



Fisica della Visione

2



Introduzione

Lezione 15

La percezione visiva:
dispositivi per la riproduzione dei colori

- Caratteristiche fisiche e percettive.
- Immagini multispettrali.
- Immagini RGB.
- Stampa CMYK.



Fisica della Visione

3



Colori: caratteristiche fisiche e percettive

Caratteristica fisica

- Spettro della radiazione elettromagnetica.
- Rappresentabile in uno spazio a infinite dimensioni (H_c , spazio di Hilbert).
- Esempio: immagini multispettrali.

Caratteristica percettiva

- Colore.
- Rappresentabile in uno spazio vettoriale a tre dimensioni (R^3).
- Esempio: immagini RGB.
- Esempio: stimolazione dei tre tipi di cono.

Nota: nessuna di queste è l'informazione che raggiunge il cervello.



Fisica della Visione

4



Immagini multispettrali

Un'immagine multispettrale è un'immagine che cattura dati visivi nell'ambito di specifiche bande di lunghezza d'onda nello spettro elettromagnetico.

Le lunghezze d'onda possono essere separate con filtri o usando strumenti sensibili a particolari lunghezze d'onda, incluso onde elettromagnetiche di frequenza non appartenente al visibile, come gli infrarossi e gli ultravioletti.

Il ricorso a immagini spettrali e multispettrali può consentire l'estrazione di informazioni aggiuntive che l'occhio umano non riesce a catturare con i suoi recettori per il rosso, il verde, e il blu.

All'origine sono state sviluppate per l'interpretazione di immagini prese dallo spazio, ma hanno trovato uso anche nell'analisi di documenti e dipinti.

Le riprese multispettrali misurano la luce in un certo numero di bande spettrali (di solito da 3 a 15).

Le riprese iperspettrali sono un caso particolare di ripresa spettrale dove spesso sono presenti centinaia di bande spettrali adiacenti.

Si adopera per usi militari, rivelazione di campi minati, rivelazione di missili balistici nascosti, analisi di immagini riprese dallo spazio, documenti, dipinti.

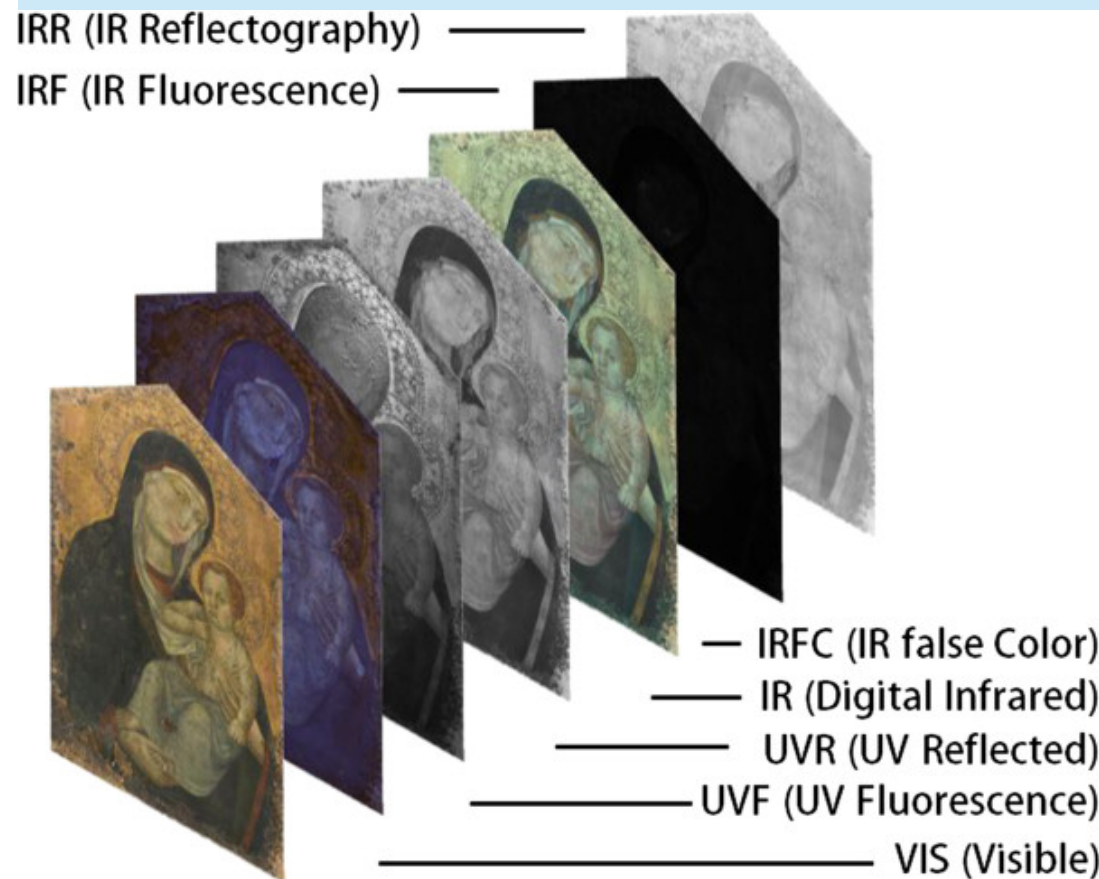


Fisica della Visione

5



Immagini multispettrali



VIS—Luce visibile.

VISTR—Luce visibile trasmessa. Si vedono strati e ritocchi.

RAK—Luce radente. Rende visibile l'aspetto della superficie.

UVF— Fluorescenza dovuta a illuminazione con ultravioletti. Si vedono vernici e ritocchi.

UVR—Riflessione nell'ultravioletto.

IR—Infrarosso.

IRFC—Infrarosso a falsi colori. Si distinguono materiali e ritocchi.

IRF—Fluorescenza dovuta a illuminazione con infrarossi. Si possono individuare i pigmenti usati.

IRR—Riflessione nell'infrarosso. Si vedono strati ed eventuali dipinti sottostanti.

IRTR—Infrarossi trasmessi. Si distinguono disegni sottostanti e alterazioni

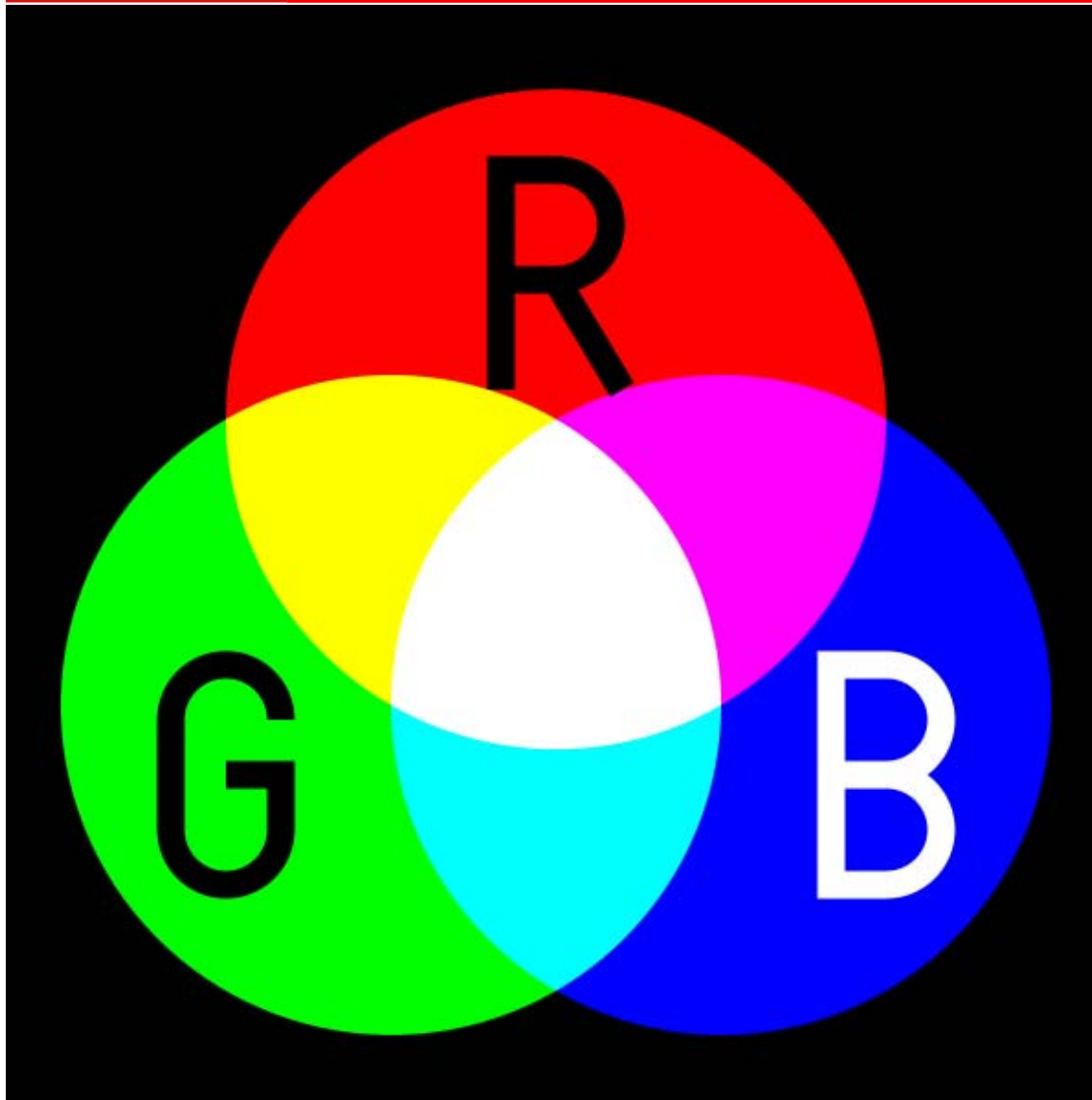


Fisica della Visione

6



RGB



RGB è un modello di colori le cui specifiche sono state descritte nel 1936 dalla CIE. L'RGB viene usati nei monitor, nei televisori, nei display di svariati dispositivi. Esso è un modello di colori di tipo additivo: i colori sono emessi da soli o in combinazione a partire da uno sfondo nero. Sono definiti come somma dei tre colori Rosso (*Red*), Verde (*Green*) e Blu (*Blue*), da cui appunto l'acronimo RGB. Altri 5 colori notevoli di questo tipo di modello sono il Giallo (Rosso + Verde), il Magenta (Rosso + Blu) e il Ciano (Verde + Blu), inoltre la somma dei tre colori costituisce il Bianco, e la loro totale assenza il Nero, come rappresentato dall'immagine accanto.

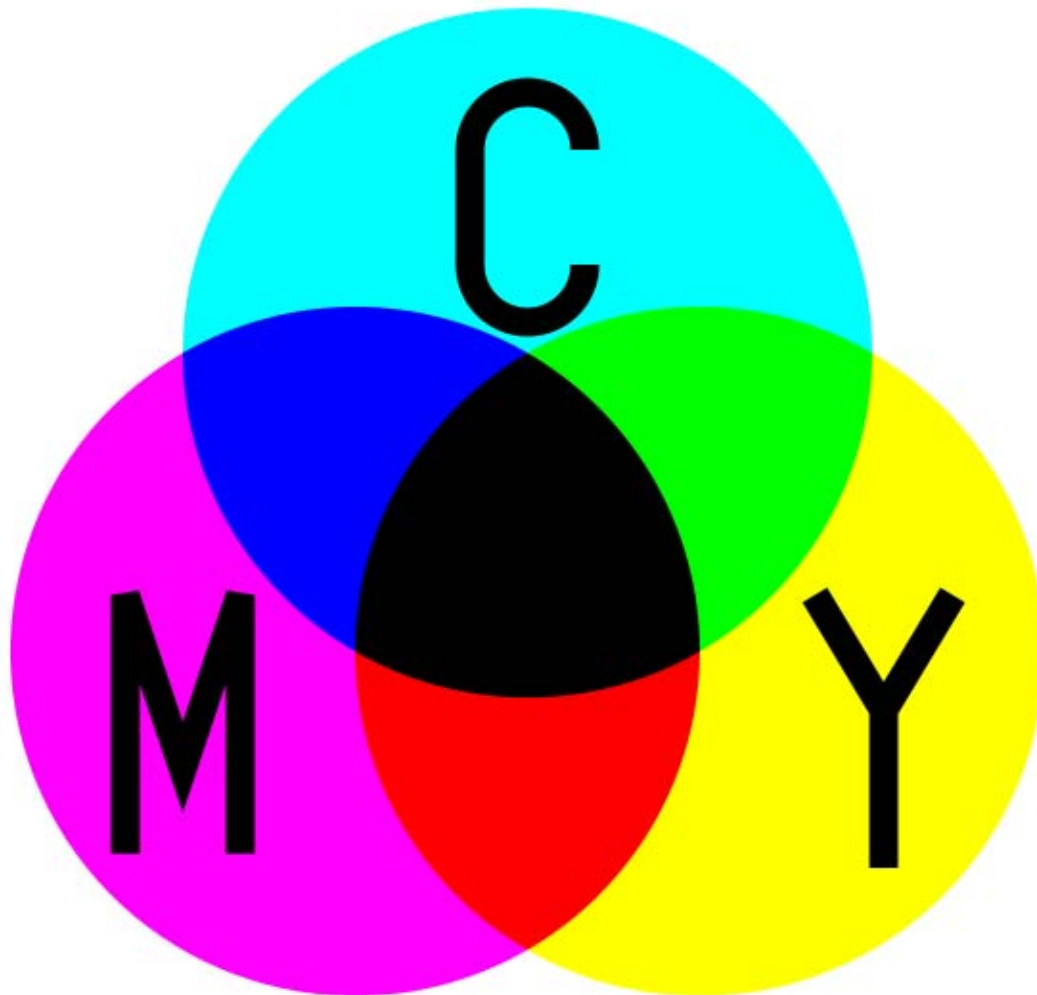


Fisica della Visione

7



CMY



CMY (ma più spesso detto **CMYK**) è un modello di colori alternativo allo RGB. Il CMY viene usato nella stampa e nelle stampanti. Esso è un modello di colori di tipo sottrattivo: da un fondo riflettente bianco si sottraggono parti dello spettro mediante sostanze che riflettono solo le lunghezze d'onda definite dai tre colori Ciano (*Cyan*), Magenta (*Magenta*) e Giallo (*Yellow*), da cui appunto l'acronimo CMY. Altri 5 colori notevoli di questo tipo di modello sono il Blu (Ciano + Magenta), il Verde (Ciano + Giallo) e il Rosso (Magenta + Giallo), inoltre la somma dei tre pigmenti dà una buona approssimazione del Nero, come rappresentato nell'immagine.

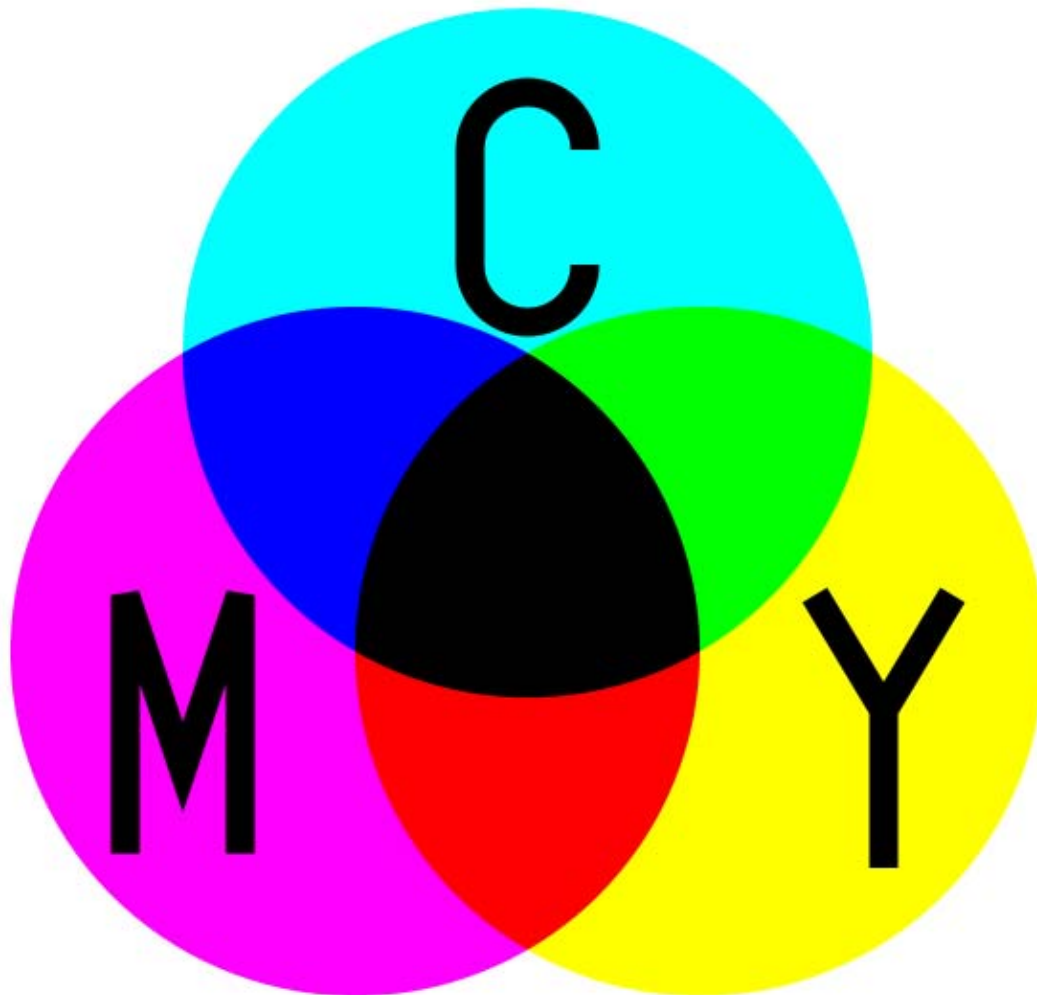


Fisica della Visione

8



CMYK



Nella stampa si usa quasi sempre anche un quarto colore, il nero, che permette di ottenere un colorazione più scura di quella prodotta dalla semplice sovrapposizione dei pigmenti dei tre colori principali.

La stampa ottenuta in questo modo, con l'uso dei tre colori principali e del nero, è nota nel mondo dell'editoria con la denominazione di stampa in quadricromia.

La K della sigla **CMYK** è in genere associata all'ultima lettera del colore nero in inglese (black).

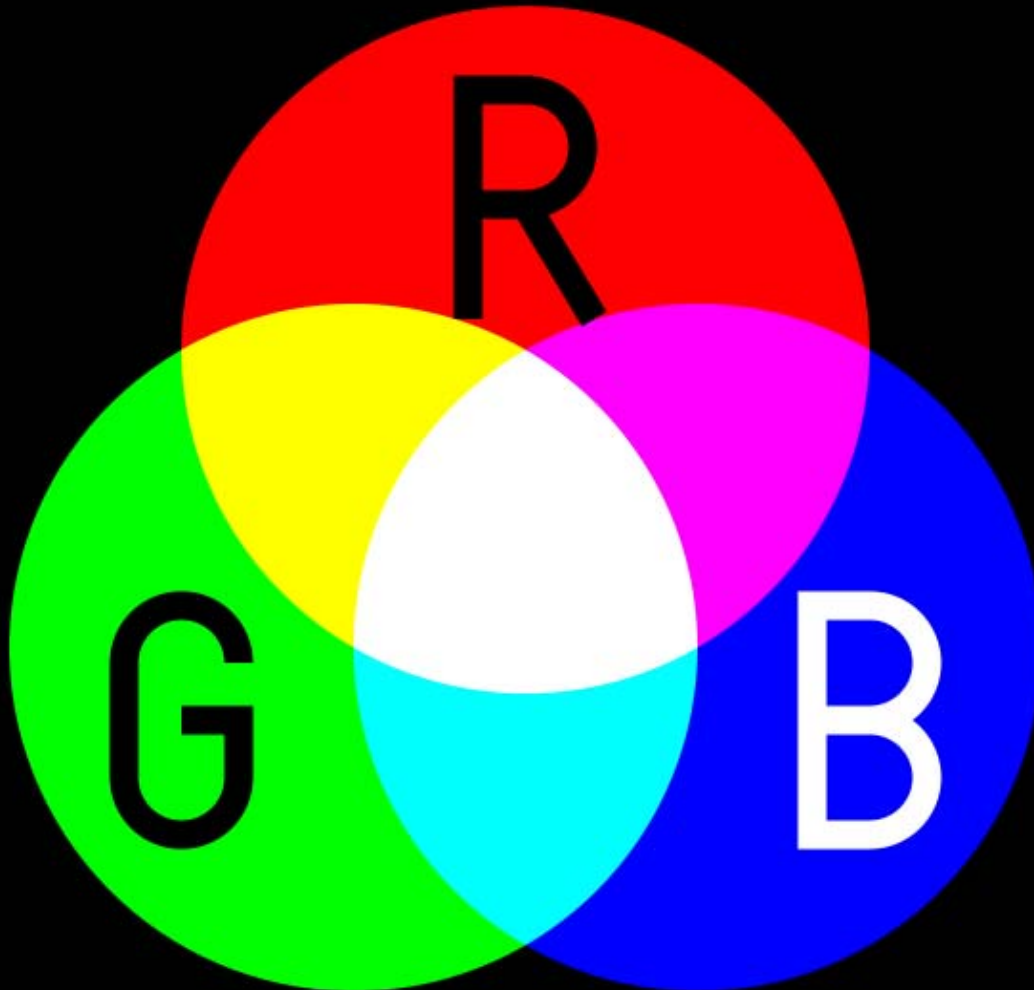


Fisica della Visione

9



RGB



Per le sue caratteristiche, RGB è un modello particolarmente adatto alla rappresentazione e visualizzazione di immagini in dispositivi elettronici. Infatti la maggior parte dei dispositivi usa di norma combinazioni di Rosso, Verde e Blu per visualizzare i pixel di un'immagine. Tuttavia ciò fa anche sì che la visualizzazione possa dipendere dal particolare dispositivo: la stessa immagine potrebbe essere visualizzata in maniera diversa, se visualizzata su due dispositivi differenti, in quanto i materiali usati per realizzare gli schermi variano in base al produttore. Inoltre si possono notare differenze nel corso del tempo anche nello stesso dispositivo, per via del naturale deterioramento dello stesso.

Immagini RGB



Immagine RGB (in alto).

Essa è formata dalla sovrapposizione di tre immagini monocromatiche che contengono rispettivamente:
 il rosso (in alto a destra),
 il verde (in mezzo a destra),
 il blu (in basso a destra).



Un'immagine RGB contiene tre canali: rosso, verde, e blu.

I canali RGB seguono approssimativamente il colore dei recettori nell'occhio umano, e vengono usati nei monitor per computer e negli scanner.

Se l'immagine RGB è a 24 bit (lo standard industriale del 2005), ciascun canale ha 8 bit per il rosso, 8 bit per il verde, 8 bit per il blu. In altre parole l'immagine è composta da tre immagini (una per ciascun canale).

Ciascuna immagine può immagazzinare pixel distinti con luminosità convenzionali comprese fra 0 e 255.

Se l'immagine RGB è a 48 bit (altissima profondità di colore), ciascun canale è composto da immagini a 16 bit.



Fisica della Visione

11



RGB



Un'immagine può infatti essere scomposta, attraverso filtri o altre tecniche, in questi colori base che miscelati tra loro danno quasi tutto lo spettro dei colori visibili, con l'eccezione delle porpore.

Più specificamente i tre colori principali corrispondono a forme d'onda (radiazioni luminose) di periodo fissato, quali:

Rosso, con una lunghezza d'onda di 700,47 nm

Verde, con una lunghezza d'onda di 546,09 nm

Blu, con una lunghezza d'onda di 435,79 nm

CMYK



Un'immagine può essere scomposta, attraverso filtri o altre tecniche, anche nei colori base del modello CMYK, che miscelati tra loro danno quasi tutto lo spettro dei colori visibili (ma con minore efficienza e fedeltà del modello RGB).

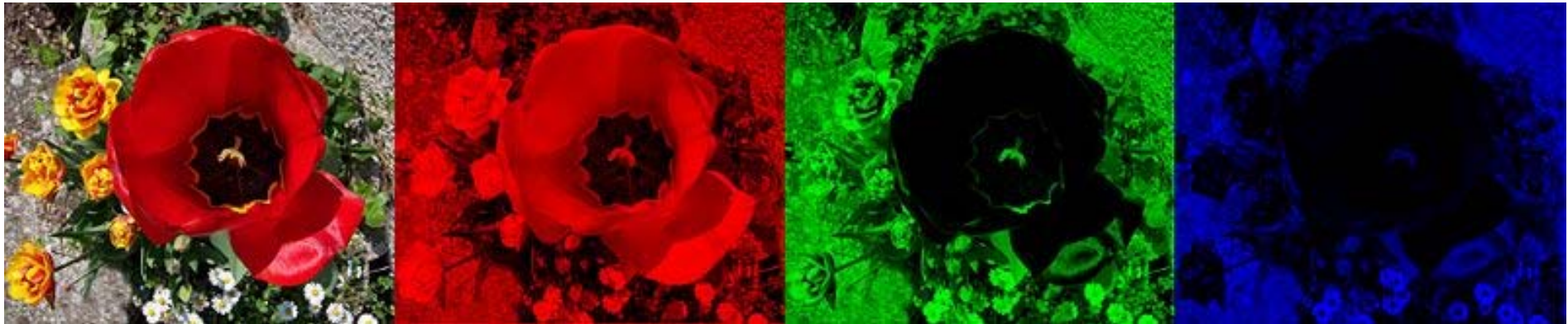


Fisica della Visione

13



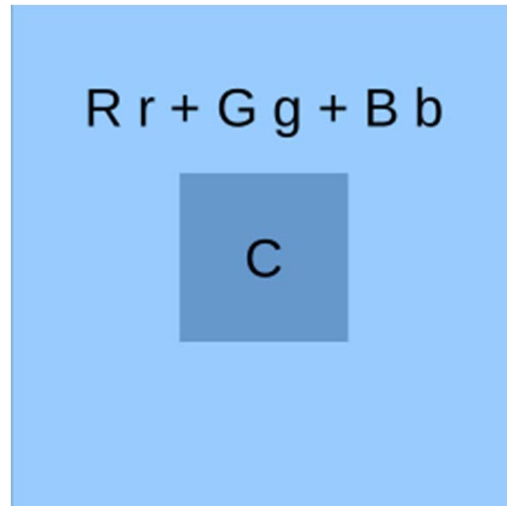
RGB



La scelta dei colori primari è correlata alla fisiologia dell'occhio umano; i colori primari sono stimoli che massimizzano la differenza tra le risposte delle cellule cono della retina alle differenze di lunghezza d'onda della luce, cioè hanno un triangolo di colore esteso. I tre tipi normali di cellule fotorecettive sensibili alla luce nell'occhio umano (le cellule cono) rispondono più alla luce rossa (lunghezza d'onda lunga), verde (media), e blu (corta), con picchi vicini ai 570 nm, 540 nm e 440 nm, rispettivamente. La differenza nei segnali ricevuti dai tre tipi permette al cervello di differenziare un'ampia gamma di colori diversi, essendo più sensibile soprattutto alla luce verde-giallognola e alle differenze di tonalità nella regione verde-arancione. L'uso dei tre colori primari non è sufficiente a riprodurre tutti i colori; solo i colori entro il triangolo dei colori definito dalla cromaticità dei primari possono essere riprodotti tramite sintesi additiva di quantità non negative di tali colori.

Fisica della Visione

Colori spettrali come sensazione di colore



$$C = (R, G, B)$$

- Qualunque “sensazione di colore” può essere riprodotta con una opportuna combinazione (positiva o negativa) di tre “colori spettrali” (coordinate cromatiche).
- Perché sono necessari tre colori spettrali?

Lunghezze d’onda “base”:

- b: 435.8nm
- g: 546.1nm
- r: 700.0nm

