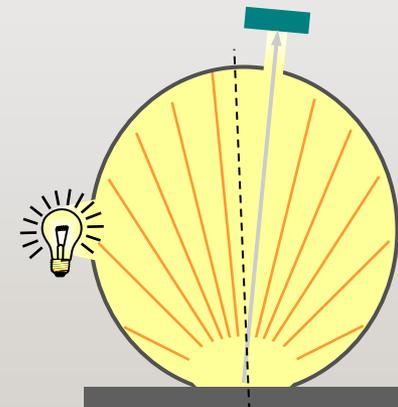


delta E* = 3



sfera SPIN *

pigmentazione del colore



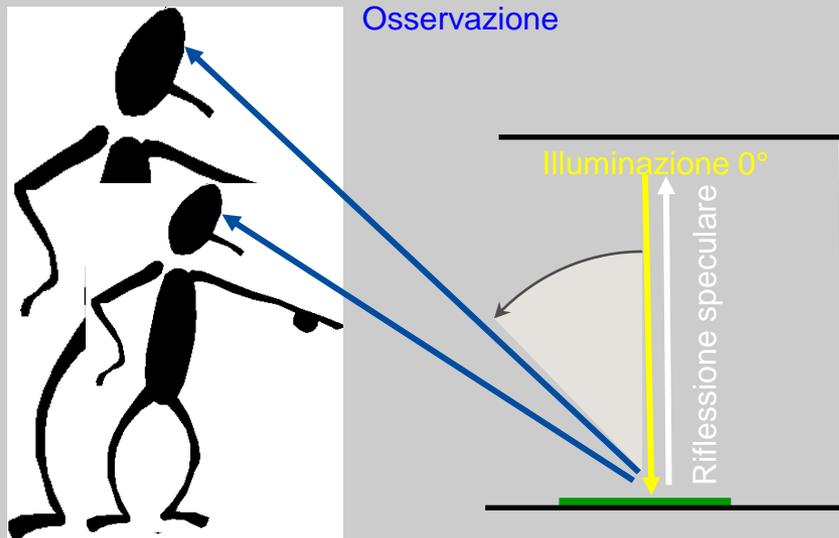
delta E* = 0

* Speculare Inclusa

Valutazione visiva dei colori solidi

Limitazioni

- Le condizioni di osservazione e di illuminazione cambiano a seconda della grandezza dell'osservatore

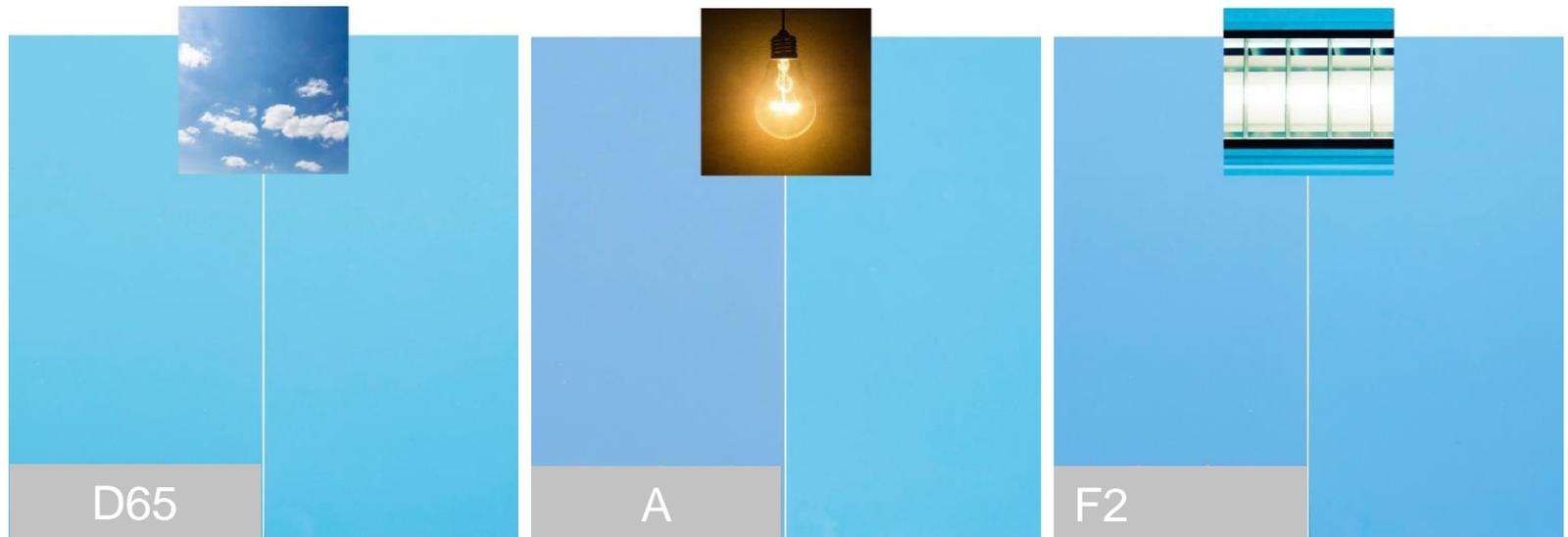


Qual è l'angolo di osservazione reale???

- No 100% di illuminazione diretta a causa dei pannelli diffusori davanti alle sorgenti luminose.

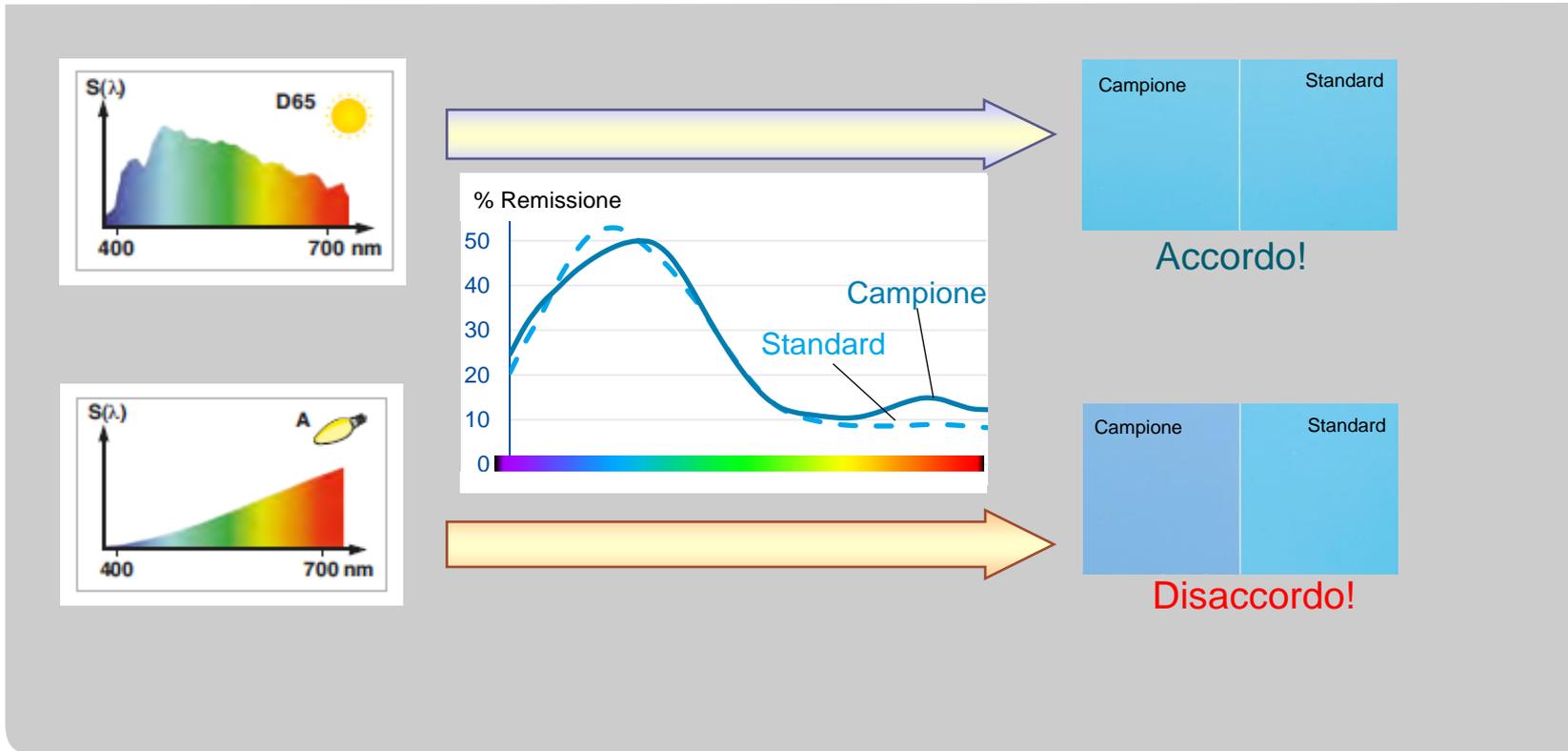
Valutazione visiva del colore

Disaccordi visivi non sorprendenti con condizioni di illuminazione standardizzate



Metamerismo

Coppia di campioni: Pigmenti con riflettanza differente

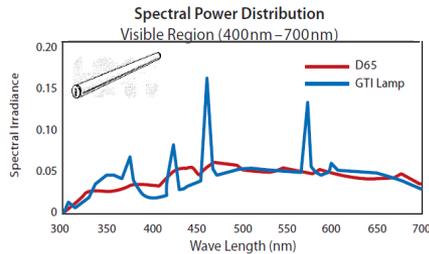


Sorgente luminosa vs. Illuminante

- Illuminante standard: definito dalla CIE come rappresentazione teorica con una SPD
- Sorgente luminosa: Lampada per simulare / rappresentare l'illuminante CIE

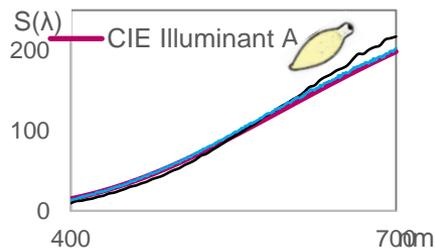
Teoria
Simulazione luce
diurna
Sorgenti luminose
Funzioni
Specifiche tecniche

Luce diurna

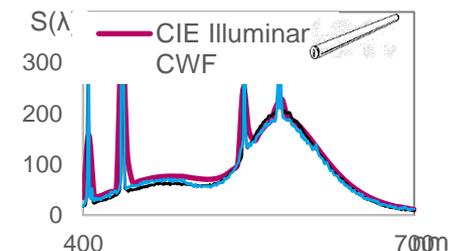
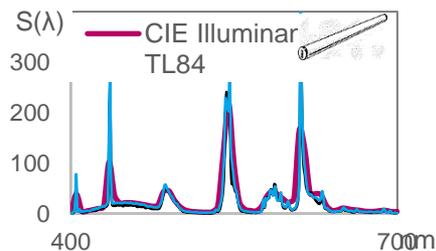


← Solo simulazione!

Luce a incandescenza



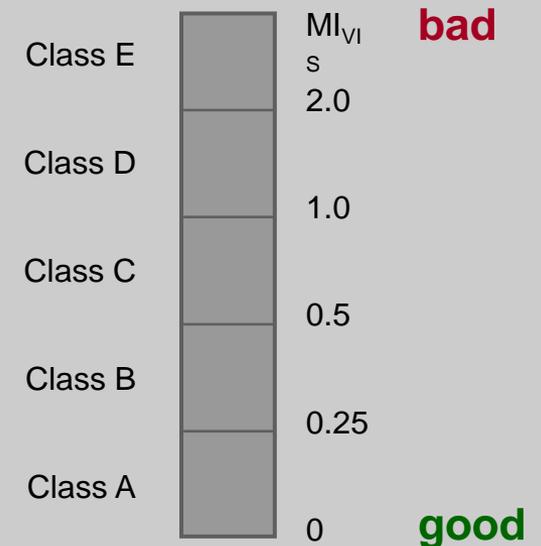
Luci fluorescenti



Classificazione di qualità CIE

Più una lampada si avvicina alla specifica CIE, migliore è l'accuratezza del color-matching visivo!

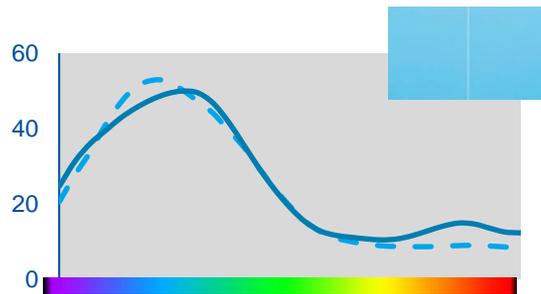
- Pubblicazione CIE 51.2
Un metodo per classificare la qualità delle sorgenti di luce diurna
- Coppie di campioni metameriche teorici con $MI=0$ sotto illuminante standard D65



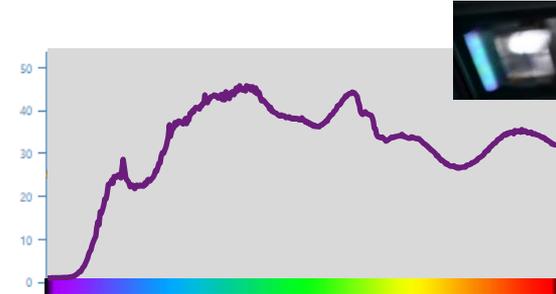
Simulazione della luce diurna naturale

Pubblicazione CIE 51.2 per classificare la qualità delle sorgenti di luce diurna

5 coppie di campioni
teoricamente metameric



Spectral Power Distribution
delle lampade della cabina luce



×

→

ΔE^*

Differenza colore nello
spazio colore CIEL*a*b*



- Analisi con coppie di campioni metameric teorici
→ Nessuna differenza di colore con l'illuminante standard D65 definito dalla CIE

Luce diurna migliore della classe per le prove di colore critiche

$$MI_{VIS} = \sum_{i=5}^5 \Delta E_i^* / 5$$

Indice di metamerismo nel range del visibile



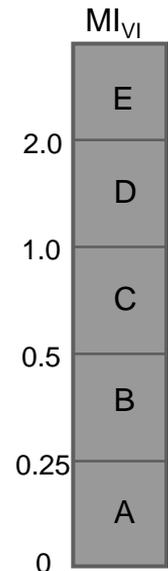
Classe A

$$MI_{VIS} = 0.07 - 0.18^*$$

* Basato su 100 byko-spectra pro

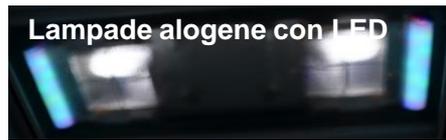
byko-spectra pro

- Combinazione intelligente di lampade alogene al tungsten filtrate e LED
- La giusta quantità di luce UV è automaticamente aggiunta quando si sceglie la D65



Simulazione delle luce diurna naturale definita dalla CIE D65

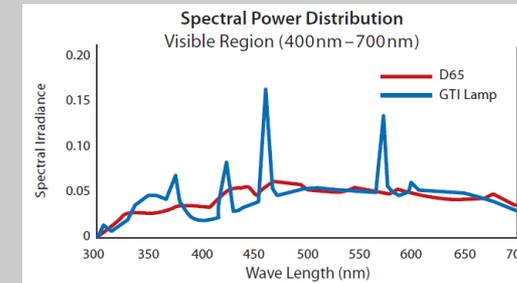
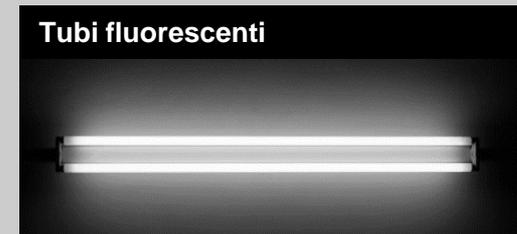
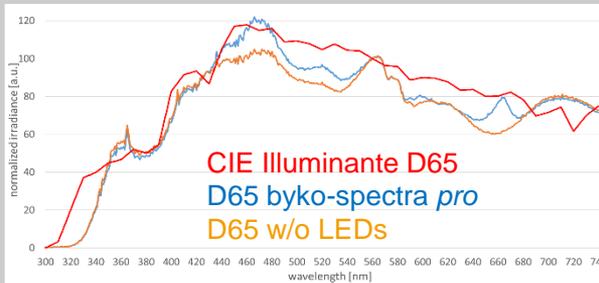
Coppia di campioni metamericici



Distribuzione dell'energia spettrale (SPD) dei simulatori di luce diurna



Teoria
Simulazione luce diurna
Sorgenti luminose
Funzioni
Specifiche tecniche



- La simulazione di luce diurna più accurata come definita dalla CIE

Classificazione secondo la Pubblicazione CIE 51.2



Teoria
**Simulazione luce
diurna**
Sorgenti luminose
Funzioni
Specifiche tecniche

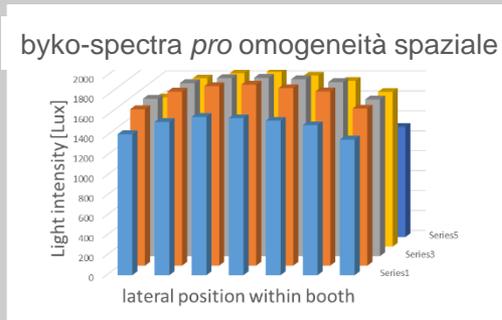
	Tipo di illuminazione	Classe	MI_{VIS}
byko-spectra <i>pro</i>	D65 + UVA	A	0.17

- Migliore luce diurna sul mercato

Omogeneità della luce



Teoria
**Simulazione luce
diurna**
Sorgenti luminose
Funzioni
Specifiche tecniche



- Alta qualità dei filtri monolitici in vetro
- Ottima omogeneità della luce

Otto sorgenti luminose certificate



Teoria
Simulazione luce
diurna
Sorgenti luminose
Funzioni
Specifiche tecniche

	<i>byko-spectra pro</i>
D65	6500 K, 1830 Lux
CWF	500 ... 1800 Lux
TL84	500 ... 1800 Lux
U30	500 ... 1800 Lux
A	2000 Lux
Horizon	1465 Lux
UV	3.8 W/m ² (0 ... 100%)

Operazioni efficienti con funzionalità comode



Teoria
Simulazione luce
diurna
Sorgenti luminose
Funzioni
Specifiche tecniche

- Intensità luminosa regolabile (lux)
- Operazione con tastierino touch o telecomando
- Modo di Auto-sequenza per la valutazione del colore efficace e standardizzata

Operator:	Oper5	● DL ● CWF ● TL84 ● U30 ● A ● HZ ● UV ● AUTO ● SETUP
Profiles:	Profile5	
Type	TL84	LUX
RHours	1991.9 H	1200
RCycles	59585	
Tcp	Sampling	
Ev	Sampling	
2017-10-13 02:07:04 pm		



Illuminazione controllata al 100% per le prove visive del colore credibili



Teoria
Simulazione luce
diurna
Sorgenti luminose
Funzioni
Specifiche tecniche

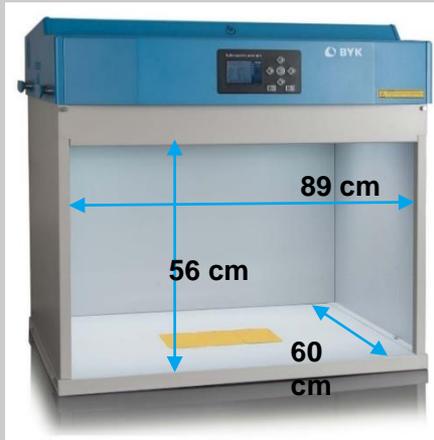
- Temperatura del colore e output di lux dal vivo
- Durata di vita delle lampade alogene estesa: 600 ore
- Il certificato di fabbrica garantisce precisione e accuratezza di tutte le lampade



Specifiche tecniche



Teoria
Simulazione luce
diurna
Sorgenti luminose
Funzioni
**Specifiche
tecniche**



Dimensioni

Cabina luce 99 x 64 x 70 cm

Luminarie 99 x 64 x 21 cm

Spazio visivo

89 x 60 x

56 cm

Peso

Cabina luce 50 kg

Luminarie 40 kg

