

# Nel mixer dei colori

**U**na data una sensazione di colore, in condizioni normali, può essere ottenuta mescolando in definite proporzioni tre colori convenientemente scelti. La miscelazione può avvenire in due modi.

## La sintesi sottrattiva

Opposta alla sintesi additiva è la cosiddetta sintesi sottrattiva dei colori. La maggior parte delle opere pittoriche applica tale principio, mescolando inchiostri e pigmenti di colore diverso.

Con la luce la sintesi additiva si realizza filtrando una radiazione complessa attraverso vetri colorati che lasciano passare solo le radiazioni di una parte dello spettro.

Il termine sottrattiva non va inteso in senso aritmetico ma sta solo ad indicare che ciascun filtro o pigmento elimina una banda di radiazione; il colore risultante da una sintesi sottrattiva obbedisce in realtà a leggi complesse riconducibili al prodotto delle trasmissioni spettrali dei singoli filtri.



Colori risultanti dalla miscelazione dei tre colori primari (rosso, verde e blu): i colori complementari ciano, giallo e Magenta (CYM) sono generati dalla combinazione di due primari; il bianco dalla combinazione dei tre primari

## La sintesi additiva

Nel processo visivo l'enorme gamma dei colori può essere riprodotta grazie alla sintesi additiva di tre radiazioni, scelte a piacere nello spettro: per esempio nelle regioni la rossa, la verde e la blu (RGB).

Dal punto di vista fisiologico tale sintesi è il risultato della sovrapposizione sulla retina dell'immagine di due o più aree di colore diverso; è ciò che accade quando due piccole zone colorate sono così minuscole e vicine che non riusciamo a distinguerle come separate.

Lo si può verificare osservando un mosaico. Sullo stesso principio si basa il funzionamento dello schermo TV, dove il colore delle immagini è dato dalla combinazione di tre soli tipi di emettitori di luce (rosso, verde e blu); i diversi colori sono ottenuti modulando l'emissione di ogni singolo emettitore.



Colori risultanti dalla sovrapposizione dei tre colori complementari (giallo, ciano e magenta): i colori primari (rosso, verde e blu) sono generati dalla sovrapposizione di due complementari; il nero dalla sovrapposizione dei tre complementari





# Luce calda...



Il fenomeno del "vedere" implica l'interazione di tre fattori: la sorgente, l'osservatore e l'oggetto.

Il colore percepito di un oggetto dipende dalla frazione della luce incidente riflessa alle singole lunghezze d'onda e ricevuta dall'osservatore; quindi dipende sia dall'energia delle onde emesse dalla sorgente che lo illumina, sia dall'energia delle onde riflesse dall'oggetto. Ciò porta a distinguere le sorgenti luminose in funzione delle loro proprietà cromatiche, cioè della loro distribuzione spettrale.

Una grandezza usata in illuminotecnica per caratterizzare la tonalità di luce emessa è la **temperatura di colore**, espressa in gradi kelvin (K). Il termine deriva dal fatto che gli oggetti riscaldati emettono luce e il colore della luce (cioè la sua distribuzione spettrale) varia via via che la temperatura aumenta.

La temperatura di colore di una sorgente luminosa è la temperatura alla quale la sua emissione corrisponde a quella del corpo nero: per esempio, una sorgente con temperatura di colore di 3200 K (2927 °C) ha un'apparenza cromatica simile a quella di un corpo nero scaldato a 3200 K.



Le sorgenti con temperatura di colore più bassa hanno una distribuzione spettrale più spostata verso il rosso e vengono chiamate "sorgenti calde", mentre per quelle con temperatura di colore più elevata la distribuzione spettrale è spostata verso il blu e vengono chiamate "sorgenti fredde". Questa strana denominazione non si riferisce al fenomeno fisico ma all'impatto psicologico dell'illuminazione e alle sensazioni associate a questo tipo di colori.

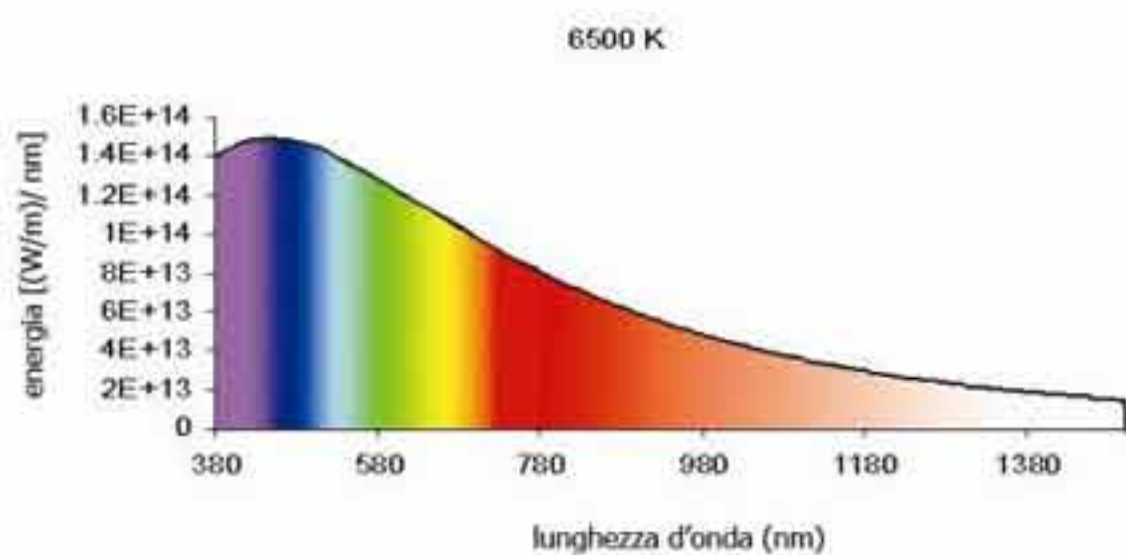
Poiché la percezione visiva è così condizionata dal tipo di sorgente luminosa, è possibile stimare la luce più adeguata per mettere in evidenza i particolari di un oggetto o di un ambiente o per illuminare un'opera d'arte o il cibo che stiamo gustando.





**P**oiché la percezione visiva è così condizionata dal tipo di sorgente luminosa, è possibile stimare la luce più adeguata per mettere in evidenza i particolari di un oggetto o di un ambiente o per illuminare un'opera d'arte o il cibo che stiamo gustando.

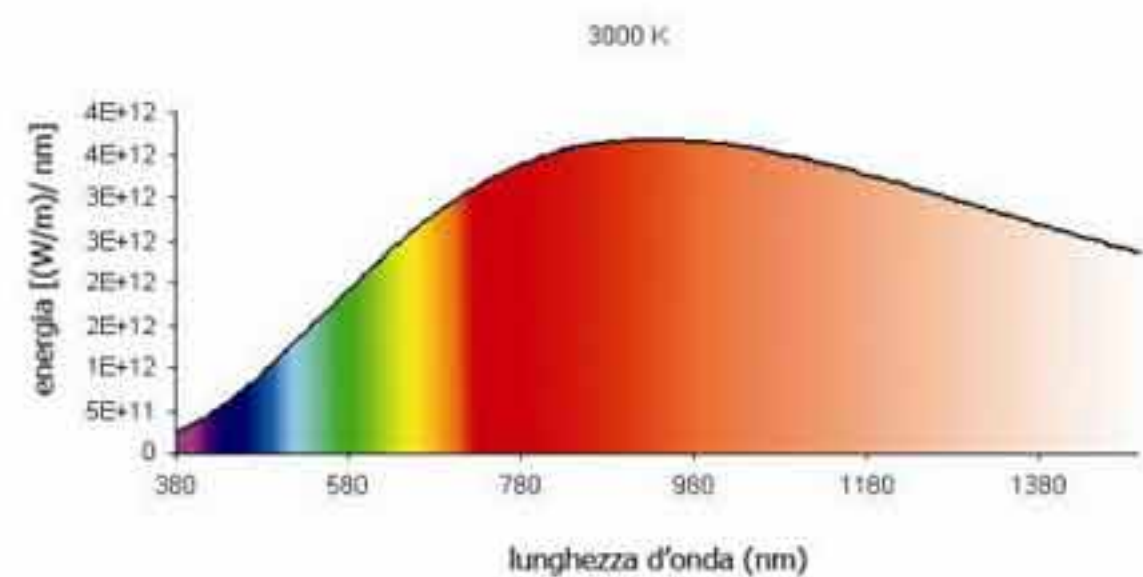
<did3> Distribuzione spettrale di una lampada a scarica: la luce è prodotta da un gas ionizzato, per esempio vapori di mercurio, per effetto di una scarica elettrica. La sua temperatura di colore è 6500 K ed è anche detta "luce diurna", perché simile alla luce del Sole verso mezzogiorno.



## Il corpo nero

Il corpo nero è un oggetto teorico che assorbe il 100% delle radiazioni che lo colpiscono. Si pensi, in pratica, a un piccolo foro in una scatola con le pareti annerite: la radiazione che entra difficilmente riuscirà a sfuggire e sarà quindi assorbita. Quella che alla fine uscirà, dipenderà dalla temperatura di equilibrio raggiunta: il corpo nero è dunque un perfetto emettitore di radiazione, dove l'emissione non dipende dal materiale ma solo dalla sua temperatura. A una certa temperatura il corpo nero comincia a irradiare nella regione visibile presentando un colore rosso; se la temperatura aumenta il colore diventa arancio, poi giallo, bianco e infine azzurro chiaro.

Il grafico nel pannello 3 mostra lo spettro di emissione del corpo nero: a ogni temperatura corrisponde una diversa distribuzione spettrale e quindi una diversa tonalità della luce emessa.



Distribuzione spettrale di una lampada alogena: al gas contenuto nel bulbo vengono aggiunti iodio, kripton e, a volte, xeno. La temperatura di colore è 3000 K



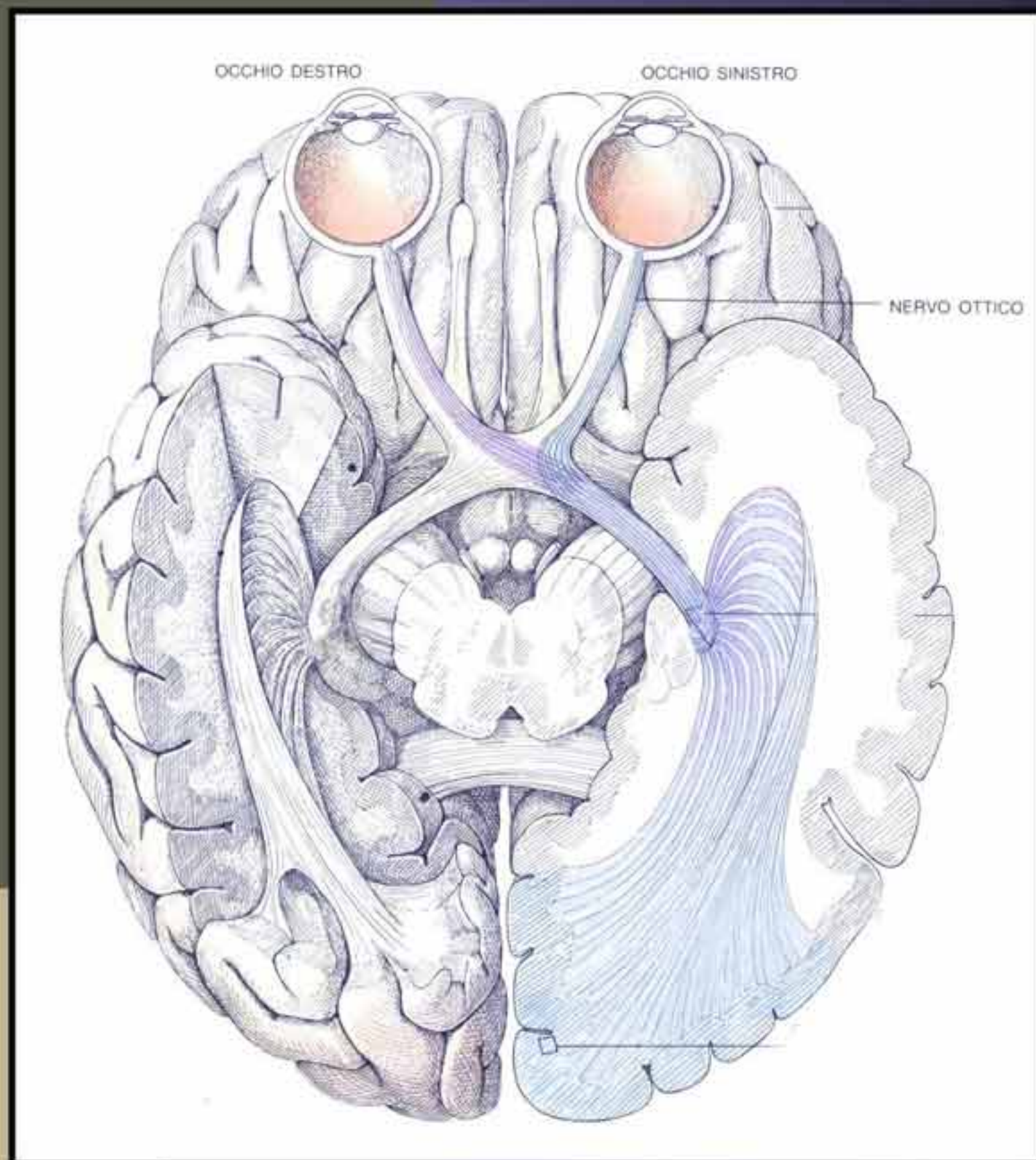
# Dalla retina al cervello

**F**ino alla fine degli anni '70 si riteneva che l'immagine visiva venisse "impressa" sulla retina come su una lastra fotografica e come tale trasmessa alla corteccia visiva, dove nel paragone con le tracce precedenti veniva decifrata e riconosciuta. La scoperta più clamorosa della neurofisiologia ci dice invece che aspetti diversi dell'esperienza visiva vengono condotti attraverso vie diverse ad aree cerebrali diverse. La nostra percezione all'inizio non è unitaria e ci vuole un lungo viaggio affinché il dato percepito e il suo significato vengano unificati nell'atto della visione.

Il nervo ottico partendo dalla retina si divide in una porzione laterale, con le fibre in partenza dall'emiretina temporale, e in una mediale, con le fibre provenienti dall'emiretina nasale.

Le due porzioni mediali si incrociano nel chiasma ottico e divengono controlaterali, mentre le porzioni laterali rimangono omolaterali (per questo noi "vediamo" con l'emisfero cerebrale destro le immagini presenti nell'emicampo visivo sinistro e viceversa).

Dopo il chiasma le fibre nervose proseguono fino al corpo genicolato laterale, dove hanno origine le radiazioni ottiche dirette alle aree visive primarie V1 e V2, che contengono una mappa precisa dell'intero campo retinico.





# Aree sensibili



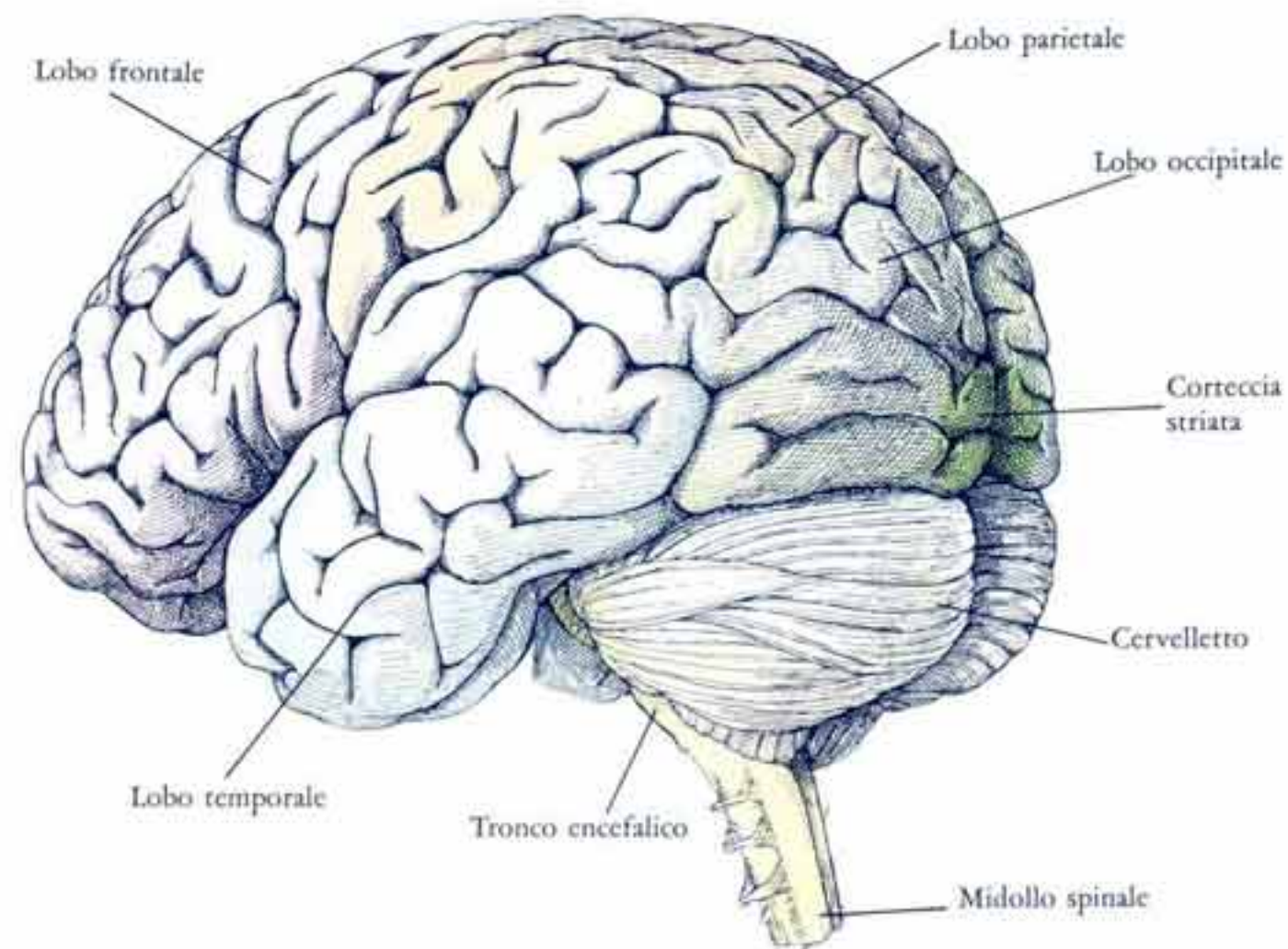
Al livello della corteccia cerebrale tutte le informazioni visive provenienti dalla retina hanno come prima tappa l'area visiva primaria **V1**; la quale proietta all'area **V2** che a sua volta proietta alle aree visive secondarie: **V3**, **V3a**, **V4**, **V5**, **V5a** e altre.

L'area **V1** riceve gli stimoli visivi e li trasmette alle aree secondarie per l'analisi delle diverse componenti; tale funzione è permessa da una organizzazione corticale molto complessa e ancora non del tutto conosciuta.

Le aree visive secondarie differiscono tra loro sia per la precisione della rappresentazione topografica della retina, sia per il tipo di stimoli ai quali rispondono:

- i neuroni dell'area **V3** e **V3A** sono sensibili alla **forma**, ma non al colore; quindi aiutano a riconoscere "cos'è" un oggetto
- le neuroni dell' **V4** sono invece sensibili al **colore** e alle forme
- i neuroni dell' **V5** reagiscono al **movimento** ma non sono influenzati dal colore; quindi ci danno informazioni su "dov'è" un oggetto

Dalle aree visive secondarie le informazioni vengono trasmesse alle altre aree cerebrali, per esempio quelle del linguaggio, e vengono integrate con le altre informazioni sensoriali (uditive, tattili ...)



Le aree **V1** e **V2** rispondono solo a stimoli che cadono in una regione della retina e registrano informazioni solo su uno specifico attributo dell'immagine: **V1** e **V2** analizzano l'intero campo visivo un pezzo per volta. L'area **V1** possiede una mappa completa della retina, cioè una rappresentazione spaziale della distribuzione dei fotorecettori; in tal modo può localizzare gli stimoli nei vari punti della retina.

La corteccia **V1** ha aspetto maturo già alla nascita, mentre le aree **V3**, **V3A**, **V4**, **V5** continuano a svilupparsi perché la loro maturazione dipende dagli stimoli a cui vengono sottoposte.

## Come avviene la sintesi?

In che modo i diversi aspetti dello stimolo visivo, che sono stati analizzati separatamente, vengono unificati per creare l'esperienza unitaria della percezione visiva?

La ricerca di un centro elaboratore corticale, sintetizzatore dei vari aspetti della visione, è stata finora negativa. La maggior parte degli autori ritiene che la complessa rete di interconnessioni esistente tra le aree corticali sia il substrato neurofisiologico dell'esperienza visiva che ci caratterizza come uomini.

Questo dato della "equifinalità" dei processi percettivi è anche un presupposto fondamentale per garantire la diversità e soggettività dell'esperienza visiva di ognuno di noi e quindi anche della libertà del soggetto: infatti il nostro cervello non sembra funzionare secondo il modello semplicistico stimolo - risposta, ma ci sarebbero una molteplicità di vie per raggiungere il medesimo risultato.

Come per tutte le percezioni "non sarà possibile comprendere in maniera approfondita il sistema visivo cerebrale senza affrontare anche il problema della coscienza" (xxx Zeki).





# Vedere e non vedere

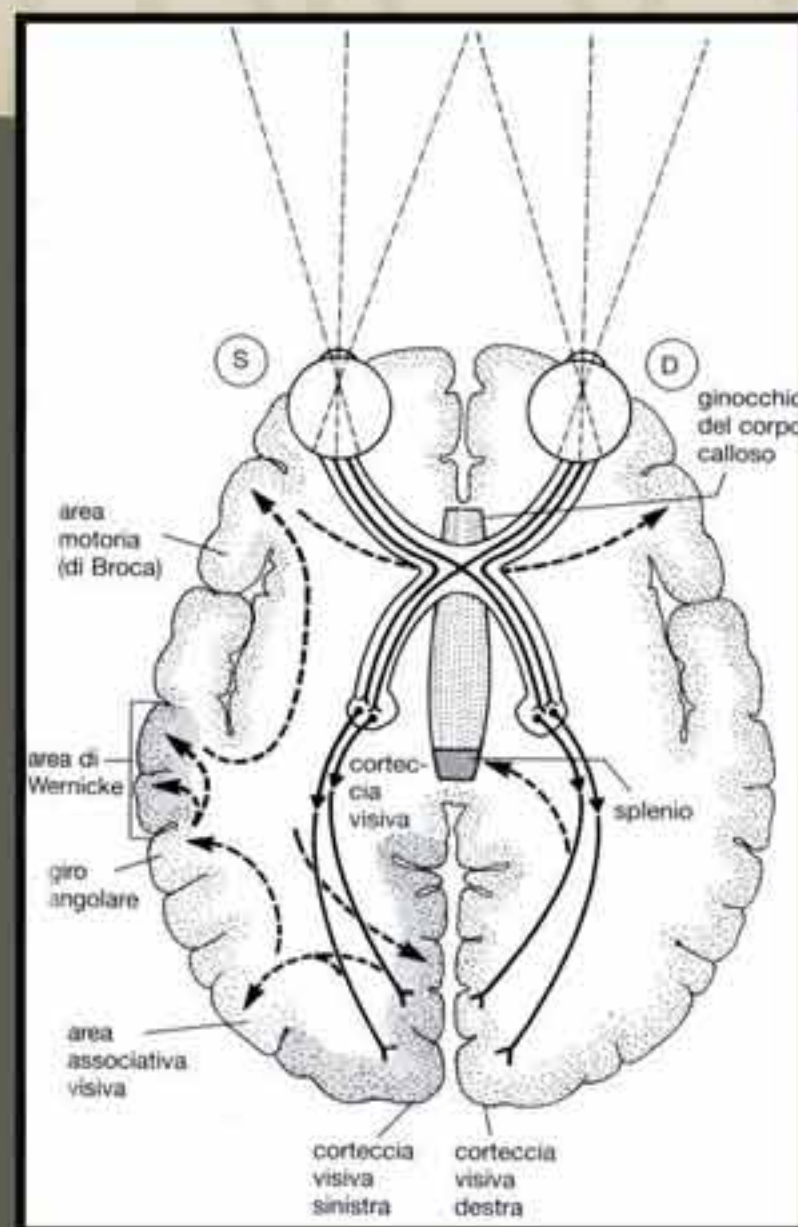
**L**e lesioni delle vie visive, delle aree corticali deputate alla visione e delle loro connessioni, di qualunque natura esse siano (vascolare, tumorale, traumatica ...), sono "esperimenti naturali" che ci aiutano a comprendere la funzione delle varie parti.

## Lesioni di singole aree

- la lesione di V4 produce acromatopsia, cioè perdita della visione colorata: è un mondo fatto di sfumature di grigi;
- una lesione di V5 provoca acinetopsia, cioè l'incapacità di vedere gli oggetti in movimento: l'oggetto fermo viene visto perfettamente, ma se si muove sparisce;
- poiché la forma viene riconosciuta sia da V4 sia da V3, non si trovano esempi di incapacità selettiva del riconoscimento delle forme

## Agnosie visive da disconnessione

Disturbi associativi visivi possono essere provocati anche da interruzione di vie di connessione senza alterazioni della corteccia cerebrale. Se un'ischemia cerebrale lede l'area V1 a sinistra e interrompe le vie che connettono l'area visiva di destra con il centro del linguaggio, il paziente vede perfettamente con gli emicampi di sinistra, riconosce le singole lettere, ma non può più leggere (allessia).



Prova a dire il colore e non la parola

**GIALLO AZZURRO ARANCIONE**  
**NERO ROSSO VERDE**  
**MARRONE GIALLO ROSSO**  
**ARANCIONE VERDE NERO**  
**AZZURRO ROSSO MARRONE**  
**VERDE AZZURRO ARANCIONE**

La parte destra del tuo cervello prova a farti dire il colore ma la parte sinistra insiste nel farti leggere la parola

Se proviamo a denominare i colori con cui sono scritte le parole riusciamo a farlo, ma in modo impacciato, in quanto il colore e il suo nome sono associati. Il bambino di 3 anni che non sa leggere è più svelto di noi nel dire la successione dei colori



## Agnosie visive: alterazioni dovute a lesioni delle aree associative

**Agnosia degli oggetti:** il paziente vede perfettamente, non ha disturbi del linguaggio, ma non può denominare gli oggetti che vede; se tocca l'oggetto lo denomina immediatamente. La lesione è unilaterale al passaggio occipito-temporale dell'emisfero dominante o più frequentemente bilaterale.

**Prosopagnosia:** incapacità di riconoscere facce familiari pur potendone descrivere le fattezze e di apprendere nuove facce. La lesione è bilaterale nelle parti ventro-mediali occipito-temporali.

**Agnosia spaziale dell'ambiente:** il paziente non riesce a orientarsi negli spazi familiari (casa, quartiere). La lesione è localizzata al passaggio temporo-occipitale dell'emisfero non dominante.

**Simultagnosia:** il paziente non è più in grado di cogliere la scena nel suo insieme e talora di esplorare visivamente lo spazio. La lesione ha sede nella parte infero-laterale del lobo occipitale dominante.





# Un cervello-interprete

**L**e lunghezze d'onda della luce riflessa da una superficie variano con l'illuminazione, eppure vediamo un colore costante. La mano di un oratore che gesticola cambia continuamente sulla retina, eppure la riconosciamo costantemente come mano. L'immagine di un oggetto cambia con la distanza, ma ne riconosciamo costantemente le dimensioni. Come mai?

Il fatto è che la nostra esperienza del vedere non è semplicemente il risultato della trasmissione fisica degli impulsi nervosi: il modo in cui percepiamo le cose viste dipende da una serie di processi, coscienti o automatici, compiuti dal nostro cervello elaborando gli stimoli che giungono alla corteccia V1 e V2 e integrando i vari aspetti dell'esperienza visiva: colore, forma, movimento, profondità.

L'importanza di questo processo di elaborazione diventa molto evidente nel fenomeno delle illusioni ottiche: in esse l'immagine percepita e la realtà una discordanza, dovuta al fatto che il nostro cervello guardando un particolare è spinto a interpretarlo rispetto a un "tutto" (sfondo del campo visivo, rapporti spaziali, esperienze precedenti).

Le illusioni ottiche mostrano che il cervello è continuamente proteso a interpretare gli stimoli luminosi, a estrarre caratteristiche invariabili dal flusso mutevole delle informazioni visive e a coglierne un significato unitario e univoco anche quando sono ambigue e mal definite.



*Escher, una celebre illusione ottica*

*"Per conoscere ciò che è visibile, il cervello non può limitarsi ad analizzare le immagini presentate dalla retina, ma deve costruirsi un mondo visivo"*

Semir Zeki

