Newton e la teoria dei colori.

Rocco Pirovano. (Marzo 2003)

1.
Introduzione.

Ai tempi in cui Newton effettuava i suoi esperimenti con il prisma, il fenomeno dei colori ottenuti attraverso la diffrazione della luce solare era già stato osservato e discusso nell'ambito degli studi di ottica geometrica. Newton ha riproposto l'esperienza descritta da Cartesio nel trattato sulle meteore, partendo però da presupposti molto diversi, che costituiscono l'aspetto fondamentale della rivoluzione nella teoria dei colori. Nel corso di questo lavoro prenderò in considerazione alcuni aspetti innovativi del paradigma newtoniano, esaminando il caso della teoria dei colori.

2.
Cosa sono i colori?

Alla fine del 1600 la scienza aristotelica era entrata in crisi in vari frangenti: posta di fronte ai problemi sollevati dall'ottica geometrica, ad esempio, il tipo di spiegazioni che i peripatetici proponevano si era rilevato poco esauriente sotto molti aspetti. Il carattere generale e ipotetico delle teorie e la prevalenza di definizioni verbali orientate verso l'aspetto qualitativo dei fenomeni, risultavano incompatibili con una trattazione dei problemi in termini matematici. Una serie di presupposti di origine aristotelica continuava però a resistere anche fra gli oppositori più agguerriti, che riuscivano a condurre critiche efficaci rispetto a singole questioni ma prive della completezza necessaria per costituire dei modelli esplicativi autonomi e alternativi alla filosofia peripatetica.

La teoria dei colori aristotelica può essere un esempio di questa situazione: l'idea che il colore sia un miscuglio, un composto di luce e ombra, assieme all'idea che il colore sia una modificazione della luce pura, é alla base della maggior parte delle teorie del colore fino a Newton.

Oltre a questa spiegazione, che deriva da Anassimene, Aristotele sostiene che i colori siano la parte superficiale dei corpi visibili, generando così un dualismo tra i colori reali, esibiti dai corpi, e quelli "apparenti", considerati come "illusioni ottiche". Il problema della realtà dei colori è stato molto discusso dai sostenitori e dai critici dell'aristotelismo, ma nella successione di teorie diverse sulla formazione dell'arcobaleno, sulla natura e il numero dei colori fondamentali ecc. non è stata mai abbandonata l'idea aristotelica che i colori siano miscugli o composti di luce e ombra.

I meccanicisti affrontano questo problema sotto un altro punto di vista: seguendo la divisione di Locke, collocano i colori tra le qualità secondarie che la scienza non può trattare direttamente, a causa della loro natura soggettiva, legata alla percezione dei fenomeni fisici. Per loro, infatti, la scienza doveva occuparsi soltanto di cose reali, ossia definibili matematicamente attraverso la misura, per questo motivo non era sensato parlare dei colori come se esistessero indipendentemente dal soggetto. Cartesio, per esempio, riteneva che fosse possibile avere una conoscenza chiara e distinta dei colori considerandoli esclusivamente come nostre sensazioni, poiché quando osserviamo i colori nei corpi non possiamo essere sicuri che siano qualcosa di esistente al di fuori della nostra mente. Se crediamo che i colori si trovino negli oggetti ci sbagliamo, perché non sono altro che sensazioni prodotte dal movimento dei nostri nervi, eccitate a loro volta dai movimenti locali che avvengono fuori da noi, per questo motivo non si possono fare distinzioni riguardo alla fonte delle nostre sensazioni.

L'operazione di Cartesio consiste nel definire la luce in termini meccanici, ipotizzando che sia composta da particelle dotate di un movimento rotatorio che può essere modificato mediante riflessione e rifrazione, in grado di suscitare in noi la sensazione dei colori. I "geometri" non ritenevano di dover indagare il rapporto tra i loro principi e i fenomeni fisici, non cercavano di spiegare la natura fisica dei colori o della luce: di questi argomenti si erano occupati i filosofi della

natura, aristotelici ed epicurei in particolare. Il problema comune delle loro spiegazioni era soprattutto il distacco con la realtà e con le cause degli eventi: i peripatetici, infatti, rinunciavano programmaticamente alla conoscenza del particolare, in favore di un universalismo conoscitivo basato su concetti astratti, come le cause finali, usati per spiegare la realtà nel suo complesso.

Newton comprende che per opporsi efficacemente all'aristotelismo bisogna considerare come fondamentale la base della conoscenza: anche se le opinioni degli aristotelici si rivelassero vere, non sarebbero comunque adeguate al compito della scienza, perché producono spiegazioni senza basarsi sul'osservazione dei fenomeni particolari. Newton non conduce il proprio attacco nei confronti di Aristotele e dei suoi seguaci confutando le singole opinioni, ma propone una concezione filosofica alternativa, fondata su un'epistemologia basata sui dati sensibili e sul metodo induttivo.

Un altro aspetto da sottolineare è che certe spiegazioni meccaniciste non si potevano considerare poi così diverse da quelle dei peripatetici, poiché descrivevano la realtà fisica che suscitava la percezione dei colori in termini qualitativi: Bacone, per esempio, mette in relazione l'uniformità e la disposizione delle particelle di un corpo con il colore che esibisce.

Per concludere vorrei presentare una breve panoramica sulle teorie del colore che circolavano alla fine del diciassettesimo secolo. Queste teorie sono basate su tre modelli di spiegazione differenti: Keplero, in consonanza con la teoria classica, diceva che i colori erano una mescolanza di luce e ombra, Cartesio ne parlava in termini di *vis luminis* prodotta dalla rotazione dei *globuli aetherei;* il modello generale a cui si riferiva Cartesio era la teoria di vortici. Nella sua opera *Les météores* aveva riesaminato la teoria di Todorico di Freiberg, che aveva intuito che il fenomeno dell'arcobaleno dipendeva dal mutamento di direzione della luce nel passaggio da un mezzo all'altro, ma non era riuscito a dare una spiegazione fisica dei colori. Aveva però formulato una teoria; *le particelle luminose spinte verso l'esterno dal centro di un vortice devono ruotare durante il loro spostamento: una rotazione rapida viene percepita come rosso, una moderata come giallo e una lenta come blu. La formazione dei colori non era altro che un mutamento meccanico nella materia della luce, acquisito nell'urto obliquo sulla superficie di separazione tra due mezzi.*

Hooke, invece, si era concentrato più sulla natura della luce che sulla struttura di mezzi trasparenti; sosteneva che la luce si propagasse con un moto vibratorio, producendo i colori nell'impatto contro i corpi solidi. Era convinto che la luce fosse un moto periodico ed era convinto che Newton non lo fosse, per questo sentì l'esigenza di attaccare la nuova teoria dei colori. Come Cartesio, anche Hooke pensava che una teoria meccanicista ingegnosa, in grado di *spiegare* i fatti, dovesse essere vera. Hooke ipotizza che i corpi luminosi eccitino delle vibrazioni che si propagano in linea retta nell'etere: in analogia con le onde sonore, causano la sensazione di luce quando colpiscono l'occhio. La luce è un susseguirsi di impulsi sferici che procedono in linea retta ad intervalli molto piccoli, sotto forma di piani perpendicolari rispetto alla direzione di propagazione: passando da un mezzo all'altro (ad esempio da aria ad acqua) il fascio di impulsi subisce una deviazione che corrisponde alla sensazione del colore. I raggi possono subire deviazioni diverse: Bianco, rosso e blu rappresentano tre stati fisici distinti, ognuno di essi poteva essere trasformato nell'altro invertendo la modificazione subita.

3.
Biografia.

Isaac Newton nacque a Woolsthorpe, Inghilterra, 25 Dicembre 1642, figlio postumo, discendente da famiglie di contadini da parte di entrambi i genitori. Dopo l'istruzione elementare, Newton studiò alla King's School di Grantham, ma la madre ben presto lo tolse dalla scuola, intendendo farne un fattore. Uno zio, rettore in un college, si interessò a lui e decise di prepararlo per l'università. Fu ammesso al Trinity College di Cambridge il 5 giugno 1661.

Fra i libri che Newton studiò ci furono le opere di ottica di Keplero (presumibilmente la Diottrica), Euclide, la Geometria e i Principia philosophiae di Cartesio, il Dialogo di Galileo, l'Organon e l'Etica di Aristotele. Le sue letture dei moderni furono organizzate in una collezione di "Qaestiones quaedam philosophicae"; lesse Charleton e Digby, Glanville e Boyle; studiò certamente l'epitome dell'Astronomia Copernicana fatta da Gassendi.

Dal giugno 1665 presumibilmente Newton fu per diciotto mesi nel Lincolnshire, mentre l'Università era chiusa a causa della peste. Durante questo periodo egli pose le basi del suo lavoro in matematica, in ottica, in astronomia e nella meccanica celeste. Non restò sempre a Woolsthorpe, ma si recò almeno una volta a Cambridge tra Marzo e Giugno del 1666: gli esperimenti con i prismi sulla rifrazione e la dispersione della luce probabilmente furono compiuti proprio lì.
Nell'Ottobre del 1669 Newton fu nominato professore Lucasiano, all'età di ventisei anni, succedendo al suo maestro Isaac Barrow. In quegli anni egli depositò i manoscritti delle sue lezioni di ottica (1670-1672), di aritmetica e di algebra (1673-1683), la maggior parte del I libro dei Principia (1684-1685), e "Il Sistema del Mondo" (1687). Durante questi anni Newton lavorò molto intensamente, conducendo una vita solitaria e ritirata, tenendosi però in contatto con scienziati inglesi e sul continente, fra i quali Boyle, Collins, Flamsteed, D. Gregory, Halley, Hooke, Huygens, Leibniz, e Wallis, e partecipando sporadicamente alle riunioni della Royal Society, di cui era membro dal 1672. In seguito ad un periodo si stress e depressione che lo spinse a lasciare Cambridge,

nel Marzo 1696 si trasferì a Londra per ricoprire la carica di direttore della zecca. Nel febbraio del 1699 era stato eletto associato straniero dell'Accademia delle Scienze di Parigi. Fu nominato membro del Consiglio della Royal Society nel novembre del 1699, e nel novembre del 1703 ne fu eletto presidente.

Newton guidò la Royal Society con pugno di ferro, arbitrando le dispute in modo non sempre imparziale, come nel caso di Flamsteed e Halley. Newton inoltre cercò di provare che la teoria del calcolo infinitesimale di Leibniz non era originale, ma copiata dalla sua. Quando Leibniz si appellò alla Royal Society per una imparziale audizione, Newton convocò un comitato di suoi sostenitori; solo recentemente si è scoperto che Newton stesso scrisse il rapporto del comitato, il famoso Commercium epistolicum, che egli presentò come una relazione non di parte a suo favore. Oggi sembra che Newton avesse torto: nessuno pone in dubbio l'originalità e il genio matematico di Leibniz e la sua indipendenza nella formulazione del calcolo infinitesimale. Negli ultimi anni a Londra Newton si occupò della pubblicazione dell'Opticks, con le aggiunte delle ultime edizioni. Curò anche, con l'aiuto di Cotes e di Pemberton, una seconda e una terza edizione dei Principia. Morì il 20 marzo 1727, all'età di ottantacinque anni; fu sepolto nell'Abbazia di Westminster.

Newton credeva che la scienza fosse basata sull'induzione. Le sue idee filosofiche sono presenti nelle nuove regole introdotte nella terza edizione dei Principia, e sono meglio sviluppate nella questione trentunesima dell'ultima edizione dell'Opticks. Qui egli discorre sia della filosofia induttiva, sia del metodo di analisi e di sintesi. L'analisi consiste nel fare osservazioni sugli esperimenti e per trarne conclusioni generali mediante l'induzione. Sia nei Principia che nell'Opticks, Newton cercò di mantenere una distinzione fra le sue speculazioni, i suoi risultati sperimentali (e le induzioni tratte da esse) e le derivazioni matematiche da certe condizioni assunte. Fu sempre attento a separare le ipotesi matematiche o le condizioni poste, dai risultati che venivano in qualche modo tratti da esperimenti e osservazioni. Spesso quando suggeriva l'applicazione di condizioni matematiche o ipotetiche alla natura fisica, chiariva di non aver provato se i suoi risultati potessero realmente applicarsi.

Isaac Newton rappresenta una delle figure più note e rappresentative nella storia della scienza. Oltre all'importanza delle sue teorie nel campo dell'ottica e della meccanica, Newton è stato il modello per diverse generazioni di scienziati. Si è opposto al modo di fare scienza della scuola cartesiana, che si proponeva di indagare i fatti partendo da una serie di presupposti, o ipotesi, sulla materia e il moto: per Newton invece era necessario dedurre ogni proposizione di una teoria dagli esperimenti. Nella lettera che invia alla Royal Society nel luglio del 1672, rispondendo alle critiche di Hooke, Newton esprime la sua opinione sul valore delle ipotesi e sul loro rapporto con le teorie scientifiche: la natura corpuscolare della luce non è una supposizione fondamentale per affermare la teoria secondo cui la luce è composta da un fascio di raggi con differente grado di rifrangibilità, ma é piuttosto un fatto che si può dedurre, senza certezza, dalla teoria stessa, che è stata completamente dedotta compiendo osservazioni ed accurati esperimenti.
Nell'Opticks Newton afferma: "indubitabili sono soltanto le proprietà della luce stabilite dall'esperimento. Alcune di esse possono essere interpretate in base all'ipotesi dell'etere, altre invece [...] possono spiegarsi soltanto con il moto delle particelle, tra le quali agiscono le forze di attrazione e repulsione. La cosa più esatta tuttavia, e di non avanzare ipotesi e di descrivere i fenomeni sulla base di esperimenti e osservazioni, secondo il metodo induttivo". Privando le ipotesi della loro tradizionale funzione esplicativa, Newton si distacca pure dal realismo, approdando ad una visione strumentale della teoria scientifica, che cerca di separare le cose certe da quelle ipotizzate o confuse. Si può quindi dire che Newton collochi le ipotesi ai margini della scienza; dove non c'è l'evidenza ci sono le ipotesi che non forniscono dati certi ma conoscenze probabili. In questo caso Newton manifesta una posizione scettica vicina a quella del suo maestro Barrow, che considerava tutte le ipotesi equivalenti poiché irrilevanti ai fini della conoscenza della natura.

La discussione sulla figura di Newton e sul suo metodo scientifico ha messo anche in luce una serie di ambiguità che caratterizzano il suo pensiero, come ad esempio il suo interesse per l'alchimia. Pierre Duhem, ne "La teoria fisica: il suo oggetto e la sua struttura" ci presenta una critica molto interessante riguardo a due capisaldi dell'epistemologia newtoniana: l'origine esclusivamente empirica delle teorie e l'*experimantum crucis,* su cui però non mi soffermerò. Nello *Scholium*

generale dei *Principia* Newton descrive il suo metodo ideale, basato sul celebre motto "Hipoteses non fingo". La teoria fisica si deve basare sulla dimostrazione diretta a partire dai dati empirici, ciò significa che le ipotesi devono essere verificate una ad una su base sperimentale. La scelta della dimostrazione diretta dipende dal fatto che in fisica non è possibile utilizzare la riduzione all'assurdo come per le dimostrazioni geometriche; le sole operazioni concettuali ammesse sono l'induzione, la generalizzazione e la deduzione matematica. Duhem, esaminando il caso della meccanica celeste, si chiede se Newton abbia davvero applicato il "metodo newtoniano" e solleva alcuni dubbi in proposito; secondo la tesi di Duhem il principio della gravitazione universale non può essere ricavato per induzione e generalizzazione dalle tre leggi di Keplero, anzi è addirittura in contraddizione con esse; se la teoria di Newton è esatta le leggi di Keplero devono essere false. Il passaggio dalle leggi basate sull'osservazione a quelle della fisica consiste in una trasformazione in forma simbolica, alle vecchie formulazioni realistiche si sostituiscono quelle che usano i termini della dinamica. Solo la dinamica dà senso ai concetti di forza e massa, che sono concetti teorici. L'operazione di Newton consiste dunque nella traduzione delle leggi di Keplero con il linguaggio della dinamica senza che le leggi della dinamica fossero state sottoposte ad un rigoroso controllo empirico. La conclusione di Duhem è che questa traduzione, per essere compiuta, richiedeva l'adesione ad un insieme di ipotesi fisiche che non avevano nessun corrispondente nella realtà.

In questo modo Newton rappresenta una svolta per il meccanicismo, che accoglie dal punto di vista metodologico, criticandone però il modello fisico che impedirebbe di utilizzare concetti come l'accelerazione o la velocità che sono misurabili ma non direttamente osservabili. Newton si sforza di abolire l'artificiosa distinzione tra scienze della natura matematiche e filosofiche ed è convinto che la filosofia possa contribuire ad ampliare i limiti delle applicazioni matematiche. Newton esprime una nuova concezione della filosofia naturale, che vuole superare quella degli aristotelici, che trascuravano l'aspetto empirico a favore di una scienza fatta solo di nomi e definizioni, differenziandosi però da quella dei "filosofi meccanici" che rischiavano di non catturare la realtà delle cose a causa di una visione eccessivamente matematizzata del reale. Newton però

sollevava la questione teorica del rapporto tra geometria e realtà: è lecito dare un significato fisico ad un modello matematico/geometrico?

4.
Le opere di ottica.

Gli studi di ottica svolgono un ruolo molto importante nelle opere di Newton, e sono particolarmente rilevanti per lo sviluppo dell'ottica fisica. Attorno al 1660, Newton inizia ad occuparsi dei problemi legati al perfezionamento degli strumenti ottici: negli ambienti accademici, dopo che Galileo aveva osservato il cielo con il suo cannocchiale, era nato un certo interesse per gli strumenti ottici e per le tecniche con cui si realizzavano le lenti. Prima ancora di migliorare le prestazioni dei telescopi, si cercava da tempo di risolvere il problema dell'aberrazione cromatica: si pensava che essa dipendesse dalla forma delle lenti e per questo si cercavano nuove tecniche di lavorazione del vetro per realizzare lenti più sofisticate. Newton proponeva di utilizzare uno specchio sferico concavo al posto delle lenti: secondo questo principio costruì il famoso cannocchiale che donò alla Royal Society. Oltre a ciò, Newton si propose di indagare in modo nuovo la natura dei fenomeni cromatici, ritenendo che fino a quel momento non erano stati considerati adeguatamente né dagli antichi né dai contemporanei.

Tra il 1669 e il 1672 tenne tre corsi universitari di ottica, il testo delle lezioni fu depositato in una versione rivista e corretta nel 1674 nella University Library, poiché Newton ne aveva ritardato la pubblicazione per evitare polemiche ulteriori a quelle suscitate dalla sua memoria del 1672. Il contenuto delle lezioni, infatti, è molto legato a ciò che Newton ha scritto alla Royal Society. Nelle sue lezioni di Newton parlava della natura della luce, ossia quello che considerava il punto debole dell'ottica geometrica; lo scopo principale della scelta di quest'argomento era quello di mostrare che la Diottrica poteva raggiungere un grado di perfezione ancora più elevato indagando laddove i geometri avevano fino a quel momento *vaneggiato*. A giudizio di Newton, infatti, il fenomeno della dispersione della luce era stato analizzando presupponendo un'Ipotesi fisica infondata che impediva il

progresso di questa scienza e la corretta caratterizzazione del fenomeno dei colori: il risvolto pratico di tutto ciò era il mancato progresso degli strumenti ottici.

L'Opticks, che raccoglie e documenta gli studi di ottica condotti fra il 1670 e il 1690, fu pubblicata nel 1704 e più tardi in una traduzione latina. In questo trattato Newton presentò le sue principali scoperte e teorie riguardanti la luce e il colore in parte già formulate negli anni precedenti, sistemandole in un ordine logico. Il testo è composto da tre libri il primo dei quali tratta problemi che oggi definiremmo di ottica geometrica, di dispersione e di composizione della luce bianca. Inoltre Newton espose nuovamente con maggior accuratezza gli esperimenti con i prismi, da cui egli traeva la conclusione che la luce del sole consiste di raggi che si rifrangono diversamente; analizzò i colori primari e le composizioni, proponendo la costruzione di una ruota del colore; spiegò mediante le proprietà della luce i colori nell'arcobaleno. Dedicò largo spazio al fenomeno che fu poi chiamato interferenza, analizzando esperimenti con prismi e lenti messi a contatto, tra cui i famosi esperimenti degli anelli colorati. Nell'ultima parte del secondo libro Newton affrontò l'analisi dell'alone intorno al sole e alla luna. Nel terzo (e ultimo) libro descrisse gli esperimenti di diffrazione; la prima edizione dell'Opticks si concludeva con sedici questioni formulate per stimolare una ricerca ulteriore.

Newton originalmente credeva in una teoria corpuscolare della luce; più tardi propose una ipotesi di onde di etere associate con questi corpuscoli, sostenuto anche dalla sua scoperta della periodicità negli "anelli di Newton". Diversamente da Hooke e da Huygens, egli postulò la periodicità come una proprietà fondamentale delle onde di luce, e suppose che una particolare lunghezza d'onda caratterizzasse la luce che produceva un particolare colore; tuttavia preferì sempre il concetto di corpuscolo. Una traduzione latina dell'Opticks che fu pubblicata nel 1706 le questioni finali diventarono ventitré; una seconda versione inglese (1717) ne presentava trentuno. Nelle nuove questioni erano affrontati argomenti diversi fra cui l'esistenza di un mezzo più sottile dell'aria, le cui vibrazioni trasmetterebbero il calore radiante e la luce, e le sue caratteristiche di densità e di elasticità; il meccanismo della visione; il suggerimento che i raggi di luce fossero composti da corpi estremamente piccoli emessi dalle sostanze brillanti.

Le questioni, particolarmente le ultime, andavano oltre semplici quesiti di fisica e di ottica, proponendo tentativi di spiegazioni dei fenomeni.

Le questioni, particolarmente le ultime, andavano oltre semplici quesiti di fisica e di ottica, proponendo tentativi di spiegazioni dei fenomeni. Veniva discusso il concetto di materia e il concetto di "mezzo etereo" che modificava il concetto di matrice Cartesiana che aveva usato nei primi lavori di ottica. Newton cominciò con la tradizionale filosofia meccanica e in aggiunta propose che le particelle (di cui è fatta la materia) si muovessero sotto l'influenza di un ente che chiamò "socievolezza" e più tardi attrazione.

5.
Le lettere ad Oldenburg.

Nel 1672 Newton inviò alcune lettere al segretario della Royal Society per presentare la *Nuova teoria della luce e dei colori*, che rappresentava, a suo parere, "la più grande, se non la più importante scoperta finora fatta nelle indagini naturali". Nella lettera del 6 febbraio del 1671-72 Newton descrive ai membri della Royal Society i famosi esperimenti con il prisma, che aveva compiuto a partire dal 1666, che lo avevano portato a formulare la teoria secondo cui *la luce è una mescolanza eterogenea di raggi diversamente rifrangibili.* La memoria fu subito inserita nelle *Philosofical transaction*, la pubblicazione periodica della Royal Society, e contribuì a suscitare un acceso dibattito sulla natura della luce e dei colori, che fino a quel momento era considerato marginale rispetto alle questioni di ottica geometrica; Newton dimostrò che un progresso nel campo dell'ottica geometrica era possibile attraverso una profonda revisione della struttura e dei metodi dell'ottica e un superamento della dicotomia tra ragione ed esperienza.

Nel 1666 Newton si era procurato un prisma triangolare per eseguire gli esperimenti sullo spunto delle esperienze descritte da Cartesio ne *Les météores*. Predispose quindi il suo primo esperimento: *"dopo aver oscurato la mia stanza e praticato un forellino in una imposta per selezionare in modo opportuno la luce solare, disposi il prisma al suo ingresso in modo che la luce si rifrangesse sulla parete opposta"*. Newton, che conosceva la legge della rifrazione scoperta indipendentemente da

Snell e da Cartesio, e si aspettava perciò che la figura proiettata sulla parete fosse di forma circolare come il raggio incidente, notò con sorpresa che i colori proiettati erano disposti secondo una forma allungata. Modificando alcune condizioni dell'esperimento appurò che questo effetto non dipendeva da fattori legati allo spessore o alle imperfezioni del vetro. Nella fase successiva Newton misurò accuratamente gli angoli di rifrazione della luce attraverso al prisma, per confrontarli con i dati previsti con i metodi dell'ottica geometrica: dal confronto con i dati empirici risultava uno scarto significativo. Inoltre, proseguendo nell'esperimento, Newton si accorse che ruotando il prisma attorno al suo asse di quattro o cinque gradi, l'immagine proiettata sulla parete non veniva sensibilmente deviata dalla sua posizione originaria. L'ipotesi, sostenuta da Cartesio, che la luce si comporti come una palla da tennis colpita "ad effetto" viene esclusa velocemente perché, pur essendo plausibile, non è visibile nessuna curvatura dei raggi che hanno attraversato il prisma.

È a questo punto che entra in scena l'e*xperimentum crucis: Newton fece cadere un fascio di luce solare bianca su un prisma, poi lo fece passare attraverso due fori praticati su uno schermo opaco per ottenere due fasci sottili ben collimati, e infine su un secondo prisma. Ruotando leggermente il primo prisma, poté far assumere al fascio sottile, rifratto nel secondo prisma, tutti i colori possibili. Osservando la posizione delle immagini su uno schermo, trovò che dipendevano dal colore della luce che incideva sul secondo prisma.* Mediante questo esperimento Newton giunge alla conclusione che la causa dell'apparire dello "spettro" è la luce stessa. I colori, dunque, "non sono qualificazione della luce… ma proprietà originali e connaturate, e sono diverse in raggi diversi". L'esclusione dei fattori perturbanti acquista in questo modo un significato che va oltre l'aspetto sperimentale: l'apparire dei colori non dipende dal prisma, ma dalla natura stessa della luce, che è composta da una serie di raggi differentemente rifrangibili e immodificabili.

Questa scoperta ha un immediato risvolto pratico: fino ad allora gli ottici pensavano di poter trovare una soluzione tecnica al problema della dispersione della luce bianca, mediante la costruzione di lenti di forma iperbolica o parabolica: credevano che il fenomeno dell'aberrazione cromatica fosse assimilato a quello dovuto alla curvatura delle lenti, che produceva ingrandimenti e

distorsioni delle immagini, basandosi sull'ipotesi dell'uniformità e semplicità della luce.

L'intento di Newton non è quello di demolire l'ottica geometrica, egli vuole piuttosto salvarne i principi ricorrendo ad un modello fisico derivato dall'esperienza mediante la misura e il calcolo: secondo l'opinione di Newton l'ottica geometrica, che aveva già raggiunto un livello molto alto di sviluppo, poteva raggiungere un livello di perfezione ancora più elevato se si fosse fondata su ipotesi corrispondenti alla realtà empirica piuttosto che su presupposti puramente geometrici. Per questo motivo la costruzione del telescopio a riflessione ha molta importanza, in quanto nasce da una *scoperta filosofica;* Newton non aveva molta esperienza nell'osservazione astronomica e non si rese conto che l'aberrazione sferica prodotta dai telescopi a riflessione non era un problema meno rilevante dell'aberrazione cromatica, tuttavia non si sbagliava sul fatto che fosse impossibile risolvere questo problema mediante la forma delle lenti, difatti si giunse alla soluzione variandone la composizione, in modo da sfruttare il diverso potere disperdente di due diverse qualità di vetro.

La seconda parte della memoria è dedicata all'esposizione di tredici proposizioni che illustrano la teoria del colore e ne costituiscono i capisaldi; i colori non sono qualità della luce, derivanti dalla riflessione o dalla rifrazione, ma sono proprietà originali e connaturate nei diversi raggi, non esistono solo i raggi dei colori principali ma anche quelli corrispondenti a tutte le gradazioni intermedie (1). La scala cromatica corrisponde a quella dell'indice di rifrangibilità e il grado di rifrangibilità dei raggi è correlato al colore che esibiscono in modo fisso (2). I raggi che appaiono scomponendo la luce bianca con il prisma, sono semplici e immutabili (3). Ci sono alcuni colori primari e colori prodotti per composizione, che possono essere identici *in specie* a quelli primari (5/6), il bianco tuttavia costituisce un'eccezione: è composto da tutti i colori primari in una data proporzione e non può esistere come colore semplice (7). Di conseguenza la luce bianca è un fenomeno composto, un confuso aggregato di raggi irradiati promiscuamente, secondo una certa proporzione (8).
Con la nona proposizione Newton intende spiegare come funziona il prisma: questo strumento, apprezzato da Cartesio e Boyle per lo studio dell'ottica, non è altro che una causa strumentale dell'apparenza dei colori e della dispersione della

luce: i raggi che compongono la luce subiscono rifrazioni diverse poiché sono dissimili. Guardando una figura attraverso il prisma essa apparirà colorata e confusa poiché i raggi giungono alla retina scomposti e in diverse posizioni, come nel caso dell'immagine del sole sulla parete. Anche le proposizioni seguenti sono dedicate ad alcuni problemi classici dell'ottica: l'arcobaleno, i "curiosi fenomeni dovuti ad un'infusione di legno nefritico" e un esperimento riportato da Hooke nella *Micrographia*.

La tredicesima e ultima proposizione risolve uno dei grandi problemi dell'ottica del diciassettesimo secolo, quello di trovare una spiegazione unitaria per tutti i fenomeni del colore. Newton afferma che "tutti i corpi sono variamente qualificati a riflettere un tipo pi luce più abbondantemente di un altro". Tutti i colori che vediamo derivano dalla scomposizione della luce, mediante rifrazione o riflessione: Newton considera chiusa la discussione sulla possibilità dei colori al buio o dei colori come qualità dei corpi. A questo punto Newton si sofferma su una questione cruciale, che susciterà forti reazioni da parte dei meccanicisti che, non avendone compreso la funzione anti-aristotelica di questo passo, temevano un ritorno della filosofia delle forme e delle "virtus": "poiché i colori sono *qualità* della luce, ed hanno i loro raggi come proprio pieno e immediato soggetto, come possiamo pensare quei raggi anche come qualità?" Considerando che la luce è un miscuglio di raggi eterogenei, sorgerebbe un paradosso poiché i colori diverrebbero qualità di qualità, il che è assurdo perché ogni cosa che possiede una qualità è, per definizione, una sostanza. Abbiamo delle buone ragioni per considerare che la luce sia una sostanza poiché la conosciamo, secondo l'ipotesi di John Locke, attraverso le sue qualità sensibili. Determinare che cosa sia la luce e come produca la sensazione dei colori nella nostra mente però è possibile solo in modo ipotetico. La lettera si conclude con l'esposizione dell'esperimento sulla ricomposizione ella luce, con cui Newton ribadisce il carattere composto della luce e l'impossibilità di mutare un qualsiasi colore non composto.

6.
Il giudizio di Goethe.

Nella Storia dei colori Goethe dedica diverse pagine per discutere della figura di Newton, e del contributo che ha dato al dibattito attorno ai problemi dell'ottica. Il capitolo che riguarda il diciottesimo secolo si apre parlando della Royal Society: a questa società Goethe indirizza una serie di critiche, alcune delle quali ricadranno anche sullo stesso Newton. La mancanza di autonomia e di una solida organizzazione interna impedivano di mettere in atto gli ideali baconiani a cui si ispiravano i fondatori della Royal: nonostante il rifiuto del verbalismo della filosofia aristotelica, espresso dal motto "Nullius in Verba", i membri della Società non erano riusciti a proporre un modello di scienza effettivamente rivolto al reale. L'attività di studio non era organizzata e le ricerche venivano portate avanti a discrezione dei singoli: durante le sedute si discuteva senza ordine di fisica, scienze naturali e di curiosità varie. Alla Royal Society, in cui le discussioni dovevano avvenire su base sperimentale, i risultati degli esperimenti venivano presentati in modo poco rigoroso e spesso misterioso, lasciando molto più spazio all'enunciazione di teorie generali a cui ricondurre i singoli fenomeni.

Una delle prime accuse che Goethe rivolge a Newton è, per l'appunto, quella di divulgare e sostenere una serie di tesi di cui si è convinto con eccessiva precipitazione, finendo per utilizzare il proprio ingegno e la sua autorità per difendere e imporre le proprie idee in annose polemiche. La teoria dei colori newtoniana, che per Goethe è ormai una sorta di "morta vivente", è stata in auge per troppo tempo grazie all'influsso di Newton sui suoi successori e alla mancanza di avversari capaci di vederne con chiarezza gli errori e di sostenere ipotesi alternative. Nella visione di Goethe, Newton è uno di quegli uomini "geniali, produttivi ed energici *che* creano un mondo traendolo da se stessi, senza troppo chiedersi se corrisponderà a quello reale", e destinato ad influire sulla storia del pensiero. La responsabilità che Goethe attribuisce a queste personalità è grande: possono svelare verità stupefacenti o produrre concezioni erronee in grado di affermarsi e resistere per molto tempo alle confutazioni.

Goethe pensa che Newton abbia contribuito in modo deciso a radicare una concezione della scienza che non considera i fenomeni nella loro originarietà, ma tenta piuttosto di ridurli in un quadro teorico che fa violenza alla natura. Una delle prerogative di questo modo di concepire il compito della scienza risiede nella pratica sperimentale che non osserva i fenomeni nel loro pieno apparire, ma seziona il reale, creando condizioni artificiali di osservazione che influiscono sui fenomeni e ne alterano la natura. Procedendo in questo modo Newton ha *sbagliato con decisione:* innanzi tutto non ha tenuto in dovuto conto le condizioni esterne che influiscono sugli esperimenti, tralasciando molti dettagli importanti. Non ha considerato che nel fenomeno dell'aberrazione cromatica il confine tra chiaro e scuro gioca un ruolo determinante: non si manifesta alcun colore se non c'è un'immagine che viene proiettata attraverso il prisma e rifratta. Newton invece ha tratto una conclusione erronea, che fa dipendere il fenomeno dalla luce in quanto tale, adducendo come prova l'esperimento con il prisma posto all'esterno della camera oscura. In seguito ha continuato a sostenere questa tesi "contro ogni evidenza e in malafede", basando la propria argomentazione soltanto su una piccola serie di esperimenti "cruciali".

Nella Fahrbenlehre Goethe affronta direttamente la teoria del colore in una prospettiva che si oppone a Newton, che aveva studiato i colori partendo dalla scomposizione della luce, rivendicando la posizione centrale dell'uomo e delle sue sensazioni. La Fahrbenlehre è, secondo l'Argan, un'opera di letteratura scientifica, dove sono presenti, accanto ai resoconti accurati degli esperimenti, alcune importanti ed ampie riflessioni filosofiche.

7.

La corrispondenza scientifica.

La Royal Society, grazie alle doti di Henry Oldenburg, che intratteneva rapporti con intellettuali di tutti gli stati europei, era diventata un punto di riferimento per presentare le proprie scoperte e per garantirsi il merito della priorità. A partire dal 1665, le lettere ricevute e lette durante le riunioni vennero pubblicate ogni mese sulle "Philosophical Transaction", dando vita ad una vera

svolta nella storia della comunicazione scientifica. La corrispondenza, fino ad allora, avveniva in forma privata: era un'abitudine consolidata quella di sottoporre una propria teoria alle personalità più eminenti per avere un parere autorevole, prima di pubblicare un'opera. Oldenburg favorì la pratica di far commentare agli scienziati il lavoro dei loro colleghi: questa pratica suscitò dapprima alcuni malumori, ma si rivelò ben presto un buon modo per incrementare le informazioni sullo stato degli studi in corso.

Le riunioni della Royal Society prevedevano che gli scienziati eseguissero in pubblico gli esperimenti che avevano eseguito e descritto: spesso era Hooke, in qualità di curatore degli esperimenti, ad eseguirli e a fornire ai suoi colleghi suggerimenti e indicazioni riguardo alla pratica sperimentale. La ripetibilità e il successo degli esperimenti erano infatti fondamentali per la verifica delle ipotesi e per valutare il lavoro degli scienziati; il connubio esperimenti e discussioni favoriva la circolazione delle idee e incoraggiava i soci a continuare a dedicarsi alla scienza, bisogna però rilevare una serie di difetti che impedivano di compiere un salto di qualità nell'ambito della pratica scientifica. Nella sua *Storia dei colori*, Goethe critica molti aspetti dell'attività della Royal Society. Secondo lui la mancanza di autonomia e di una solida organizzazione interna impedivano di mettere in atto gli ideali baconiani a cui si ispiravano i fondatori: nonostante il rifiuto del verbalismo della filosofia aristotelica, espresso dal motto "Nullius in Verba", i membri della Società non erano riusciti a proporre un modello di scienza effettivamente rivolto al reale. L'attività di studio non era organizzata e le ricerche venivano portate avanti a discrezione dei singoli: durante le sedute si discuteva senza ordine di fisica, scienze naturali e di curiosità varie, praticando attività molto diverse tra loro (autopsie, esperienze di chimica, osservazioni al microscopio…). Le relazioni e i commenti, poi, erano generalmente di basso livello: le osservazioni caute e sensate si alternavano alle ipotesi più assurde e, sebbene un certo spirito di indagine fosse diffuso, le persone dotate di attendibilità erano davvero poche.

Bibliografia essenziale.

Maurizio Mamiani.; Isaac Newton filosofo della natura: Le lezioni giovanili di ottica e la genesi del metodo newtoniano - Firenze : La Nuova Italia, [1976].

Johann Wolfgang Goethe; La storia dei colori (Zur Farbenlehre. Materialen zur Geshichte der Farbenlehre, 1810): a cura di Renato Troncon. - Milano : Luni, [1997].

Johann Wolfgang Goethe; La teoria dei colori (Goethe Farbenlehre): a cura di Renato Troncon, introduzione di Giulio Carlo Argan. – Milano: il Saggiatore 1993.

Alfred Rupert Hall; Da Galileo a Newton : 1630-1720 - Milano: Feltrinelli, copyr. [1973].

Richard S. Westfall; The development of Newton's Theory of Color – Isis, Volume 53, issue 3 (Sep.,1962), 339-358.

Sommario

1. 1

2. Cosa sono i colori? 1

3. Biografia..... 5

4. Le opere di ottica. 9

5. Le lettere ad Oldenburg. 11

6. Il giudizio di Goethe..... 15

7. La corrispondenza scientifica. 16

Bibliografia essenziale..... 18

Sommario 18