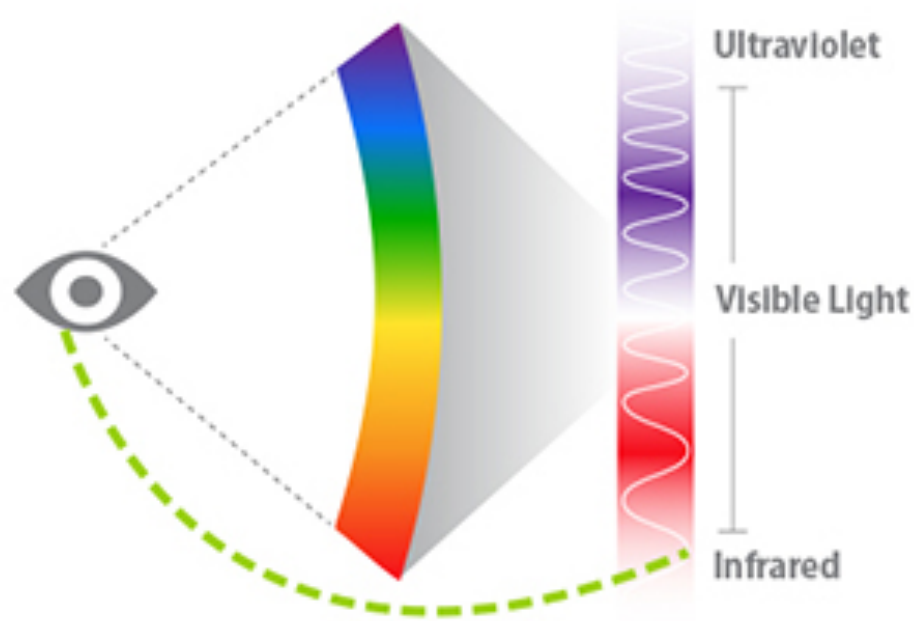


Color Models

Esercitazione 1

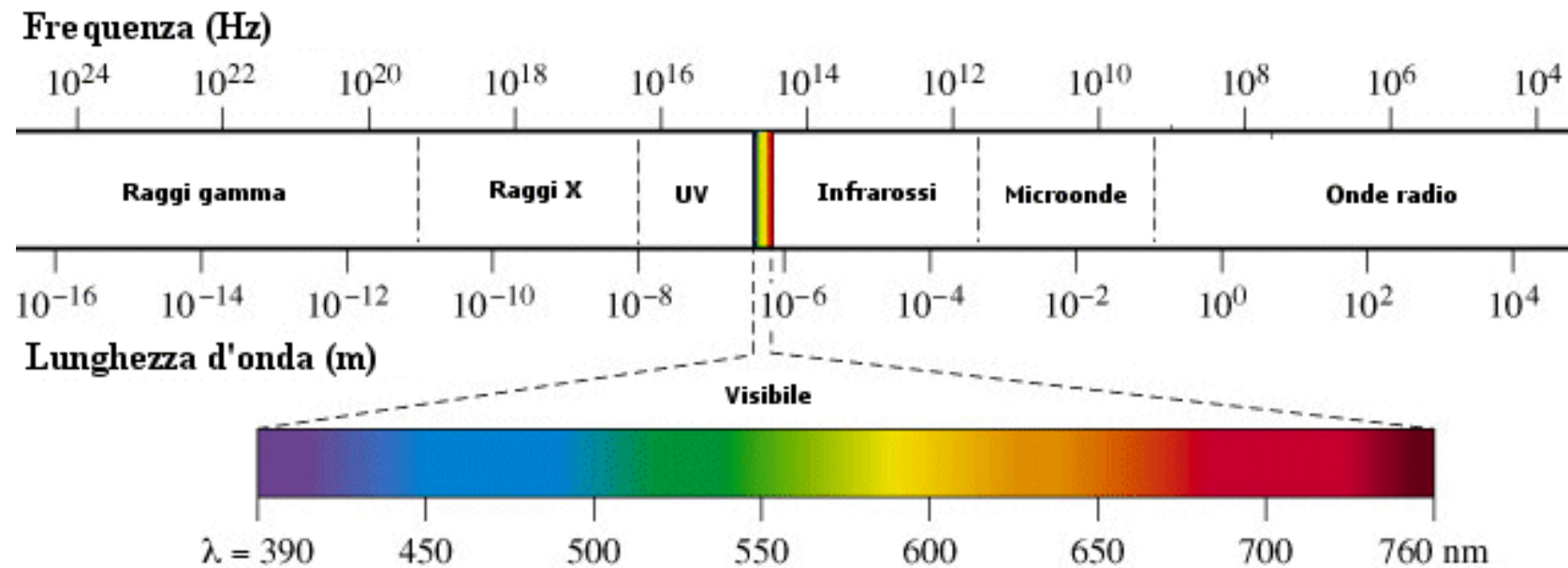
Luce come forma d'onda

Colour vision, ability to distinguish among various wavelengths of light waves and to perceive the differences as differences in hue



<https://www.britannica.com/science/color-vision>

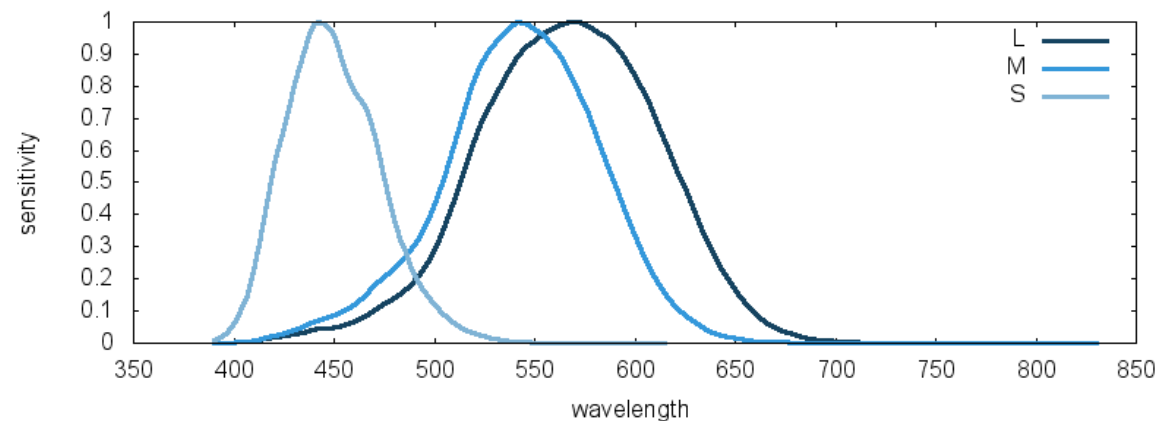
Spettro elettromagnetico



Colori primari (RGB) - 1

I fotorecettori oculari si possono distinguere in Long, Medium e Short per tipo di caratteristiche e per la lunghezza d'onda alla quale sono sensibili.

La «sensibilità» può essere al colore: L = red, M = green, S = blue

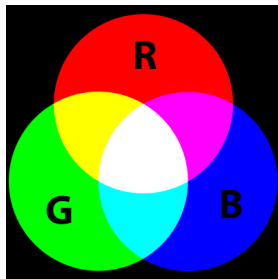


Colori primari (RGB) - 2

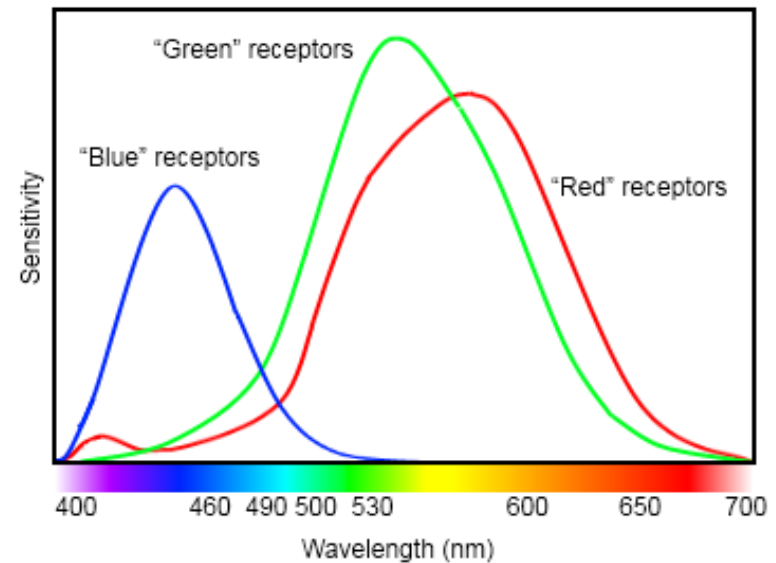
Il cervello elabora lo spettro della luce visibile come «combinazione» dei singoli segnali

Quindi il sistema di rappresentazione più «vicino» a quello usato dall'occhio umano consiste nel rappresentare ogni colore come una combinazione dei colori fondamentali

RedGreenBlue



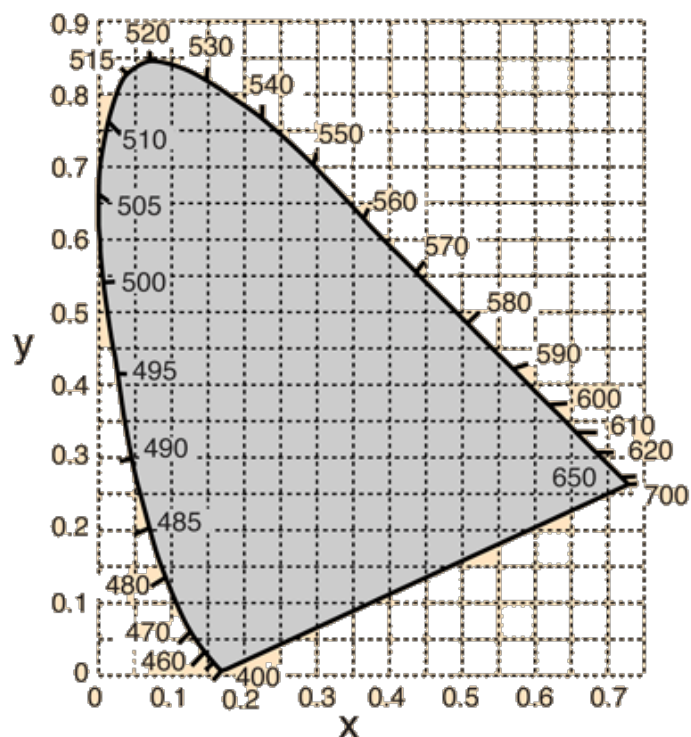
Human color receptor relative sensitivity



Color Models

- *Colorimetric models, basati sulla riflettività spettrale. Es. CIE chromaticity diagram.*
- *Physiologically inspired models, basati sulla neurofisiologia. Es. RGB.*
- *Psychological models, basati sul come i colori sono percepiti. Es. HSB.*
- *Hardware-oriented color models, modelli che considerano le proprietà del dispositivo. Es. CMY.*
- *User-oriented color models, modelli basati sul modo di percepire i colori da parte degli utenti. Es. HSV.*

Diagramma cromatico - 1



Nel 1931 la *Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE) ha definito uno standard basato sulle componenti primarie X, Y, Z che combinate formano tutti i colori visibili e tali da avere una corrispondenza con le *colour matching function*.

Il Chromaticity Diagram è costruito a partire dai valori normalizzati di X e Y (assi x e y) e z è ottenuto come $1 - x - y$

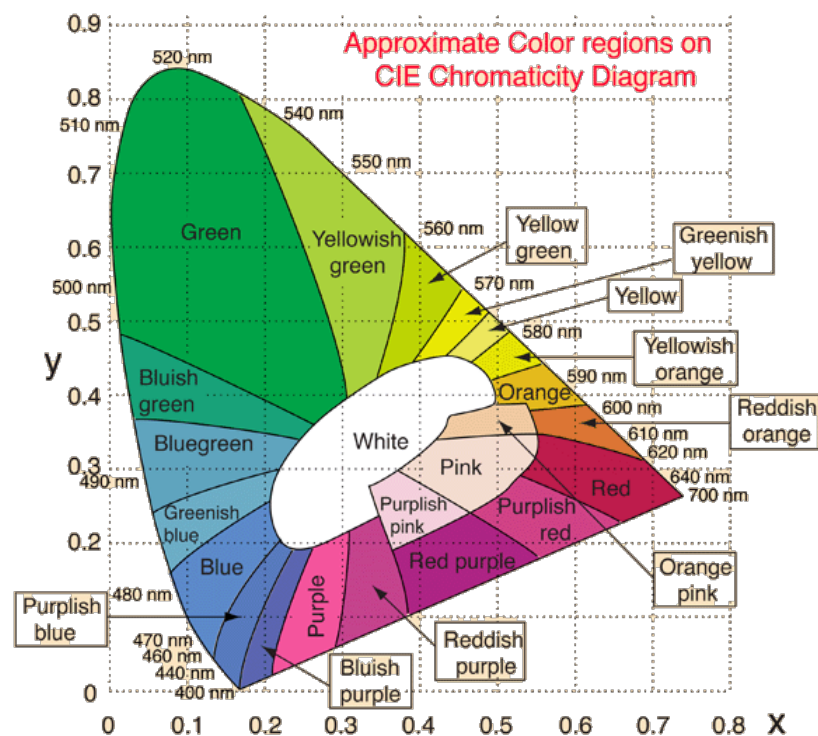
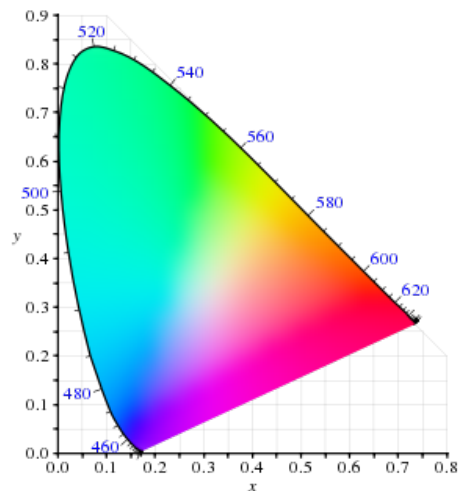
$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

Diagramma cromatico - 2

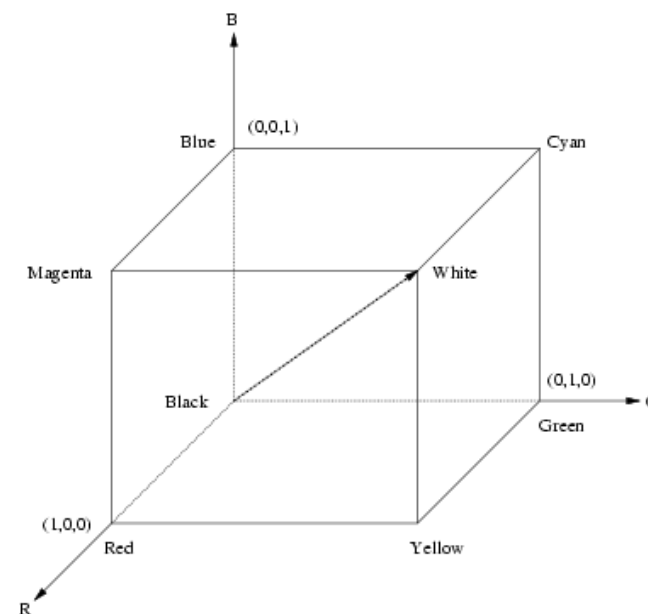
Nel diagramma cromatico è non possibile avere una separazione netta dei colori, ma è possibile assegnare delle aree di «influenza».

I colori spettrali puri, corrispondenti ad una lunghezza d'onda, sono posizionati sulla curva



Modello RGB

- Basato su 3 canali **Red Green Blue**
- Ogni altro colore è ottenuto combinando i valori dei colori di base
- È un modello **additivo**: un colore è formato dall'aggiunta di altri colori. Quindi l'assenza di colore è definita come (0, 0, 0)
- Il vettore Black-White definisce la scala di grigi
- Ogni colore è definito tramite un intero a 8 bit (0-255), quindi lo spazio totale è definito da 24 bit
- Il numero totale di colori possibili è $2^{8^3} = 16.777.216$



Modello CMY e CMYK

- I colori di base sono Cyan, Yellow, Magenta, i colori secondari del modello RGB
- È un modello **sottrattivo**: ogni colore è ottenuto sottraendo la luce dal bianco. Quindi il nero è definito come (1,1,1)
- A causa di limiti fisici, non è possibile riprodurre il nero come combinazione di CMY. Quindi è stato aggiunto un quarto colore, il nero: con $K = 1$ si ha il *true black* e di conseguenza $C = M = Y = 0$.

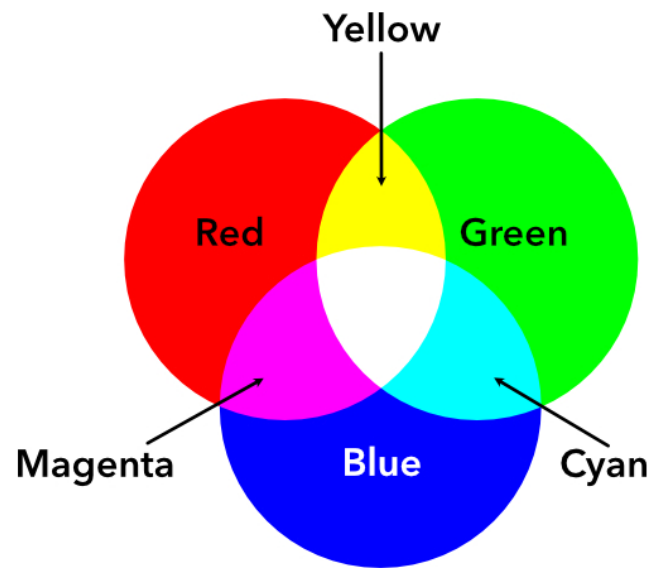
La conversione tra CMYK e CMY è data dalle equazioni:

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

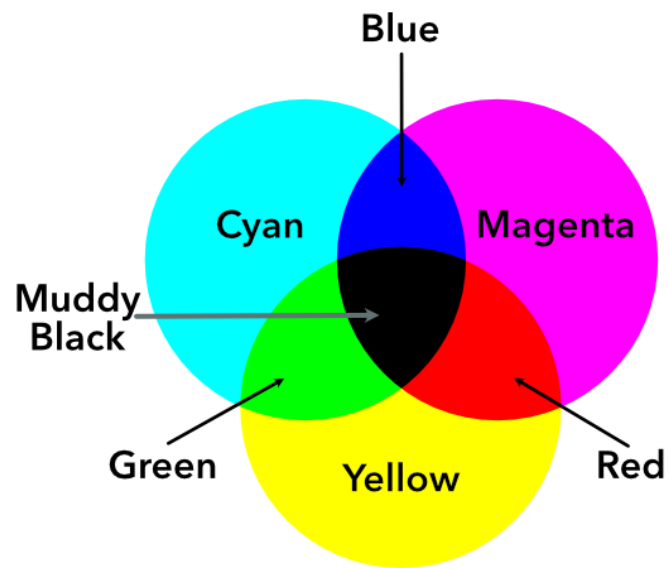
$$K = \min(C, M, Y)$$

$$\begin{aligned} C &= C * (1 - K) + K \\ M &= M * (1 - K) + K \\ Y &= Y * (1 - K) + K \end{aligned}$$

Additivo vs Sottrattivo



Additive colour



Subtractive colour

Modelli YIQ e YUV

Il modello YIQ (luminance-inphase-quadrature) definisce i colori tramite *luminance*, *hue* e *saturation*.

Nato all'interno dello standard di trasmissione televisiva NTSC. Ben presto è stato sostituito dallo standard YUV.

Le televisioni BN gestiscono solo un singolo segnale in scala di grigi Y mentre quelle a colori gestiscono 3 canali. Tramite lo standard YUV lo stesso segnale può alimentare entrambe le tipologie di dispositivi e il segnale RGB può essere ricostruito sul TV.

Il modello YUV utilizza la componente Y come il modello YIQ ma differisce dal precedente perché le componenti U (o Cb) e V (o Cr) sono definite come differenza dal blue e dal rosso.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$I = 0.596R - 0.274G - 0.322B$$

$$Q = 0.211R - 0.523G + 0.312B$$

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$U = 0.493(B - Y)$$

$$V = 0.877(R - Y).$$

Modello HSL/HSV

I modelli RGB, CMY, YUV permettono di definire analiticamente lo spazio colore. Ma l'essere umano percepisce i colori in maniera differente.

Un metodo più intuitivo è rappresentato dai modelli

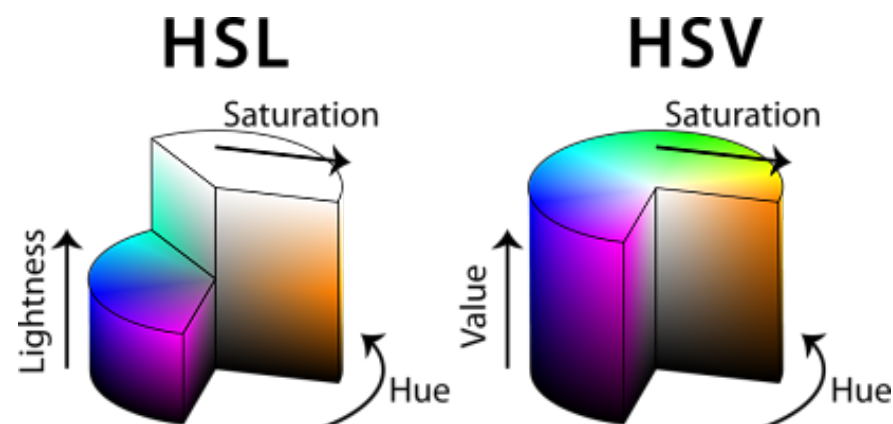
HSV - *hue, saturation, value*

HSL - *hue, saturation, lightness*

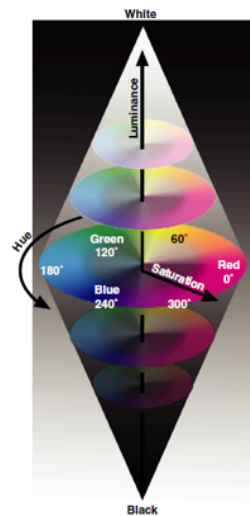
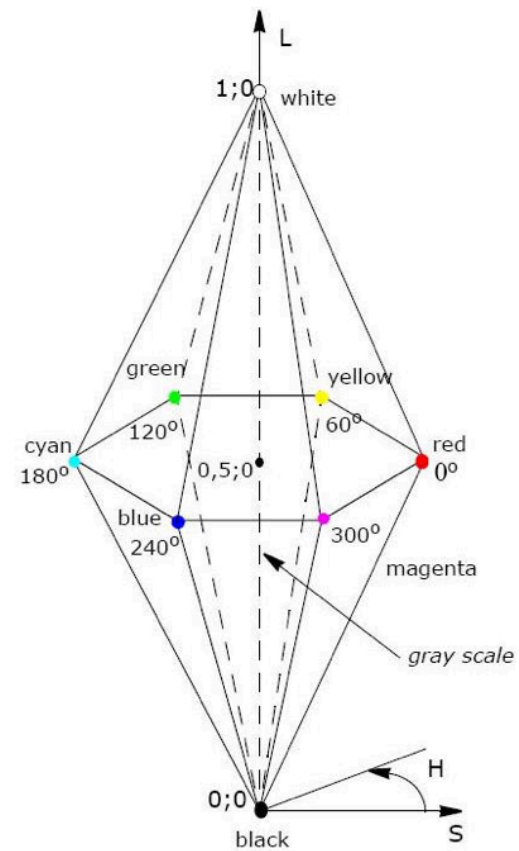
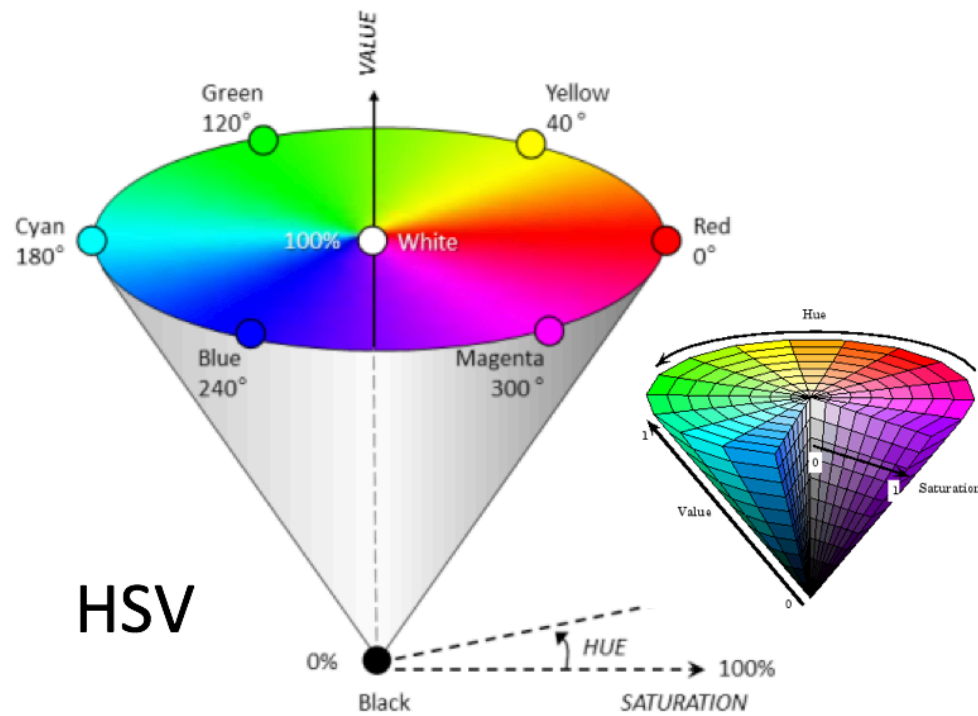
Hue (colore, tinta): il “vero colore”

Saturation (saturazione, sfumatura): quanto è diluito col bianco

Value: il grado di luminosità o intensità



Modello HSL/HSV



HSL

Modello CIE Luv

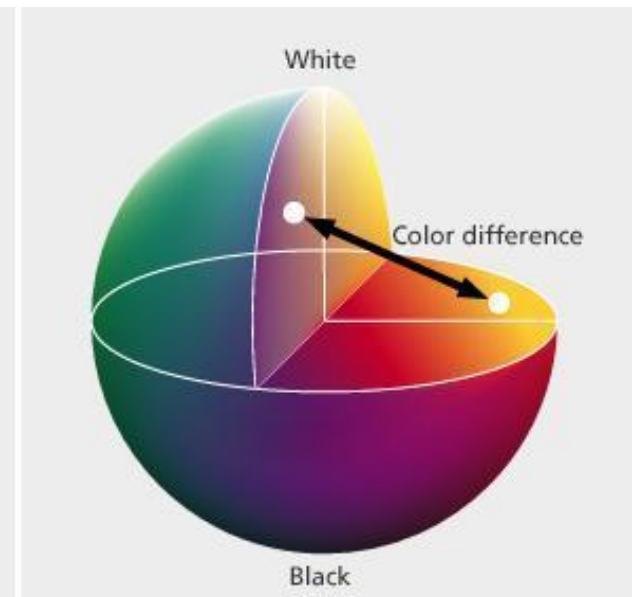
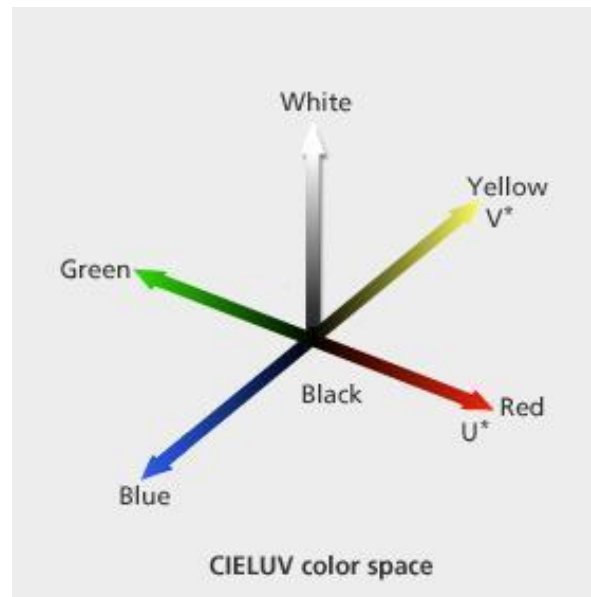
Due colori definiti come equidistanti nello spazio analitico possono non essere percepiti come tali dall'essere umano. Quindi si è cercato un modo per definire degli *spazi colore percettivamente uniformi*

Nel modello $L^*u^*v^*$ la differenza tra due colori è un'approssimazione della differenza percepita dall'uomo. Nello spazio colore $L^*u^*v^*$, il Rosso è più rappresentato del Verde e del Blu (poco presente).

Utilizzato per quantificare le differenze di visualizzazione dei monitor.

L^* , Lightness, esprime una misura della luminosità percepita dall'uomo

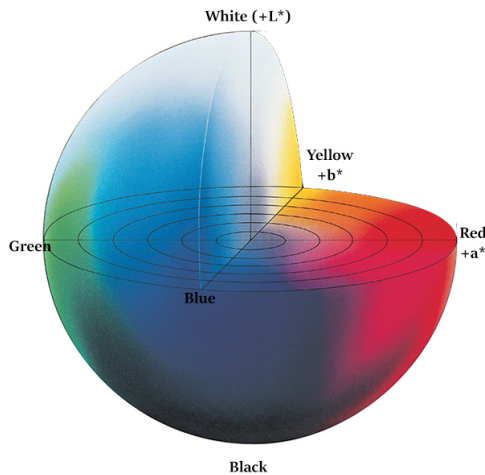
u^*v^* sono coefficienti cromatici.



Modello CIE Lab

Utilizzato per quantificare le differenze tra sorgenti di luce naturale.

Rispetto al modello $L^*u^*v^*$, si ha una predominanza del Verde rispetto al Blu e al Rosso. Il blu ha uno «spazio» maggiore rispetto al modello precedente.



L^* : Lightness
 a^* : Red/Green Value
 b^* : Blue/Yellow Value

