

Hermann Helmholtz e i concetti fondamentali della colorimetria

Mauro Boscarol

mauro@boscarol.com

1. Introduzione

Hermann von Helmholtz (1821-1894), uno dei grandi scienziati dell'Ottocento, ha contribuito a campi diversi come l'acustica fisiologica, la geometria non euclidea, l'idrodinamica, l'elettrodinamica e l'ottica fisiologica. La sua formazione di base era nel campo della medicina e in particolare della fisiologia, ma ha lavorato anche in matematica, fisica e nella psicologia, sia sensoriale che cognitiva, della visione e dell'udito. I suoi scritti sono numerosi e hanno avuto grande influenza per tutto il XIX secolo. Due sono i suoi principali trattati, quello sull'ottica *Handbuch der physiologischen Optik* e quello sull'acustica *Lehre von den Tonempfindungen*. Spetta a Helmholtz, professore di fisiologia, anatomia, fisica nelle Università di Königsberg, Bonn, Heidelberg e Berlino il merito di aver definitivamente chiarito alcune questioni di base della scienza del colore.

È a Königsberg, dove è nominato professore di fisiologia a 28 anni nel 1849, che Helmholtz comincia ad interessarsi a problemi di fisiologia della visione e percezione del colore, un campo allora poco praticato e con poche certezze. Nel 1852 pubblica quasi contemporaneamente i suoi primi due articoli [1][2] su questo argomento, quando è già abbastanza conosciuto per un saggio sulla conservazione delle forze (1847), la misura della velocità della conduzione neurale (1850) e l'invenzione dell'oftalmoscopio (1851). Pubblicherà il terzo e ultimo articolo sul colore [3] nel 1855.

Tutti e tre gli articoli riguardano la mescolanza dei colori e si completano e in parte correggono a vicenda. I risultati complessivi dei tre articoli sono riportati, in parte con le stesse parole e le stesse illustrazioni, nella prima edizione dell'*Handbuch der physiologischen Optik* (seconda parte, paragrafo 20) pubblicata nel 1860 [4].

2. Il sistema visivo agisce per sintesi (quello uditivo per analisi)

Nel primo articolo [1] Helmholtz espone le sue ricerche sulle mescolanze di colori e chiarisce per la prima volta e definitivamente importanti concetti della nascente scienza del colore che fino a quel momento erano rimasti confusi e non ben definiti.

Helmholtz chiarisce anzitutto una importante differenza tra la fisiologia del sistema visivo, che agisce per sintesi degli stimoli, e quella del sistema uditivo, che agisce per analisi degli stimoli. Il sistema visivo "fonde" in una unica sensazione due o più stimoli che arrivano contemporaneamente (o quasi) in un singolo punto della retina. L'osservatore non è in grado di riconoscere individualmente i contributi dei singoli stimoli. Una simile fusione non avviene invece nel sistema uditivo, in cui due o più stimoli generano una sensazione complessiva di armonia (o disarmonia), ma ogni singolo stimolo genera anche una sensazione individualmente riconoscibile.

Questa sintesi degli stimoli nel sistema visivo è un fenomeno fisiologico soggettivo, che deve essere distinto dai fenomeni oggettivi che avvengono nel dominio della fisica e per questo motivo lo studio del sistema visivo deve essere basato sulla sintesi degli stimoli e non sui fenomeni oggettivi della fisica.

3. La mescolanza di pigmenti è diversa dalla mescolanza di luci

Sulla base delle precedenti osservazioni Helmholtz studia le mescolanze di pigmenti (*Mischung der Farbstoffe*) e le composizioni di luci (*Zusammensetzung des gefärbten Lichtes*) e sottolinea che si tratta di due fenomeni diversi. La mescolanza di diversi pigmenti determina un unico stimolo di colore che arriva già formato all'occhio. Così non è nella composizione di luci, perché in tal caso stimoli diversi giungono separati e invariati all'occhio ed è nel sistema visivo che avviene la loro fusione. Dunque si tratta di fenomeni che obbediscono a regole completamente diverse e addirittura appartengono a domini diversi: la mescolanza di pigmenti appartiene al dominio fisico mentre la composizione di luci appartiene al dominio fisiologico.

Con un apparato progettato per mescolare due colori spettrali senza altre interferenze, Helmholtz verifica sperimentalmente che il modello usato per le mescolanze di pigmenti non funziona per le composizioni di luci: una luce gialla e una luce blu, se combinate in giusta proporzione, producono un colore acromatico mentre pigmenti gialli e pigmenti blu quando mescolati danno un colore verde.

In questo modo Helmholtz può finalmente dissociare le composizioni di luci colorate dalle mescolanze di pigmenti, sfidando la secolare credenza che queste ultime si comportino allo stesso modo delle prime, equivoco nel quale era caduto Newton stesso in uno dei suoi esperimenti, e più recentemente Goethe e Brewster.

Tuttavia, spiega Helmholtz, anche dai pigmenti è possibile ottenere lo stesso tipo di mescolanza ottenibile dalle luci, e lo si può fare con due metodi diversi. Il primo metodo utilizza un cerchio ruotante con settori colorati diversamente, già molto noto ai tempi di Helmholtz, e di cui già si sapeva che dava risultati diversi dalla mescolanza di pigmenti. Il risultato dell'esperimento appare ancora più evidente se si dipinge il centro del cerchio con una mescolanza di vernice gialla e di vernice blu il cui aspetto è verde, come tutti i pittori fanno. Invece nella parte esterna del cerchio si dipingono settori separati con le stesse vernici gialla e blu. Ruotando il cerchio, il centro (che è una mescolanza di pigmenti) assume un aspetto verde scuro, mentre la parte esterna (le cui parti si mescolano come si mescolano le luci) assume un aspetto grigio chiaro.

Il secondo metodo consiste nell'osservare un colore in trasmissione attraverso un vetro e contemporaneamente un secondo colore che viene riflesso dal vetro e che si sovrappone al primo.

Stranamente Helmholtz non cita un terzo metodo, quello che consiste nell'accostare piccolissime aree colorate, una tecnica che verrà usata in Francia dai pittori puntinisti (Seurat, Signac) e divisionisti a partire dal 1885 circa e che oggi è di applicazione comune nei televisori e nei monitor dei computer. Ai tempi in cui Helmholtz scriveva il

suo *Handbuch* è possibile che la tecnica fosse già nota, eventualmente attraverso gli scritti dello scopritore della stampa a colori mediante retino, Jacques-Christophe Le Blon.

4. I colori primari

Chiarita la differenza tra mescolanza di luci e mescolanza di pigmenti, Helmholtz si rivolge al problema dei colori primari (*Grundfarben*). Partendo da Plinio, e passando per Leonardo, Newton e Young, traccia una breve storia della ricerca dei colori primari, notando che i diversi ricercatori hanno dato al termine "colori primari" tre significati diversi:

primari empirici sono quei colori, o meglio pigmenti, dai quali si possono generare per mescolanza tutti gli altri colori, come nella tradizione artistica;

primari fisici sono quei colori che corrispondono a tre tipi di luci (Mayer, Brewster): questo punto di vista viene affrontato nel secondo lavoro [2] del 1852 dove Helmholtz attacca la teoria anti-newtoniana del fisico scozzese David Brewster (1781-1868);

primari fisiologici sono quei colori che corrispondono a particolari stati di attivazione delle fibre della retina (Young).

D'altra parte i suoi esperimenti indicano che non esistono tre colori spettrali che possano generare per mescolanza tutti gli altri colori spettrali senza eccezioni. Così Helmholtz ritiene inizialmente di poter respingere la teoria dei tre recettori di Thomas Young.

Questa conclusione contiene un'assunzione implicita sulla teoria di Young, cioè che ognuno dei tre tipi di recettori nella retina sia "sintonizzato" su una particolare frequenza della luce, e che la luce di quella frequenza influisca solo su quel tipo di recettore.

5. La linea dei viola e il diagramma dei colori spettrali

Nel suo primo articolo [1] Helmholtz scrive di aver trovato una sola coppia di colori che, mescolati, danno un colore acromatico, e precisamente giallo e blu. Questo articolo attira l'attenzione di un altro studioso prussiano, Hermann Günther Grassmann, professore di liceo a Stettino. Grassmann dimostra che secondo la teoria di Newton e secondo gli stessi precedenti esperimenti di Helmholtz, esistono infinite coppie complementari nello spettro, non solo una.

Helmholtz adotta immediatamente la interpretazione "continua" di Grassmann, perfeziona i propri strumenti (con tecniche usate per la prima volta dal fisico Léon Foucault), ripete gli esperimenti e annuncia nel suo terzo articolo [3] del 1855 di essere stato in grado di trovare sette coppie complementari e di misurarne le lunghezze d'onda (sulla base delle linee di Fraunhofer).

Grazie a queste misure Helmholtz scopre che, in contrasto con quanto esplicitamente o implicitamente affermato da Grassmann (e da Newton), i colori compresi tra giallo e verde non hanno complementari spettrali. Riesce tuttavia a neutralizzare questi colori con mescolanze di rosso e violetto in diverse proporzioni (cioè con vari colori viola). Il luogo

di questi colori (non spettrali) è un segmento rettilineo (la linea dei viola, *purple line*) che congiunge i colori estremi dello spettro, il violetto con il rosso.

Si tratta di una fondamentale scoperta che rompe la lunga tradizione del cerchio di Newton (e di Grassmann) che comprendeva anche il colore viola. Se ogni colore spettrale deve avere un complementare, come richiesto da Grassmann, allora bisogna inserire nel cerchio un segmento rettilineo tra rosso e violetto. E i colori su questo segmento non sono colori spettrali, appunto perché sono ottenuti con mescolanze di rosso e violetto in varie proporzioni.

Helmholtz scopre anche che il diagramma dei colori spettrali non è un cerchio nemmeno nella parte curva e disegna un nuovo diagramma, nel quale vale la legge del baricentro, che costituisce una prima importante revisione del diagramma dei colori spettrali di Newton e Grassmann, anche se Helmholtz stesso lo definisce “provvisorio” perché i suoi esperimenti non gli forniscono dati completi.

6. Helmholtz come divulgatore e la cultura popolare del colore

Durante gli ultimi venti anni della sua vita, Helmholtz dedicò molto tempo alla divulgazione. In particolare molte delle sue idee sulla mescolanza dei colori sono entrate nella cultura popolare del colore che le ha tramandate fino ad oggi. Tuttavia a causa degli inevitabili “rumori” di trasmissione, alcune di queste idee hanno assunto, nella cultura popolare, una forma distorta, distaccata dalla loro forma originale.

Prendiamo il caso delle mescolanze di colori. Implicitamente suggeriti da Helmholtz stesso, i termini “mescolanza additiva” e “mescolanza sottrattiva” vengono usati ancora oggi. Si tratta tuttavia di una nomenclatura sfortunata perché i due termini suggeriscono vagamente l’idea che si tratti di varianti dello stesso fenomeno. Nella cultura popolare questa idea è profondamente radicata ancora oggi, anche se proprio Helmholtz è stato il primo a dimostrare che si tratta di fenomeni del tutto diversi.

Un’altra idea è che la mescolanza additiva abbia a che fare esclusivamente con le emissioni di luci, mentre Helmholtz stesso ha precisato che anche i pigmenti, non solo le luci, si possono mescolare additivamente. In Italia, tutti i testi sul colore per studenti delle scuole professionali del Novecento distinguono con insistenza tra quelli che vengono chiamati colori-luce (che si mescolano additivamente) e i cosiddetti colori-pigmento (che si mescolano sottrattivamente).

Infine è molto diffusa nella cultura popolare la convinzione che esistano colori primari la mescolanza dei quali genera tutti gli altri colori esistenti.

La mancanza di informazioni e la scarsa importanza data alla scienza del colore dagli ambienti culturali italiani ha fatto in modo che i luoghi comuni e le incrostazioni culturali trovino un terreno particolarmente fertile nella cultura popolare del colore.

Bibliografia

[1] H. Helmholtz “Über die Theorie der zusammengesetzten Farben”, (*Müller*) *Archiv für Anatomie und Physiologie u. wiss. Med.*, pag. 461-482; ripubblicato in (*Poggendorff*’s)

Annalen der Physik und Chemie 87 45-66, 1852; [disponibile anche come Google eBook](#); trad. ingl. "On the theory of compound colours" in *Philosophical Magazine*, Series 4, 4, 519-534, 1852

[2] H. Helmholtz "Über Herrn D. Brewster's neue Analyse des Sonnen-lichts", (*Poggendorff's*) *Annalen der Physik und Chemie* 86 501-523, 1852; trad. ingl. "On Brewster's New Analysis of Solar Light" *Philosophical Magazine*, Series 4, 4, 1852

[3] H. Helmholtz "Über die Zusammensetzung von Spectralfarben" (*Poggendorff's*) *Annalen der Physik und Chemie* 94 1-28, 1855

[4] H. Helmholtz *Handbuch der physiologischen Optik* 1856-1866