

Università degli studi di Milano  
Corso: Principi e modelli della percezione

# Simulazione e mitigazione degli effetti del daltonismo

Presentazione a cura di Emilio Rovaris & Elia Ferri

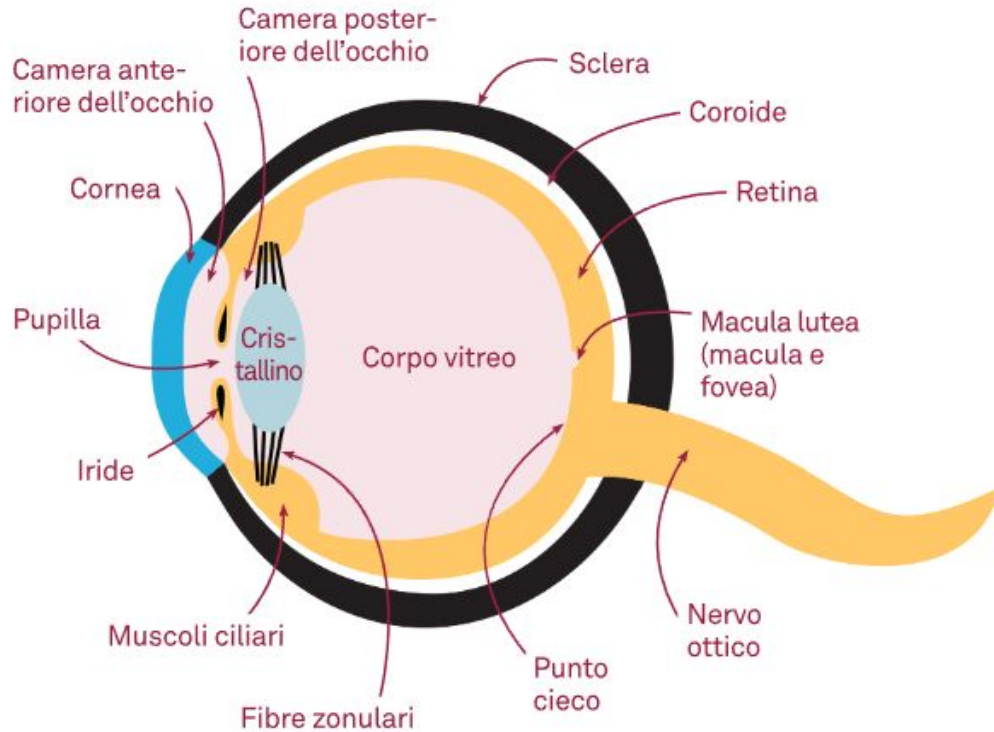


# Indice:

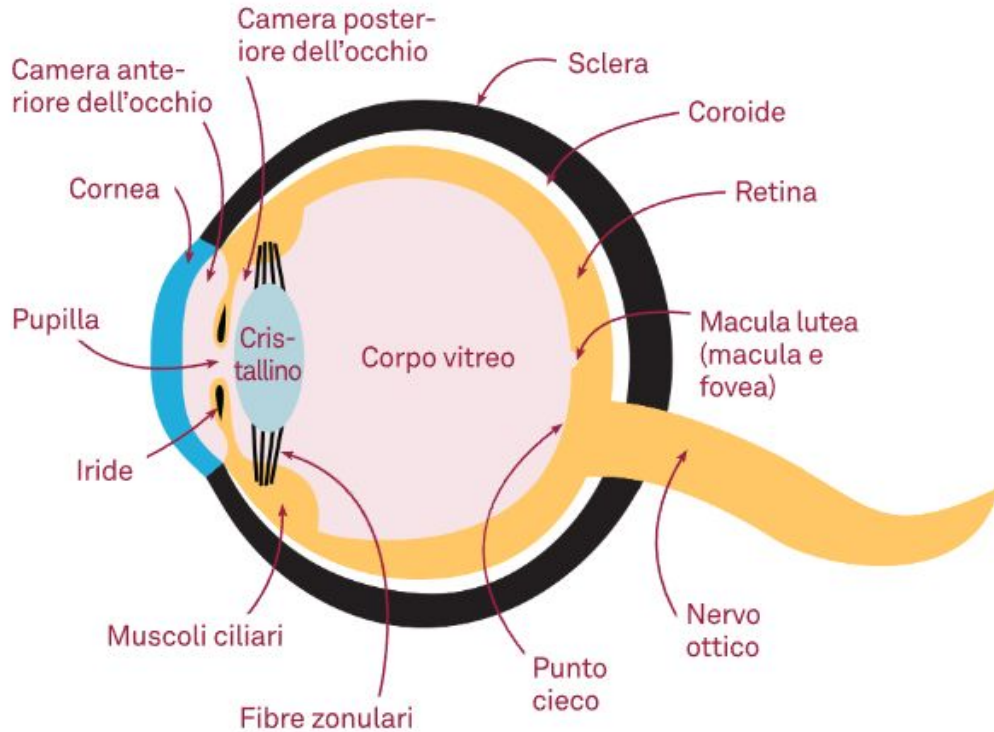
1. Come funziona un occhio sano
2. Il daltonismo
3. Emulare gli effetti del daltonismo
4. Rendere più accessibili i media digitali
5. Esempi pratici

# **1. Come funziona un occhio sano?**





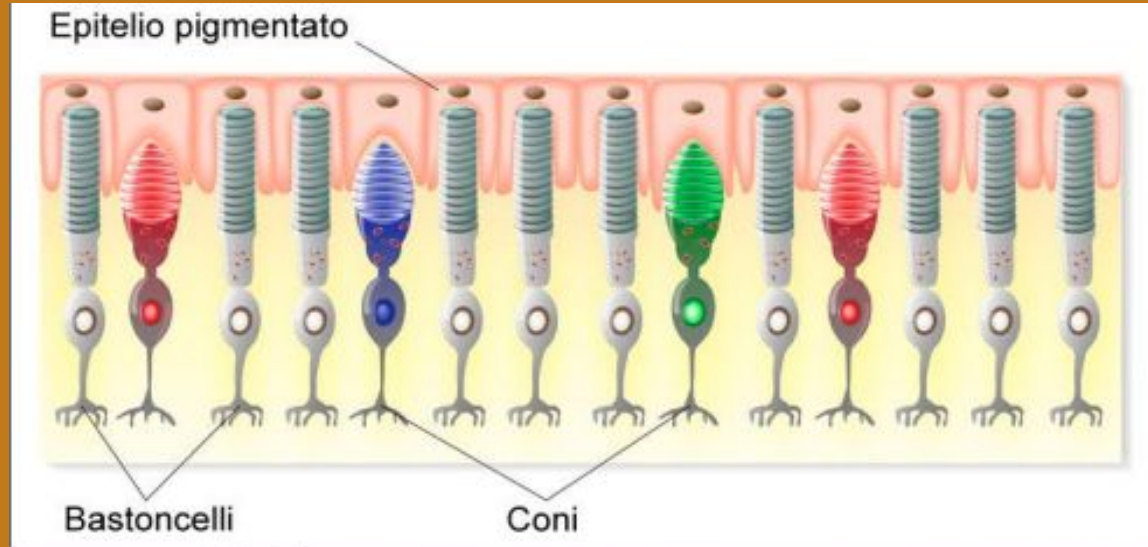
L'occhio ci permette di costruire le immagini catturando gli **stimoli luminosi**, che vengono prima filtrati e regolati tramite la **cornea e l'iride**, per poi essere canalizzati dal cristallino e "proiettati" sulla **retina**. All'interno della retina troviamo lo **strato nervoso**, che converte gli stimoli luminosi in impulsi, e li trasmette al cervello attraverso il nervo ottico



Andremo quindi a concentrarci sulla **retina**, la tonaca più interna, costituita da due strati:

- Lo strato pigmentato: una pellicola di cellule epiteliali contenenti melanina.
- Lo strato nervoso che contiene a sua volta tre strati:
  - **Strato dei fotorecettori** (coni e bastoncelli), cellule specializzate che convertono i raggi luminosi in impulsi nervosi che vengono trasferiti ai neuroni.
  - Strato delle cellule bipolari.
  - Strato delle cellule gangliari (collegano i fotorecettori ai neuroni).

# Fotorecettori



**Bastoncelli:** (120 milioni per occhio) sono responsabili della visione notturna, consentono di distinguere le sfumature del grigio e di vedere in condizioni di luce debole (**visione scotopica**)

**Coni:** (6 milioni per occhio) si occupano della visione a colori (**visione fotopica**).

Troviamo 3 tipi di coni: rossi, verdi e blu; la percezione di tutti gli altri 7 milioni di colori è data dalla stimolazione combinata dei tre tipi di coni.

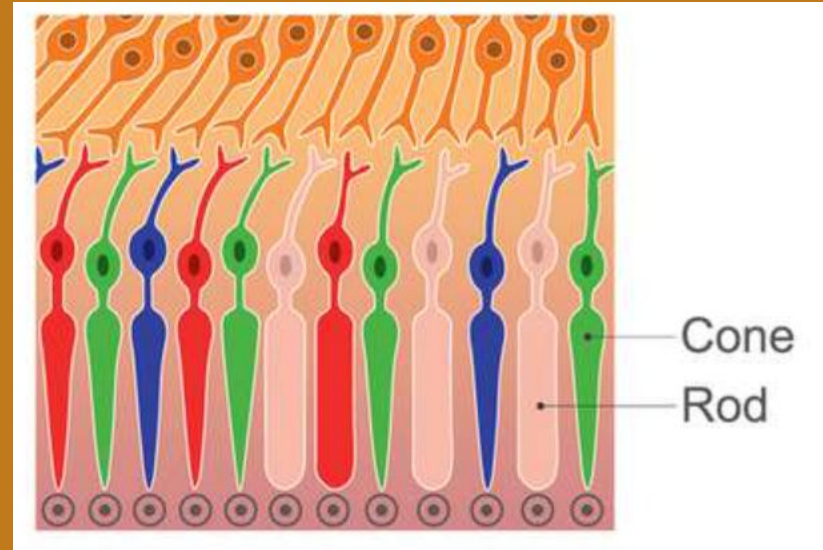




## **2. Il daltonismo**

# Cos'è il daltonismo?

Il daltonismo, o **discromatopsia**, è un difetto della vista caratterizzato dalla percezione distorta di alcune bande di colore. Ne esistono vari tipi e sono dovuti principalmente alla mancanza o alterazione di uno o due gruppi di coni. Questo causa l'incapacità totale o parziale da parte di alcune persone di riconoscere certe tonalità di colore.



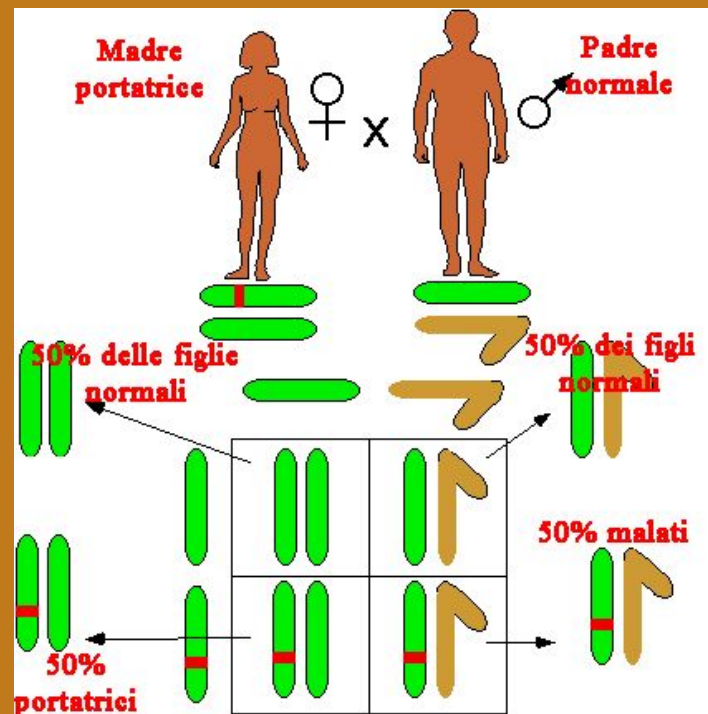


# Quali sono le cause?

Solitamente le cause sono **genetiche**, derivanti da mutazioni di geni che codificano i coni **rossi e verdi**, colpiscono prevalentemente i maschi, essendo la trasmissione recessiva legata al cromosoma X.

Il daltonismo "acquisito" può essere provocato da:

- Danneggiamento della retina, del nervo ottico o di determinate aree della corteccia cerebrale.
- Malattie dell'occhio, che possono provocare un deficit del senso cromatico



# Diffusione

Si stima che nel mondo **1 uomo su 12** sia affetto da daltonismo (circa 8%)

Si stima che nel mondo **1 donna su 200** sia affetto da daltonismo (circa 0.5%)

**350 milioni** di persone affette da daltonismo nel mondo

**2,2 - 2,5 milioni** di daltonici in Italia

Color blindness prevalence



# Strumenti per la diagnosi

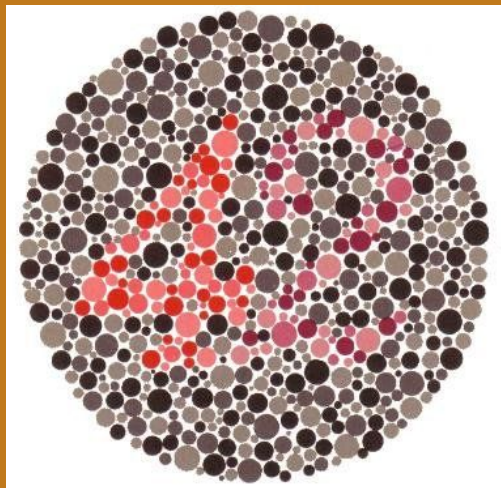
Il **test di Ishihara**, ad ora il più utilizzato per la diagnosi delle varie forme di daltonismo, ha origine nel 1917 e deve il nome al suo ideatore, il Dr Shinobu Ishihara.

Il test si compone di varie **tavole** contenenti puntini di vario colore che formano numeri o simboli visibili solo da persone affette da daltonismo o vice versa

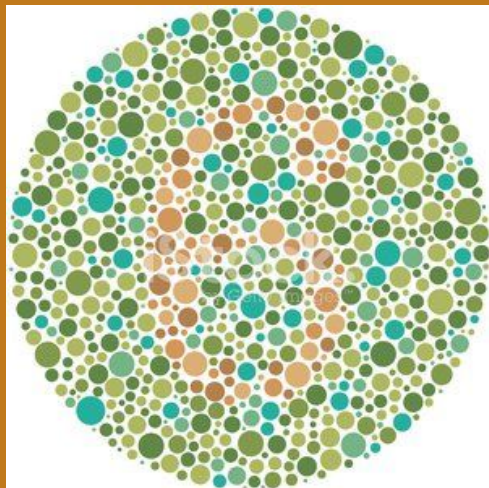
Per ottenere i risultati più accurati, è necessario una fonte di luce intorno a 6000–7000 K di Temperatura di colore (ideale: 6500 K)



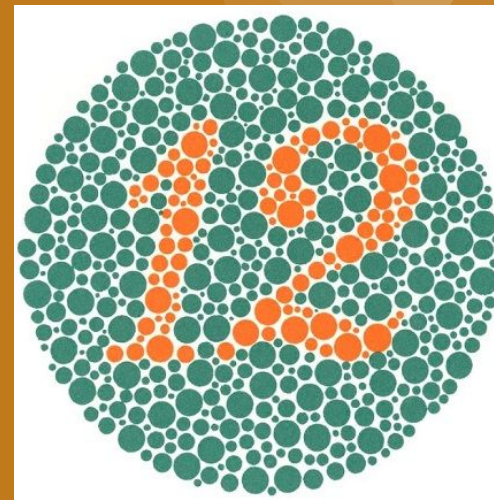
# Tavole di Ishihara



**Tavole di fuga:** solo le persone con una normale visione dei colori possono riconoscere la figura.

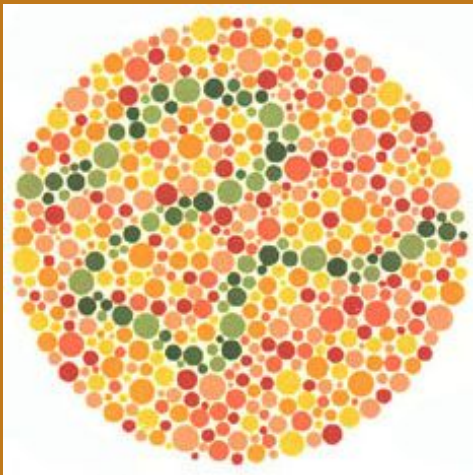


**Tavole di trasformazione:** gli individui con un difetto della visione dei colori dovrebbero vedere una figura diversa.

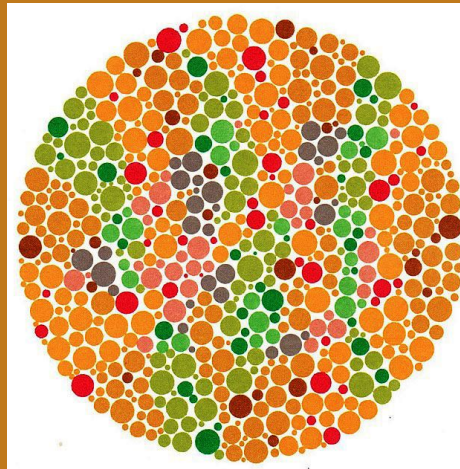


**Tavola dimostrativa:** progettata per essere visibile da tutte le persone, normali o con deficit della visione dei colori.

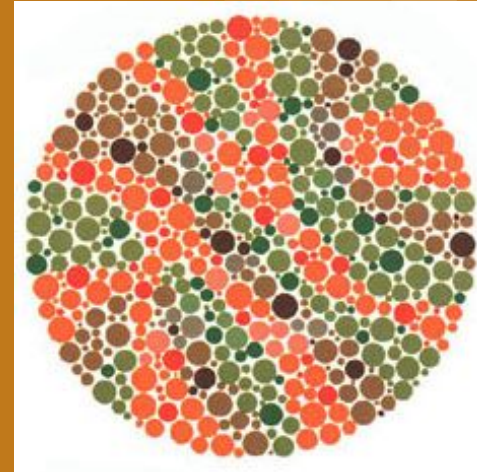
# Tavole di Ishihara



**Tavole di tracciamento:** invece di leggere un numero, ai soggetti viene chiesto di tracciare una linea visibile attraverso la targa.



**Tavole con cifre nascoste:** solo le persone con difetti di visione dei colori possono riconoscere la figura.



**Tavole diagnostiche:** destinate a determinare il tipo di difetto della visione dei colori (protanopia o deuteranopia) e la sua gravità.



# Test di attitudine visiva di Farnsworth - Munsell

## D-15

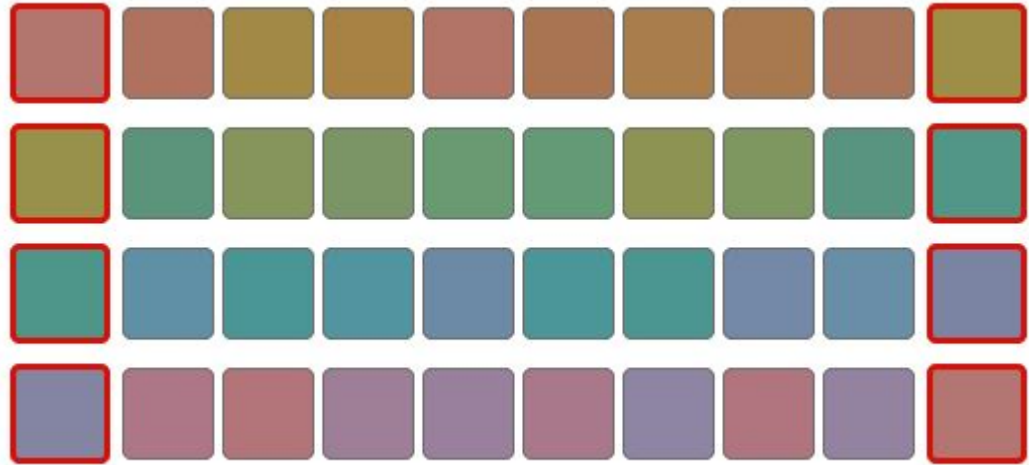
Viene richiesto al paziente di ordinare una palette di 15 colori in modo corretto, partendo da un colore di riferimento.



# Test di attitudine visiva di Farnsworth-Munsell

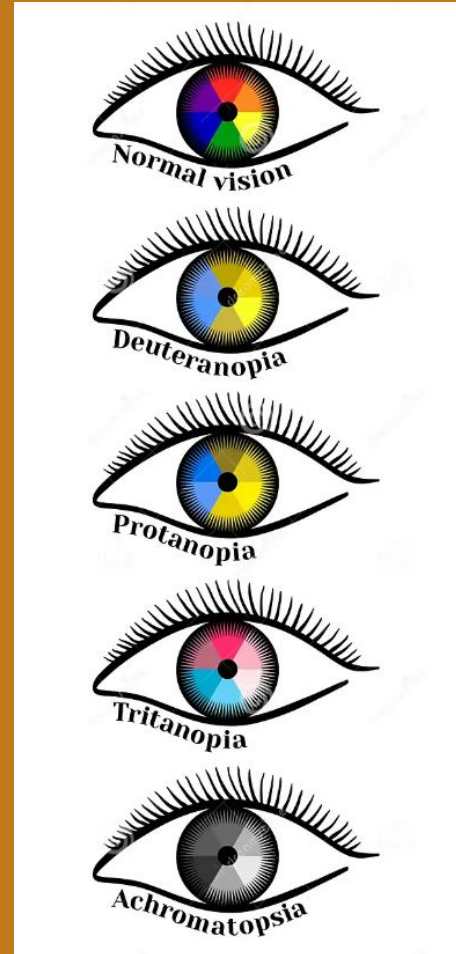
## 100 Hue

Il test consiste di quattro vassoi contenenti complessivamente 85 cappucci di riferimenti cromatici rimovibili (con variazione progressiva della tonalità) che abbracciano l'intero spettro visibile. L'attitudine visiva al colore è misurata mediante la capacità della persona che effettua il test a posizionare i cappucci colorati in base all'ordine delle tonalità.



## Quali tipi di daltonismo esistono?

Le alterazioni della visione dei colori sono divise in **acromatopsia** e **discromatopsie** e possono essere **monolaterali** o **bilaterali**.



# Acromatopsia

L'acromatopsia è un raro difetto genetico della vista. Le sue manifestazioni caratteristiche sono:

- Ridotta acuità visiva (incapacità di distinguere i dettagli a distanza)
- Nistagmo - movimenti involontari degli occhi
- Fotofobia - avversione per la luce
- Poca o nessuna percezione dei colori



# Discromatopsie

Nel caso in cui i tutti i colori sono visibili ma sono presenti dei deficit si parla di persone **Tricromati anomali** e sono:

Queste si possono distinguere in:

- **Protanomalia** (difficoltà nel distinguere il rosso)
- **Deuteranomalia** (difficoltà nel distinguere il verde).
- **Tritanomalia** (difficoltà nel distinguere il blu-giallo).



VISIONE NORMALE



DEUTERANOMALIA



PROTANOMALIA



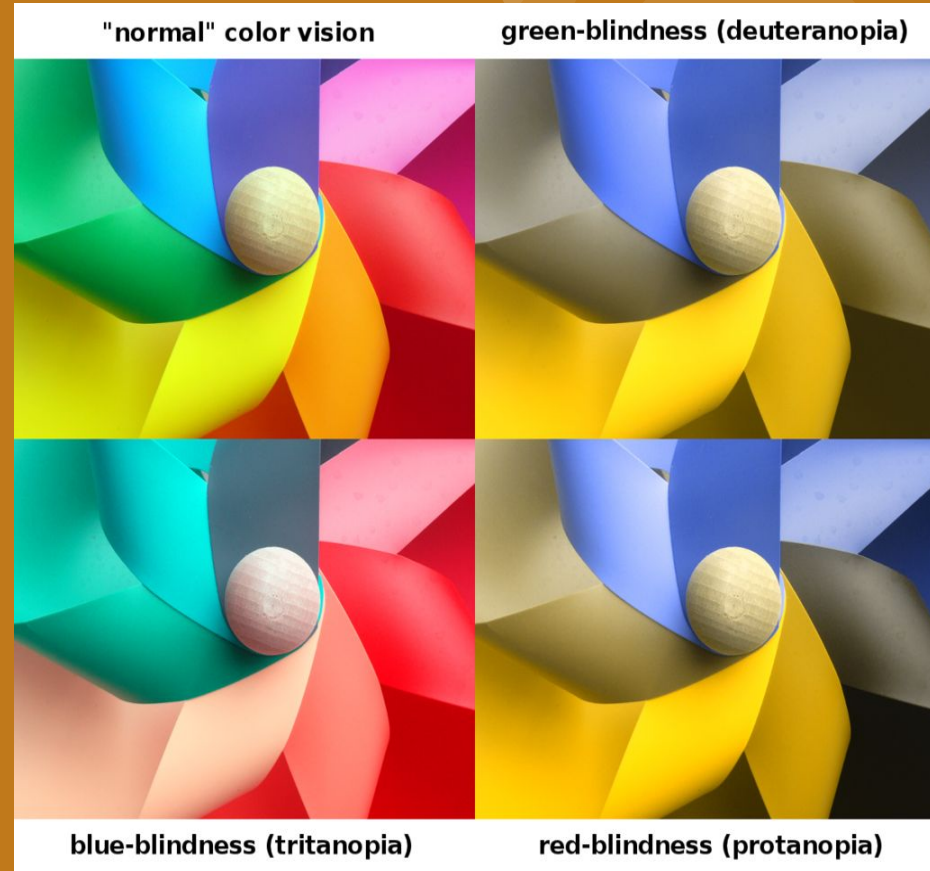
TRITANOMALIA



# Discromatopsie

Nel caso in cui sia completamente assente la funzione di uno specifico gruppo di coni si parlerà di **Dicromatismo**, che si distinguono in:

- **Protanopia** (cecità al rosso)
- **Deuteranopia** (cecità al verde)
- **Tritanopia** (cecità al blu-giallo)



# Esiste una cura?



La terapia è puramente **sintomatica** e rappresentata dall'uso di filtri medicali, **lenti colorate** che hanno la funzione di abbattere o amplificare le diverse lunghezze d'onda al fine di stimolare o sopprimere determinati gruppi di coni.





# 3. Algoritmi per la simulazione e l'assistenza

# Algoritmi esistenti

- **HCIRN Color Blind Simulation Function** - Lavora nello spazio CIE XYZ (basato su un modello teorico, ma senza validazione pratica, poco efficiente)
- **Color-Matrix** - Adatta in modo sperimentale la funzione HCIRN per lavorare solo tra matrici RGB (poco utilizzabile in quanto eccessivamente semplificato)
- **Machado, Oliveira, & Fernandes, 2009** - Si ispira a Brettel e Mollon 1997, ancora non ottimo per tritanopia (non aggiornato allo standard sRGB)
- **Brettel & Mollon 1997 / Viénot, Brettel & Mollon 1999** - Molto buono per protanopia e deuteranopia, non tanto per tritanopia (probabilmente il migliore)



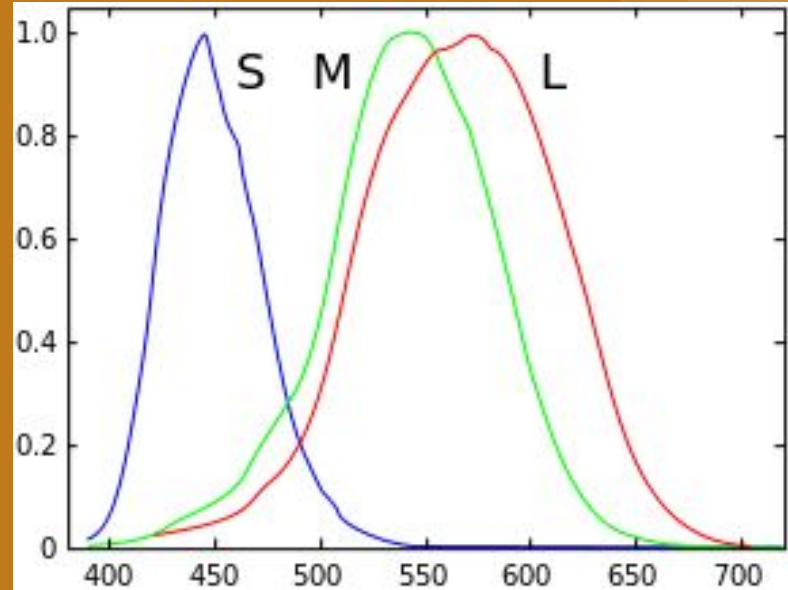
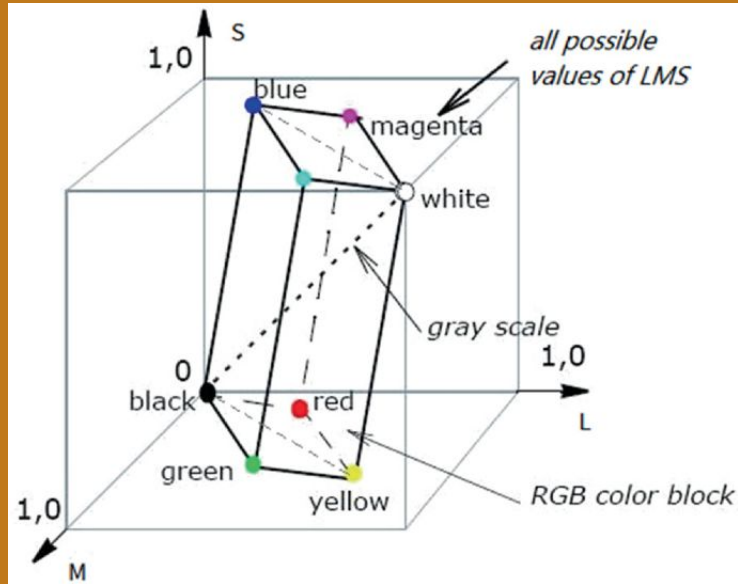
# **Viénot, Brettel & Mollon**

## **1999**



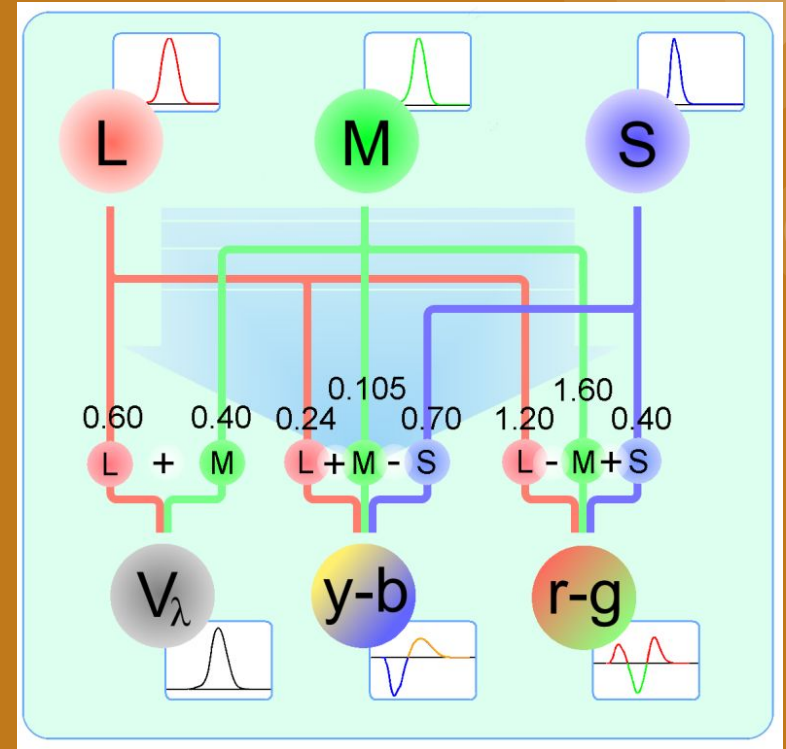


# 1. Conversione dell'immagine da RGB a LMS



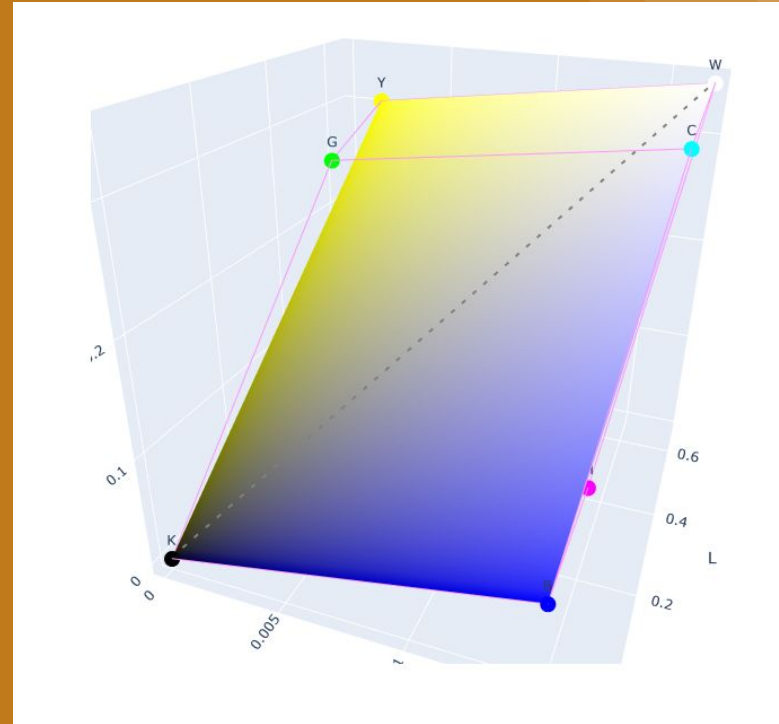
# 1. Conversione dell'immagine da RGB a LMS

La conversione risulta immediata grazie a una matrice precalcolata che ci permette di effettuare la conversione da RGB a LMS tramite una **moltiplicazione tra matrici**. I valori di questa matrice sono definiti nel paper di Viénot, Brettel & Mollon 1999



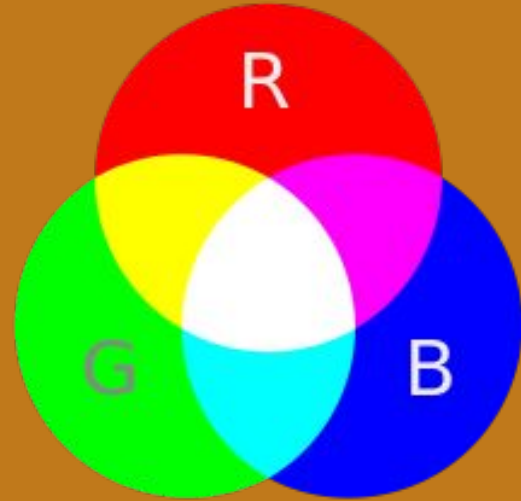
## 2. Simulazione dello spazio difettoso L'M'S'

Per simulare gli effetti della discromatopsia sono state precalcolate **tre matrici di conversione**. Moltiplicando una matrice di conversione con quella della nostra immagine in formato LMS otterremo una matrice che simula la visione di un occhio affetto da discromatopsia



### 3. Riconversione da L'M'S' a R'G'B'

Come per la **conversione da RGB a LMS** utilizziamo l'inverso della matrice di conversione utilizzata al punto 1 per calcolare la nuova immagine in formato RGB



**Abbiamo così ottenuto una simulazione approssimata di  
ciò che vede una persona affetta da discromatopsia**



Immagine originale



Simulazione di protanopia





Immagine originale



Simulazione di tritanopia



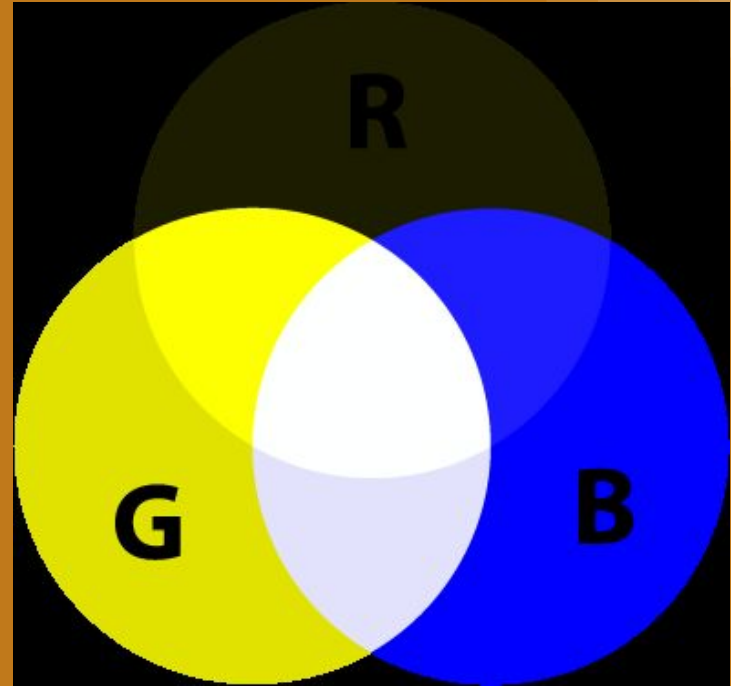


# **4 . Correzione della Discromatopsia**

# Error Matrix

Partendo dallo spettro R'G'B' (RGB alterato da una forma di discromatopsia)

Andiamo a calcolare una **ERROR MATRIX**, ovvero una matrice che mostra tutti i colori non visibili a una persona daltonica



Spettro visibile protanopia



# Interpolazione

A questo spettro NON VISIBILE viene quindi applicata una **trasformazione lineare** per distribuire i colori, ora simili tra loro, in un range di sfumature più facilmente **distinguibili** da una persona daltonica

Successivamente sovrapponiamo l'immagine originale alla nuova error matrix per ottenere il risultato finale



Colori sovrapposti Protanopia

# Risultati



Immagine originale



Daltonize Protanopia



# Risultati



Immagine originale



Daltonize Deuteranopia

# Risultati



Immagine originale



Daltonize Tritanopia

**Grazie per  
l'attenzione**

