

Un grande uomo di fronte a un grande mistero

Newton e le interferenze luminose

di Vasco Ronchi

HA SEMPRE interessato gli spiriti ardimentosi la storia delle lotte e delle conquiste; sia quella del manipolo di eroi lanciati in un'impresa bellica in cui le probabilità sono divise tra la vittoria e la morte molto ingiustamente a favore della seconda; sia quella dell'esploratore alle prese coi pericoli delle lande ignote; sia quella dell'investigatore audace e perspicace sulle tracce del delinquente astuto e deciso a tutto.

Il fascino di queste storie, che contano lettori e ammiratori a milioni, sta in un unico motivo: l'uomo alle prese col mistero.

E la stessa passione la ritroviamo nello scienziato alle prese coi misteri della natura. È una lotta continua del pensiero contro il mistero; che cede passo passo di fronte al primo, che talvolta contende il terreno a palmo a palmo, che in qualche momento "si squarcia" e cede con una ritirata in apparenza disastrosa, ma che poi ben presto risorge più pauroso e più impenetrabile di prima.

La storia della scienza è la storia di questa lotta. Come ha avvinto l'interesse dei popoli interi la storia delle grandi epopee, così riteniamo che possa interessare chi è in grado di comprenderne le fasi, la lotta di un grande uomo di scienza quale è stato Newton, contro il mistero di un fenomeno luminoso, che ancora oggi, dopo quasi tre secoli, è oggetto di discussioni violente fra gli scienziati: cioè le interferenze luminose.

Newton è stato senza dubbio un grande uomo. Il suo monumento imperituro è la legge della gravitazione universale. Fu meno felice quando volle universalizzare ancora di più la sua grande conquista e vi volle comprendere anche la luce. L'opera di Newton nel campo dell'ottica si può dire gloriosa, ma sfortunata.

I tempi non erano maturi.

Tuttavia anche quest'opera non è stata dimenticata. La teoria dei colori, e le esperienze sugli "anelli" portano tutt'ora il suo nome, ed hanno un interesse scientifico superiore a quello della teoria corpuscolare della luce, il cui interesse è ormai semplicemente storico.

Gli "anelli di Newton" sono fenomeni che, oggi, si chiamano "d'interferenza". Al tempo di Newton questa parola non circolava, anche perché non consta che nessuno prima di lui li avesse studiati di proposito e sistematicamente. Siccome questi fenomeni si osservano, senza bisogno di alcun dispositivo speciale, quasi tutte le volte che delle superfici curve di vetro vengono a contatto fra loro, come pure si osservano nelle bolle di sapone, nelle macchie d'olio sull'acqua e in molti altri casi, è impossibile che nessuno non li abbia mai guardati prima di Newton. Egli stesso accenna a dei

OPTICÆ

SIVE DE
REFLEXIONIBUS, REFRACTIONIBUS,
INFLEXIONIBUS ET COLOIBUS

OPTICÆ

LIBRI TRES.

AUCTORE

ISAACO NEWTONO

ÆQUIE AURATO.

Luce reddidit

ANNO 1704

EDITIO NOVISSIMA



LAUSANNE & GENEVA

Sumpt. MARCI-MICHAELIS BOSSQUET & Sociorum

M D C C X L

1. Frontespizio della "Optica" di Newton.

precursori; ma non risulta che alcuno, prima di lui, ne abbia fatto oggetto di studio e di misura e ne abbia tentato una spiegazione. E per questo il merito di Newton è indiscutibile.

Vediamo dunque come si comportò l'uomo di scienza di fronte a questo fenomeno meraviglioso e stravagante.

Nel secondo libro della sua OTTICA (fig. 1), egli dedica la prima parte alla descrizione di 24 *observationes*, cioè esperienze; nella parte seconda espone la sua critica agli esperimenti stessi, e in quella successiva ne tenta una spiegazione, ossia una teoria; naturalmente cercando di coordinarla con le sue idee generali sulla natura della luce e dei colori.

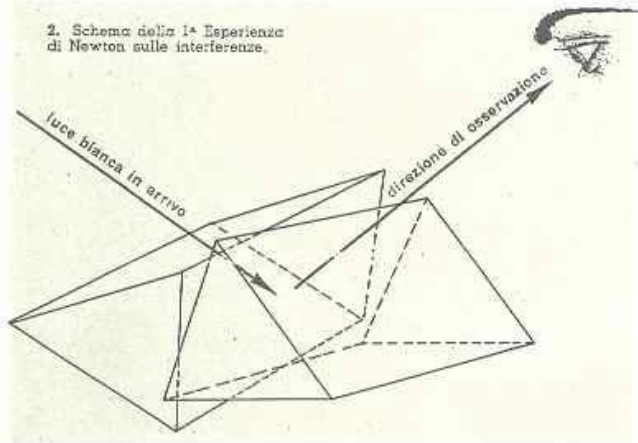
La prima esperienza (fig. 2) consiste nell'avvicinare le facce lucide di due "prismi" (facce, che, egli stesso dice, « per caso erano leggermente convesse »). La regione di contatto è piuttosto piccola, è trasparentissima « come se il vetro fosse uno solo e senza interruzione ». Vista per riflessione appare come una macchia nera. Newton osserva così la zona che oggi si chiama di "contatto ottico"; egli ne attribuisce la larghezza (due superfici convesse, se restassero matematicamente invariabili, si dovrebbero toccare in "un punto") al fatto che il vetro sotto la pressione esercitata per mantenere molto vicini due prismi, si è appiattito, espandendo la zona di contatto.

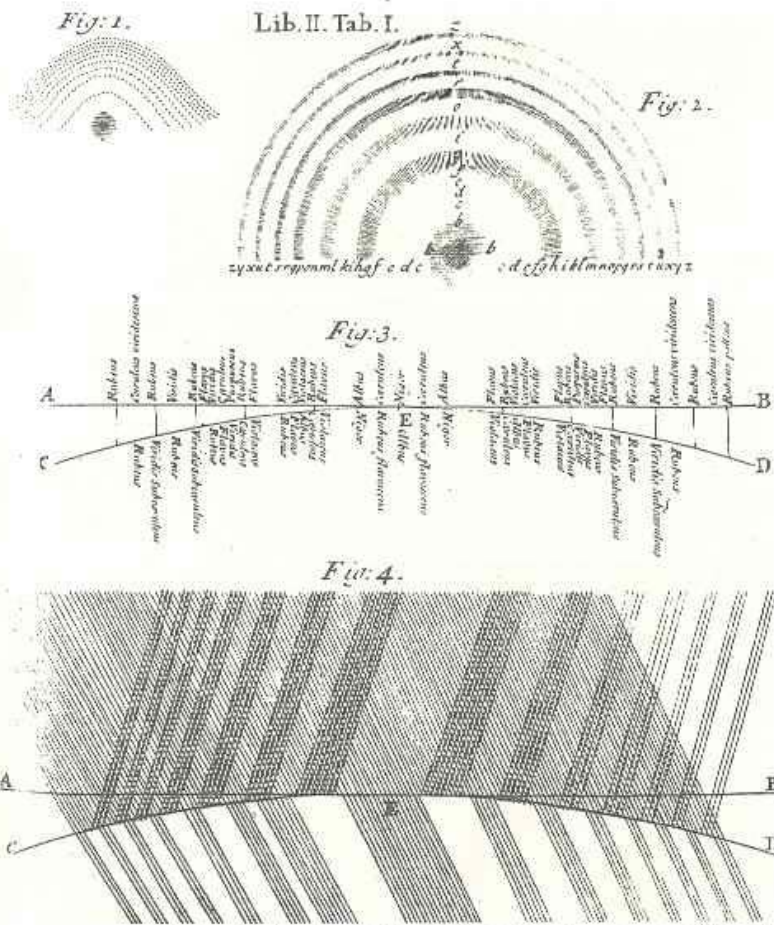
Passando alla esperienza successiva, egli nota, intorno alla macchia nera, degli archi colorati, di cui riusciva a far variare la forma e le dimensioni muovendo un prisma rispetto all'altro; e ne studia la successione dei colori.

Nella terza esperienza studia la nitidezza di questi archi, più o meno estesi, ne arriva a contare anche una trentina a partire dalla macchia nera (comprendendo in ogni arco la parte chiara e colorata e quella scura che segna la separazione tra un arco e il successivo). Osserva che se diaframava la pupilla dell'occhio con una fessura parallela agli spigoli dei prismi, riusciva a vedere maggior numero di archi luminosi e a vederli più netti.

La quarta esperienza è quella caratteristica, riportata anche nei testi di ottica. Newton lascia i prismi (ma li riprenderà più tardi, per fare l'esperienza che egli chiama « più meravigliosa », cioè la 24^a) perché intuisce che le condizioni sperimentali gli complicavano le cose; e per mettersi in una situazione particolarmente semplice, appoggia una lente di debole curvatura sopra una superficie piana:

2. Schema della 1^a Esperienza di Newton sulle interferenze.





4. Fotocopia della Tavola della "Optice" di Newton (Losanna, 1740) in cui sono rappresentati gli "anelli".

pure di vetro (fig. 3): appaiono così gli "anelli" che poi si chiameranno "anelli di Newton". Guardando per riflessione, ossia dalla stessa parte da cui viene la luce, si vede una macchia nera nel centro, che corrisponde alla zona di contatto: e intorno otto o nove anelli colorati, concentrici, via via più sottili ed evanescenti. La descrizione ne è fatta minuziosamente e accuratamente: per brevità riproduciamo la tavola stessa (fig. 4) del libro di Newton (edizione di Losanna, 1740). In essa, la fig. 1 mostra un tipo di figura vista nelle esperienze coi prismi; la fig. 2 mostra una metà del complesso dei veri "anelli di Newton" e la fig. 3 ne schematizza la distribuzione dei colori. La fig. 4 sta a mostrare come il fenomeno è complementare a seconda che viene osservato per riflessione, come si è detto sopra, o per trasparenza.

Ma Newton non si contenta di osservare queste forme e questi colori, e di descriverli. Fa esperienze e misure. Trova che allontanando uno dall'altro i due vetri usati per ottenere il fenomeno gli anelli si restringono e quelli al centro scompaiono anche; al contrario gli anelli aumentano di raggio se i due vetri si comprimono uno contro l'altro.

Nella quinta esperienza trova la regola che il quadrato del raggio degli anelli luminosi (quando nel centro vi è una macchia nettamente nera) è proporzionale ai numeri dispari; e quello degli anelli oscuri è proporzionale ai numeri pari.

Nella sesta esperienza vi è un dato interessantissimo: egli, calcolando il raggio di curvatura della superficie curva appoggiata su quella piana, ne deduce che lo spessore della lamina d'aria là dove si forma il primo anello oscuro è 1:89000 di "uncia" ossia di "pollice". Oggi si direbbe 2,85 decimillesimi di millimetro, ossia 0,285 micron.

Ne deduce che lo spessore è il doppio di questo, cioè 0,57 micron, dove si forma il secondo anello scuro; che è il triplo (0,855 micron) dove si forma il terzo e così via; e calcola i valori inter-

medi dello spessore della lamina d'aria, in corrispondenza degli anelli luminosi.

Nelle esperienze successive osserva che la direzione della visuale influisce sulla larghezza degli anelli (inclinando la direzione di osservazione rispetto all'asse della figura, gli anelli si allargano) ed esegue molte misure in merito.

Nella decima esperienza pone dell'acqua tra i due vetri, e trova che gli anelli si restringono: fa i calcoli e ne deduce che lo spessore in cui si formano gli anelli quando c'è l'aria è proprio $4/3$ di quello in cui si formano gli anelli corrispondenti quando c'è l'acqua; ossia proprio $4/3 = 1,33$ che è l'indice di rifrazione dell'acqua.

L'undicesima esperienza non merita cenno; è invece importante la dodicesima: Newton lascia la luce bianca e osserva il fenomeno in luce colorata; oggi si direbbe in luce "monocromatica". Il numero degli anelli visibili aumenta; invece di otto o nove, arriva a contarne più di venti (fig. 5).

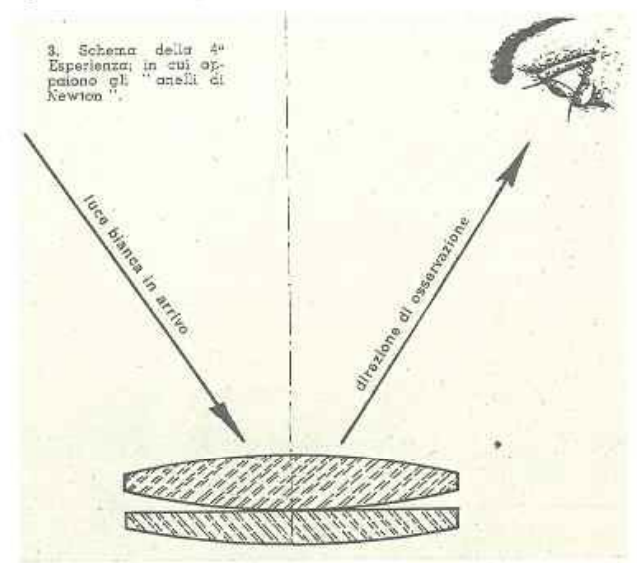
E allora passa, nell'esperienza tredicesima, alla misura degli anelli ottenuti coi vari colori: quelli violacei sono più piccoli di quelli rossi (fig. 6) e quelli dei colori intermedi hanno dimensioni intermedie. Ne deduce che lo spessore di lamina d'aria dove si formano gli anelli rossi, sta a quello dove si formano i corrispondenti violetti come 14 a 9.

Seguono tre esperienze di interesse minore, perchè troppo particolari; sempre però sugli anelli ottenuti nel modo anzi detto, e in luce monocromatica. Con l'esperienza diciassettesima Newton affronta le bolle di sapone e vi deve aver speso molto tempo e molta pazienza, perchè le bolle di sapone sono molto capricciose. Ne studia i colori, la macchia nera, la variazione della larghezza degli anelli col variare della inclinazione della visuale e col colore della luce: osserva per trasparenza e per riflessione.

Estende poi le osservazioni a tanti altri casi (per esempio al vetro soffiato in lamine sottilissime), finchè chiude la serie con la ventiquattresima esperienza (fig. 7): guardando un po' da lontano il campo degli anelli ottenuti nel modo più semplice, come nella esperienza quarta, e ponendo davanti agli occhi un prisma, il numero degli anelli cresce enormemente; Newton non riesce a contarli perchè diventavano così sottili che non li distingueva più; però dovevano essere qualche cosa di più di cento! Tolto il prisma di davanti all'occhio, il numero ritorna ad essere otto o nove, in luce bianca.

Tale il contenuto essenziale del gruppo di esperienze. Che cosa ne deduce e ne induce Newton?

A parte le deduzioni di diretta conseguenza delle esperienze (legge dei raggi di curvatura degli anelli, dipendenza dall'inclinazione della visuale, dal colore della luce, ecc.) la conclusione necessaria è la seguente: quando c'è una lamina sottile di una sostanza trasparente, (aria, acqua, vetro, ecc.) la riflessione e la trasmissione



3. Schema della 4^a Esperienza; in cui appaiono gli "anelli di Newton".

della luce vengono alterate: dove lo spessore è zero, per ogni colore indistintamente, si ha trasmissione completa e la riflessione manca; ma dove lo spessore è diverso da zero, la luce di ogni colore ha un comportamento proprio; e precisamente se la lamina è di aria e se lo spessore ha un valore, per esempio, di 0,285 micron, la luce giallo-verde non si riflette, ma si trasmette; dove lo spessore è 0,427, avviene il contrario, dove è 0,57 succede come prima, e così via: cioè dove lo spessore è un numero pari di volte 0,142 micron quella tale luce non si riflette, ma passa tutta oltre; dove lo spessore è un numero dispari di volte quel tale valore, quella tale luce non si trasmette oltre, ma si riflette in pieno.

La deduzione è inevitabile, come descrizione sperimentale: occorre però prendere con una certa cautela quelle parole "riflettere", "trasmettere", perché oggi non sarebbe proprio ortodosso usarle come è stato fatto.

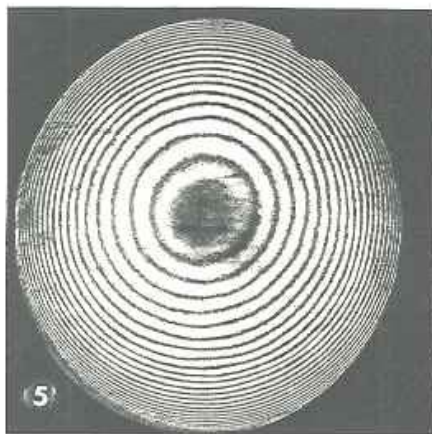
Ma Newton questo ancora non lo sapeva. Egli si trovò di fronte a questo fenomeno strano, ed aveva la mente già occupata da un preconetto: che la luce dovesse esser fatta di corpuscoli materiali piccolissimi, di dimensioni diverse a seconda del colore.

La sua luce egli l'aveva già sottoposta a dure prove e il risultato, almeno in ciò che fino ad allora era noto, era stato favorevole: la riflessione della luce trovava un parallelo soddisfacentissimo nella riflessione dei corpi quando urtano elasticamente contro degli ostacoli; e così pure la rifrazione (che per altro nascondeva in seno il veleno destinato a uccidere la teoria corpuscolare). Ed ora si trovava di fronte a questo "alternarsi" di riflessioni e trasmissioni privilegiate.

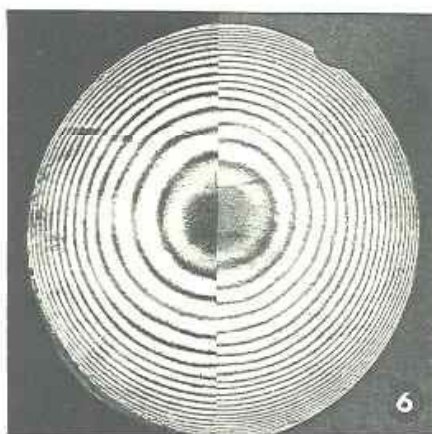
L'amor paterno per la sua teoria corpuscolare prevalse nella mente dello scienziato. Egli non vide in questo fenomeno un qualche cosa di incompatibile, di inconciliabile con la sua concezione della luce, e ricorse a quella che oggi si chiamerebbe una "acrobazia" scientifica: formulò l'ipotesi contenuta nella "dodicesima proposizione" della terza parte del II libro dell'OTTICA:

« Ogni raggio di luce nell'attraversare qualunque superficie rifrangente, acquista una tale costituzione o disposizione transitoria, che nel procedere del raggio si ripete a intervalli uguali, e fa sì che al sopraggiungere successivo di questa disposizione attraversi più facilmente una superficie rifrangente incontrata subito dopo; e che al contrario negli spazi intermedi o intervalli sia riflesso più facilmente dalla superficie stessa. »

Newton dice: la luce è corpuscolare, ma i corpuscoli hanno una periodicità. E aggiunge: « Quale sia questa azione o disposizione; se consista in qualche moto circolare o vibratorio dello stesso raggio,



5. Anelli di Newton in luce monocromatica (violetta).



6. Confronto degli "anelli" ottenuti con luci di vario colore. La metà della figura con "anelli" più stretti è parte della fig. 5, ottenuta in luce violetta. L'altra metà è stata ottenuta con luce rosso.

o anche del mezzo, o anche se dipenda da qualche altra causa, io qui non indago oltre. »

Parole dolorose certo per l'uomo di scienza che è costretto a confessare la sua impotenza. E questo dolore traspare ancora da quello che segue; Newton sentiva un avversario che ormai guadagnava terreno; e glielo cede con l'amarezza nell'animo e nelle parole: « Per coloro che non si possono adattare ad accogliere alcunché di nuovo o di ritrovato recentemente, se non lo possono spiegare "continuo" (cioè: senza soste, senza un po' di pazienza) con qualche ipotesi, per costoro *in praesentia illud quidem sibi fingere licebit*: sarà lecito anche ricorrere a una finzione di questo genere: Come le pietre cadendo sull'acqua, vi eccitano un qualche moto ondoso; e tutti i corpi, col loro urto, eccitano vibrazioni nell'aria... »

Ecco l'uomo che cede, con l'amarezza nel cuore: quella frase latina che abbiamo riportato è uno specchio fedele del suo animo. Newton sente che di fronte ai fatti da lui stesso scoperti non può negare la periodicità; vorrebbe pensarci sopra; spera in una soluzione; ma intanto ha addosso coloro che non danno tregua; e allora egli concede loro *in praesentia*, per il momento, che si costruiscano per conto loro quella finzione ondulatoria. Quel *sibi* e quel *fingere* sono un capolavoro di drammaticità. Pare che dica: « Fatelo voi; io non ne voglio sapere. »

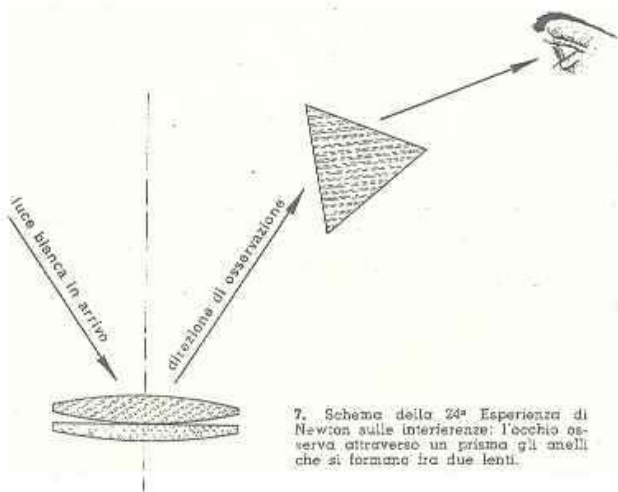
È noto che gli anelli di Newton e gli altri fenomeni interferenziali trovano una spiegazione e un assestamento molto soddisfacenti nella teoria cosiddetta "ondulatoria" della luce, di cui si deve a Huyghens il merito di aver gettato delle basi scientifiche, per quanto l'idea si possa far risalire fino ad Aristotele.

In questo ordine di idee la periodicità del raggio luminoso ammessa da Newton e da lui misurata acquista il nome e il concetto di lunghezza d'onda. Siccome ora questa lunghezza si conosce bene, si può apprezzare, meglio che dai suoi contemporanei, l'abilità di Newton nell'eseguire le esperienze e le misure.

Infatti oggi si sa che quel tale intervallo di 0,285 micron a cui corrisponde il primo anello nero di Newton deve essere la metà della lunghezza d'onda luminosa. Questa dunque secondo le misure di Newton risulterebbe in media 0,57 micron e questo è proprio il valore che oggi si prende per lunghezza d'onda media quando si opera in luce bianca.

Poiché inoltre è un dato ben noto che la lunghezza d'onda del violetto è più corta di quella del rosso: lasciando da parte quelle estreme (e quindi poco visibili) e prendendo 0,65 micron per il rosso e 0,42 micron per il violetto, si hanno due numeri che stanno fra loro come 14 a 9. E anche Newton aveva trovato così.

Per terminare, nel rileggere la DODICESIMA PROPOSIZIONE con cui Newton riconobbe la periodicità lungo il raggio luminoso, uno vi potrebbe vedere un'"associazione" della periodicità stessa ai corpuscoli. Chi segue il continuo progresso della scienza fisica, sa che da qualche anno l'ultima parola sulla struttura della luce consiste in una "associazione" di onde e "quanti". Speriamo bene.



7. Schema della 24ª Esperienza di Newton sulle interferenze: l'occhio osserva attraverso un prisma gli anelli che si formano fra due lenti.