



Riccardo Govoni

Sezione AIF Mantova
ri.gov.mn@gmail.com

Strumenti del passato

Una ricombinazione problematica

Abstract

In 1666 Newton used a glass prism to decompose white light and make the so-called "rainbow" colors appear. The next step was to get the white light back from that "rainbow". To do this, different techniques can be adopted, we will examine one in particular, little known, but which reveals several surprises.

Newton iniziò le osservazioni sullo spettro prodotto da un prisma e la natura composta della luce bianca nel 1666, ma pubblicò per la prima volta la sua scoperta in una lettera del 1672 inviata a Henry Oldenburg, che era all'epoca segretario della *Royal Society*. La lettera inizia così:

Signore,

Per adempiere tardivamente alla mia promessa, vi informerò senza ulteriori cerimonie che all'inizio dell'anno 1666 (in quel momento mi sono applicato alla molatura di vetri ottici di figure diverse da quelle sferiche) mi sono procurato un prisma di vetro triangolare, per provare con esso i celebri fenomeni dei colori.

Il passo successivo consisteva nel dimostrare che la luce bianca, dispersa in uno spettro di colori, poteva essere ricomposta.

A tale scopo diversi laboratori e gabinetti scientifici si dotarono di un particolare strumento formato da sette specchietti piani paralleli e orientabili, come quello visibile in Figura 1, che appartiene al Gabinetto di Fisica del Liceo Virgilio di Mantova ed appare in un inventario del 1855. Fornisco la descrizione che ne fa il prof. Gian Alessandro Majocchi in un suo libro¹:

I colori elementari, come abbiamo veduto, sarebbero sette secondo Newton, cioè il rosso, l'aranciato, il giallo, il verde, l'azzurro, l'indaco e il violaceo. Dai fisici posteriori essi furono ridotti a minor numero, e secondo gli esperimenti di Petrini (1), Wünchs (2) e Prieur (3)²



¹ Majocchi G. A., *Elementi Di Fisica Ad Uso Dei Collegi Nazionali e Dei Licei Pel Corso Filosofico*, Cugini Pomba e Comp. Editori. Torino, 1850.

² (1) Memorie della Società italiana delle scienze, t. XIII. (2) Versuche und Beobachtungen über die Farben des Lichts, Lipsia 1792, (3) Annales de Chimie. Parigi, prima serie, t. LIV

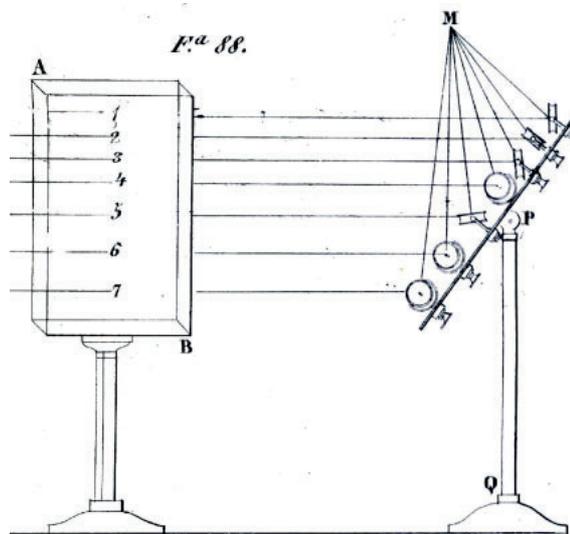


Figura 2

sembra che si possano ridurre ai tre, rosso, verde e violaceo. L'aranciato non sarebbe altro che una mescolanza di rosso e verde con eccesso del primo, e il giallo deriverebbe dalla stessa mescolanza con eccesso del secondo. Parimenti l'azzurro risulterebbe dalla riunione del verde col violaceo con eccesso del verde, e l'indaco con eccesso di violaceo. Infatti si trova che, riunendo in un sol punto M per mezzo dell'apparecchio della Figura 2 i tre raggi rosso, verde e violaceo, si ha la luce bianca egualmente come coi sette raggi colorati, per cui essi sono gli elementi degli altri quattro colori. Esperimentando nella stessa maniera col raggio rosso e verde si hanno appunto i colori aranciato o giallo secondo che predomina il rosso od il verde, e ripetendo la medesima sperienza coi due raggi verde e violaceo si hanno i colori intermedi facendo sovrabbondare l'uno o l'altro dei due colori elementari. Newton inoltre ha ammesso che ognuno dei sette raggi dello spettro fosse semplice, perché nel sottoporre ad una seconda rifrazione ciascuno dei medesimi si serviva di prisma d'egual materia; talché se lo spettro era prodotto, per es., da un prisma di crovno³, faceva passare per un secondo prisma della stessa materia il raggio, per es., giallo, il quale dopo la seconda rifrazione compariva ancora dello stesso colore. Ma se si adopera un prisma dotato di maggior forza decomponente, come uno di flinto⁴, si è trovato che i tre raggi rosso, verde e violaceo passano senza dar luogo a diversi colori; mentre gli altri quattro raggi aranciato, giallo, azzurro ed indaco, quando attraversano il secondo prisma di flinto, danno luogo ad uno spettro variopinto. I tre fisici nominati, sono giunti con diverse sperienze e quindi per cammini differenti a dimostrare che i raggi elementari o primitivi si riducono ai tre nominati rosso, verde e violaceo. Appunto perciò il giallo riunito coll'indaco somministra il bianco, perchè in quei due colori si trovano i tre elementi della luce bianca, cioè ros-

³ Crown - un tipo di vetro ottico utilizzato in lenti e altri componenti ottici come telescopi e obiettivi per macchine fotografiche o cineprese. Il vetro crown è prodotto da silicati di calcio-alcali contenenti circa il 10% di ossido di potassio ed ha un alto indice di rifrazione e una bassa dispersione.

⁴ Flint - una qualità di vetro che ha un indice di rifrazione particolarmente alto e dispersione attorno a 0,017. Queste caratteristiche lo rendono adatto per vetri d'ottica quali prismi per rifrattometri e lenti acromatiche.

so, verde e violaceo. Lo stesso avviene dell'aranciato mescolato coll'azzurro, trovandosi in essi i tre raggi elementari necessari alla composizione della luce bianca. Queste deduzioni nel sistema delle ondulazioni si ritengono come riferibili all'effetto fisiologico, che la luce produce sull'organo della vista, e non come inerenti alla sua natura, il cui effetto differente dipende da una modificazione di movimento nelle onde.

Per la verità questo interessante apparato non ebbe molta diffusione, perché oggettivamente piuttosto delicato nel suo assemblaggio. Non facendo parte degli strumenti che si trovano normalmente nei libri di testo per la ricomposizione della luce bianca può essere stimolante sapere chi ne è stato l'inventore.

La più antica citazione del manufatto che ho trovato risale a un catalogo di apparecchiature tecnico scientifiche del 1818⁵. Il catalogo si riferisce ad una collezione, inizialmente di apparati meccanici, risalente al 1775 e voluta da Jacques de Vaucanson, abile costruttore di automi. Fu solo nel 1814 che venne collocato tra le collezioni del Conservatorio assieme al gabinetto di fisica di Jacques Alexandre César Charles, da lui ceduto al Governo.

Appare strano che un grande sperimentatore come l'Abbate Jean-Antoine Nollet in diversi testi, tra cui uno che cita proprio gli apparati per un corso di fisica sperimentale⁶, non faccia cenno a questo strumento.

Mentre in *Appendici al codice dell'istruzione secondaria classica e tecnica e della primaria e normale*, edito a Torino dalla Tipografia Scolastica di Sebastiano Franco e figli, 1861, tra i vari apparati consigliati si trova indicato l'*Apparato dei 7 specchi* di Pouillet. Troviamo la stessa informazione in un precedente manuale francese del 1853⁷. In un testo inglese del 1869⁸ si legge: *un esperimento molto raffinato e bello, originato a Parigi, è quello in cui si usano sette specchi, e disponendoli agli angoli appropriati si può far riflettere ogni colore separatamente su un disco, oppure il tutto può essere riunito per produrre un punto di luce bianca.*

Quindi sembrerebbe essere il fisico Claude Servais Mathias Pouillet, autore di molti libri di fisica sperimentale, l'inventore dell'apparato dei sette specchi. Se però andiamo a leggere uno dei suoi testi⁹ vi si trova questo emblematico passaggio:

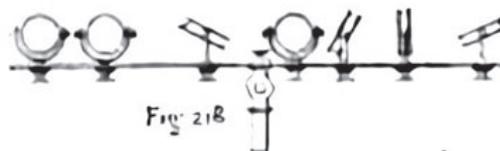


Figura 3. da Pouillet, *Éléments de physique expérimentale*

⁵ *Catalogue Général des Collections du Conservatoire Royal des Arts et Métiers*, Paris, Madame Huzard, 1818.

⁶ Abbé J.A. Nollet, *Programme, ou, Idée générale d'un cours de physique expérimentale, avec un Catalogue des Instrumens qui servent aux expériences*, Paris, P.G. Le Mercier, 1738

⁷ J.Fau, C.Chevalier, *Nouveau manuel complet du physicien-préparateur ou description d'un cabinet de physique*, Paris, Librairie encyclopédique de Roret, 1853. Attorno alla metà dell'Ottocento, inoltre, fioriscono i cataloghi di libri e strumenti scientifici, soprattutto francesi, che offrono questo apparecchio con prezzi variabili dai 50 agli 80 Franchi (circa un sesto di un telescopio)

⁸ J.H.Pepper, *Cyclopadic Science Simplified*, London, F. Warne and Company, 1869

⁹ C.S.M. Pouillet, *Éléments de physique expérimentale et de météorologie*, Tome 2, Partie 1, Paris, Béchét Jeune, 1829

Per studiare attraverso l'esperimento le tinte che risultano da più colori semplici mescolati, si può usare l'apparecchio a sette specchi rappresentato nella Figura 2. Lo si mette a una distanza abbastanza grande dal prisma perché lo spettro sia ben evidente, e si inclinano opportunamente gli specchi per dirigere in uno stesso punto di un foglio bianchissimo quei colori di cui si vuole osservare la composizione.

Sembra che Newton abbia fatto un gran numero di esperimenti su questo soggetto, sia con questo metodo, sia con altri analoghi, ed è così pervenuto a una costruzione geometrica molto interessante che rappresenta con una fedeltà incredibile il risultato di tutti questi esperimenti. Noi possiamo solamente descrivere questa costruzione e indicarne l'uso; poiché Newton, dopo averla verificata con l'esperimento, non l'ha giustificata con il ragionamento in nessuna delle sue opere, e nessuno fino ad oggi ha potuto scoprire il legame nascosto che ha senza dubbio con la teoria.

Non è chiaro come Pouillet facesse a sapere dei numerosi esperimenti di Newton sulla ricomposizione della luce bianca con sette specchi paralleli se ammette che non l'ha vista giustificata in nessuna delle sue opere. È appare poco plausibile che un personaggio rigoroso e puntiglioso come Newton abbia menzionato un apparato senza darne completa giustificazione. In *Opticks*¹⁰ egli descrive diversi modi per ricombinare la luce bianca e che in buona misura vengono riportati in molti testi successivi. Vediamone una sintesi utilizzando i disegni originali che appaiono in *Optice*¹¹.

a. La luce solare entra dal foro F e viene rifratta dal prisma ABC (Figura

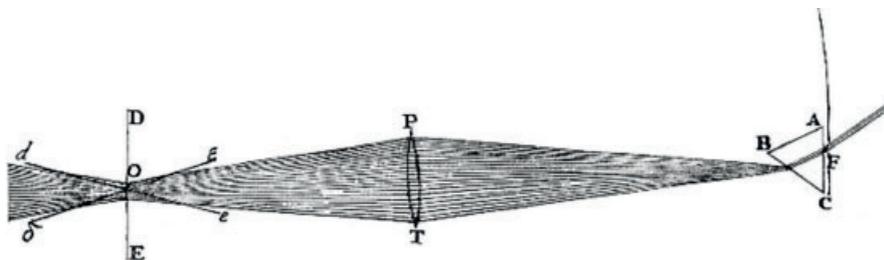


Figura 4 - THE FIRST BOOK OF OPTICKS PART II. EXPER. II.

- 4). Si forma lo spettro solare che si fa cadere su una lente convergente, nel cui fuoco si potrà ritrovare la luce bianca.
- b. Invece della lente si possono usare due prismi HIK e LMN, (Figura 5) che rifrangendo la Luce colorata in modo contrario a quella della prima rifrazione, possono far convergere i raggi divergenti e incontrarsi di nuovo in G, come si vede rappresentata nella Fig. 7 del testo originale. Perché dove si incontrano e si mescolano comporranno una luce bianca come quando si usa una lente.

¹⁰ *Opticks: or, A treatise of the reflections, refractions, inflexions and colours of light. Also two treatises of the species and magnitude of curvilinear figures*, London, Sam Smith, and Benj. Walford, 1704

¹¹ *Optice* è la versione in latino di *Opticks*, pubblicata nel 1706. In questa seconda versione vengono corretti degli errori nelle tavole grafiche.

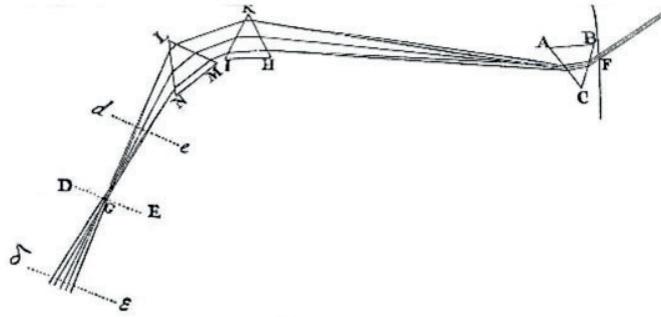


Figura 5 - THE FIRST BOOK OF OPTICKS PART II. EXPER X

L'esperimento illustrato in Figura 6 è forse il più esaustivo per la scomposizione e ricomposizione della luce bianca. Questa entra dal foro F, incide sul prisma ABCabc, si rifrange e punta verso la lente MN, scomposta negli usuali colori (p = viola, q = ceruleo, r = verde, s = giallo, t = rosso). La lente MN rifrange la luce colorata ricomponendola in luce bianca nel fuoco X. Si mette poi un altro prisma DEGdeg in X parallelo al primo in modo tale che questa luce bianca venga rifratta verso Y come fascio di rette parallele senza ulteriori divergenze. Il prisma HIKkh genera sulla carta LV i colori PQRST, che hanno le stesse qualità cromatiche, dello spettro della luce bianca dopo la prima rifrazione.

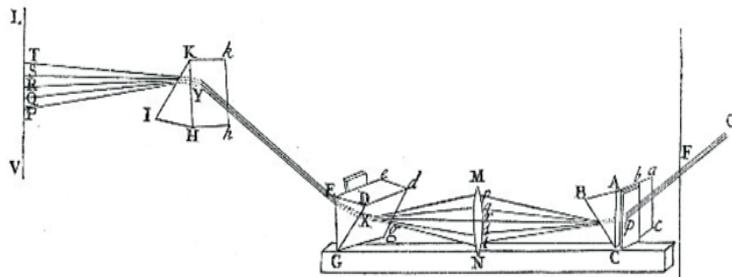


Figura 6 THE FIRST BOOK OF OPTICKS PART II. PROP. XL. PROB. VI.

Di particolare interesse è l'apparato mostrato in Figura 7.

Newton costruì uno strumento XY della forma di un pettine che specifica essere con 16 denti larghi circa 4 cm, e intervallati circa ogni 5 cm.

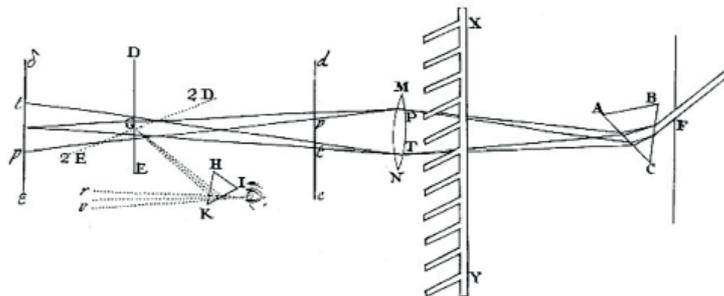


Figura 7 THE FIRST BOOK OF OPTICKS PART II. EXPER X

I denti di questo strumento, posti vicino alla lente, intercettavano parte dei colori, mentre il resto di essi passavano attraverso lo spazio vuoto e giungevano alla carta DE su cui si formava l'immagine circolare del Sole: una immagine bianca in assenza del pettine. Muovendo il pettine davanti alla lente si aveva, sul foglio, una continua successione di colori. A pagina 103 e seguenti si legge:

[...]ma se ho accelerato molto il moto, che i colori a causa della loro rapida successione non potevano essere distinti l'uno dall'altro, l'aspetto dei singoli colori svaniva. Non c'era più rosso, né giallo, né verde, né blu, né viola da vedere più, ma da una confusione di tutti loro nacque un unico colore bianco uniforme. Della luce che ora per la mescolanza di tutti i colori sembrava bianca, non c'era parte veramente bianca. Una parte era rossa, un'altra gialla, una terza verde, una quarta azzurra, una quinta porpora, ed ogni parte conserva il suo proprio colore finché non colpisce i sensi. Se le impressioni si susseguono lentamente, perché possano essere percepite più volte, si fa una differenza: la sensazione di tutti i colori uno dopo l'altro in un susseguirsi continuo. Ma se le impressioni si susseguono rapidamente l'una all'altra, da non poter essere percepite separatamente, ne scaturisce un'unica sensazione comune, che non è né di questo solo colore né di quello solo, ma si è trasmessa indifferentemente a tutti loro, e questo è una sensazione di bianco.

Più oltre viene riportato un bell'esempio che sottolinea come ciò che vediamo quando un'immagine cambia velocemente non dipende dall'oggetto in sé, ma dalla nostra percezione. Se si mette un carbone ardente, dice l'Autore, su di un disco e poi lo si fa girare velocemente, l'intero disco ci apparirà avvolto dalle fiamme. Insomma Newton dimostra di aver ben chiaro quello che noi chiamiamo tempo di persistenza dell'immagine sulla retina.

Quindi in *Optika* (o in *Optice*) non solo non vi è alcun accenno di un apparato con sette specchi paralleli per la combinazione dei colori, ma non viene neppure suggerito di far ruotare il famoso disco per dimostrare la ricomposizione della luce bianca, ben sapendo che ciò che appare è frutto del *Sensorium*, cioè dell'apparato dei sensi.

Resta il dubbio della genesi dell'apparato dei sette specchi paralleli, che probabilmente ha origine da una successiva speculazione sugli esperimenti proposti dallo stesso Newton.

Lo strumento è visibile anche presso:

- Museo per la Storia dell'Università, Pavia (PV)
- Laboratorio di Fisica: Museo di Scienza e Tecnologia, Università "Carlo Bo" di Urbino (PU)
- Gabinetto di Fisica del Liceo Classico "Paolo Sarpi" di Bergamo
- Gabinetto di Fisica, Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze

Si segnala inoltre il video registrato dal bravissimo e compianto dr. Paolo Brenni che illustra il funzionamento dell'apparato dei sette specchi.

www.youtube.com/watch?v=1S4PNzJEdr4&t=35s

