

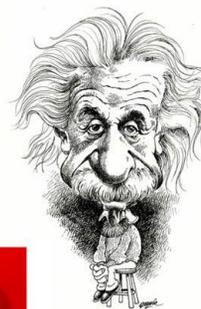
Immagini digitali

- Nel caso di un'immagine in bianco e nero ad ogni pixel è associato un solo valore che può essere 0 o 1
- Nel caso di un'immagine in gradazione di grigio per ogni pixel ho un valore (luminosità quantizzata) che in genere è un numero naturale compreso tra 0 e 255 (1 byte/pixel)
- Nel caso di un'immagine a colori per ogni pixel ho una terna di valori invece di uno soltanto compresi tra 0 e 255, in pratica è come se avessi 3 segnali invece di uno soltanto
- Riassumendo se indichiamo con $S(x,y)$ i valori associati al pixel di coordinate x,y :
 - Bianco/Nero: $S(x,y) = z$ dove $z \in [0,1]$ di N_0
 - 0=Nero 1=Bianco
 - Gradazioni di grigio: $S(x,y) = z$ dove $z \in [0,255]$ di N_0
 - 0=Nero 255=Bianco
 - Colore: $S(x,y) = (R,G,B)$ dove $R,G,B \in [0,255]$ di N_0

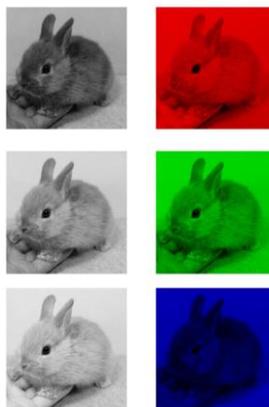


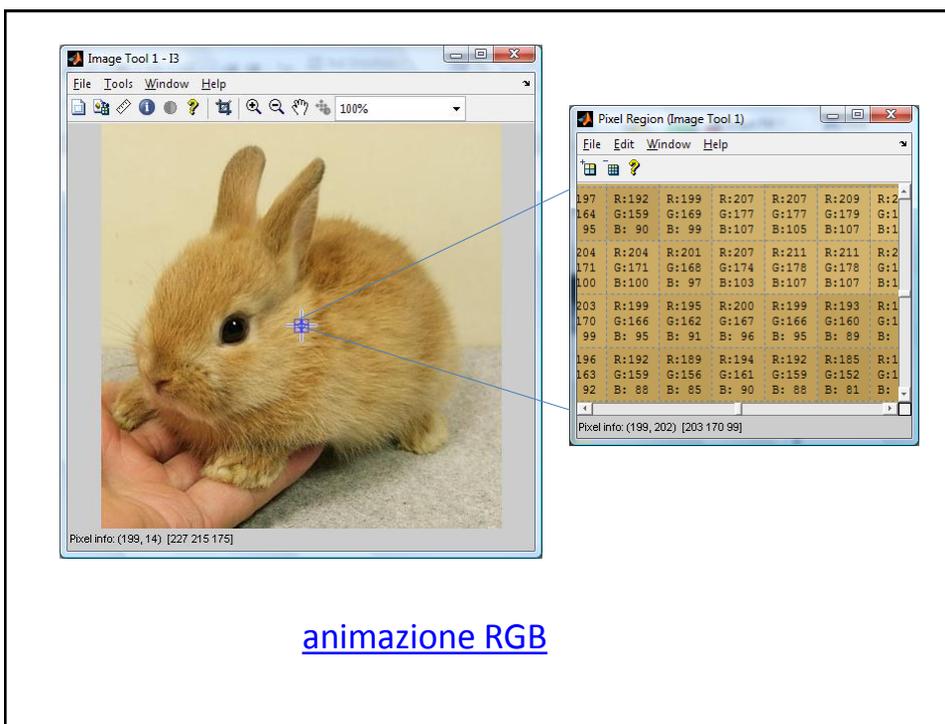
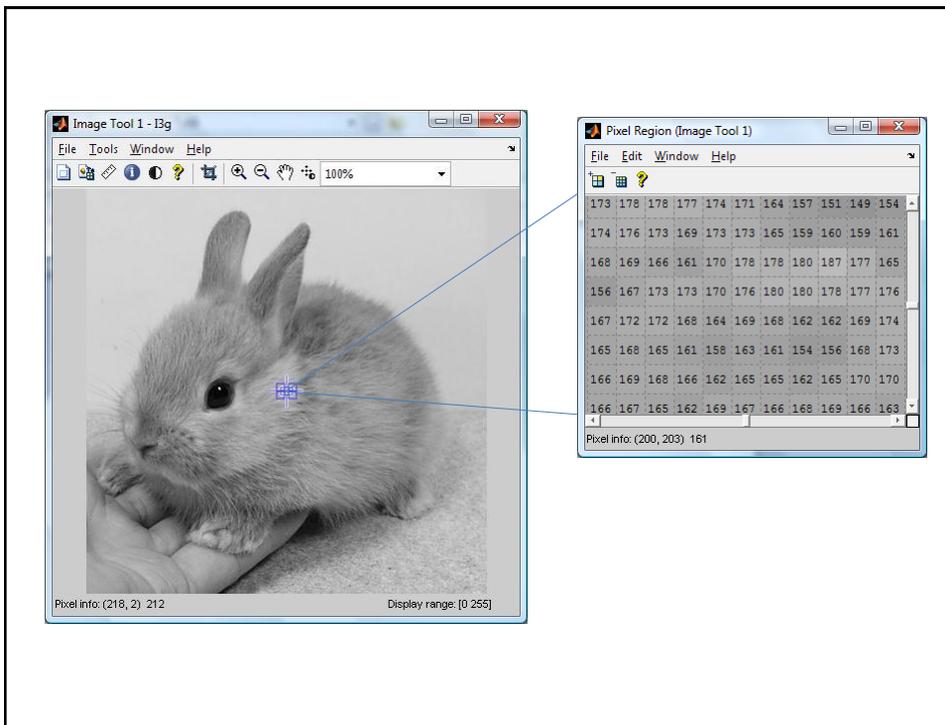
Gradazioni di grigio : $L(x,y) = [0,255]$

Bianco e Nero:
 $L(x,y) = [0,1]$



A colori RGB :
 $R(x,y), G(x,y), B(x,y)$



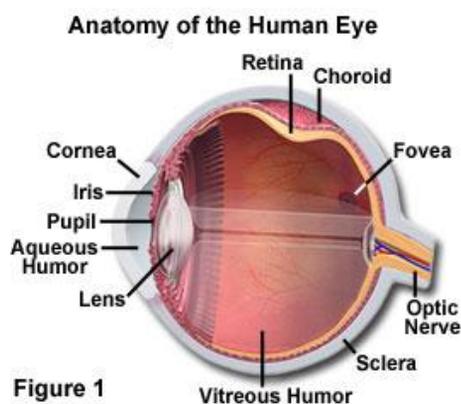


animazione RGB

Visione

- Il sistema di codifica delle immagini digitali, ovvero la maniera in cui l'informazione contenuta in un'immagine è memorizzata può risultare strano... Che cosa sono questi 3 numeri? Perché 3 e non 4 o 2?
- Ovviamente tutto ciò ha a che fare con le proprietà del tutto peculiari del sistema visivo umano
- Di seguito si cercherà di dare una risposta a queste ed altre domande...

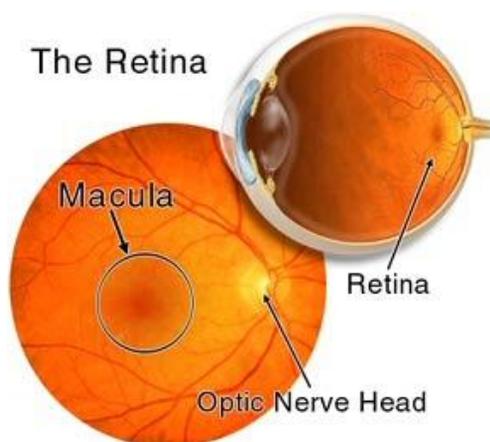
Occhio



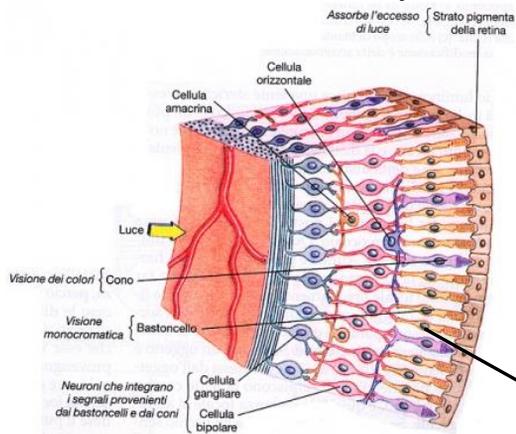
La Retina

- **La superficie che ricopre internamente il fondo dell'occhio** prende il nome di retina, perché la caratteristica più saliente di un'occhio aperto chirurgicamente è il fitto **intrico di vasi sanguigni** che ne riveste l'interno, e che **fa pensare ad una rete**.
- Pur essendo sottilissima **la retina è fatta a strati**:
 - **quello più interno** è quello su cui si trovano i **fotorecettori**,
 - poi seguono una serie di **altri strati** che sono funzionali ad una **prima elaborazione del segnale visivo**.

Retina

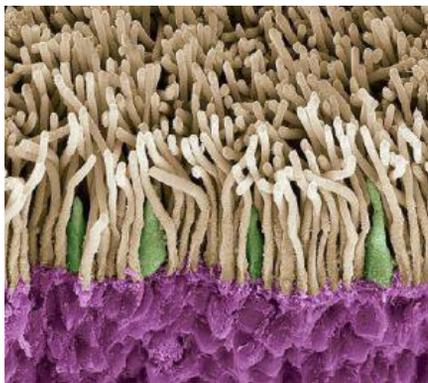


Sezione della Retina(notare i vari strati...)



Fotorecettori(coni e bastoncelli) in fondo alla retina!

Fotorecettori : Coni e bastoncelli



Coni (in verde), Bastoncelli(grigio)



bastoncello

cono

Fotorecettori

- Il tappeto di fotorecettori che **ricopre il fondo della retina** è composto da **3 tipi di coni** (responsabili della **visione diurna a colori**) e dai **bastoncelli** (responsabili della **visione notturna**)
- In condizioni di **elevata luminosità**
 - la **visione a colori** è garantita dai **coni**, che permettono **immagini nitide**,
- in condizioni di **scarsa luminosità**
 - i coni rimangono inattivi, mentre entrano in azione **bastoncelli**, i quali non permettono né la visione dei colori, né quella dei dettagli, ma sono **sensibili a livelli anche molto bassi di intensità luminosa**.

L'importanza di coni e bastoncelli

- Le persone **prive di bastoncelli** (o nelle quali, a seguito di patologie specifiche, questi non funzionano), diventano praticamente **cieche appena la luce scende sotto una certa soglia**
- Le persone **prive di coni** (o con coni non funzionanti) se la passano anche peggio:
 - sono **prive della visione a colori (acromatici)**
 - **non sopportano normali livelli di luminosità (fotofobici)**
 - hanno **scarsa visione dei dettagli da lontano**

Vivere senza colori...

- Le persone con difetti congeniti, **nate senza visione a colori**, non riescono proprio ad immaginare cosa sia il colore, come pure non riescono ad immaginare cosa sia il grigio, a parte rare situazioni esse non si rendono conto della gravità della loro perdita
- Al contrario le persone **che hanno «perso» la visione a colori(dopo averla sperimentata)** si trovano di colpo a vivere un deprimente mondo in toni di grigio(come essere imprigionati in un film in bianco e nero), le persone sembrano «statue grigie animate» e il cibo , a causa del suo aspetto funebre, appare ripugnante

Daltonismo

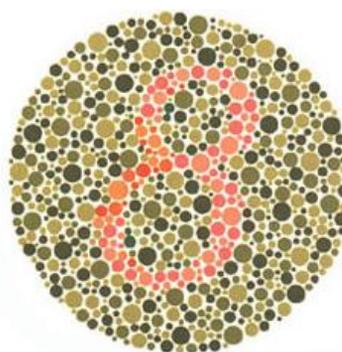
- Ovviamente questi sono casi estremi...
- **Spesso il danno interessa solo un tipo di cono, di solito quelli sensibili al rosso o al verde**; in questo caso i 2 colori tendono ad essere confusi l'uno con l'altro e vengono **percepiti come gialli**.
- Questo disturbo è noto come **Daltonismo**, dal nome del chimico inglese John Dalton che ne era affetto e che ne lasciò un dettagliato resoconto scritto dopo essersi reso conto della propria cecità cromatica
- I geni responsabili si trovano sul cromosoma sessuale X e da questo discende che **l'uomo è più soggetto** a questa difetto visivo(circa il **5-8%** degli uomini contro l'1% delle donne)

Come vede un daltonico



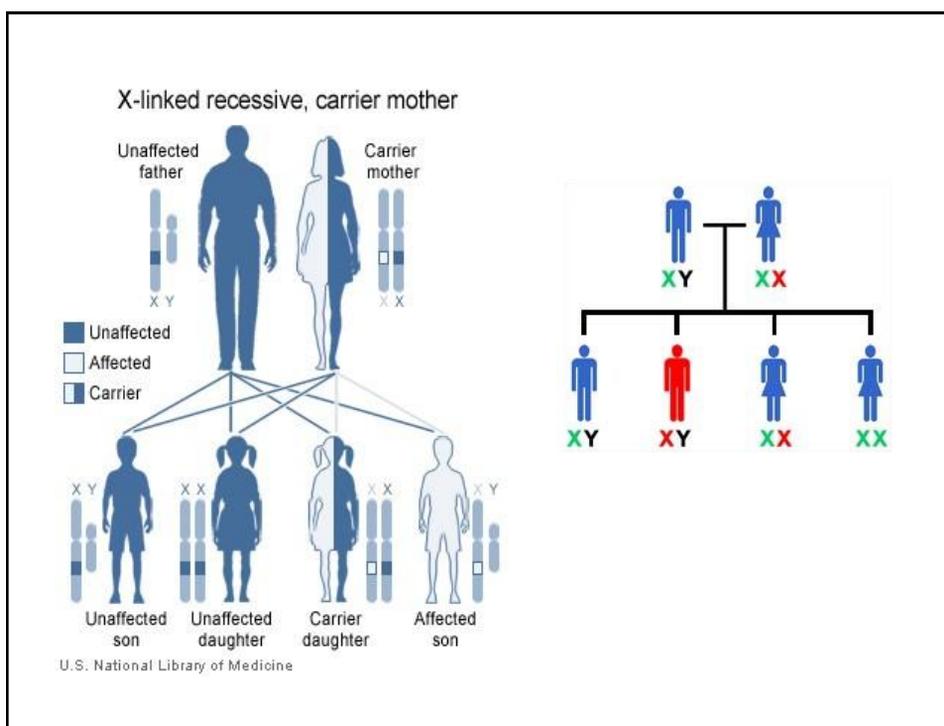
Sei daltonico?

- La maggioranza dei daltonici non sa di esserlo...
- Se vedi 3 hai difficoltà nel percepire il rosso (protanopia) o il verde (deuteranopia)
- Se non vedi alcun numero sei daltonico
- [animazione java](#)
- [test rapido](#)
- [test completo](#)



Daltonismo e sesso

- La maggior probabilità degli uomini di ereditare una mutazione legata al cromosoma X è dovuta al fatto che **i maschi hanno un solo cromosoma X, mentre le donne ne hanno due**;
- se le donne ereditano un cromosoma X normale oltre a quello mutato, non mostreranno la mutazione, mentre **gli uomini non hanno cromosomi X "di scorta" che contrastino il cromosoma X mutato**.
- Se il 5% delle varianti di un gene sono difettose, la probabilità che una copia singola sia difettosa è del 5%, ma la probabilità che entrambe siano difettose è $(5\% \times 5\%) = (0,05 \times 0,05) = 0,0025$, ovvero 0,25%.

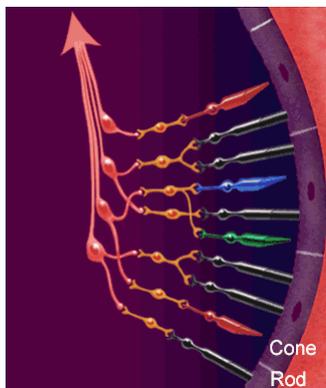


In futuro...

- Gli scienziati di due università degli USA, l'Università di Washington e l'Università della Florida, hanno utilizzato la terapia genica per curare il daltonismo in due scimmie scoiattolo.



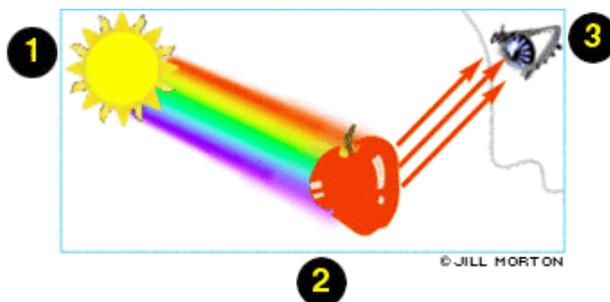
Retina funzionamento



La luce attraversa la retina e colpisce i fotorecettori situati sullo strato più interno provocando una riduzione della loro attività elettrica spontanea. In questa maniera viene generato un segnale (serie di impulsi nervosi) che viene elaborato dalle cellule nervose presenti negli altri strati prima di essere inviato al cervello attraverso il nervo ottico

Rod = bastoncello Cone = Cono

Visione a colori



Animazioni

- [visione 1](#) (proiezione dell'immagine sulla retina)
- [visione 2](#) (Presbiopia, miopia, ipermetropia etc... ,elaborazione immagini)
- [animazione visione](#)
- [visione tricromatica addittività](#)
- [cinematografo](#)

I colori

- La luce **riflessa** dagli oggetti penetra nell'occhio attraverso la pupilla e viene convogliata dal sistema di lenti costituito dal cristallino, dall'umor vitreo e dall'umor acqueo sulla retina dove si proietta **invertita**
- **Una mela appare rossa** perché assorbe gran parte delle componenti «blu e verdi» dello spettro e **riflette quelle «rosse»**

I colori

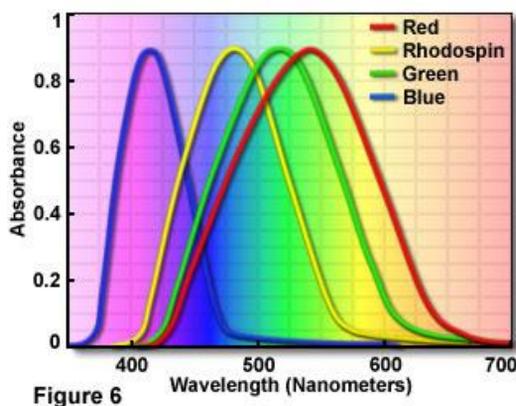
- E' bene precisare che **le frequenze di per sé non corrispondono a dei colori** : è il **sistema nervoso che tende a classificare gli stimoli luminosi** percepiti **producendo la «sensazione» che noi chiamiamo «colore»**
- Pertanto quando si parla di componenti «blu», «verdi» e «rosse» si intende che le radiazioni luminose **hanno frequenze che ricadono nella parte di spettro che il nostro cervello associa alle sensazioni di blu, verde e rosso**
- Insomma **i colori non esistono in natura**, esistono solo nel nostro cervello!

Visione tricromatica

- Abbiamo visto che vi sono **4 tipi di fotorecettori (un tipo di bastoncello + 3 tipi di coni)**, ognuno di questi contiene un pigmento diverso che subisce delle alterazioni chimiche in presenza di luce generando una cascata di reazioni chimiche il cui effetto finale è quello di produrre una serie di impulsi nervosi
- Ognuno di questi pigmenti assorbe la luce in maniera diversa al variare della lunghezza d'onda della radiazione incidente
- **Nella figura seguente** è illustrato lo «**spettro di assorbimento**» dei vari pigmenti, dove 1 indica assorbimento totale e 0 assorbimento nullo.

Visione tricromatica

Absorption Spectra of Human Visual Pigments



Precisazioni

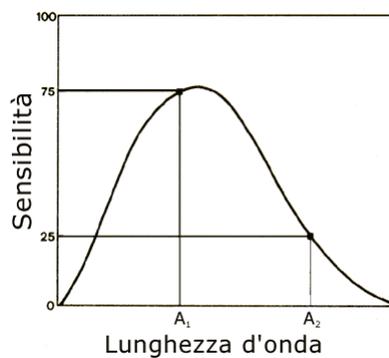
- La **rodopsina** è il pigmento dei **bastoncelli**
- A differenza di quanto accade per la maggior parte dei recettori, che rispondono allo stimolo emettendo un segnale, i fotorecettori, invece sono attivi in sua assenza.
- In pratica, nel buio i **fotorecettori sono percorsi da una «corrente di buio» risultante da un'attività spontanea che viene soppressa o fortemente ridotta dall'arrivo dello stimolo luminoso**

Precisazioni: termine Spettro

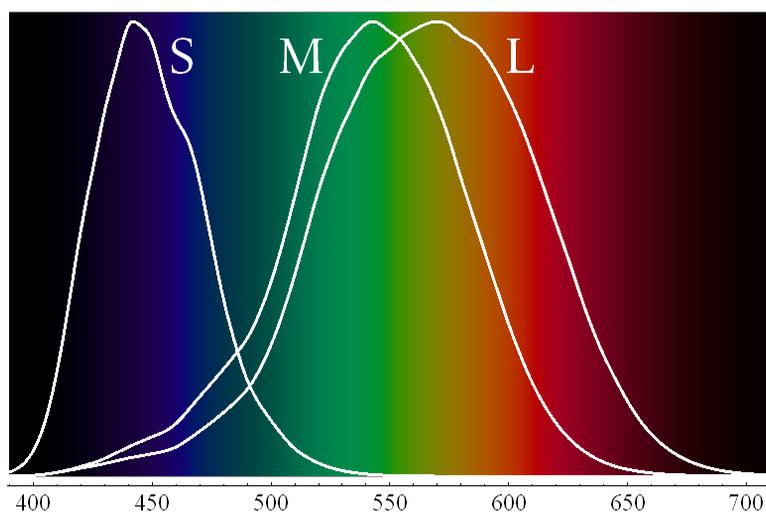
- Anche se finora abbiamo utilizzato questo termine in riferimento ad un segnale, in realtà esso viene usato, in senso più ampio, per individuare **la rappresentazione di una grandezza in funzione della frequenza**
- Esso viene utilizzato anche in altri contesti non direttamente connessi con i segnali o con le frequenze, dove «Spettro» è **sinonimo di «gamma», «distribuzione» di valori.**
- E' bene dunque effettuare una **netta distinzione tra lo spettro di un segnale e altri tipi di «spettri»**

Curve di sensibilità(assorbimento)

- Radiazioni di differente lunghezze d'onda(es. A_1 , A_2) stimoleranno un fotorecettore in maniera diversa
- La curva di sensibilità ci dice qual è il grado di stimolazione per una data intensità luminosa



Coni S,M,L - curve di sensibilità(assorbimento) «normalizzate»



Coni S,M,L

- Il diagramma mostra **la risposta dei tre tipi di coni a stimoli luminosi di lunghezza d'onda diversa**
- **S = Short, M=Medium,L=Long** sottintendendo **Wavelengths**: ovvero lunghezze d'onda corte, medie e lunghe che sono in rapporto inverso con le rispettive frequenze (più elevate per il blu e più basse per il rosso)
- Si può apprezzare meglio il fatto che le curve di sensibilità dei 3 tipi di coni sono parzialmente sovrapposte per cui **una stessa lunghezza d'onda stimola i 3 recettori in grado differente**

Visione tricromatica

- Al cervello insomma arriva una tripletta di segnali che trasporta l'informazione relativa al colore, ed ecco perché ci vogliono 3 numeri per ogni pixel di un'immagine a colori!
- **La luce riflessa da un pomodoro attiva soprattutto i coni «rossi», un po' meno i coni «verdi» e per niente i coni «blu».**
- **In realtà i coni «rossi» hanno il picco di risposta a 560 nanometri circa, quindi sono dei coni «giallo-verdi» più che «rossi», ma sono gli unici che rispondono al rosso!**

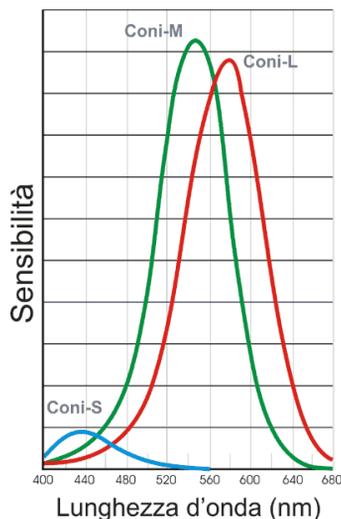
Visione tricromatica

- Insomma, il **colore** che vediamo contemplando il pomodoro è dato dal **rapporto**, calcolato in alcune aree del cervello, **tra le attività dei nostri coni** rossi e verdi.
- Se coni rossi e verdi sono egualmente attivi, vediamo giallo...
- ...man mano che i coni rossi diventano più attivi di quelli verdi, il giallo diventa arancio e poi rosso.

Curve di sensibilità

- Le curve viste prime sono state disegnate in maniera che avessero tutte la stessa altezza (pari a 1), sono curve «normalizzate»
- In realtà dato che il numero di fotorecettori non è lo stesso per i 3 tipi di coni e che i coni non si comportano tutti nello stesso modo, ne risulta che è necessario modificare le curve di sensibilità in maniera da riflettere questa discrepanza

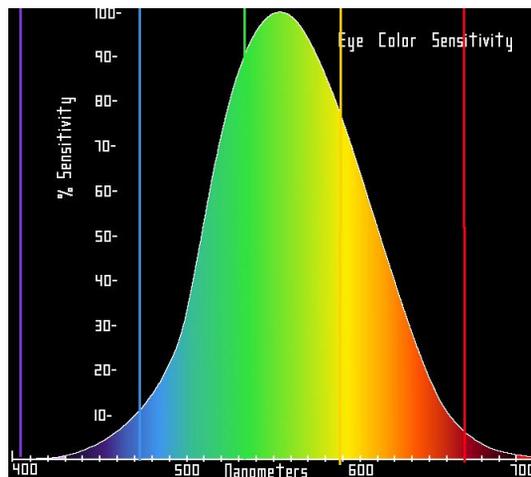
Curve sensibilità reali



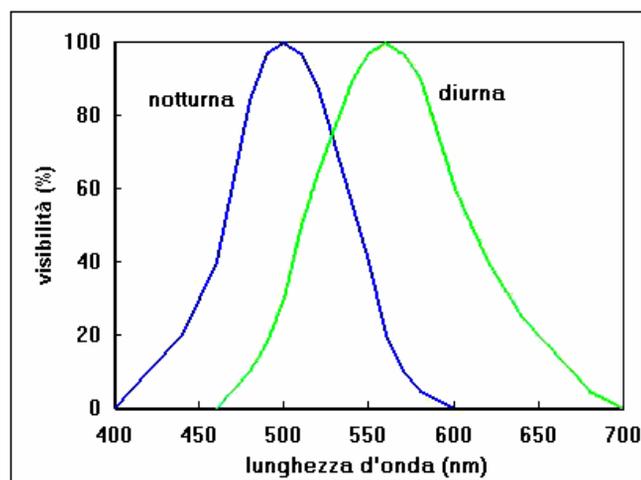
Visione diurna e notturna

- Possiamo sintetizzare le informazioni di questi 3 grafici in un unico grafico mostrato nella figura seguente
- Al contrario di notte ci serviamo dei bastoncelli il cui spettro di assorbimento è spostato più a sinistra (verso il blu)
- Questo è il motivo per cui un paesaggio innevato illuminato dalla luce della luna ci apparirebbe lievemente azzurro, anche se la luce riflessa dalla luna è quella solare

Sensibilità alle varie frequenze



Visione diurna e notturna



Visione a colori

- La faccenda è molto più complicata di come è stata accennata qui...
- Tutti questi segnali infatti vengono elaborati a vari livelli: dalla retina (che può essere considerata una parte del cervello) fino alla corteccia cerebrale
- La nostra percezione dei colori al variare delle condizioni di illuminazione e dell'ambiente, così come la percezione di luminosità dipendono da come i segnali provenienti dai fotorecettori sono elaborati...e ancora non è del tutto chiaro come questo avvenga

Per riassumere

- Quanto visto fino adesso riguardo la retina offre un ottimo esempio di trasduzione, filtraggio e codifica dell'informazione contenuta in un segnale (lo stimolo luminoso)
- La retina infatti provvede a catturare solo una parte dello spettro elettromagnetico (filtro) e a codificare l'informazione contenuta nella radiazione incidente come livello di attività dei coni/bastoncelli
- In questo processo di codifica gran parte dell'informazione originaria viene persa (altro filtro)

Differenze udito-visione

- Mentre l'orecchio è in grado di discriminare, in un accordo musicale, le singole note componenti, l'occhio non è in grado di separare, in una stimolazione luminosa composta dalla mescolanza di più luci diverse, le singole frequenze componenti.
- Una luce rossa ed una luce verde che colpiscono insieme un medesimo punto della retina avranno come risultato la percezione del giallo; non vedremo né il rosso né il verde.