

UNIVERSITÀ
DI PAVIA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA
DIPARTIMENTO DI STUDI UMANISTICI
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FILOSOFIA (LM-78)

IL VOLTO SEGRETO DI ISAAC NEWTON

Un'analisi del concetto di "scienza"
dalla Rivoluzione scientifica ad oggi tramite i suoi studi

RELATORE:

Chiar.mo Prof. **GIUSEPPE COSPITO**

CORRELATRICE:

Chiar.ma Prof.ssa **SELENE ARFINI**

Tesi di Laurea Magistrale di

MATTEO COSTA

Matricola n. 528462

Anno accademico 2023-2024

*L'esperienza più bella che possiamo avere è il senso del mistero.
È l'emozione fondamentale, la culla della vera arte e della vera scienza.
Chi non lo sa e non può più meravigliarsi è come morto, i suoi occhi sono offuscati¹.*

(Albert Einstein)

¹ Albert Einstein, *Il significato della relatività. Il mondo come io lo vedo*, traduzioni di Emanuele Vinassa de Regny e Walter Mauro, Newton Compton Editori, Roma, 2015.

Indice

Introduzione	3
Capitolo 1	10
1. Anacronismi nella storia della scienza. Una nuova immagine di Newton?	10
2. Cartesio e Newton. Dai <i>Principia philosophiae</i> ai <i>Principia mathematica</i>	17
3. Newton alchimista e sacerdote della natura	23
4. La complessità di Newton e il risanamento della scissione.....	30
Capitolo 2	35
1. Come utilizzare gli anacronismi nella storia della scienza? Una questione metodologica.....	35
2. Epistemologia storica: la caccia all’elefante bianco	39
3. Il percorso verso la legge di gravitazione universale	48
4. Newton e gli studi sulla luce	57
Capitolo 3	65
1. Il concetto di “scienza” dalla Rivoluzione scientifica ad oggi	65
2. <i>Theory Ladenness, Undetermination Problem</i> e contesto socio – storico – culturale	76
3. Una questione controversa: Newton e la religione	85
Appendice – Immagini e Figure	90
Riferimenti bibliografici	93
1. Bibliografia primaria	93
2. Bibliografia secondaria.....	93
Ringraziamenti	102

Introduzione

Il presente lavoro muove dalla constatazione di un'insufficiente attenzione e consapevolezza per una rilevante questione che riguarda la filosofia e la storia della scienza, da me individuata grazie ad una entusiasmante ricerca condotta presso il Department of History and Philosophy of Science (HPS) dell'Università di Cambridge: l'immagine delle grandi personalità della scienza e dei concetti fondamentali che contraddistinguono la sua storia si rivelano spesso costruzioni a posteriori, che rischiano di restituire un ritratto lontano dal vero e viziato dall'indebita applicazione di categorie anacronistiche. Pur nella limitatezza di un lavoro di tesi magistrale, dunque, il mio intento sarà quello di ripercorrere alcuni elementi e tappe fondamentali che caratterizzano la filosofia e la storia della scienza d'età moderna, con lo scopo di dare vita ad un dialogo e ad una relazione dialettica rispetto a quelle contemporanee, che ne evidenzino affinità e differenze.

Nel far ciò, mi soffermerò in particolare sulla celeberrima figura di Isaac Newton, il *casus studii* sul quale punterò la mia lente di indagine: non a caso, come si vedrà nelle pagine successive, lo "scienziato" britannico ben si presta ad una riflessione di tal sorta, in virtù della complessità dei suoi studi, delle sue idee e della sua personalità. Complessità che, tuttavia, è stata spesso dispersa da indagini storiografiche inappropriate, che hanno reso canonica quell'immagine tradizionale di Newton come padre della scienza moderna, che rischia però di tralasciare tutta una serie di elementi che risultano altrettanto fondamentali nella composizione del suo pensiero.

In questo scritto, non pretendo ovviamente di ritrattare nella sua interezza il *corpus* newtoniano, ma mi soffermerò su alcuni punti di particolare rilievo, come i suoi lavori alchemici e le possibili influenze che essi hanno avuto nell'elaborazione della legge di gravitazione universale. Pur non ambendo a dare vita ad un'opera come quelle di Betty Dobbs, Robert Iliffe o William Newman, che più volte citerò all'interno di questo elaborato, né ad una biografia paragonabile a quella di Richard Westfall, con questo lavoro mi prefiggo di inserirmi in punta di piedi all'interno del dibattito che ha cercato e cerca tutt'ora di comprendere la figura di Isaac Newton nella sua complessità olistica,

mettendolo in relazione con il contesto storico-culturale lui coevo e restituendone un ritratto più vicino al vero.

Solamente in questo modo, a mio parere, si può riflettere in maniera più consapevole sulla nozione odierna di “scienza” e sulla sua evoluzione a partire dall’età moderna, istituendo tra loro un confronto dialettico: si vedrà, infatti, che i due termini non identificano necessariamente lo stesso concetto all’interno di periodi storico-culturali differenti. Per questo motivo, uno degli scopi principali di questo elaborato sarà proprio quello di scardinare la *vulgata* che ha visto in Newton il primo rappresentante della scienza moderna e il paradigma dello scienziato “come noi lo intendiamo oggi”. Nonostante Newton possa senz’altro essere inteso come un catalizzatore di una serie di processi che caratterizzano la sua epoca e che premono fortemente verso un nuovo paradigma scientifico, è allo stesso tempo innegabile che egli rimanga stabilmente ancorato ad alcune convinzioni della “scienza del suo tempo”.

Ciò detto, ci si potrebbe allora chiedere quale sia l’utilità dell’indagine che mi accingo a realizzare. In prima battuta, è senz’altro importante sottolineare come un’operazione di tal sorta risponda positivamente alla “ricerca del vero” che costituisce una componente imprescindibile della scienza odierna. Ma non solo: la mia idea è che solamente con un’analisi di questo tipo, in grado di istituire un dialogo tra scienza moderna e scienza contemporanea, si possano indagare in maniera più consapevole e profonda le caratteristiche dell’attuale paradigma scientifico, nel tentativo di comprendere le sue più complesse peculiarità. Se il progresso scientifico prevede spesso un netto superamento di conoscenze precedenti, che vengono via via accantonate ed etichettate come obsolete, al contrario, ritengo che nella realizzazione di un’indagine storico-filosofica sia invece fondamentale tenere sempre ben presenti le caratteristiche della scienza del passato; solo così si può giungere al cuore dell’attuale idea di scienza.

Come si vedrà, non a caso, farò spesso riferimento al concetto di “sguardo” o di “prospettiva”: come argomenterò in più punti di questo scritto, ritengo infatti che la filosofia e, in particolare, la storia della scienza non siano altro che una questione di “sguardi”, che il filosofo e lo storico applicano al loro oggetto di interesse e che rischiano tuttavia di contaminare la bontà delle loro ricostruzioni. Se, invece, si riesce ad epurare la prospettiva a partire dalla quale osserviamo un determinato concetto, purificandola dall’ingenua applicazione di categorie anacronistiche e a posteriori, si può allora ottenere

una molteplicità di punti di vista che renderebbero la nostra indagine più consapevole e vicina al vero. Senz'altro, in un primo momento si potrebbe rimanere anche accecati dai molteplici bagliori di queste nuove e numerose prospettive, ma, progressivamente, come nel celebre mito della caverna di Platone, il nostro occhio si abituerebbe, consentendoci di elevarci a qualcosa di più autentico.

Al di là di queste suggestive immagini, la metodologia di cui mi servirò all'interno di questo elaborato si baserà proprio sull'idea di ricostruire quel particolare sguardo a partire dal quale osservavano il mondo Newton e i suoi contemporanei. Come si vedrà, l'indebita applicazione di anacronismi rischia infatti di inficiare la bontà delle nostre ricostruzioni. Tuttavia, una volta scongiurato questo rischio, gli anacronismi possono rivelarsi un utile strumento per comprendere più a fondo quelle affinità e differenze che caratterizzano diversi periodi storici e culturali, consentendoci di sviscerare nel profondo le peculiarità del nostro tempo. Infine, per larga parte di questo scritto mi servirò dell'epistemologia storica, di cui parlerò più nel dettaglio nel secondo capitolo: brevemente, alla base di questa metodologia si trova l'idea per cui, nel tentativo di ricostruire le grandi scoperte della storia della scienza, non sia sufficiente rispondere ad una domanda rigida e preconfezionata, ma sia necessario ripercorrere l'interesse del percorso, costruendo una vera e propria rete di attività interdipendenti che caratterizzano le ricerche e l'operato di uno scienziato.

Presentando rapidamente il contenuto di questo lavoro, nel primo capitolo mi soffermerò sulla ricezione che l'immagine di Newton ha avuto fin dagli anni immediatamente successivi alla sua morte, interrogandomi sulla bontà di quella ricostruzione che vede nel filosofo naturale britannico il modello perfetto dello scienziato moderno, di cui si è detto poc'anzi. Nonostante il filone "tradizionale" degli studi su Newton sia caratterizzato da questa convinzione, si vedrà come, a seguito di una attenta indagine epurata da fuorvianti anacronismi, si debba invece rivedere tale posizione, a favore di una complessità più profonda che caratterizza la peculiare personalità del protagonista di questo elaborato. In particolare, si ripartirà dalla descrizione di Keynes, che farà scaturire quella scissione tra Newton "scienziato moderno" e Newton "alchimista e sacerdote della natura" che costituirà il filo rosso di tutto il primo capitolo, nel tentativo di comprendere quale di queste due immagini sia quella più vicina al vero.

Nella seconda sezione, effettuerò un confronto tra i *Philosophiae naturalis principia mathematica* di Newton e i precedenti *Principia philosophiae* di Cartesio, nel tentativo di ricostruire il contesto coevo alla pubblicazione del capolavoro newtoniano e di individuare affinità e differenze rispetto all'opera cartesiana, cui Newton fa evidentemente riferimento. Si sottolineeranno i diversi intenti che muovono i due autori nelle rispettive opere, facendo particolare attenzione al concetto di etere, che verrà qui analizzato. Cartesio è infatti il principale esponente di una concezione meccanicistica della realtà: non a caso, egli ipotizza la presenza di una serie di vortici di materia e di una sostanza sottile che consentono di spiegare il movimento sia a livello planetario sia a livello terrestre. Proprio a partire da questo assunto, si descriverà la critica di Newton, che metterà sotto scacco numerose dei ragionamenti cartesiani, da lui considerati delle sterili congetture.

Nella terza sezione, ripartirò dalle considerazioni legate alla necessità da parte di Newton di individuare una causa intelligibile per la forza di gravitazione universale, da lui trattata solamente da un punto di vista matematico all'interno dei *Principia*. In riferimento a tale questione, risulteranno dunque imprescindibili i suoi studi alchemici e religiosi, che, si vedrà, costituiscono un elemento fondamentale per una più profonda comprensione del lavoro di Newton: egli, similmente a Cartesio, sembra infatti ipotizzare una sostanza eterea e sottile, che permea la totalità del reale, ma che costituisce una sorta di mediatore attraverso il quale Dio entra in continuo contatto con il creato. Proprio in questo frangente, emergerà la complessità degli studi newtoniani, che non si devono limitare ad una prospettiva matematica, ma che cercano di cogliere i più profondi segreti del cosmo, indagando la figura Dio e la sua costante azione nel mondo.

Nella quarta sezione, infine, cercherò di risanare quella scissione tra Newton "scienziato moderno" e Newton "alchimista e sacerdote della natura" di cui si è detto, sottolineando come essa derivi da una indebita applicazione di categorie anacronistiche e a posteriori, che fanno perdere di vista la complessità che contraddistingue gli studi e le ricerche del filosofo naturale britannico, ancora vincolato ad un concetto di "scienza" in cui alchimia, religione e astrologia costituiscono degli elementi costitutivi al pari di matematica e fisica. Le ricerche di Newton, non a caso, sarebbero sembrate perfettamente "scientifiche" ai suoi contemporanei, collocati in un paradigma scientifico al quale ci si dovrebbe più correttamente riferire parlando di "filosofia naturale" e non di "scienza".

Solo in questo modo si potrà restituire un'immagine più vicina al vero della personalità e degli studi di Isaac Newton.

Ciò detto, passerò al secondo capitolo, in cui, come anticipato, analizzerò alcune questioni di carattere metodologico, soffermandomi in particolare sul corretto utilizzo degli anacronismi all'interno delle ricostruzioni della storia della scienza. Dopo aver scongiurato la possibilità di applicare inavvertitamente categorie di tal sorta alle indagini storiche, presenterò due differenti posizioni in merito all'uso degli anacronismi, sottolineando il fatto che essi possano anche rivelarsi degli utili strumenti per una migliore comprensione del passato e del presente, se utilizzati con coscienza. Infatti, sosterrò che essi possano aprire a nuove prospettive di indagine non solo sulla scienza di un tempo, ma anche su quella odierna.

Nella seconda sezione, proseguirò la mia disamina di carattere metodologico e presenterò la prospettiva dell'epistemologia storica: come si è visto, alla base di questa metodologia si trova l'idea per cui, nel tentativo di ricostruire le grandi scoperte della storia della scienza, non sia sufficiente rispondere ad una domanda rigida e preconfezionata, ma è necessario ripercorrere l'interesse del percorso, costruendo una vera e propria rete di attività interdipendenti che caratterizzano le ricerche e l'operato di uno scienziato. A tal proposito, farò riferimento all'efficace racconto della «caccia all'elefante bianco», che mi servirà da appoggio per veicolare al meglio le idee che caratterizzano questa prospettiva metodologica.

Nella terza sezione, in virtù di quanto si sarà detto, ripercorrerò brevemente il percorso che, già in gioventù, ha portato Newton all'individuazione di uno “sforzo centripeto” inversamente proporzionale al quadrato della distanza, elemento che si rivelerà imprescindibile nella successiva elaborazione della legge di gravitazione universale, presentata per la prima volta nei *Principia* del 1687. Come sottolineerò a più riprese, al di là dei formalismi matematici, quello che mi interesserà descrivere in questa sede sarà un momento creativo parziale che costituisce però una tappa fondamentale di quella rete di attività interdipendenti che caratterizzano la scoperta scientifica principale del filosofo naturale britannico. A tal proposito, nel ripercorrere i ragionamenti di Newton, consiglio al lettore di tenere sottomano le immagini presenti nell'appendice posta a conclusione di questo scritto, così da godere di una più facile comprensione.

Nella quarta sezione, mi concentrerò brevemente sugli studi che Newton conduce sulla natura della luce e dei colori, presentando il celebre *experimentum crucis*. Anche in questo caso, l'idea sarà quella di ricostruire quell'insieme di attività interdipendenti che compongono le ricerche newtoniane; in particolare, sarà interessante riflettere anche in questo frangente sulla possibilità che Newton si concentri su questo campo di studi in virtù di un interesse più ampio, legato ancora una volta a questioni di stampo alchemico e teologico.

Infine, nel terzo capitolo mi soffermerò sulle possibili affinità e differenze che contraddistinguono la nozione moderna e quella odierna di "scienza", riflettendo in particolar modo sui loro "luoghi" e sul rapporto che esse detengono rispetto alla dimensione politica: non a caso, analizzerò brevemente la dimensione delle corti e il ruolo giocato da alchimia e astrologia al loro interno. Detto ciò, proseguirò con l'evidenziare la diversa natura della scienza contemporanea, facendo riferimento al suo carattere pubblico e interdisciplinare. Infine, concluderò il capitolo con un breve ma suggestivo confronto tra etere e materia oscura, riflettendo sulle numerose affinità che caratterizzano questi due concetti.

Nella seconda sezione, proseguendo ancora nella disamina delle affinità tra scienza moderna e contemporanea, mi concentrerò su due concetti che ritengo di particolare interesse per le suddette questioni: la *Theory Ladenness* e l'*Undetermination Problem*. Analizzati questi due aspetti, rifletterò dunque sul carattere socio-storico-culturale che, a mio modo di vedere, caratterizza in maniera profonda la filosofia e la storia della scienza, in tutte le loro declinazioni. Infine, sosterrò la necessità di accantonare l'idea aristotelica secondo cui il semplice costituirebbe il marchio del vero, argomentando a favore di una indagine che analizzi il suo oggetto di interesse nella sua complessità olistica.

Nella terza e ultima sezione, infine, ritornerò brevemente sulla controversa questione legata alla religione di Isaac Newton, presentando alcune sue convinzioni teologiche che si distanziano dai canonici dogmi di derivazione anglicana e protestante: non a caso, il filosofo naturale britannico potrebbe essere considerato un vero e proprio eretico del suo tempo. Inoltre, sempre in riferimento alla complessità della visione religiosa del mondo elaborata da Newton, proporrò alcuni spunti legati all'interpretazione delle profezie e dei testi sacri, nonché alle sue riflessioni relative alla mortalità dell'anima

e alla corruzione di quella *prisca sapientia* che si sarebbe registrata a partire dall'introduzione di "falsi dogmi" come quello della Trinità. Anche in questo caso, lo scopo che muoverà quest'ultima sezione sarà quello di ricostruire un'immagine di Newton più vicina al vero, che comprenda anche le sue non banali posizioni religiose.

Detto ciò, si concluderà l'elaborato, ripercorrendo le principali tappe di quanto esposto al suo interno e presentando l'eloquente ed efficace immagine di Newton proposta da Dobbs, che, non a caso, lo paragona a *Giano bifronte*: da un lato, infatti, Newton rappresenta un perfetto uomo del suo tempo; dall'altro, invece, la sua figura delinea il ritratto di un uomo visionario, catalizzatore di numerosi processi, che scuote dall'interno alcune delle convinzioni più radicate nella filosofia naturale, nella religione, nell'alchimia, ecc., contribuendo a creare un punto di rottura e non ritorno che, senza ombra di dubbio, apre le porte alla modernità, pur non incarnandola ancora in maniera definitiva.

Capitolo 1

1. Anacronismi nella storia della scienza. Una nuova immagine di Newton?

Fino a qualche decennio orsono, era opinione molto comune che il periodo della cosiddetta Rivoluzione scientifica avesse introdotto una cesura radicale all'interno del modo di intendere e di fare scienza rispetto alla tradizione precedente, consacrando definitivamente il metodo scientifico razionale e scartando tutti quegli approcci magici, teologici e alchemici che avevano contraddistinto il *modus operandi* scientifico fino a quel momento². Nel corso dei secoli, «siamo così giunti a convincerci senza troppo discutere che esista una perfetta correlazione tra la nascita della scienza e il declino della magia»³ e, anzi, oggi si tende a considerare la crescita del movimento scientifico come «una delle principali manifestazioni di quel processo di demistificazione della visione del mondo che caratterizzò il XVII secolo»⁴. In particolare, come si vedrà tra poco, fino al Novecento inoltrato una certa tradizione storiografica ha individuato in Isaac Newton il principale catalizzatore di questo processo, idealizzandolo a modello del perfetto scienziato moderno. Tuttavia, da alcune ricerche condotte negli ultimi decenni, è emerso come questa credenza sia falsa o, quanto meno, inappropriata⁵: se si studia da vicino la sua figura, contestualizzandola rispetto al periodo coevo, si possono infatti individuare numerosi errori storiografici derivanti dall'indebita applicazione di nozioni e categorie anacronistiche o a posteriori, che fanno parte delle conquiste e degli sviluppi teorico-

² Cfr. Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science. 1300-1800*, Bell & Hyman, London, 1957, Bernard I. Cohen, *Revolution in Science*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge-Massachusetts-London, 1985, Alexandre Koyré, *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*, Einaudi, Torino, 2000 e John H. Randall, *The making of the modern mind*, Houghton Mifflin Co., Boston, 1940.

³ Charles Webster, *Magia e scienza da Paracelso a Newton*, il Mulino, Bologna, 1984, p. 12.

⁴ *Ibidem*.

⁵ Cfr. Webster, *Magia e Scienza da Paracelso a Newton*, cit., Peter J. Bowler & Iwan R. Morus, *Making modern science. A historical survey*, The University of Chicago Press, Chicago, 2005, Hermann F. Cohen, *The Scientific Revolution. A historiographical inquiry*, The University of Chicago Press, Chicago-London, 1994, Hermann F. Cohen, *How Modern Science Came Into the World. Four Civilizations, One 17th-Century Breakthrough*, Amsterdam University Press, Amsterdam, 2012, e Hermann F. Cohen, *The Rise of Modern Science Explained. A Comparative History*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016.

concettuali di una tradizione successiva, che guarda al passato filtrandolo attraverso delle lenti che risultano tuttavia inadeguate.

A tal proposito, sottolineo fin da subito che la nozione stessa di “Rivoluzione scientifica” ha una caratterizzazione squisitamente contemporanea: si tratta infatti di una categoria storiografica emersa per la prima volta nel titolo dell’opera di Rupert Hall del 1954⁶ e affermata definitivamente con gli studi di Alexandre Koyré⁷ e Thomas Kuhn⁸; le sue cerniere temporali vengono tradizionalmente individuate tra il 1543, anno di pubblicazione da parte di Copernico del *De revolutionibus orbium coelestium*, e il 1687, anno di pubblicazione da parte di Isaac Newton dei *Philosophiae naturalis principia mathematica*⁹. Tuttavia, le ricerche condotte da Hermann Cohen hanno evidenziato che, fino alla fine del Settecento, la nozione di una discontinuità radicale nel pensiero e nei processi culturali non esiste ancora¹⁰: il «revolutionibus» presente nel titolo dell’opera di Copernico esprime l’idea di “ritorno ciclico”, di “riforma”, non di “rivoluzione” nel significato che noi oggi diamo al termine. Da questo punto di vista, le nostre nozioni di Rivoluzione copernicana e Rivoluzione scientifica non sarebbero state capite fino al Settecento inoltrato e sono pertanto anacronistiche¹¹.

All’interno di questo elaborato, mi propongo di analizzare e riflettere proprio sulla possibile applicazione di analoghe categorie anacronistiche alla storia della scienza: si può davvero affermare con certezza che, a seguito della Rivoluzione scientifica, discipline quali l’alchimia, la magia o l’astrologia, oggi classificate come “pseudoscienze” e considerate come una sorta di altro della ragione, siano state definitivamente accantonate, portando ad un mutamento di paradigma all’interno della scienza? In tal senso, una figura estremamente interessante è costituita da Isaac Newton, che sarà il protagonista di questo scritto, il *casus studii* sul quale punterò la mia lente di indagine: come detto poc’anzi, la

⁶ Cfr. Rupert A. Hall, *The Scientific Revolution: 1500-1700*, Longmans Green and Co, London-New York-Toronto, 1954.

⁷ Cfr. Alexandre Koyré, *La rivoluzione astronomica: Copernico, Keplero, Borelli*, Feltrinelli, Milano, 1966.

⁸ Cfr. Thomas S. Kuhn, *La rivoluzione copernicana. L’astronomia planetaria nello sviluppo del pensiero occidentale*, Einaudi, Torino, 1972, e Thomas S. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 2009.

⁹ È comunque doveroso ricordare che quelli sopracitati non sono gli unici estremi temporali che la storiografia contemporanea identifica per delimitare la Rivoluzione scientifica: un altro momento che viene spesso considerato come sua origine è infatti il 1492, anno della “scoperta” dell’America da parte di Cristoforo Colombo; parimenti, un’alternativa per il suo termine è spesso individuata nel 1704, anno di pubblicazione dell’*Optiks* da parte di Isaac Newton.

¹⁰ Cfr. Cohen, *The Scientific Revolution. A historiographical inquiry*, cit., cap. 2.

¹¹ Cfr. Daniel Garber, *La Rivoluzione scientifica*, introduzione a: *Storia della scienza*, Enciclopedia Treccani, 2002, vol. 5.

grande impresa dello scienziato britannico è stata spesso considerata un momento di cesura fondamentale a seguito del quale sarebbe nata a tutti gli effetti la scienza moderna, modello perfetto di rigore e razionalità. A tal proposito, l'opera principale e imprescindibile cui si fa solitamente riferimento all'interno del *corpus* newtoniano per giustificare tale posizione è senz'altro quella dei *Philosophiae naturalis principia mathematica*, che non a caso vengono definiti da Bernard Cohen come «one of the glory of the human intellect and a founding document of our modern exact science»¹², ritenendo che «Newton's *Principia* [...] also set forth a significant new mode of using mathematics in natural philosophy»¹³. Anche Herbert Butterfield descrive quest'opera come «a synthesis which represented the perfect culmination of the Scientific revolution and established the beginning of modern science»¹⁴. Ancora, come scrive Paolo Rossi: «Il titolo stesso di quel grande libro esprime una presa di posizione nei confronti della fisica cartesiana: per Newton i principi della filosofia hanno carattere matematico»¹⁵.

Una lettura di questo tipo dei *Principia* ha legittimato fino a qualche decennio orsono una certa tradizione storiografica a vedere in Newton la figura dello scienziato per eccellenza, il perfetto modello dello studioso moderno, restituendone tuttavia un ritratto caratterizzato da profonde sfaccettature anacronistiche e idealizzate. Si faccia riferimento, per esempio, all'altisonante immagine proposta ancora da Cohen, il quale scrive: «The success of the theory and applications of universal gravitation [...] caused this subject [physics] to become the model or ideal for all the sciences. [...] Scientists in as diverse fields envisioned a day when their science would have its Newton and reach the perfection of Newton's *Principia*»¹⁶. Al termine del capitolo dedicato alla Rivoluzione newtoniana, egli dunque sentenzia: «The Newtonian revolution was not only the apex of the Scientific revolution, but it also remains one of the most profound revolutions in the history of human thought»¹⁷. Si noti che questa corrente idealizzatrice dello scienziato britannico si attesta fin dagli anni immediatamente successivi al suo effettivo operato: già William Stukeley¹⁸, suo contemporaneo, dà alle stampe una prima biografia in cui viene

¹² Bernard I. Cohen, *Introduction to Newton's "Principia"*, Cambridge University Press, Cambridge, 1971, p. 3.

¹³ Cohen, *Revolution in Science*, cit., p. 163.

¹⁴ Butterfield, *The Origins of Modern Science*, cit., p. 140.

¹⁵ Paolo Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Roma-Bari, 2023, pp. 317-318.

¹⁶ Cohen, *Revolution in Science*, cit., p. 173.

¹⁷ Ivi, p. 175.

¹⁸ Cfr. William Stukeley, *Memoirs of Sir Isaac Newton's Life*, Royal Society Library, London, 2004.

tratteggiato un ritratto di Newton simile a quello di un eroe mitologico, al punto che Michael White la descrive nei termini di un «hagiographic work»¹⁹. Successivamente, lo storico della scienza Jean-Sylvain Bailly, attivo circa cinquant'anni dopo la sua morte, scrive che «Newton overturned or challenged all ideas: his philosophy brought about a revolution. [...] Newton alone, with his mathematics, divined the secret of nature»²⁰. Col passare dei decenni, questa immagine si è sempre più sedimentata nell'immaginario comune, come testimoniano gli studi del 1855 di David Brewster²¹, uno dei principali vettori del ritratto di Newton come padre della scienza moderna fino ai giorni nostri²².

Non sembra allora un caso che, ancora nel 1940, John Randall scriva: «Newton symbolized great new ideas, comprising that “outstanding revolution” in beliefs and habits of thoughts»²³, per poi aggiungere che, «due to Newton, the XVIII century became “preeminently the age of faith in science”. [...] Newton was the symbol of successful science, the ideal for all thought»²⁴. Negli anni immediatamente successivi, gli studi di Koyré sembrano procedere nella stessa direzione: egli sposa apertamente l'interpretazione positivista di Newton²⁵ e afferma che il suo operato è «very nearly equivalent to the mathematization of nature and therefore the mathematization of science»²⁶. Sempre con le sue parole:

It is possible that the deepest meaning and aim of Newtonianism, or rather, of the whole scientific revolution of the XVII century, of which Newton is the heir and the highest expression, is just to abolish the world of the “more or less”, the world of qualities and sense perception, the world of appreciation of our daily life, and to replace it by the universe of precision, of exact measures, of strict determination. [...] This revolution is one of the deepest, if not the deepest, mutations and transformations accomplished by the human mind since the invention of the cosmos by the Greeks²⁷.

¹⁹ Michael White, *Isaac Newton. The Last Sorcerer*, Fourth Estate, London, 1997, p. 1.

²⁰ Cfr. Jean-Sylvain Bailly, *Histoire de l'astronomie modern depuis la fondation de l'école d'Alexandrie, jusqu'à l'époque de M.D.CC.XXX*, chez de Bure, Paris, 1785.

²¹ Cfr. David Brewster, *Memoirs of the Life, Writings, and Discoveries of Sir Isaac Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2010.

²² Cfr. White, *Isaac Newton. The Last Sorcerer*, cit., pp. 1-5.

²³ Randall, *The making of the modern mind*, cit., p. 253.

²⁴ Ivi, p. 270.

²⁵ Alexandre Koyré, *Newtonian Studies*, Chapman & Hall, London, 1965, p. 25.

²⁶ Ivi, p. 7.

²⁷ Ivi, p. 5.

Proseguendo nell'argomentazione, egli afferma che, a seguito della rivoluzione newtoniana, nel pensiero scientifico coevo e successivo si sarebbe registrata la sparizione, per non dire il "violento sradicamento", di tutte le considerazioni basate sul valore, sulla perfezione, sull'armonia e sul finalismo: questi concetti, infatti, non troverebbero più spazio nella nuova ontologia newtoniana²⁸. Al termine del proprio ragionamento, infine, Koyré afferma che «Newtonianism became the scientific creed of the XVIII century and already for his contemporaries, but especially for posterity, Newton appeared as a superhuman being, who once and for all solved the riddle of the universe and create modern science»²⁹.

Bisognerà attendere le ricerche di Betty Dobbs³⁰ e di Richard Westfall³¹ per avere un ritratto più completo del fisico britannico, in grado di restituire la complessità della sua scienza e dei suoi studi, profondamente incentrati anche su questioni teologiche e alchemiche. Nonostante ciò, Isaiah Berlin, studioso della più vicina contemporaneità, all'inizio degli anni '80 scrive ancora:

The impact of Newton's ideas was immense; whether they were correctly understood or not, the entire programme of the modern science was consciously founded on Newton's principles and methods and derived its confidence and its vast influence from his spectacular achievements. And this, in due course, transformed some of the central concepts and directions of modern culture in the west moral, political, technological, historical, social – no sphere of thought or life escaped the consequences of this cultural mutation³².

Tuttavia, con la scoperta di nuovi scritti rimasti inediti³³ e grazie ad una crescente attenzione da parte dell'indagine storiografica, si è progressivamente acquisita una

²⁸ Ivi, p. 7.

²⁹ Ivi, p. 18.

³⁰ Cfr. Betty J. T. Dobbs, *The Foundations of Newton's Alchemy*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983 e Betty J. T. Dobbs, *Isaac Newton, scienziato e alchimista. Il doppio volto del genio*, Edizioni Mediterranee, Roma, 2002.

³¹ Cfr. Richard S. Westfall, *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 1980.

³² Isaiah Berlin, *Personal Impressions*, The Hogarth Press, London, 1980, p. 144.

³³ Cfr. Isaac Newton, *The Portsmouth Collection*, Cambridge University Library, Cambridge, 2024. URL: <https://archivesearch.lib.cam.ac.uk/repositories/2/resources/5234> (data di ultima consultazione: agosto 2024).

maggior consapevolezza in merito alla complessità della figura di Isaac Newton e dei suoi studi, tanto da dare vita a un filone storiografico parallelo, che è arrivato a definire i suoi lavori come «un ultimo e titanico tentativo di conciliare magia e meccanicismo in un unico e armonioso sistema di saggezza universale»³⁴. Vale qui la pena di ricordare un'affermazione di John Keynes che, in occasione di una conferenza che si sarebbe dovuta tenere al Trinity College il giorno di Natale del 1942, tra le altre cose scriveva:

Dal XVIII secolo in poi, Newton è stato ritenuto come il primo e il maggiore degli scienziati moderni, un razionalista, uno che ci insegnò a pensare secondo le regole di una ragione fredda e senza ombre. Io, invece, non lo vedo sotto questa luce. [...] Newton non fu il primo dell'età della ragione: egli fu l'ultimo dei maghi, l'ultimo dei babilonesi e dei sumeri, l'ultima grande mente che indagò il mondo delle esperienze sensibili e intellettuali con gli stessi occhi di quegli uomini che presero ad interesse la nostra eredità intellettuale poco meno di diecimila anni fa³⁵.

L'immagine di Newton restituita dalla descrizione di Keynes sembra essere sensibilmente distante da quella presentata in apertura, rea di tralasciare due componenti imprescindibili delle sue ricerche: l'alchimia e la teologia. È innegabile che la figura di un Newton chino su un crogiolo fumante di un forno alchemico alla ricerca della pietra filosofale e della trasmutazione dei metalli, attestata in numerosi manoscritti, «faccia a pugno con l'immagine ricevuta dalla tradizione illuminista e positivista dello scienziato attento a non formulare ipotesi non suffragate dall'evidenza empirica»³⁶. Anzi, è proprio a causa del ritratto veicolato da questa tradizione che si genera una contraddizione apparentemente insanabile tra il Newton “scienziato moderno” e il Newton “alchimista e sacerdote della natura”.

Lo scopo di questo primo capitolo sarà dunque il seguente: dimostrare e restituire la complessità della figura di Isaac Newton e individuare la finalità e l'importanza che gli studi alchemici e teologici ebbero all'interno delle sue teorie, in particolar modo in riferimento alla legge di gravitazione universale e al tentativo di individuarne una spiegazione intelligibile e razionale. Rifletterò dunque sull'effettiva bontà delle

³⁴ Webster, *Magia e scienza da Paracelso a Newton*, cit., p. 9.

³⁵ Dobbs, *Isaac Newton, scienziato e alchimista. Il doppio volto del genio*, cit., p. 11.

³⁶ Niccolò Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, Carocci, Roma, 2021, p. 98.

descrizioni proposte dalla tradizione storiografica presentata all'inizio di questo capitolo, che ha definito i *Principia* come un definitivo passaggio alla matematizzazione della scienza e Newton come il modello paradigmatico dello scienziato odierno. In questo modo, cercherò di sanare quella scissione tra il Newton “scienziato moderno” e “alchimista e sacerdote della natura” di cui si è detto poc'anzi.

Tale scopo è però irto di difficoltà, per cui sono necessarie alcune premesse: in primo luogo, «si deve evitare di considerare Newton in isolamento, un rischio cui va incontro la storiografia di molti “grandi” della storia del pensiero»³⁷. L'opera di Newton, infatti, «è spesso una risposta a problemi che non germinano spontaneamente nella sua mente, ma che gli vengono posti dai suoi contemporanei»³⁸. Risulta dunque fondamentale cercare di ricostruire nella maniera più precisa possibile il contesto, i presupposti teorici, le ricerche coeve e l'insieme dei lavori che caratterizzano il periodo in cui opera lo scienziato britannico. In secondo luogo, nel tentativo di superare la scissione tra il Newton “scienziato” e il Newton “alchimista e sacerdote della natura”, bisogna sottrarsi al rischio della *reductio ad unum*, ovvero «l'idea che esista necessariamente una chiave per comprendere l'unità sostanziale del pensiero di Newton»³⁹: si deve infatti evitare di cercare nei classici una coerenza che a volte viene costruita a forza e con il senno di poi⁴⁰. In terzo e ultimo luogo, non si deve pensare che il Newton “tradizionale”, matematico e fisico, sia meno altro da noi rispetto al Newton alchimista o allo studioso delle profezie bibliche: nella sua Inghilterra, infatti, «l'astronomia, l'ottica e persino la matematica erano discipline definite nei loro obiettivi e metodi in modo alquanto diverso da come lo sono oggi»⁴¹.

³⁷ Ivi, p. 25.

³⁸ Ibidem. Non a caso, Newton fu sollecitato allo studio che lo portò alla scoperta della legge di gravitazione universale proprio da una scommessa che Halley, Wren e Hooke fecero tra di loro. Anzi, si potrebbe affermare senza alcuna esitazione che senza le premesse teoriche di Hooke o la sollecitazione e i finanziamenti di Halley, i *Philosophiae naturalis principia mathematica* non sarebbero mai venuti alla luce. Cfr. Franco Giudice, *Introduzione a: Isaac Newton, Principi matematici della filosofia naturale*, a cura di Franco Giudice, Einaudi, Torino, 2018, pp. IX-XXII.

³⁹ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 25.

⁴⁰ Cfr. Quentin Skinner, *Meaning and Understanding in the History of Ideas*, in: «History and Theory», 1969, Vol. 8, No. 1, pp. 3-53.

⁴¹ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 26.

2. Cartesio e Newton. Dai *Principia philosophiae* ai *Principia mathematica*

In primo luogo, può essere interessante domandarsi se la descrizione di Newton proposta da Keynes risponda effettivamente al vero. Come si legge in numerose testimonianze di personaggi vicini allo scienziato britannico, questioni di tipo alchemico e teologico costituiscono senz'altro l'elemento prediletto dei suoi studi: nella quiete del suo rifugio al Trinity College, niente lo appassiona di più che dedicarsi all'interpretazione delle profezie, soprattutto di quelle contenute nell'Apocalisse⁴², e alla realizzazione di esperimenti alchemici sulla trasmutazione dei metalli⁴³. Esperimenti che lo esaltano al punto da fargli dimenticare addirittura della necessità di mangiare, come testimoniato da Humphrey Newton⁴⁴, suo amanuense dal 1683 al 1688 e autore della trascrizione dei *Principia* usata poi per le stampe⁴⁵. Sembra dunque evidente che si tratti di uno studio altrettanto intenso e, ai suoi occhi, «altrettanto razionale e importante rispetto al suo lavoro in ambito fisico e matematico»⁴⁶. Come scrive William Newman: «To learn that the champion of modern science was deeply engaged in alchemy arouses in many even today a sense of cognitive dissonance»⁴⁷. Ma allora, come coniugare questa tensione che sembra emergere all'interno della sua figura, apparentemente scissa tra due personalità difficilmente conciliabili? Per rispondere a questa domanda, bisogna fare un passo indietro e delineare il contesto filosofico-scientifico all'interno del quale Newton si colloca.

Proprio in questi decenni, infatti, sta prendendo piede in maniera significativa una filosofia naturale di stampo meccanicista, segnata dai lavori di grandi pensatori quali Gassendi, Boyle e, soprattutto, Cartesio. Quest'ultimo costituisce uno dei principali punti

⁴² Cfr. Robert Iliffe, *Newton. Il sacerdote della natura*, Hoepli, Milano, 2019, pp. 252-259.

⁴³ Sembra che Newton si fosse fatto addirittura costruire un forno alchemico all'interno del Trinity College, dove trascorreva la maggior parte delle sue giornate cercando di verificare la correttezza di svariate ricette magiche e alchemiche. Ibidem.

⁴⁴ Giudice, *Introduzione a: Newton, Principi matematici della filosofia naturale*, cit., p. XXI. Humphrey Newton scrive: «Era talmente assorto e impegnato nei suoi studi che mangiava pochissimo, anzi, spesso se ne dimenticava proprio. Così, entrando nella sua stanza, trovavo il suo piatto intatto. Quando glielo facevo notare, rispondeva: “Ah, davvero?”». (Robert Iliffe, *Isaac Newton: Lucatello Professor of Mathematics*, in: Christopher Lawrence & Steven Shapin, *Science Incarnate: Historical Embodiments of Natural Knowledge*, University of Chicago Press, Chicago, 1998, pp. 121-155).

⁴⁵ Westfall, *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton*, cit., pp. 358-359.

⁴⁶ Iliffe, *Newton. Il sacerdote della natura*, cit., p. XVI.

⁴⁷ William R. Newman, *The Problem of Alchemy*, in: «The New Atlantis», 2015, No. 44, p. 66.

di riferimento per gli studi di Newton che, dopo essersi formato all'interno di un percorso tradizionale di filosofia naturale di derivazione aristotelica, approfondisce poi autonomamente le realtà più vicine al suo tempo, tra cui Barrow e lo stesso Cartesio⁴⁸. Dapprima entusiasta della nuova filosofia meccanicista proposta dal filosofo e matematico francese, Newton vi si scaglia poi contro in maniera alquanto vigorosa: nella fisica proposta da Cartesio, infatti, il vuoto non è ammesso e la realtà è essenzialmente caratterizzata da una sorta di materia sottile che permea ogni spazio, andando a colmare anche il più piccolo interstizio⁴⁹. In questo modo, ogni fenomeno che si registra a livello celeste e a livello terrestre è determinato da una continua interazione tra elementi di materia, attraverso un meccanismo che si basa sugli urti e sul contatto diretto delle parti coinvolte⁵⁰. Il sistema planetario è dunque caratterizzato da un coacervo di vortici materiali che riempiono completamente i cieli e che mettono in moto gli astri, trascinandoli con sé⁵¹.

Tuttavia, come anticipato, Newton critica queste considerazioni elaborate da Cartesio, in particolar modo per i seguenti motivi⁵²:

- Se davvero il sistema planetario fosse mosso da questi vortici di materia che continuamente interagiscono tra loro, come si potrebbe giustificare il fatto che «la resistenza e gli attriti esercitati da una materia così densa non dissipino in breve tempo tutto il moto dell'universo»⁵³? In tal senso, risulta particolarmente problematico il caso delle comete: se davvero l'universo si caratterizzasse nella maniera descritta da Cartesio, come si potrebbe giustificare il fatto che la resistenza opposta dai vortici nei

⁴⁸ Rupert H. Hall, *Isaac Newton. Adventurer in thought*, Blackwell publishers, Oxford, 1992, pp. 21-29.

⁴⁹ Cfr. Lucio Fregonese, *Volta. Teorie ed esperimenti di un filosofo naturale*, in: «I grandi della scienza», Le Scienze, Roma, 1999, No. 11, p. 14.

⁵⁰ Cartesio spiega in maniera del tutto analoga anche il fenomeno del magnetismo (tema centrale all'interno del dibattito dell'epoca a seguito della pubblicazione da parte di William Gilbert del *De magnete* nel 1600): secondo la descrizione di Cartesio, un magnete emetterebbe un vortice di piccolissime particelle a forma di vite, in grado di spiegare razionalmente il carattere "selettivo" del magnetismo (si pensi all'interazione con il ferro o con un altro magnete, ma non con il legno). I corpi come il ferro possiederebbero pori a vite con lo stesso passo: i corpuscoli possono dunque circolarvi all'interno, producendo attrazione e orientamento. Cfr. Immagine 1, p. 90.

⁵¹ Cfr. Immagine 2, ibidem.

⁵² Cfr. Katherine Brading, *Newton's law-constitutive approach to bodies: a response to Descartes*, in: Andrew Janiak & Eric Schliesser, *Interpreting Newton. Critical essays*, Cambridge University Press, Cambridge, 2012, pp. 13-32.

⁵³ Fregonese, *Volta. Teorie ed esperimenti di un filosofo naturale*, in: «I grandi della scienza», cit., p. 14.

confronti delle comete durante il loro tragitto non ne rallenti la velocità, fino a causarne la definitiva immobilità⁵⁴?

- Se tali flussi di materia costituissero la spiegazione della tendenza dei corpi a cadere, la loro schermatura dovrebbe portare alla formazione del moto perpetuo: se i vortici di Cartesio esistono davvero e la gravità è generata dalla caduta di materia sottile, questi effluvi gravitazionali potrebbero allora essere fermati riflettendoli o rifrangendoli, ottenendo così il moto perpetuo⁵⁵. Contrariamente a quanto suggerito dalla teoria, tuttavia, si osserva facilmente che il peso di un corpo non dipende dalla superficie colpita dagli effluvi, ma solo dalla sua quantità di materia⁵⁶.
- Se questo fosse davvero il sistema che descrive tutti i fenomeni naturali, sia del mondo celeste sia di quello terrestre, parrebbe tuttavia impensabile che l'ordine, la bellezza, la simmetria e la finalità che si vedono nel mondo siano il derivato di un'azione meccanica casuale. Dio sembra non trovare spazio in questa prospettiva, aspetto che costituisce una problematica impellente all'interno dell'argomentazione di Newton. Semplicistico e riduttivo sarebbe risolvere la questione ipotizzando che sia Dio a mettere in moto il meccanismo dell'intero universo, come sostenuto da Cartesio all'interno dei *Principia philosophiae*: in questo modo, infatti, Egli non sarebbe altro che la causa di un primo movimento lontano, una divinità distante rispetto al cosmo da lei stessa creato⁵⁷.
- Infine, secondo Newton questi modelli non hanno alcun valore esplicativo, non essendo derivati dall'osservazione, ma «essendo imposti attraverso considerazioni aprioristiche prive di alcun riferimento all'esperienza»⁵⁸. Sebbene la verosimiglianza di tali modelli trovi conferma nella capacità di condurre a deduzioni in accordo con

⁵⁴ Come scrive Newton nello *Scholium generale* dei *Principia*: «Le comete procedono con moti molto eccentrici in tutte le parti dei cieli, la qual cosa non potrebbe accadere, se non si eliminassero i vortici». (Newton, *Principi matematici della filosofia naturale*, cit., p. 92).

⁵⁵ Se si scherma con un corpo la metà di una ruota, ma si lascia scoperta l'altra, gli effluvi gravitazionali cartesiani dovrebbero agire sulla seconda metà, colpendola e generando il moto perpetuo, essendo la prima libera di ruotare. Tuttavia, come sottolinea puntualmente Newton, ciò non si verifica.

⁵⁶ Cfr. Maiocchi, *Storia della scienza in Occidente: dalle origini alla bomba atomica*, La Nuova Italia, Firenze, 1995, pp. 326-334.

⁵⁷ Scrive Maiocchi: «Il mondo cartesiano è una macchina composta da corpi privi di principi attivi. Poiché la materia è del tutto inerte, essa non può essere causa del proprio moto; l'origine del movimento è Dio, che all'atto della creazione ha conferito ai corpi il movimento. Questo movimento si conserva poi eternamente, poiché vale il principio di inerzia: il movimento di un corpo è uno stato che si mantiene fino a che non interviene una causa esterna a modificarlo» (Ivi, p. 283).

⁵⁸ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 77.

l'esperienza, quelle di Cartesio non sembrano altro che ipotesi *ad hoc*, che non garantiscono una relazione biunivoca tra fenomeni e meccanismi: i meccanismi introdotti per spiegare la natura sono infatti invisibili ed ipotetici e si possono immaginare più meccanismi esplicativi per uno stesso fenomeno.

Dopo aver individuato queste problematicità all'interno del sistema elaborato da Cartesio nei *Principia philosophiae* del 1644, Newton delinea il proprio sistema del mondo nei *Philosophiae naturalis principia mathematica* del 1687. Si noti la profonda differenza concettuale che distingue gli scopi dei due autori fin dai titoli delle rispettive opere: con i *Principia philosophiae*, Cartesio intende dare vita ad un'opera sistematica e onnicomprensiva del sapere, che, sul modello dei grandi trattati filosofici della tradizione, analizza e discute tutti gli aspetti del reale, dall'eziologia della conoscenza umana fino alla natura del cosmo⁵⁹. Quelli cartesiani sono principi razionali e intelligibili, che descrivono una filosofia naturale di stampo matematico-meccanicista: essa prevede l'identificazione della materia con l'estensione geometrico-matematica (la ben nota *res extensa*) e una spiegazione dei processi naturali come effetti del funzionamento di meccanismi appositamente congetturati.

A differenza di Cartesio, che privilegia in modo assoluto l'intelligibilità e la ragione, Newton attribuisce invece valore conoscitivo anche all'esperimento e dà vita ad una filosofia naturale per certi versi opposta. Testimoni ne sono il carattere antisistematico dei suoi *Principia* e il numero ridotto di argomenti trattati rispetto a quanto fa Cartesio: Newton non sviluppa un sistema onnicomprensivo, ma si limita alla trattazione di "principi matematici". Lo scienziato britannico giunge così a formulare la famosa legge di gravitazione universale⁶⁰ e, a partire dalle tre leggi del moto, deriva il fatto che i fenomeni terrestri e quelli planetari sono ontologicamente equivalenti⁶¹: con il suo nuovo sistema del mondo, si sancisce definitivamente l'unificazione dei fenomeni, demolendo

⁵⁹ Cfr. Maiocchi, *Storia della scienza in Occidente: dalle origini alla bomba atomica*, cit., pp. 282-287.

⁶⁰ Non mi occupo in questa sede del ragionamento attraverso il quale Newton giunge a dimostrare la legge di gravitazione universale, non ritenendolo centrale per gli scopi di questo capitolo. Affronterò in breve la questione nei capitoli successivi. In ogni caso, per un'analisi più approfondita, rimando a: Ori Belkind, *Newton's scientific method and the universal law of gravitation*, in: Janiak & Schliesser, *Interpreting Newton. Critical essays*, cit., pp. 138-168 e a William Harper, *Newton's argument for universal gravitation*, in: Robert Iliffe & George E. Smith, *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 229-260.

⁶¹ Cfr. Curtis Wilson, *Newton and celestial mechanics*, in: Iliffe & Smith, *The Cambridge Companion to Newton*, cit., pp. 261-288.

il dogma aristotelico che individuava «una differenza ontologica tra mondo celeste e mondo terrestre, tra astronomia e meccanica»⁶². Fin qui, tutto è perfettamente in linea con l'immagine tradizionale che abbiamo di Newton, padre della razionalità scientifica.

Tuttavia, è importante sottolineare un ulteriore elemento rivoluzionario che potrebbe sfuggire ad una lente di indagine viziata da preconcetti anacronistici e a posteriori: infatti, la legge di gravitazione universale è per certi versi sconvolgente, in quanto implica un'azione a distanza in cui non si registra un meccanismo mediatore nello spazio interposto e in cui la forza agisce all'istante senza ritardo nel tempo⁶³. Oggi siamo abituati a considerare “normale” una forza siffatta, ma si tratta evidentemente di un'idea del tutto controintuitiva e lontana da quelle razionalità e intelligibilità garantite dalle ipotesi cartesiane, che sembrano dunque più immediate e agevoli agli occhi dei contemporanei di Newton.

Ancora, è fondamentale prestare attenzione all'aggettivo *mathematica* con cui vengono indicati i *Principia*: come si è visto nella prima sezione di questo capitolo, per molto tempo la storiografia tradizionale ha identificato in questa scelta un definitivo cambiamento di paradigma, che avrebbe segnato il passaggio ad una trattazione matematica della scienza, sulla scia del processo di matematizzazione della fisica iniziato con Galileo e sviluppatosi con Keplero, che proprio in quegli anni Newton legge avidamente. Tuttavia, la questione va approfondita in maniera meno semplicistica e più attenta: l'aggettivo “matematici” unito a “principi” ha infatti un senso limitativo e non è usato in senso trionfalistico, come se si fosse giunti all'individuazione di principi in grado di cogliere la realtà ultima del mondo naturale; al contrario, esso identifica quel livello di lettura entro il quale Newton si deve fermare, non essendo in grado di procedere oltre. All'inizio del libro III dei *Principia*, egli infatti scrive: «Nei libri precedenti ho presentato i principi della filosofia, che non sono però filosofici, ma solamente matematici»⁶⁴.

Proprio in questo frangente, possiamo dunque notare un punto di tensione nella figura del Newton “scienziato moderno”, che apparentemente sembra giustificare la scissione rispetto ad un Newton che negli ultimi anni è stato definito *nascosto* o *segreto*⁶⁵.

⁶² Giudice, *Introduzione a: Newton, Principi matematici della filosofia naturale*, cit., p. XXIV.

⁶³ Cfr. Bernard I. Cohen, *Newton's concept of force and mass, with notes on the laws of motion*, in: Iliffe & Smith, *The Cambridge Companion to Newton*, cit., pp. 61-92.

⁶⁴ Newton, *Principi matematici della filosofia naturale*, cit., p. 75.

⁶⁵ Cfr. Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 97.

Nei *Principia*, non a caso, egli si limita ad una trattazione della legge di gravitazione da un punto di vista matematico, non riuscendo a descrivere la reale causa di tale forza attraverso un meccanismo razionale o intelligibile, analogo a quelli individuati da Cartesio. Lo scienziato britannico è infatti consapevole del carattere controintuitivo della nozione di azione a distanza e delle obiezioni che le si possono muovere contro: non a caso, di lì a poco viene accusato di aver introdotto un principio non intelligibile, che a molti sembra «un ritorno alle qualità occulte della filosofia scolastica o, ancor peggio, alla tradizione della magia naturale»⁶⁶. Egli avrebbe formulato una teoria matematica della gravità, senza però aver fatto luce sulla natura fisica di questa forza. Per questo motivo, all'interno dei suoi scritti inediti e delle *Queries*⁶⁷, egli cerca a lungo di individuarne un possibile meccanismo esplicativo, così da offrire una giustificazione altrettanto razionale e intelligibile. Tuttavia, Newton sembra incappare in una sorta di contraddizione: dopo avere criticato Cartesio, colpevole di aver fornito spiegazioni *ad hoc* prive di una relazione biunivoca e sperimentale tra fenomeni e meccanismi, ora sembra ricadere nella stessa *impasse*.

Proprio qui entrano prepotentemente in gioco i suoi studi alchemici e religiosi: intento in ricerche e pratiche chimico-fisiche, egli comincia a pensare che le speculazioni matematiche si rivelino come minimo aride, se non addirittura sterili, e si rivolge all'alchimia per trovare una chiave di spiegazione ove la matematica non arriva. Se la matematica non può penetrare nei segreti più profondi della natura e non permette di accedere alla vera realtà delle cose, ecco che l'alchimia e la teologia sopperiscono a tali mancanze e costituiscono una via d'accesso diretta e privilegiata ai segreti del cosmo: quelli che noi oggi definiremmo come studi pseudoscientifici o arazionali costituiscono invece il luogo a partire dal quale Newton ricerca la vera spiegazione del reale; visto che la matematica non può accedere alla realtà ultima delle cose, egli si rivolge all'alchimia e alla teologia. Ciò detto, allora, possiamo davvero sostenere che i *Principia* rappresentino l'apice della Rivoluzione scientifica e la perfetta origine del *modus operandi* della scienza moderna?

⁶⁶ Webster, *Magia e scienza da Paracelso a Newton*, cit., p. 27.

⁶⁷ Le *Queries* costituiscono il III libro dell'*Optiks*, in cui Newton si sofferma su alcune delle questioni che non è riuscito a risolvere in maniera definitiva: si tratta di uno dei luoghi più visitati degli scritti newtoniani, che contiene «stupefacenti intuizioni sulla chimica, l'elettricità e il magnetismo che ispireranno la ricerca futura per tutto il Settecento». Cfr. Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 199.

3. Newton alchimista e sacerdote della natura

Già nel saggio intitolato *An Hypothesis Explaining the Properties of Light* del 1675, da molti considerato come la sua più importante pubblicazione alchemica⁶⁸, Newton si chiede se la gravità possa essere causata dalla condensazione di un qualche “spirito etereo” e tratteggia una visione complessiva della natura di evidente derivazione alchemica⁶⁹: nel tentativo di chiarire le sue idee sulla natura della luce, egli cerca di dimostrare che lo spazio è pervaso da un etere sottilissimo, una sorta di fluido dotato di una grande vitalità ed elasticità, che non si trova solo nello spazio libero, ma anche nei corpi, penetrando «i pori dei cristalli, del vetro e dell’acqua»⁷⁰. È proprio l’alchimia a suggerirgli una concezione dell’etere come elemento imponderabile e sede di attività vitali⁷¹, che non si lascia ridurre alla nozione cartesiana di materia intesa come «semplice e pura estensione geometrica»⁷². In un altro trattato riconducibile a quegli anni, *On nature’s obvious laws and processes in vegetation*, questo etere vitale viene descritto nei termini alchemici della traspirazione: «The earth is a great animal or rather an animate vegetable [that] draws in aethereal breath for its daily refreshment and vital ferment and transpires again with gross exhalations»⁷³. Newton procede poi definendo questo soffio etereo come «subtle spirit», «nature’s universal agent», e «material soul of all matter»⁷⁴. A questa altezza, dunque, il mezzo responsabile della gravitazione sembra essere costituito da qualcosa di molto sottile e diffuso, forse «una natura untuosa, tenace ed elastica, che intrattiene con l’etere la stessa relazione che lo spirito vitale ha con l’aria»⁷⁵.

⁶⁸ Questa affermazione viene contestata da alcuni storici dell’alchimia, tra cui Newman: egli infatti sostiene che, nelle sue ricerche propriamente alchemiche, Newton abbia utilizzato un codice di comunicazione privato, tipico di chi si considera adepto di un’arte che deve rimanere nascosta ai più. Cfr. William R. Newman, *Newton the Alchemist. Science, enigma, and the quest for nature’s “secret fire”*, Princeton University Press, Princeton & Oxford, 2019.

⁶⁹ Cfr. William R. Newman, *A preliminary reassessment of Newton’s alchemy*, in: Iliffe R. & Smith G.E., *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 454-484.

⁷⁰ Franco Giudice, *Lo spettro di Newton. La rivelazione della luce e dei colori*, Donzelli, Roma, 2009, p. 167.

⁷¹ Scrive Dobbs: «The aethereal agent is vitalistic and universal in its actions; it is a “fermental virtue” or a “vegetable spirit”. [...] Vitalism seems to belong to the very origins of alchemy». (Betty J. T. Dobbs, *Newton’s Alchemy and His Theory of Matter*, in: «Isis», Dec., The University of Chicago Press, 1982, Vol. 73, No. 4, p. 515).

⁷² Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 94.

⁷³ Dobbs, *Newton’s Alchemy and His Theory of Matter*, cit., p. 517.

⁷⁴ Ivi, p. 520.

⁷⁵ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 96.

Seppur con qualche modifica, quest'idea si ripresenta in maniera costante all'interno dei suoi scritti successivi, tanto è vero che nella *Query 22*, aggiunta all'*Opticks* a partire dal 1706, emerge chiaramente che l'aria e le sue proprietà sono il modello che Newton cerca di trasferire all'etere gravitazionale, al punto da poterlo definire un etere "pneumatico", dalle caratteristiche simili a quelle di un soffio vitale e spirituale⁷⁶. Non sembra allora un caso che la *Query* immediatamente successiva contenga alcune importanti affermazioni sulle modalità d'azione di questo agente elastico e potente, che vengono attribuite direttamente a Dio e alla Sua capacità di ricombinare continuamente la materia, idea che sembra rifarsi proprio alla fermentazione alchemica. Con le sue parole: «Essendo in ogni luogo, [Dio] è in grado di muovere con la Sua Volontà i corpi nel Suo infinito e uniforme sensorio, e perciò di fare e rifare le parti dell'universo molto più di quanto non possiamo noi, con la nostra volontà, muovere le parti del nostro corpo»⁷⁷.

La forza di gravità trova quindi la propria spiegazione in Dio? Rispondere a questa domanda non è semplice: la posizione di Newton è molto sfumata e le interpretazioni degli storici sono molteplici⁷⁸. Non vi è dubbio che tale forza sia nelle mani di Dio, vera origine di tutti i fenomeni naturali; tuttavia, è altresì necessario un mezzo che permetta l'interazione tra Dio e il creato, così da garantire «l'effettiva realizzazione della Sua volontà»⁷⁹: tale intermediario si identifica proprio in quel soffio etereo sopracitato, che viene utilizzato per fornire una spiegazione unificata del reale e che, in ultima analisi, costituisce «un tentativo di dimostrare la costante attività divina nel mondo»⁸⁰. Questo principio attivo di natura alchemica non è altro che il mezzo attraverso il quale Dio esercita la Sua azione provvidenziale sulla natura, la "causa seconda" attraverso cui Egli opera⁸¹. Non sorprende allora che, estrapolando dalla marcata elasticità di questo spirito, Newton ne costruisca una nuova versione in grado di chiarire la gravità: si tratta di «un

⁷⁶ Scrive Newton: «Per assicurare il moto regolare e durevole dei pianeti e delle comete, è necessario vuotare i cieli di ogni materia, eccetto, forse, qualche vapore molto sottile, o esalazione, o effluvio che viene dall'atmosfera della Terra, dei pianeti e delle comete o da un qualche mezzo etereo estremamente rarefatto». (Isaac Newton, *Opticks*, Dover Publications, Dover, 2012, p. 352).

⁷⁷ Ivi, p. 353-354.

⁷⁸ Non avendo lo spazio per approfondire oltre, rimando a tal proposito alle considerazioni di Dobbs e Newman nelle opere già citate e a Lawrence M. Principe, *The Secrets of Alchemy*, University of Chicago Press, Chicago, 2013, pp. 83-106.

⁷⁹ Newman, *The Problem of Alchemy*, cit., p. 69.

⁸⁰ Ivi, p. 71.

⁸¹ Cfr. Robert Iliffe, *The religion of Isaac Newton*, in: Iliffe R. & Smith G.E., *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 485-523.

etere non solo estremamente elastico, ma anche estremamente attivo, una sostanza intermedia tra l'incorporeità di Dio e la piena corporeità del corpo, un mediatore cosmico tra Dio e la natura»⁸². L'etere può essere dunque inteso come «un soffio di materia attraverso il quale Dio entra attivamente nel mondo e il cui effetto può essere nondimeno assoggettato ad analisi sperimentale»⁸³.

Ciò detto, ci si può legittimamente chiedere: questa sostanza eterea deve allora essere classificata come elemento materiale o spirituale? Anche in questo caso la questione è piuttosto complessa. Lo stesso Newton appare alquanto enigmatico quando, in una lettera destinata al cardinale Bentley datata 25 febbraio 1693, scrive: «La gravità deve essere causata da un agente che opera costantemente in accordo a certe leggi, ma se questo agente sia materiale o immateriale l'ho lasciato alla valutazione dei miei lettori»⁸⁴. Con le parole di Dobbs:

Since a divine spirit was necessarily at work behind any active force that generated motion, then if an active force proved to be incorporeal, its operations would be direct evidence of the operation of divinity in the universe. If it proved to be corporeal, then an incorporeal spirit must stand behind it. Behind the universal force of gravity, whether its operations were effected by corporeal or incorporeal means, stood the literal omnipresence of God. [...] Whether the forces acted in a corporeal or a noncorporeal way, however, Newton was not able to say, and he did not rest quite easy with his formal statement on them⁸⁵.

Dal punto di vista della metodologia newtoniana, tuttavia, è importante sottolineare che le riflessioni legate ad una possibile spiegazione fisica della gravità non vengono esplicitamente trattate all'interno dei *Principia* o di altre opere "canoniche", ma rimangono confinate all'interno delle *Queries* e di scritti asistematici rimasti inediti. A tal proposito, può essere utile fare riferimento ad un passo centrale dei *Principia*. Nello *Scholium generale*, infatti, Newton pronuncia il celebre motto "Hypotheses non fingo", con cui «traccia in modo netto il confine tra ciò che è stabilito con certezza dal filosofo

⁸² Dobbs, *Isaac Newton, scienziato e alchimista. Il doppio volto del genio*, cit., p. 190.

⁸³ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 96.

⁸⁴ Isaac Newton, *Corrispondenza Newton-Bentley*, in: Newton, *Principi matematici della filosofia naturale*, cit., p. 116.

⁸⁵ Dobbs, *Newton's Alchemy and His Theory of Matter*, cit., pp. 524-525.

della natura e ciò che invece resta ancora al di là delle possibilità della filosofia sperimentale»⁸⁶:

Fin qui ho spiegato i fenomeni dei cieli e del nostro mare mediante la forza di gravità, ma non ho ancora stabilito la causa della gravità. [...] Non sono tuttavia ancora riuscito a dedurre dai fenomeni la causa di queste proprietà della gravità, e non fingo ipotesi. Qualunque cosa infatti non si deduce dai fenomeni deve essere chiamata *ipotesi*, e le ipotesi, sia metafisiche, sia fisiche, sia delle qualità occulte, sia meccaniche, non hanno spazio nella filosofia sperimentale⁸⁷.

Questa precisazione permette a Newton di non cadere in quella *impasse* che sembrava emergere nella sezione precedente: egli deve sì fermarsi ad un livello di trattazione “matematica” della filosofia naturale, ma ciò non significa che si metta ad avanzare ipotesi *ad hoc* o aprioristiche come quelle presentate da Cartesio. Benché tale limite non rappresenti affatto una rinuncia definitiva, come testimoniato dalle numerose ricerche eseguite da Newton⁸⁸, è interessante osservare come lo scienziato britannico «cerchi di separare le parti del suo lavoro in cui, seguendo il metodo dell’analisi e della sintesi dei matematici, i risultati sono dedotti con certezza dai fenomeni rispetto a quelle parti in cui, invece, sono esposte congetture e ipotesi che possono guidare la ricerca futura, ma che non sono ancora associate con certezza»⁸⁹.

È comunque indubbio che l’atteggiamento metodologico newtoniano non neghi alle ipotesi un ruolo euristico: nel caso della gravità, si sa per certo che esiste, ma non se ne conosce ancora la causa; non si preclude al fatto che in futuro sarà possibile determinarla, ma si afferma semplicemente di «non avere ancora gli strumenti per poterla dedurre dai fenomeni»⁹⁰. Un totale rifiuto vale soltanto per le ipotesi che sono completamente immaginarie e prive di qualsiasi riscontro empirico. Quelle che si basano su qualche dato sperimentale, anche se insufficiente per considerarle alla stregua dei principi scientifici dimostrati, possono invece essere ammesse, purché siano chiaramente

⁸⁶ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 210.

⁸⁷ Newton, *Principi matematici della filosofia naturale*, cit., p. 95.

⁸⁸ Cfr. Richard S. Westfall, *Newton e la dinamica del XVII secolo*, il Mulino, Bologna, 1982, pp. 476-516.

⁸⁹ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 199.

⁹⁰ Ivi, p. 212.

distinte da tali principi⁹¹. Non a caso, nel passo immediatamente successivo a quello sopracitato, Newton scrive:

Sarebbe ora lecito aggiungere qualcosa su un certo spirito sottilissimo che pervade i corpi più massicci e che si trova in essi nascosto; mediante la sua forza e le sue azioni le particelle dei corpi si attraggono reciprocamente a distanze piccolissime e, divenute contigue, formano un tutto connesso. [...] Ma queste cose non possono essere spiegate in poche parole, né vi è una sufficiente quantità di esperimenti con cui le leggi delle azioni di questo spirito si possano determinare e dimostrare accuratamente⁹².

È proprio qui che entra in gioco l'altro volto di Isaac Newton: nel tentativo di spiegare la causa della gravità, egli ipotizza una sostanza eterea attraverso cui Dio agirebbe direttamente sulla natura. Come si vedrà tra poco, Newton ritiene infatti che «la filosofia naturale e la scienza sperimentale siano in larga misura un'impresa di carattere religioso, attraverso la quale si può ottenere la comprensione del modo in cui Dio ha creato il mondo e continua ad agire in esso»⁹³. In ogni caso, è interessante constatare che l'approccio agli studi teologici attuato dallo scienziato britannico sia completamente conforme a quello delle sue ricerche in ambito fisico-matematico⁹⁴: lo *Scholium generale* non sarebbe altro che il principale manifesto della teologia di Newton⁹⁵ e costituirebbe una sorta di «compendio alle sue riflessioni religiose, metafisiche e metodologiche»⁹⁶. Contrariamente alla convinzione di Koyré secondo cui con Newton si sarebbe registrata la sparizione di tutte le considerazioni basate sulla perfezione, sull'armonia e sul

⁹¹ Cfr. Alexandra E. Shapiro, *Fits, Passions, and Paroxysms. Physics, Method and Chemistry and Newton's Theories of Coloured Bodies and Fits of Easy Reflection*, Cambridge University Press, Cambridge, 1993, pp. 12-40.

⁹² Newton, *Principi matematici della filosofia naturale*, cit., pp. 95-96. Come ben sottolineato da Giudice: «Newton sostiene qui che gli esperimenti sono ancora insufficienti per determinare e dimostrare le leggi che governano le “azioni di questo spirito”. Di conseguenza, non è ben chiaro per quale motivo abbia deciso di introdurre questo paragrafo, tanto più se si considera che esso viene subito dopo il celebre “Hypotheses non fingo”». (Giudice, *Introduzione a: Newton, Principi matematici della filosofia naturale*, cit., pp. XXIII-XXIV).

⁹³ Iliffe, *Newton. Il sacerdote della natura*, cit., p. XXXI.

⁹⁴ Newton, infatti, crede che tutto nella religione sia razionale e che si possano scovare dei segreti nascosti nelle profezie e nei miti fin dalle più antiche pagine dei testi sacri. Cfr. Iliffe, *The religion of Isaac Newton*, cit., pp. 494-508.

⁹⁵ *Ibidem*.

⁹⁶ Giudice, *Introduzione a: Newton, Principi matematici della filosofia naturale*, cit., p. XXIV.

finalismo, i *Principia* servono proprio a dimostrare che l'universo, con il suo ordine e la sua bellezza, è il prodotto di un'agente intelligente e benevolo.

A tal proposito, è importante riportare una citazione presa da una lettera che Newton scrisse al reverendo Bentley il 10 dicembre 1692; proprio nelle battute iniziali, si legge: «Quando scrissi il mio trattato sul nostro sistema, ebbi un occhio particolare per quei principi che potessero aiutare gli uomini riflessivi a credere in una divinità, e nulla può rallegrarmi di più che il mio libro sia considerato utile a tale scopo»⁹⁷. Sebbene questa affermazione possa sembrare circostanziale, essa esplica la vera costante dell'opera di Newton considerata nella sua interezza: dimostrare l'esistenza di Dio e la sua continua azione all'interno della natura e dei suoi fenomeni. Quello di Newton «non è il Dio di Cartesio, creatore di una macchina che può poi farne a meno, ma è un *Deus pantokràtor*, sempre presente nel dirigere gli eventi del cosmo»⁹⁸.

Come si è visto, infatti, secondo lo scienziato britannico il meccanicismo smentisce la finalità della natura e la presenza provvidenziale di Dio. Con le sue parole: «È inconcepibile che l'inanimata, bruta materia, senza la mediazione di qualcos'altro che non sia materiale, possa operare e influire su dell'altra materia senza contatto reciproco»⁹⁹. Newton non sta qui negando l'azione a distanza, ma il fatto che la gravità sia essenziale alla materia e che non le sia invece conferita da un mediatore divino. Come scrive Dobbs: «It was theologically unacceptable to designate the forces that generate activity in nature as intrinsic components of matter. Activity was the province of divinity; to attribute to "brute matter" the capacity for initiating motion would lead to atheism»¹⁰⁰. È questo ad essere inconcepibile, ovvero pensare che la materia sia intrinsecamente dotata di principi attivi come la gravità: se essa fosse una proprietà inerente alla materia, l'universo potrebbe muoversi autonomamente senza la Volontà del suo Creatore¹⁰¹.

⁹⁷ Newton, *Corrispondenza Newton-Bentley*, in: Newton, *Principi matematici della filosofia naturale*, cit., p. 99.

⁹⁸ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 96.

⁹⁹ Newton, *Corrispondenza Newton-Bentley*, in: Newton, *Principi matematici della filosofia naturale*, cit., p. 116.

¹⁰⁰ Dobbs, *Newton's Alchemy and His Theory of Matter*, cit., p. 526.

¹⁰¹ Dal carteggio con Bentley si evince che Newton fosse preoccupato che la sua filosofia potesse essere associata in qualche modo all'atomismo epicureo o a una qualche forma di filosofia pagana, in cui «la materia possiede per sua essenza la forza di gravitazione, o, più in generale, dei principi attivi che possono essere invece attribuiti solamente a Dio». (Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 207).

Al contrario, secondo Newton, «Dio governa il mondo seguendo un piano finalistico che il filosofo contempla nei fenomeni naturali»¹⁰²: proprio attraverso l'azione della gravità si possono quindi cogliere «la presenza di un progetto divino nell'ordine della natura e l'onnipresenza di Dio»¹⁰³. È questo il ben noto “argomento del disegno divino”, secondo il quale la natura rivela una finalità e un ordine teleologico che non possono essere attribuiti al caso o alla necessità, ma piuttosto al piano provvidenziale di un Architetto¹⁰⁴. La natura, dunque, offre al filosofo naturale la traccia dell'intervento ordinatore di Dio: è per questo motivo che Newton si erge a sacerdote della natura ed esorta ad un ritorno alla religione delle origini, in cui non vi è altra possibilità di raggiungere la conoscenza di Dio se non contemplando la struttura del mondo. Ma anche l'alchimia gioca la sua parte: Newton ritiene infatti che si possa cogliere la presenza di Dio nel cosmo attraverso la mediazione di quei principi attivi vegetativi diffusi nello spazio di cui si tratta nella letteratura alchemica¹⁰⁵. Il vero scopo delle sue ricerche alchemiche consiste dunque nel cogliere la realtà ultima del mondo, in cui un ruolo imprescindibile è giocato da Dio e dal Suo continuo intervento. Proprio da questo intento deriva l'importanza dell'alchimia all'interno delle sue ricerche, visto che «Newton's interest in alchemy had a religious origin, in the sense that his science as a whole was undoubtedly linked to his Christian convictions»¹⁰⁶.

Per rimanere coerente con le premesse metodologiche segnalate all'inizio di questo capitolo, in ogni caso, credo sia doveroso sottolineare che non bisogna tuttavia esagerare il carattere innovativo dell'introduzione da parte di Newton dei principi attivi, enfatizzando in maniera eccessiva l'influenza delle fonti non meccanicistiche e alchemiche: se queste pratiche hanno sicuramente condizionato il pensiero di Newton,

¹⁰² Dobbs, *Newton's Alchemy and His Theory of Matter*, cit., p. 528

¹⁰³ Ibidem. Dopo aver creato l'universo, Dio vi interviene con un miracolo continuo, evitando che le stelle cadano l'una sull'altra. La regolarità che osserviamo nel mondo non è garantita da cause naturali, ma da una riforma divina che scongiura gli effetti a lungo termine distruttivi della stessa gravitazione.

¹⁰⁴ Come scrive Rossi: «Newton si pone qui il problema della regolarità dei moti planetari. Quella regolarità non può dipendere da principi meccanici. L'essere del mondo non trova il suo fondamento in quei principi ed è necessario fare appello alle cause finali, al teleologismo. Da una cieca necessità metafisica non può nascere la varietà delle cose create. Il cieco fato non potrebbe mai fare muovere tutti i pianeti nella stessa direzione in orbite concentriche. L'uniformità del sistema planetario è il risultato di una scelta». (Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, cit., p. 325).

¹⁰⁵ Con le parole di Dobbs: «In his speculation about the vegetable and vegetative spirit he was seeking the source of all the God-directed processes of generation and growth in the natural world, processes that produced the endless variety of living forms and could not be relegated to the mechanical actions of gross corpuscles». (Dobbs, *Newton's Alchemy and His Theory of Matter*, cit., p. 521).

¹⁰⁶ Newman, *The Problem of Alchemy*, cit., p. 70.

esse non costituiscono l'unico fattore da considerare. Come sottolinea Giudice¹⁰⁷, infatti, è importante tenere a mente il contesto all'interno del quale Newton opera e documentare l'esistenza nell'Inghilterra del XVII secolo di una vera e propria tradizione di pensiero che fa uso dei principi attivi; con le sue parole: «tali agenti non meccanici sono impiegati soprattutto in chiave teologica, allo scopo di prevenire derive ateistiche implicite in una visione rigidamente meccanicista del mondo»¹⁰⁸. L'esigenza di introdurre tali principi nell'ontologia della natura, dunque, costituisce «una sorta di filo rosso che attraversa la filosofia naturale inglese di tutto il XVII secolo»¹⁰⁹. Come puntualizza Butterfield, infatti: «It is difficult to resist the view that in this period our attention ought to be directed not merely to Newton as an individual, but to the combined operations of the English group»¹¹⁰.

4. La complessità di Newton e il risanamento della scissione

Da quanto emerso in questo capitolo, sembra evidente che la tesi secondo cui il periodo della Rivoluzione scientifica sarebbe caratterizzato da un totale superamento degli studi alchemici, magici e religiosi, vada profondamente rivista e messa in discussione. In realtà, è piuttosto verisimile che «il sorgere della scienza moderna sia stato accompagnato da mutamenti epistemologici meno radicali di quanto si è pensato e che la visione del mondo propria di questo periodo debba essere considerata come un fenomeno complesso, il risultato di un'interazione tra forze diverse»¹¹¹: tutte queste hanno apportato il loro contributo al processo di mutamento e «non è possibile escluderne una a priori, sostenendo che si tratti di una inutile zavorra, avanzo di uno screditato passato magico»¹¹². Le ricostruzioni classiche e positivistiche della Rivoluzione scientifica hanno

¹⁰⁷ Cfr. Franco Giudice, *Isaac Newton e la tradizione dei principi attivi nella filosofia naturale inglese del XVII secolo*, in: Leo S. Olschki, *Scienza e teologia fra Seicento e Ottocento: studi in memoria di Maurizio Mamiani*, Biblioteca di Nuncius, Firenze, 2006, Vol. 61, pp. 39-55.

¹⁰⁸ Ivi, p. 54.

¹⁰⁹ Ibidem.

¹¹⁰ Butterfield, *The Origins of Modern Science*, cit., p. 153.

¹¹¹ Webster, *Magia e scienza da Paracelso a Newton*, cit., pp. 26-27.

¹¹² Ivi, p. 28.

dunque sottovalutato il peso che fattori altri ebbero sul movimento scientifico del XVII secolo¹¹³.

In particolare, come si evince dal ritratto di Newton che è stato delineato nei precedenti paragrafi, sembra necessaria una profonda revisione di quella tradizione storiografica che si è protratta fino al Novecento, rea di avere idealizzato Newton dipingendolo come il perfetto modello dello scienziato moderno e come lo spartiacque oltre il quale sarebbe nata a tutti gli effetti la scienza come la intendiamo oggi. Come si è detto, è proprio a causa di questa proiezione anacronistica che si genera una tensione apparentemente incolmabile tra il Newton “scienziato” e il Newton “alchimista e sacerdote della natura”: in un certo senso, siamo noi a creare questa scissione, tentando di leggere e di interpretare gli studi di Newton alla luce delle nostre categorie di “scienza” e “scienziato”. Al contrario, la nozione di scienza che sta alla base del suo operato è alquanto differente: essa, infatti, comprende tutta una serie di elementi (religiosi, magici e alchemici) che non sembrano scientifici all’occhio contemporaneo, ma che sono invece imprescindibili alla nozione newtoniana di scienza, che si caratterizza in ultima analisi come una vera e propria “filosofia naturale”. All’epoca di Newton, infatti, uno scienziato del suo calibro si sarebbe piuttosto definito come filosofo (o “sacerdote”) della natura, in grado di operare una sorta di mediazione tra Dio e il creato, mosso da ambizioni che, come si è visto, «vanno ben al di là di quanto si prefigge oggi un fisico o un chimico»¹¹⁴. Non a caso, Newman scrive: «In the hands of Newton, both chemistry and physics were tools for arriving at fundamental truths about nature and its operations»¹¹⁵. È dunque inevitabile che, nel voler leggere la figura di Newton come scienziato moderno, emerga una vera e propria contraddizione.

Inoltre, è importante ricordare che «ciò che oggi chiamiamo scienza non è mai apparso agli storici come un prodotto finito»¹¹⁶: la storia della scienza può servire a renderci consapevoli del fatto che «la razionalità, il rigore logico e la stessa struttura del

¹¹³ Può essere interessante menzionare a tal proposito la suggestiva e radicale tesi di Robert Westman, secondo cui le scoperte astronomiche di Copernico sarebbero state in realtà mosse dall’intento di realizzare una migliore teoria astrologica, grazie alla quale ottenere previsioni e vaticini più precisi. Lascio questa riflessione come spunto e rimando a: Robert S. Westman, *The Copernican Question. Prognostication, skepticism and celestial order*, University of California Press, Oakland, 2011.

¹¹⁴ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 99.

¹¹⁵ Newman, *The Problem of Alchemy*, cit., p. 72.

¹¹⁶ Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, cit., p. 359.

sapere scientifico non sono categorie perenni dello spirito né dati eterni della storia umana, ma conquiste storiche»¹¹⁷. Si può dunque affermare senza troppo timore che il concetto stesso di scienza sia sempre e inevitabilmente definito o collocato da un punto di vista storico-culturale¹¹⁸: la scienza di Newton, allora, non sarebbe altro che una commistione tra discipline quali alchimia, teologia, chimica, fisica, matematica, ecc., a partire dalle quali si è poi sviluppata l'attuale nozione di scienza. Ma è anche importante ribadire che l'idea stessa che abbiamo oggi di queste singole discipline non è identica a quella che si aveva allora: l'alchimista del Sei-Settecento, infatti, non è necessariamente un ciarlatano o un mistico cultore di pratiche occulte; al contrario, «vi sono anche alchimisti che si dedicano alla produzione di farmaci, pigmenti o alla purificazione dei metalli e la cui competenza viene spesso ricercata in tutta Europa»¹¹⁹. Come Newton, essi «si sforzano di avanzare nella conoscenza della materia attraverso l'imprescindibile riprova dell'esperienza di laboratorio»¹²⁰.

Così, piuttosto che l'eroe della scienza moderna, Newton potrebbe essere invece considerato come un perfetto filosofo naturale del suo tempo, come un tassello fondamentale all'interno di quel processo che ha progressivamente portato allo sviluppo del prototipo contemporaneo di scienza, senza pretendere che egli ne incarni immediatamente il modello ultimo, fatto e finito. Per quanto lontani dall'immagine odierna di scienza, infatti, i suoi studi altri non sarebbero apparsi insoliti ai suoi contemporanei. Con le parole di Rossi:

Come nel caso degli interessi per l'alchimia e della ferma credenza di Newton in una originaria Sapienza delle origini, anche il rapporto che egli stabilisce tra la scienza e la religione, tra il concetto di Dio e la fisica, tra il metodo di indagine sulla natura e il metodo di lettura dei Testi Sacri collocano l'intera opera di Newton su un piano assai diverso da quello, irrimediabilmente obsoleto, delle interpretazioni di Newton come scienziato positivo o delle sue celebrazioni come primo grande scienziato moderno. [...] Riportare tutte le affermazioni di Newton ad un contesto interamente "moderno" sembra un'impresa disperata¹²¹.

¹¹⁷ Ibidem.

¹¹⁸ Di questo aspetto mi accingo a parlare nello specifico all'interno dei prossimi capitoli.

¹¹⁹ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 99.

¹²⁰ Ibidem.

¹²¹ Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, cit., p. 358.

Similmente, anche Hall scrive:

Newton, therefore, cannot be described without reservation as a “modern scientist”. His own attitude to nature still bore traces of the medieval; he faced some problems which the modern world considers unworthy of serious consideration, and by contrast philosophized sometimes in such a fashion as to gloss over other problems which have since become important¹²².

Non stupisce allora che gli studi di Newton in ambito religioso e alchemico siano «altrettanto estesi e metodologicamente scrupolosi quanto qualunque sua indagine nel campo della scienza naturale»¹²³: teologia e alchimia sono a tutti gli effetti dei costituenti essenziali per la “scienza” newtoniana. Dunque, non è più plausibile considerare questa componente delle sue ricerche come «un residuo imbarazzante di superstizioni della prima modernità, o come il sottoprodotto di una mente senile, privo di qualsiasi valore storico-culturale»¹²⁴. Parimenti, per quanto lontana dalla nostra sensibilità scientifica, «la tessitura linguistica di queste ricerche altre condotte da Newton è senz’altro in linea con il rigore quantitativo che caratterizza tutto il suo lavoro»¹²⁵ e la globalità dei suoi studi possiede un’unica direzione e un unico scopo: studiare la figura di Dio e dimostrare la sua continua azione all’interno del mondo. Questo è il fine ultimo della scienza newtoniana. Consapevoli di questo aspetto, la tensione si risana e viene meno. Infatti, nonostante l’apparente possibilità di forgiare dei nessi tra le due attività, la verità è un’altra: per evitare una frattura a posteriori della figura di Isaac Newton, ciascuno dei due ambiti va considerato come il prodotto di un’unica mente, guidata da un unico intento e conforme ad un contesto storico-culturale «in cui le questioni alchemiche, religiose e scientifiche costituiscono un tutto inscindibile»¹²⁶.

In conclusione, ribadisco dunque che lo scopo di questo capitolo è stato proprio quello di proporre un’immagine più contestualizzata di Newton, che, rispettando la diversità del Newton alchimista e sacerdote della natura dalla figura dello scienziato

¹²² Hall, *The Scientific Revolution: 1500-1700*, cit., p. 245.

¹²³ Iliffe, *Newton. Il sacerdote della natura*, cit., p. XXXVIII.

¹²⁴ Ibidem.

¹²⁵ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 198.

¹²⁶ Webster, *Magia e scienza da Paracelso a Newton*, cit., p. 149.

moderno, consentisse di ricomporre ad unità «la scissione nella quale è rimasta intrappolata la storiografia newtoniana fino al dopoguerra»¹²⁷, permettendo così di ristabilire la complessità della sua immagine e dei suoi studi. In tal senso, mi avvalgo ancora una volta delle brillanti parole di Newman: «Newton was neither the last of magicians nor the first of the age of reason: his alchemical labors were the “stock-in trade” of early modern experimental science¹²⁸. [...] The apparent incongruity between Newton the scientist and Newton the alchemist dissolves when we acquire a deeper understanding of alchemy, of the man himself and of his period»¹²⁹.

¹²⁷ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 25.

¹²⁸ Newman, *The Problem of Alchemy*, cit., p. 69.

¹²⁹ Ivi, p. 75.

Capitolo 2

1. Come utilizzare gli anacronismi nella storia della scienza? Una questione metodologica

Ripartendo da quanto esposto nel precedente capitolo, mi soffermerò ora sul ruolo giocato nell'emergere della "tensione newtoniana" da categorie anacronistiche o a posteriori, riflettendo sul valore metodologico della loro applicazione. Come si può facilmente intuire, il caso di Newton costituisce solamente una delle possibili istanziazioni che si possono annoverare all'interno della storia della scienza e della storia in generale. L'intento di questa sezione sarà infatti quello di sviluppare una riflessione e un ragionamento che, a partire dall'esempio considerato, possano dare vita ad un'operazione di astrazione, che permetta di considerare la suddetta questione in termini più ampi. Le domande che guideranno questa breve sezione saranno dunque le seguenti: come dovremmo trattare da un punto di vista metodologico la questione degli anacronismi? Ha senso farne uso o si tratta solamente di elementi che rischiano di inficiare la bontà della nostra indagine? E se ha senso, come dovremmo utilizzarli?

A mio modo di vedere, almeno in un primo momento, si può considerare la loro applicazione come un'operazione ingenua e inconsapevole, paragonabile alla presenza di un errore sistematico all'interno un'esperienza di laboratorio: entrambi risultano difficilmente ravvisabili da parte del ricercatore, che si ritrova innanzi a una serie di analisi e misurazioni falsate, senza che abbia modo di rendersene conto. A meno che, come nel caso appena presentato, non si generi un qualche tipo di contraddizione che attivi un mutamento nel suo modo di osservare la situazione, un vero e proprio cambiamento di "sguardo" sull'oggetto che sta studiando, operazione che può essere tuttavia effettuata solamente in maniera retrospettiva. In ogni caso, è chiaro che il rischio di applicare anacronismi ingenui sia di primo acchito piuttosto alto e, per certi versi, quasi inevitabile: è facile che la prospettiva con cui ci avviciniamo a un autore o a un concetto sia probabilmente filtrata da quelle particolari lenti che caratterizzano il nostro periodo storico, rischiando così di inficiare la ricerca che stiamo svolgendo. Come visto, inoltre,

ciò vale anche per i termini di cui ci serviamo nelle nostre ricerche storiografiche: la particolare accezione con cui intendiamo un concetto quale quello di “scienza”, infatti, può mutare anche in maniera alquanto significativa a seconda delle epoche storiche¹.

Consapevoli di questo aspetto ed epurata la nostra indagine da questo rischio, si aprono allora due possibilità: da un lato, alcuni studiosi difendono la legittimità e il diritto da parte degli storici di utilizzare le proprie categorie storiografiche, nate a seguito della conoscenza delle effettive conseguenze delle azioni passate. Per esempio, Nick Tosh² sostiene che «la coesione della storia della scienza si fonda in modo cruciale sulla nostra capacità di individuare quelle attività del passato che sono state fondamentali per lo sviluppo della scienza moderna»³. In questo modo, la storia della scienza non si limita allo studio di tali attività, ma si struttura intorno ad esse. Perciò, questa disciplina sarebbe intrinsecamente *present-centred*: i suoi confini, infatti, sarebbero determinati da giudizi inaccessibili agli attori storici coevi agli eventi e questa centralità del presente non dovrebbe essere considerata un problema, in quanto «le sue conseguenze metodologiche sono minime»⁴.

Altri, come Andrew Cunningham, sostengono che «la storia della scienza è, o dovrebbe essere, la storia di un'attività intenzionale da parte dei soggetti coinvolti e che le azioni passate che non appartengono legittimamente a questa descrizione devono rimanerne al di fuori»⁵. Con un esempio riguardante proprio Newton, egli sottolinea che «le sue ricerche relative alla gravità non dovrebbero essere studiate come una parte della storia della scienza, ma più propriamente come una componente della storia della filosofia naturale»⁶. Effettivamente, come è emerso all'interno del capitolo precedente, tale distinzione si rivela corretta: Newton non dovrebbe essere considerato uno scienziato, ma un filosofo della natura, aspetto essenziale per un'adeguata comprensione della complessità delle sue ricerche. Ancora, come sostiene Srinivas Aravamudan:

¹ Di questo aspetto parlerò in maniera più approfondita nel prosieguo dell'elaborato. Cfr. Cap. 3.

² Cfr. Nick Tosh, *Anachronism and retrospective explanation: in defence of a present-centred history of science*, in: «Studies in History and Philosophy of Science», Cambridge, 2003, no. 34, pp. 647-659.

³ Ivi, p. 647.

⁴ Ibidem.

⁵ Cfr. Andrew Cunningham, *Getting the game right: Some plain words on the identity and invention of science*, in: «Studies in the History and Philosophy of Science», 1988, No. 19, pp. 365-389.

⁶ Ivi, p. 377.

The history of science is certainly not limited to identifying and concatenating the causally important activities: it is also concerned with studying and understanding those activities. It is obvious that we will not understand a past activity unless we understand its cultural context; and to understand the cultural context is, by definition, to know something about the culturally contiguous activities⁷.

Nel nostro caso, per esempio, venire a conoscenza degli interessi di Newton in ambito alchemico e teologico ci aiuta a comprendere il suo attento studio delle dinamiche celesti.

Ciò detto, sembra dunque che la storia della scienza sia una disciplina piuttosto complessa, il cui obiettivo non è solamente ricostruire una concatenazione di eventi tra loro in successione, ma anche e soprattutto capire quando, come e perché un determinato evento è occorso. Ma allora, se si fa riferimento alle ricerche di uno specifico autore, potremo davvero capire le sue intenzioni e il significato dei termini da lui utilizzati solamente attraverso una puntuale analisi del suo contesto socioculturale e linguistico. Non a caso, Quentin Skinner⁸ parla della necessità di una sorta di “bilinguismo” come prerequisito fondamentale per un valido storico della scienza; con le sue parole: «non si tratta solamente della capacità di comprendere due lingue differenti, ma anche e soprattutto due periodi differenti, senza rinunciare necessariamente a metterli in relazione»⁹. L’attività dello storico, secondo Skinner, può essere paragonata a quella dell’antropologo e, di conseguenza, a quella del traduttore¹⁰. Con le parole di Hans-Georg Gadamer, infatti: «chi vuol comprendere un testo deve essere pronto a lasciarsi dire qualcosa da esso. Perciò [...] deve essere preliminarmente sensibile all’alterità del testo. Tale sensibilità non presuppone né un’obiettiva neutralità né un oblio di sé stessi, ma implica una precisa presa di coscienza dei propri preconcetti e dei propri pregiudizi»¹¹. La traduzione e l’interpretazione si configurano dunque come un luogo di accesso al mondo dell’altro, luogo che si trova in un punto medio tra la distanza e la vicinanza assolute. Il traduttore, infatti, «è un interprete che deve sacrificare le ragioni delle due lingue per restituire la “cosa del testo”, ossia l’oggetto del discorso che gli interlocutori

⁷ Srinivas Aravamudan, *The Return of Anachronism*, in: «MLQ: Modern Language Quarterly», Duke University Press, Vol. 62, No. 4, 2001, p. 333.

⁸ Cfr. Skinner, *Meaning and Understanding in the History of Ideas*, cit., pp. 3-53.

⁹ Ivi, p. 9.

¹⁰ Ibidem.

¹¹ Hans Georg Gadamer, *Verità e metodo*, Bompiani, Milano, 2000, p. 316.

hanno in comune»¹². Bisogna inoltre riconoscere l'impossibilità di una neutralità dinanzi alla costitutiva estraneità del testo (o, fuor di metafora, del periodo storico) da comprendere ed è importante sottolineare che, come in una traduzione, non si avrà mai una perfetta corrispondenza tra l'originale e la nuova versione del testo; tuttavia già in questo tentativo dialettico di trasposizione e comprensione si può cogliere la bontà di tale operazione.

La mia idea è dunque la seguente: in primis, ritengo fondamentale scongiurare la possibilità di applicare quelli che ho indicato come anacronismi ingenui¹³; infatti, come sostiene Tosh: «We can say that a biography of Newton which focussed entirely on his mathematical and astronomical work, and which attempted to write his biblical and alchemical investigations out of history, would be a bad biography of Newton»¹⁴. Una volta individuati, la chiave che permette di discriminarne un buon utilizzo o meno dal punto di vista metodologico è allora l'intenzione che guida l'indagine dello storico. Se si vuole ricostruire il contesto coevo alle proprie ricerche, è evidente che ci si debba rifare alla posizione di Cunningham e cercare di avvicinarsi il più possibile ad una profonda comprensione del periodo; altrimenti, può essere altrettanto legittimo creare dei tentativi di connessione tra passato e presente, adottando una prospettiva maggiormente *present-centred* e cercando di sviscerare, per esempio, il cambiamento di senso della nozione di scienza, interrogandosi se vi sia un dialogo o un netto distacco tra le due: in questo modo, si potrebbe riflettere sul concetto attuale di scienza, chiedendosi se con esso si intende una scienza "elastica", che comprende anche le cosiddette pseudoscienze, o invece una scienza che "parla solamente a noi" e rimane inevitabilmente distante da Newton. In conclusione, ritengo che, con le dovute precauzioni, gli anacronismi possano rivelarsi un utile strumento grazie al quale ottenere una maggiore comprensione del nostro presente e del nostro passato, attraverso uno sguardo che si deve mantenere costantemente dinamico e proiettare in entrambe le direzioni, dando così vita ad una prospettiva bilaterale e non meramente unidirezionale.

¹² Ivi, p. 355.

¹³ Mi rendo conto di essere stato piuttosto laconico e superficiale in merito al come evitare anacronismi ingenui; tuttavia, non ho qui lo spazio per occuparmene oltre e in maniera più approfondita. Sarebbe interessante soffermarsi su questo aspetto in un altro lavoro. Per il momento, rimando il lettore interessato agli studi sopracitati di Avaramudan e Tosh.

¹⁴ Tosh, *Anachronism and retrospective explanation: in defence of a present-centred history of science*, cit., p. 656.

2. Epistemologia storica: la caccia all'elefante bianco

All'interno di questa seconda sezione, vorrei proseguire il ragionamento sopra sviluppato con un'ulteriore riflessione di carattere metodologico, che credo consenta di comprendere in maniera più consapevole le difficoltà e le complessità degli studi che riguardano la storia della scienza. Tradizionalmente, infatti, essa è stata divisa in una serie di periodi o momenti fondamentali, che vengono identificati a partire da quelle particolari prospettive che gli storici decidono di assumere: è dunque inevitabile effettuare delle scelte e adottare uno specifico punto di vista, che, come detto poc'anzi, risulta imprescindibile per cogliere quel peculiare sguardo che applichiamo al nostro oggetto di indagine.

Come si può evincere facilmente, infatti, i criteri che si possono applicare nelle classificazioni e periodizzazioni storiche sono molteplici: non a caso, se si considera l'indice di un'opera monumentale come la *Storia della scienza* redatta in 10 volumi dall'Enciclopedia Treccani, si può notare fin da subito un'ampia scansione che parte dall'antichità, servendosi talvolta di un criterio temporale¹⁵, in cui si ripercorrono le tappe fondamentali delle scoperte scientifiche in ordine cronologico, e talvolta di un criterio geografico¹⁶, in cui si enucleano le “vicende scientifiche” di quelle popolazioni che hanno conosciuto un progresso tecnologico differente, fino a quando non sono entrate in contatto con la scienza europea; ancora, si può avere una classificazione che fa utilizzo di un criterio religioso¹⁷. Come si è visto anche nel paradigmatico caso di Isaac Newton analizzato nel precedente capitolo, religione e teologia costituiscono una componente imprescindibile negli studi “scientifici” precedenti all'età contemporanea, una sorta di sostrato fondamentale all'interno del quale convergono vettori di differente provenienza.

Si hanno quindi criteri cronologici, geografici, religiosi, culturali e sociali, che permettono di analizzare un determinato periodo storico sotto una specifica lente di ingrandimento: è importante ricordare che queste classificazioni sono il frutto del dibattito tra gli esperti del settore, che danno spesso vita a filoni che si sono poi affermati come “canonici” durante il corso del tempo e che risultano difficili da scalzare. Se alcune

¹⁵ Si veda per esempio il Vol. I, dedicato alla Storia della scienza antica. Cfr. Giovanni Treccani, *Storia della scienza*, in 10 Vol., Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma, 2001-2004, Parte Prima, Vol. I.

¹⁶ Si veda per esempio il Vol. II, dedicato alla Storia della scienza in India, in Cina e nelle Americhe. Ivi, Vo. II.

¹⁷ Si veda per esempio il Vol. III, dedicato alla Storia della scienza nella Civiltà islamica. Ivi, Vol. III.

volte si fa ancora riferimento a quelle stesse periodizzazioni storiografiche che gli individui coevi agli eventi hanno realizzato, altre volte invece, come si è visto, i criteri di classificazione risultano anacronistici o a posteriori, in quanto imposti a lunga distanza dall'effettivo svolgimento degli eventi e delle scoperte, spesso attraverso l'applicazione di categorie che rischiano di smarrire la complessità di un determinato evento, personaggio o concetto¹⁸.

Ciò detto, questo può essere un primo punto sul quale vorrei riflettere: come in ogni indagine storica che si rispetti, anche all'interno della storia della scienza dobbiamo accantonare l'idea che lo sviluppo storico avvenga in maniera univoca e unidirezionale, ma, al contrario, bisogna considerare i vari percorsi e vettori che si intrecciano nel suo dispiegarsi, dando vita ad una complessità crescente e non banale, che costituisce l'elemento centrale da tenere a mente quando si ragiona sulla metodologia da utilizzare. Parimenti, bisogna prestare attenzione alle ricostruzioni storiche viziate da "finalismo", ovvero da quei ragionamenti che identificano una sorta di "percorso verso" nel susseguirsi degli eventi e delle idee, individuando dei segni o delle premesse che vengono considerati tali solamente perché si sa già come sono poi effettivamente andate le cose.

È proprio per questo motivo che la storia è sempre aperta a nuove interpretazioni e può essere sempre rimessa in discussione: essa, infatti, risulta strettamente dipendente da quelle specifiche "lenti" attraverso le quali si conduce l'indagine. Nel caso di Newton, per esempio, si è visto come le differenti angolature attraverso cui si è cercato di ricostruire la sua immagine abbiano dato vita a ritratti anche molto diversi, se non in vera e propria contraddizione. Allo stesso tempo, il rischio è quello di perdere tutti gli altri vettori che compongono la complessità di una determinata ricerca, limitandosi unicamente ad una specifica prospettiva: soltanto un'indagine onnicomprensiva e consapevole, di evidente difficoltà realizzativa, permette di restituire un'immagine più veritiera della storia (della scienza), dei suoi concetti e dei suoi protagonisti.

In ogni caso, non volendo ricadere in propositi utopistici, credo che l'obiettivo minimo che un buono storico dovrebbe prefiggersi sia il seguente: capire come Newton o un qualsiasi altro "scienziato" si sia mosso e abbia cambiato la frontiera della scienza all'interno della logica lui coeva, proiettandosi verso nuove ricerche e nuove modalità di fare scienza, senza tuttavia leggere necessariamente nei segni da loro lasciati le premesse

¹⁸ Cfr. Cap. 1 e sezione precedente.

per quei particolari sviluppi che sarebbero sorti solamente in un secondo momento. Nell'annoso caso di Newton, è proprio una lettura finalistica che ha portato ad ergerlo a "paradigma dello scienziato moderno", identificando nel suo operato le fondamentali premesse per quello che si è rivelato essere soltanto uno sviluppo a lui successivo. Sebbene si possa sicuramente considerare Newton un catalizzatore di questo processo, è tuttavia sbagliato ritenere, come detto, che egli ne incarni già il modello fatto e finito, confondendo una tappa del percorso con la sua destinazione.

Lo storico della scienza, dunque, si trova davanti a eventi altamente creativi e complessi da ricostruire, non conoscendo in maniera puntuale il percorso che ha portato all'affermazione di un particolare paradigma scientifico o al conseguimento di una specifica scoperta, soprattutto a causa della frequente mancanza di documenti coevi o autografi. Infine, come detto a più riprese nei paragrafi precedenti, non bisogna dimenticare il cruciale ruolo giocato dalla peculiare interpretazione cui uno storico dà vita nel momento in cui entra in contatto con un evento del passato. Infatti, non esistono dei dati di fatto storici, o, quanto meno, esistono solamente in parte: quello che esiste davvero è invece una sovrastruttura di interpretazione dei fatti storici, sulla quale lo storico interviene come agente attivo¹⁹. È cruciale tenere sempre a mente che, come l'antropologo, nel momento in cui conduce un'indagine, lo storico "corrompe" i dati di cui dispone, partecipando attivamente alla loro manipolazione. Ecco perché è necessario un costante lavoro di ripiegamento su se stessi, così da essere il più coscienti e consapevoli possibile dei propri criteri di indagine e da scongiurare il rischio di ricadere in fuorvianti anacronismi o in evidenti errori di ricostruzione degli eventi²⁰.

Il lavoro dello storico è quindi un lavoro indiziario: la storia della scienza, ribadisco, assume un carattere fortemente aperto, che si presta sempre a nuove ricerche e a nuove interpretazioni, dipendendo strettamente dalle domande che vengono poste e che costituiscono le linee-guida della sua indagine. A tal proposito, vorrei rifarmi brevemente ad un brillante articolo del 2000, scritto a più mani da Jurgen Renn, Peter Damerow e

¹⁹ Cfr. Maiocchi, *Storia della scienza in Occidente: dalle origini alla bomba atomica*, cit., e Tosh, *Anachronism and retrospective explanation: in defence of a present-centred history of science*, cit., pp. 647-659.

²⁰ Cfr. Cap. 1 e la sezione precedente.

Simone Rieger²¹. Prima di enucleare l'argomento principale di questo articolo, tuttavia, è necessario effettuare una fondamentale premessa, che introduce nel mio ragionamento la figura di Galileo Galilei.

Galileo è un personaggio del quale la tradizione storiografica ci ha senza dubbio restituito numerosi elementi²². Emblematico è il caso della legge di caduta dei gravi e il percorso che ha portato il matematico pisano a scoprirla: questa legge, infatti, viene spesso considerata un elemento imprescindibile per il successivo sviluppo della fisica moderna, visto che lo stesso Newton la utilizzerà per formulare la legge di gravitazione universale²³. Tuttavia, il tentativo di ricostruire le tappe fondamentali del processo attraverso il quale Galileo avrebbe effettuato tale scoperta risulta particolarmente impervio e confusionario, al punto da poterlo apparentemente definire come una vera e propria «commedia degli errori»²⁴. Nel 1604, infatti, Galileo ricava questa legge da un principio sbagliato, basandosi sulla relazione per cui la velocità sarebbe direttamente proporzionale allo spazio percorso. Sebbene, di primo acchito, questa relazione possa sembrare più intuitiva, solamente in un secondo momento egli si rende conto che il rapporto di proporzionalità sussiste invece tra velocità e tempo, introducendo per la prima volta questa fondamentale variabile all'interno dei calcoli della matematica e della fisica²⁵: non a caso, essa rimarrà un elemento imprescindibile della fisica moderna fino all'avvento della relatività einsteiniana²⁶.

Se vogliamo servirci di una appropriata metodologia di indagine storica, emendata da ogni anacronismo, dobbiamo quindi cercare di comprendere come Galileo abbia ricavato per la prima volta un risultato così importante, includendo anche gli errori compiuti all'interno del percorso di scoperta: essi, infatti, costituiscono un elemento ineliminabile se si vuole realizzare una corretta ricostruzione storica. Come detto in

²¹ Jurgen Renn, Peter Damerow & Simone Rieger, *Hunting the White Elephant: When and How did Galileo Discover the Law of Fall*, in: «Science in Context», Cambridge University Press, Cambridge, 2000, No. 13, pp. 299-419.

²² Per una trattazione più approfondita della figura di Galileo rimando a: Massimo Bucciantini, Michele Camerota & Franco Giudice, *Il telescopio di Galileo. Una storia europea*, Einaudi, Torino, 2012, e a Peter Machamer, *The Cambridge Companion to Galileo*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.

²³ Cfr. Maiocchi, *Storia della scienza in Occidente: dalle origini alla bomba atomica*, cit., pp. 326-334.

²⁴ Renn, Damerow & Rieger, *Hunting the White Elephant: When and How did Galileo Discover the Law of Fall*, cit., pp. 299-419.

²⁵ Ibidem.

²⁶ In merito alla possibilità di espungere la variabile (t) dalle equazioni della fisica, rimando il lettore interessato a: Carlo Rovelli, *L'ordine del tempo*, Adelphi, Milano, 2017. Lascio infatti questa riflessione solamente come spunto, non avendo lo spazio per approfondirla ulteriormente.

precedenza, non dobbiamo però peccare di “finalismo”. Per noi, infatti, è banale considerare il tempo [t] all’interno delle equazioni della fisica, cosa che invece risulta del tutto controintuitiva agli studiosi coevi a Galileo. All’interno dell’articolo sopracitato, questa ricostruzione è stata paragonata alla «caccia all’elefante bianco»²⁷: basandosi sull’omonimo racconto di Mark Twain, gli autori sviluppano importanti riflessioni di carattere metodologico, imprescindibili per muoversi in maniera critica e consapevole all’interno di un’indagine e di una ricostruzione storica fondate su una domanda posta correttamente. Ecco come gli autori riassumono, in sede di apertura, la tesi del proprio articolo:

We present a number of findings concerning Galileo’s major discoveries which question both the methods and the results of dating his achievements by common historiographic criteria. The dating of Galileo’s discoveries is, however, not our primary concern. This paper is intended to contribute to a critical reexamination of the notion of discovery from the point of view of historical epistemology. We claim that the puzzling course of Galileo’s discoveries is not an exceptional comedy of errors, but rather illustrates the normal way in which scientific progress is achieved. We argue that scientific knowledge generally develops not as a sequence of independent discoveries accumulating to a new body of knowledge, but rather as a network of interdependent activities which only as a whole makes the individual steps understandable as meaningful discoveries²⁸.

Nello specifico, vorrei portare l’attenzione su due punti di questo passo, che, a mio modo di vedere, risultano interessanti per ragioni opposte:

- Il primo è legato alla frase «the normal way in which scientific progress is achieved». Infatti, credo sia problematico parlare di “normalità” del modo in cui avviene una scoperta scientifica: si pensi per esempio a quelle scoperte che avvengono per mezzo di un evento serendipitoso, difficilmente riconducibili al canonico “metodo

²⁷ Renn, Damerow & Rieger, *Hunting the White Elephant: When and How did Galileo Discover the Law of Fall*, cit., pp. 299-419.

²⁸ Ivi, p. 299.

scientifico” con cui solitamente ci si riferisce al *modus operandi* della scienza²⁹. Al contrario, aspetti come casualità ed errori rappresentano degli elementi costitutivi dell’indagine e della scoperta scientifica.

- Il secondo, invece, si evidenzia a partire da quella «network of interdependent activities» che diviene fondamentale per un corretto approccio metodologico basato sui presupposti teorici dell’epistemologia storica³⁰.

Prima di sviluppare in maniera più approfondita questo secondo punto, che costituirà il nucleo della parte finale di questa sezione, credo sia importante riproporre il racconto di Mark Twain della «caccia all’elefante bianco», così da consentire al lettore una più facile comprensione dei prossimi ragionamenti: esso, infatti, viene utilizzato e rivisto in maniera analogico-metaforica per descrivere in modo più consapevole il percorso che ha portato Galileo alla scoperta della legge di caduta dei gravi e costituisce uno dei riferimenti centrali per comprendere quanto argomentato nel suddetto articolo.

In *The Stolen White Elephant*, Mark Twain tells the story of a white elephant, a gift of the king of Siam to Queen Victoria of England, which somehow got lost in New York on its way to England. An impressive army of highly qualified detectives swarmed out over the whole country in search of the lost treasure. And after a short time an abundance of optimistic reports with precise observations were returned by every detective giving evidence that the elephant must have been shortly before at the very place he had chosen for his investigation. Although one elephant could never have been strolling around at the same time at such different places over a vast area, and in spite of the fact that the elephant, wounded by a bullet, lay dead the whole

²⁹ In un articolo che uscirà nei prossimi mesi, scritto a quattro mani con la professoressa Selene Arfini, del Dipartimento di Studi Umanistici dell’Università di Pavia, mi sono occupato del ruolo giocato dalla serendipità all’interno della scoperta scientifica, argomentando a favore del fatto che essa costituisca una vera e propria spiegazione e non una mera descrizione. Per maggiori spunti in merito a questo interessantissimo argomento, rimando a: Selene Arfini, Tommaso Bertolotti & Lorenzo Magnani, *The Antinomies of Serendipity How to Cognitively Frame Serendipity for Scientific Discoveries*, in: «Topoi», No. 39, pp. 939-948, a Samantha Copeland, *On serendipity in science: Discovery at the intersection of chance and wisdom*, in: «Synthese», 2019, No. 196, pp. 2385-2406, e a Samantha Copeland, Wendy Ross & Martin Sand, *Serendipity Science. An Emerging Field and its Methods*, Springer Nature, Switzerland, 2023.

³⁰ Per una trattazione più approfondita delle caratteristiche di questo approccio metodologico, rimando a: Massimiliano Badino, Gerardo Ienna & Pietro Daniel Omodeo, *Epistemologia storica. Correnti, temi e problemi*, Carocci, Roma, 2022.

time in the cellar of the police headquarters, the detectives were highly praised by the public for their professional and effective execution of their task³¹.

Come si evince facilmente dal testo, i paradossi della caccia derivano non tanto dalla rarità dell'elefante bianco, ma dai sorprendenti e inconciliabili risultati delle indagini condotte parallelamente dai vari investigatori: essi, infatti, trovano tracce dell'elefante immediatamente prima della sua sparizione nei diversi luoghi da loro scelti per le osservazioni. In ogni caso, nonostante la contraddittorietà delle varie ipotesi, che inevitabilmente si escludono a vicenda, un'analisi delle autorità e del pubblico riconosce che tutti gli investigatori hanno lavorato coscienziosamente e che le loro conclusioni si basano su elementi ragionevoli e plausibili. Tuttavia, al termine del racconto si scopre che l'elefante giace in realtà morto all'obitorio del quartier generale della polizia.

Per analogia, secondo gli autori, un esito simile si può riscontrare in quelle indagini che gli storici della scienza svolgono nel tentativo di ricostruire le vicende che hanno portato Galileo all'individuazione della legge di caduta dei gravi³². Fuor di metafora, infatti, il ritrovamento dell'elefante corrisponde allo stabilire quando e come Galileo abbia scoperto la suddetta legge, gli investigatori corrispondono agli storici della scienza e il luogo di osservazione degli investigatori alla metodologia utilizzata da un particolare storico; le conclusioni degli investigatori, infine, corrispondono alle varie spiegazioni e ricostruzioni che gli storici della scienza hanno proposto e continuano a proporre. Questo racconto, dunque, restituisce in maniera efficace l'approccio tipico dell'epistemologia storica, secondo cui, come detto, lo storico è un agente attivo che influenza l'osservazione e l'interpretazione degli eventi. L'elefante bianco non rappresenta altro che «una domanda di ricerca formulata in maniera errata, superficiale e inconsapevole della complessità e multi-direzionalità dei molteplici fattori da considerare»³³.

Ma allora, ha davvero senso chiedersi come e quando Galileo ha scoperto la legge di caduta dei gravi? Ovviamente, la risposta è “sì”, ma soltanto se non la si considera come una domanda preconfezionata o come un percorso unidirezionale, che non tiene

³¹ Renn, Damerow & Rieger, *Hunting the White Elephant: When and How did Galileo Discover the Law of Fall*, cit., p. 305.

³² Ibidem.

³³ Ivi, p. 407.

conto di tutti gli elementi coinvolti: in tal caso, infatti, il rischio è quello di dare vita ad una domanda sbagliata e nata morta, proprio come l'elefante, nonostante gli storici possano comunque svolgere delle indagini che sembrano avere senso all'interno della loro specifica logica o prospettiva di riferimento, proprio come gli investigatori. In effetti, tentare di rispondere in maniera puntuale a questo quesito impedisce di cogliere e ricostruire l'interezza del processo creativo di Galileo: «la legge che è emersa non deriva da un processo unidirezionale, ma fa parte di un percorso più complesso e composito, che comprende tutte le ricerche precedenti e coeve svolte in quegli anni dal matematico pisano»³⁴.

Ribadisco: non basta sapere quando Galileo scopre la legge, ma si deve dare una risposta che tenga conto dell'interezza del processo. L'elemento problematico, come detto, è pensare che esista una domanda preconfezionata che Galileo avrebbe formulato fin dall'inizio, quando invece bisogna ricostruire il percorso attraverso cui si dispiega la "scienza" di Galileo in quel periodo, considerando un intorno temporale sufficientemente ampio e in collegamento con gli altri studi che egli affronta in parallelo. L'idea è che la conoscenza e il progresso scientifici non si sviluppano come una serie di scoperte indipendenti e separate, ma si caratterizzano come un susseguirsi di elementi interconnessi che formano una rete (network) di attività interdipendenti: solamente grazie a questa rete e ai suoi specifici nodi si può arrivare ad una risposta più precisa e consapevole, tale da comprendere tutte quelle deviazioni che risultano tuttavia fondamentali per ricostruire «l'effettivo svolgimento del processo di scoperta»³⁵.

Entrando nello specifico caso di Galileo e del percorso che lo ha portato alla scoperta della legge di caduta dei gravi, per esempio, risulta necessario considerare una serie di tappe precedenti, in particolare:

- Le riflessioni sull'isocronismo del pendolo del 1602³⁶;
- Le difficoltà matematico-geometriche relative alla rappresentazione del moto curvilineo: Galileo, infatti, non possiede ancora le conoscenze matematico-geometriche relative allo studio di questo tipo di traiettoria, per cui fa riferimento a dei processi di approssimazione basati su movimenti rettilinei, con cui cerca di

³⁴ Ivi, p. 409.

³⁵ Ibidem.

³⁶ Cfr. Maiocchi, *Storia della scienza in Occidente: dalle origini alla bomba atomica*, cit., pp. 253-281.

superare le difficoltà che ha nella raffigurazione del movimento del pendolo, di natura evidentemente curvilinea³⁷.

Questo approccio a rete di attività interdipendenti, quindi, descrive una storia della scienza che considera anche le difficoltà e gli errori del processo, senza saltare a conclusioni affrettate o unidirezionali. In questo modo, si costruisce una ricerca che non si limita alla mera domanda, ma che tenta di restituire il percorso che Galileo avrebbe potuto svolgere. Come detto, infatti, uno dei prerequisiti fondamentali dell'indagine storica è quello di essere disposti continuamente a riaprire le domande che ci poniamo, proprio perché la ricerca storico-scientifica non è deterministica: non a caso, «i percorsi degli scienziati non sono lineari, ma giocano continuamente tra innovazione e tradizione; la ricerca scientifica non è quindi predeterminata, ma evolve intrinsecamente in questo mondo a rete»³⁸.

In conclusione, dunque, ribadisco che lo storico interviene come agente attivo che influenza sempre l'osservazione e l'interpretazione dei fatti e degli eventi che compongono l'indagine storico-scientifica: proprio per questo motivo, è necessaria una riflessione continua sulle categorie da lui applicate. Solo in questo modo si può assicurare un sempre maggiore raffinamento dei criteri della ricerca, i cui risultati dipendono strettamente dalla prospettiva di analisi adottata e dalle “lenti” che caratterizzano lo specifico contesto storico-culturale di riferimento, con l'obiettivo di ridurre al minimo la contaminazione che ne consegue. Per sua stessa natura, dunque, la storia della scienza interpreta e reinterpreta continuamente le tappe del proprio cammino, come si è visto anche nel caso del *Newton segreto*, presentato nel precedente capitolo: non sembra allora un caso che molte questioni della storia della scienza siano ancora aperte ed estremamente complesse da studiare e approfondire. Nella prossima sezione, ritorno quindi a parlare del protagonista di questo scritto, cercando di applicare la metodologia qui delineata al tentativo di ricostruire il percorso che lo ha portato alla legge di gravitazione universale.

³⁷ Per una trattazione più approfondita di tale questione, si veda il già citato Machamer, *The Cambridge companion to Galileo*, ma anche: Galileo Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, a cura di Antonio Beltràn Mari, prefazione di Andrea Frova e Mariapietra Marenzana, Rizzoli, Milano, 2021, e Galileo Galilei, *Opere*, Edizione Nazionale delle Opere, a cura di Antonio Favaro, Barbèra, Firenze, 1890-1909.

³⁸ Renn, Damerow & Rieger, *Hunting the White Elephant: When and How did Galileo Discover the Law of Fall*, cit., p. 410.

3. Il percorso verso la legge di gravitazione universale

In riferimento a quanto esposto nella sezione precedente, è evidente che il caso di Galileo non sia l'unico che può essere considerato attraverso la lente metodologica dell'epistemologia storica, ma, anzi, esso costituisce solamente una specifica istanziazione di quel *modus operandi* che caratterizza in maniera fondamentale questo approccio storiografico. Tornando al protagonista del mio elaborato, dunque, in questa sezione mi accingo a ripercorrere il tentativo di ricostruzione del procedimento che lo ha portato a individuare la legge di gravitazione universale (e, in particolar modo, la proporzionalità inversa rispetto al quadrato della distanza), le premesse del cui ragionamento si possono già individuare all'interno delle opere del giovane Isaac Newton³⁹.

Tra il 1664 e il 1666, infatti, egli elabora una propria trattazione dinamica del moto circolare uniforme, che lo porta a calcolare la “forza centrifuga” con cui il corpo tende verso la traiettoria rettilinea tangenziale, che la sua inerzia gli farebbe percorrere se non fosse costretto da un vincolo nel moto circolare. È importante sottolineare fin da subito che i termini “forza”, “centrifugo/a” e “inerzia” sono evidentemente anacronistici, se riferiti alle indagini di Newton. Per questo motivo, mi servirò di espressioni intermedie quali “sforzo centrifugo” e “sforzo centripeto”, in modo tale da non ricadere in un grossolano anacronismo lessicale, ma sperando di favorire comunque la comprensione dei vari ragionamenti ad un lettore dei giorni nostri. Newton si cimenta infatti in un complesso studio di quello che oggi definiremmo “moto circolare uniforme”, riuscendo a costruire una trattazione quantitativa dei moti planetari attraverso le leggi di Keplero⁴⁰.

³⁹ Nella realizzazione del mio intento, farò riferimento ad alcune fondamentali fonti bibliografiche, tra cui le già citate Belkind, *Newton's scientific method and the universal law of gravitation*, cit., pp. 138-168, Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., pp. 125-170 e Harper, *Newton's argument for universal gravitation*, cit., pp. 229-260. Inoltre, rimando il lettore interessato agli approfondimenti presenti in: Bruce Porcicau, *Instantaneous impulse and continuous force: the foundations of Newton's Principia*, in: Robert Iliffe & George E. Smith, *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 93-186 e a George E. Smith, *The methodology of the Principia*, in: Robert Iliffe & George E. Smith, *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 187-228. Infine, è doveroso citare l'enorme debito che questa sezione ha nei confronti di una serie di lezioni tenute dal professor Lucio Fregonese presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Pavia, che si sono rivelate fondamentali per una migliore comprensione dei tecnicismi e dei formalismi matematici presenti in questi passaggi.

⁴⁰ Cfr. Maiocchi, *Storia della scienza in Occidente: dalle origini alla bomba atomica*, cit., pp. 326-334.

Quello ottenuto da Newton rappresenta un risultato importantissimo per la fisica e la matematica successive, in quanto consente di ricavare una sola regola che descrive in modo unificato il moto dei pianeti, il moto della Luna e il moto di caduta dei corpi terrestri, scardinando definitivamente la rigorosa distinzione tra mondo *lunare* e mondo *sublunare* tipica della fisica aristotelica⁴¹. Questa trattazione del moto circolare uniforme, come si vedrà tra poco, permette a Newton di giungere all'idea che tutti i moti di caduta siano regolati da un'unica legge di natura semplice, che è inversamente proporzionale al quadrato della distanza. Questo è uno dei frangenti in cui si può identificare un vero e proprio atto di genialità realizzato dal filosofo naturale britannico: egli, infatti, riesce a trattare matematicamente la dinamica del moto circolare uniforme, che fino a quel momento non è ancora presente.

Newton mutua da Cartesio il concetto di inerzia rettilinea⁴², secondo il quale i corpi tendono a muoversi in modo naturale su una traiettoria rettilinea, al contrario di Galileo, che è ancora vincolato ad un'inerzia di tipo circolare, di probabile derivazione platonica⁴³. Come anticipato, tra il 1664 e il 1668 Newton elabora una propria trattazione dinamica del moto circolare uniforme, che lo porta a calcolare lo “sforzo centrifugo” [F_C] con cui il corpo tende verso la traiettoria rettilinea tangenziale che la sua inerzia gli farebbe percorrere se non fosse costretto a compiere il moto circolare. In termini matematici:

$$a) F_C \div V^2/R$$

A scanso di equivoci, il simbolo V indica la velocità, R il raggio e “ \div ” indica in questo caso un rapporto di proporzionalità diretta. Per spiegare in maniera più intuitiva questo ragionamento, si pensi ad un corpo che viene fatto ruotare grazie ad una fionda⁴⁴. Apparentemente, esso si muove di moto circolare uniforme, ma, se non ci fosse il vincolo della fionda, il corpo si muoverebbe di moto rettilineo uniforme lungo la tangente, seguendo l'inerzia cartesiana. Newton assume dunque l'esistenza di una “sforzo

⁴¹ Cfr. Wilson, *Newton and celestial mechanics*, cit., pp. 261-288.

⁴² Cfr. Maiocchi, *Storia della scienza in Occidente: dalle origini alla bomba atomica*, cit., pp. 326-334.

⁴³ Cfr. Galileo Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, cit., pp. 48-72.

⁴⁴ Nell'utilizzare questa analogia, rimarco il debito che essa ha nei confronti delle brillanti lezioni del professor Fregonese, già citate in precedenza.

centrifugo” esercitato dal corpo sulla fionda nel tentativo di “recedere” verso la traiettoria inerziale rettilinea che il corpo descriverebbe se essa non ci fosse, identificando lo “sforzo centrifugo” con la tensione $[F_C]$ esercitata dal corpo sulla fionda. Non mi occupo in questa sede di come Newton arrivi a stabilire matematicamente lo “sforzo centrifugo” $[F_C]$, trattandosi di un ragionamento estremamente complesso e non ritenendolo fondamentale per lo scopo di questa sezione. Basti pensare che questo risultato verrà ottenuto negli anni successivi anche da Huygens, il quale non fornirà però la dimostrazione matematica del suo ragionamento⁴⁵.

A questo punto, procedendo nelle sue elucubrazioni, Newton combina la relazione che ha trovato per lo “sforzo centrifugo” $[F_C]$ con la terza legge di Keplero⁴⁶, secondo cui:

$$b) R^3/T^2 = K$$

In questo caso, R indica la distanza media di un dato pianeta dal Sole, T il periodo di rivoluzione dello stesso e K rappresenta il fatto che il rapporto sia costante. In sostanza, secondo la terza legge di Keplero il rapporto tra il cubo della distanza media dal Sole e il quadrato del periodo di rivoluzione dello specifico pianeta considerato risulta costante⁴⁷. Questo passaggio serve a Newton per concludere a favore di uno “sforzo centripeto”, avente la seguente natura:

$$c) F \div 1/R^2$$

Vediamo dunque il ragionamento che porta Newton ad ottenere questo risultato. Il primo passo consiste nel concepire la dinamica del moto circolare uniforme come una condizione di equilibrio tra lo “sforzo centrifugo” e lo “sforzo centripeto”. Stabilito che il corpo esercita uno “sforzo centrifugo” sulla fionda, infatti, Newton assume che essa eserciti a sua volta uno “sforzo centripeto” uguale e contrario, così da mantenere il corpo sulla traiettoria circolare: se la fionda non ci fosse, come detto, il corpo proseguirebbe

⁴⁵ Cfr. Maiocchi, *Storia della scienza in Occidente: dalle origini alla bomba atomica*, cit., pp. 326-334.

⁴⁶ Ibidem.

⁴⁷ Per una trattazione teorico-concettuale più approfondita di questa scoperta rivoluzionaria, rimando a Carlo Rovelli, *Sette brevi lezioni di fisica*, Adelphi, Milano, 2014, cap. 3.

lungo la tangente seguendo il moto inerziale rettilineo. Ribadisco: il moto circolare uniforme viene così associato a una condizione di equilibrio tra “sforzo centrifugo” e “sforzo centripeto”, tra loro uguali e contrari, rispettando quello che oggi definiamo come terzo principio della dinamica⁴⁸. Si ottiene dunque:

$$d) \text{ “sforzo centrifugo”} = \text{“sforzo centripeto”}$$

Arrivare al concetto di gravitazione universale, tuttavia, non è semplice: manca ancora un passo successivo da compiere. Da quanto detto, si ricava che:

$$e) \text{ “sforzo centripeto”} = \text{“sforzo centrifugo”} \div V^2/R$$

Per transitività, si ottiene che:

$$f) \text{ “sforzo centripeto”} \div V^2/R$$

A questo punto, trattandosi di un moto circolare uniforme, si arriva a:

$$g) V^2 = (2\pi R/T)^2 \div R^2/T^2$$

Sostituendo V^2 in f):

$$h) \text{ “sforzo centripeto”} \div R/T^2$$

Dalla terza legge di Keplero $R^3/T^2 = K$, si ricava allora:

$$i) 1/T^2 \div 1/R^3$$

che sostituita in h) dà:

⁴⁸ Cfr. Roderick W. Home, *The Third Law in Newton's Mechanics*, in: «The British Journal for the History of Science», 1968, Vol. 4, No. 1, pp. 39-51.

$$j) \text{ “sforzo centripeto” } \div 1/R^2$$

Non sappiamo bene se prima o dopo il calcolo appena visto per lo “sforzo centripeto” dei pianeti, Newton esegua anche un confronto tra la caduta verticale di un corpo in prossimità della superficie terrestre e la “caduta centripeta” che la Luna compie rispetto alla traiettoria rettilinea tangenziale. A partire dai risultati ottenuti, infatti, il matematico britannico ricava che l’accelerazione di caduta della Luna verso la Terra diminuisce seguendo all’incirca la stessa legge $1/R^2$ trovata per i pianeti⁴⁹. Questo passo è importante perché consente a Newton di concludere che esiste una gravità universale $F \div 1/R^2$, che vale indistintamente per tutti i corpi del sistema planetario e per i corpi terrestri⁵⁰.

Già in giovane età, dunque, Newton intuisce un passaggio fondamentale che lo porterà poi alla legge di gravitazione universale: egli, infatti, effettua un confronto tra la caduta verticale dei corpi in prossimità della superficie terrestre e il movimento circolare della Luna intorno alla Terra, concependolo come una caduta centripeta della prima verso la seconda. Egli ottiene questo tipo di valutazione applicando la dinamica del moto circolare: come nel caso della fionda, la Luna si muoverebbe in direzione della tangente rettilinea, se non fosse vincolata lungo il suo moto circolare uniforme proprio dall’azione centripeta esercitata dalla Terra.

Prima di procedere con l’argomentazione sviluppata da Newton, tengo a ribadire che quello che sto sviscerando non è l’effettivo ragionamento che ha portato Newton all’ottenimento della legge di gravitazione universale, cosa che avverrà solamente nei *Principia* del 1687⁵¹. All’interno di un quadro metodologico guidato dall’epistemologia storica, sto ripercorrendo alcuni passi fondamentali per l’ottenimento del risultato del 1687, che non nasce però *ex nihilo*: questi momenti, infatti, costituiscono una *conditio sine qua non* imprescindibile per i successivi risultati ottenuti da Newton e danno così vita ad un percorso creativo e di scoperta che non si limita agli anni immediatamente limitrofi alla pubblicazione del suo capolavoro, ma che si dispiega in un *continuum* che coinvolge in maniera imprescindibile anche questi studi precedenti: non a caso, essi

⁴⁹ Cfr. Harper, *Newton’s argument for universal gravitation*, cit., pp. 229-260.

⁵⁰ Cfr. Wilson, *Newton and celestial mechanics*, cit., pp. 261-288.

⁵¹ Per una trattazione più puntuale di questa questione, rimando al già citato: Harper, *Newton’s argument for universal gravitation*.

costituiscono un sostrato fondamentale dal quale Newton attingerà ancora vent'anni dopo. Solo in questo modo ritengo si possa comprendere in maniera più critica e consapevole l'indagine storiografica che sta dietro alla scoperta della legge di gravitazione universale, evitando di porsi una domanda sterile o "nata morta", come nel caso dell'elefante bianco proposto nella precedente sezione. Si scongiura così un'indagine storica unidirezionale, per comprendere invece quella rete di fattori interdipendenti che hanno portato Newton alla sua scoperta rivoluzionaria, uno dei cui fondamentali nodi si identifica proprio nel ragionamento che si sta riproponendo. Al pari del ruolo giocato dalle riflessioni sull'isocronismo del pendolo e delle difficoltà matematico-geometriche relative alla rappresentazione del moto curvilineo nella scoperta della legge di caduta dei gravi eseguita da Galileo⁵², questi passi giocano un ruolo altrettanto imprescindibile nel percorso che ha portato Newton a individuare la legge di gravitazione universale.

Tornando agli aspetti più formali, analizzo ora il calcolo dell'accelerazione della caduta della Luna verso la Terra, eseguito da Newton in maniera geometrica e riproposto qui in maniera aritmetica, così da facilitarne la comprensione ad un occhio contemporaneo. Sottolineo fin da subito che nei calcoli che effettuerò tra poco, r indica il raggio della Terra e R il raggio dell'orbita lunare intorno alla Terra; inoltre, si tenga a mente che Newton assume che tra i due sussista la seguente relazione: $R = 60r$. Per una maggiore comprensione del ragionamento, si faccia riferimento all'Immagine 3, presente nell'Appendice Immagini e Figure⁵³.

Se la luna L seguisse il proprio moto inerziale a velocità V , in un tempo dt percorrerebbe il tratto:

$$a) \quad BL = V \times dt$$

Calcoliamo quindi il tratto BD :

$$b) \quad BD = BC - R.$$

⁵² Cfr. sezione precedente.

⁵³ Cfr. p. 91.

Applicando il teorema di Pitagora, si ricava:

$$c) BC = \sqrt{R^2 + (V \times dt)^2} = R \times \sqrt{1 + \left(\frac{V \times dt}{R}\right)^2}$$

Applicando ora uno sviluppo di Taylor al prim'ordine:

$$d) BC = R \left(1 + \frac{1}{2} \frac{V^2 \times (dt)^2}{R^2}\right) = R + \frac{1}{2} \frac{V^2}{R} (dt)^2$$

E quindi, dalla relazione b) si ottiene che:

$$e) BD = \frac{1}{2} \left[\frac{V^2}{R}\right] (dt)^2$$

Si nota immediatamente la somiglianza con la corretta legge oraria del moto uniformemente accelerato $s = \frac{1}{2}gt^2$, dove g corrisponde all'accelerazione gravitazionale. Essa può dunque essere considerata come una caduta uniformemente accelerata BD nel tempo dt con accelerazione $g_L = V^2/R$, dove V^2/R coincide esattamente con il valore calcolato da Newton per lo "sforzo centripeto" dei pianeti.

A questo punto, Newton esegue il rapporto tra g_L , ottenuto in precedenza a partire da V e da R , e g_T , ricavato attraverso una serie di esperimenti eseguiti sulla Terra, e trova che:

$$f) \frac{g_L}{g_T} = \frac{r^2}{R^2} = \frac{r^2}{(60r)^2} = \frac{1}{3600}$$

Egli verifica così che vale la legge dell'inverso del quadrato della distanza:

$$g) F \div 1/R^2$$

Va precisato, tuttavia, che Newton incontra in realtà alcune difficoltà nella realizzazione dei calcoli, visto che i dati che possiede lo portano a un rapporto pari a 1/4000 circa, anziché 1/3600. Questo scarto va evidentemente spiegato a seguito delle imprecisioni

derivanti dalla approssimativa qualità degli strumenti di misurazione a sua disposizione. Anzi, se si riflette su questo aspetto, lo scarto registrato tra i due valori risulta essere piuttosto esiguo, al punto da poter definire questo procedimento come un vero e proprio colpo di genio avuto da Newton: egli, infatti, ha così concepito l'idea della legge dell'inverso del quadrato della distanza, che viene per il momento messa da parte e ripresa solamente vent'anni dopo, quando si rivelerà fondamentale nella dimostrazione della legge di gravitazione universale.

Il punto cruciale del ragionamento è che Newton concepisce che tra la Terra e la Luna vi sia una interazione gravitazionale che la distanza indebolisce: la questione adesso «si sposta dal piano geometrico-matematico a quello fisico»⁵⁴ e l'interazione Terra-Luna diviene fondamentale, permettendo di concepire quello della seconda come un moto di caduta verso la prima. Se lancio un oggetto terrestre sulla tangente del moto circolare (ancora a mo' di fionda) o se "lancio" la Luna sulla tangente dello stesso, il moto è identico, ma con una accelerazione che è 3600 volte più piccola, aspetto che permette a Newton di ottenere questo incredibile collegamento tra le "forze" e il "peso", tra il moto dei pianeti e il "peso" dei corpi terrestri. Il fatto che la relazione matematica sia uguale tra i pianeti e i corpi terrestri è l'elemento rivoluzionario: è proprio l'ottenimento della proporzionalità rispetto a $1/R^2$ a costituire l'elemento cruciale e geniale di questa intuizione.

Tuttavia, Newton non ha ancora elaborato in maniera esaustiva la dimostrazione cui giungerà nel 1687, che per il momento è evidentemente ancora incompleta; quella proposta costituisce la prima parte del ragionamento, che consentirà di giungere a quei risultati che sono già in nuce a questa altezza. Per ultimare l'argomentazione, infatti, bisognerà introdurre il concetto di massa e di interazione gravitazionale tra i suoi punti. Quello realizzato in gioventù, dunque, costituisce un momento creativo parziale, in cui però si può già individuare la brillante scintilla di quelle che saranno le scoperte successive: proprio per questo motivo, esso risulta imprescindibile nella comprensione del dispiegamento del percorso complessivo con cui Newton arriverà alla scoperta della legge di gravitazione universale.

⁵⁴ Cfr. Niccolò Guicciardini, *Reading the Principia: The Debate on Newton's Mathematical Methods for Natural Philosophy from 1687 to 1736*, Cambridge University Press, Cambridge, 1999, pp. 17-98.

In particolar modo, tra i presupposti teorici che Newton adotta a questa altezza, rimangono ancora da risolvere e correggere due importanti questioni⁵⁵:

- 1) I corpi del sistema solare sono estesi e non sono assimilabili in linea di principio ai loro centri;
- 2) Le orbite planetarie non sono circolari ma ellittiche.

Per il momento, infatti, Newton ha stabilito la relazione $F \div 1/R^2$ assumendo orbite planetarie circolari e considerando la distanza R tra i centri dei corpi. Se oggi ci può sembrare intuitivo considerare una forza che agisce nel “vuoto”, senza tener conto della materia interposta, non si può dire altrettanto per il periodo coevo a Newton, che, si è visto, è ancora dominato da prospettive di stampo meccanicistico. In ogni caso, entrambi questi problemi verranno risolti all’interno dei *Principia* del 1687; in particolare:

- 1) Newton dimostrerà che uno strato sferico omogeneo composto da punti materiali, ciascuno dei quali agisce con una forza $f \div 1/d^2$ su un punto P posto all’esterno, produce su P una forza risultante $F \div 1/R^2$ retta ancora dalla legge dell’inverso del quadrato della distanza, con R uguale alla distanza CP tra il centro C dello strato sferico e il punto P esterno⁵⁶. La forza F risultante è dunque pari al valore della forza che si avrebbe se tutti i punti dello strato fossero concentrati nel centro C e agissero con una forza $f \div 1/R^2$. In altri termini, nel caso di uno strato sferico composto da punti che esercitano un’interazione elementare $f \div 1/d^2$, la risultante F «è pari all’interazione che lo strato eserciterebbe se si concentrasse interamente nel suo centro»⁵⁷. Siccome una sfera omogenea può essere scomposta in strati sferici concentrici, in base al risultato precedente si può dunque concludere che una sfera materiale agisce come se fosse tutta concentrata nel centro con una forza gravitazionale $F \div 1/R^2$.

⁵⁵ Cfr. Belkind, *Newton's scientific method and the universal law of gravitation*, cit., pp. 138-168.

⁵⁶ Per una maggiore comprensione della dimostrazione di Newton, si faccia riferimento alle Immagini 4 e 5 dell’Appendice – Immagine e Figure, a p. 91.

⁵⁷ Guicciardini, *Reading the Principia: The Debate on Newton's Mathematical Methods for Natural Philosophy from 1687 to 1736*, cit., p. 27.

- 2) Con metodi geometrici molto complessi, nei *Principia* Newton dimostrerà che una forza $F \div 1/R^2$ permette di ottenere le orbite ellittiche che effettivamente si osservano nei moti planetari, superando il problema delle orbite circolari alle quali si era fermato in giovane età⁵⁸. Non mi occupo nel dettaglio di questa argomentazione, non ritenendola centrale ai fini del mio ragionamento⁵⁹.

4. Newton e gli studi sulla luce

Per rimanere coerenti con le premesse metodologiche confacentesi all'epistemologia storica, che è stata alla base del tentativo di ricostruzione che si è proposto nella sezione precedente, risulta a questo punto fondamentale sviscerare, seppur in breve, un altro filone di ricerche che ha contraddistinto in maniera significativa l'operato di Isaac Newton fin dalla sua giovinezza, poi racchiuso nei già citati *Optiks* del 1704: gli studi sulla luce e sui colori. Non a caso, attraverso una serie di esperimenti passati alla storia (tra cui il celeberrimo *experimentum crucis*), Newton ha fornito dei contributi imprescindibili per i successivi traguardi che sono stati poi raggiunti nell'ambito dell'ottica, facendo definitiva chiarezza sulla natura della luce e dei colori.

Gli studiosi coevi a Newton, infatti, «erano incerti su quale fosse la natura della luce, su come fosse prodotta e su come interagisse con la materia»⁶⁰. Ancora una volta, il filosofo naturale britannico si avvicina a tali questioni grazie alla lettura delle opere di Cartesio: all'interno della *Dioptrique* del 1637, il filosofo francese concepisce la luce come «un certo moto, o azione immediata e vivida»⁶¹, trasmessa attraverso un mezzo costituito da particelle sferiche, caratterizzate da due moti sovrapposti: uno rettilineo e uno circolare. Quando la luce bianca viene riflessa o rifratta, secondo Cartesio, le particelle assumono un moto rotatorio addizionale, responsabile della “sensazione” del colore: infatti, «la diversa tessitura delle superfici di corpi differenti genera moti rotatori

⁵⁸ Per un'idea più concreta delle argomentazioni proposte da Newton, si faccia riferimento all'Immagine 6 della Appendice – Immagini e Figure, a p. 92.

⁵⁹ Per una trattazione più approfondita della questione, rimando al già citato: Belkind, *Newton's scientific method and the universal law of gravitation*.

⁶⁰ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 55.

⁶¹ *Ibidem*.

più o meno rapidi, e quindi diversi colori»⁶². Conformemente alla sua visione del mondo, l'interpretazione della luce e dei colori elaborata da Cartesio fornisce dunque una spiegazione dei fenomeni ottici in termini meccanici.

Tuttavia, la sua è solamente una delle tante voci che prendono parte ad un vero e proprio dibattito polifonico: nella *Micrographia* del 1665, Robert Hooke riprende gli studi cartesiani e, sempre in un'ottica meccanicistica, descrive le leggi di rifrazione interpretando la luce come un fenomeno dovuto a «propagazioni o impulsi vibratorii dell'etere»⁶³. Con le parole di Guicciardini, per Hooke «la luce sarebbe un “veloce moto vibratorio”, un “impulso” o “vibrazione” che si propaga in un mezzo. Nella *Micrographia*, Hooke si serve di analogie con le onde o gli anelli che si propagano sulla superficie dell'acqua»⁶⁴. È proprio a partire da questa ipotesi che si genera la distinzione tra due interpretazioni sulla natura della luce tra loro in opposizione: la teoria corpuscolare e la teoria ondulatoria.

Sebbene sembri propendere per la prima, in realtà Newton non si esprime mai in maniera definitiva e «a seconda del particolare caso preso in esame, prospetta soluzioni di tipo corpuscolare o di tipo ondulatorio. Tuttavia, egli ritiene che la tesi ondulatoria non sia in grado di spiegare né la propagazione rettilinea della luce, né la formazione delle ombre dietro gli ostacoli»⁶⁵. Se, proprio per questo motivo, solitamente si annovera Newton tra i sostenitori della concezione corpuscolare, in realtà la teoria del filosofo naturale britannico è molto più sofisticata, in quanto si basa su un'interpretazione di tipo complementare: egli elabora infatti una teoria a metà strada tra le precedenti, in cui è presente un etere sottile e ondulatorio che produce gli addensamenti e le rarefazioni della luce. L'idea di Newton, dunque, è che ci sia un mezzo eterico che guida le particelle, costringendole ad addensarsi o ad allontanarsi⁶⁶. È qui che si coglie il carattere eccezionale della proposta di Newton: essa, infatti, non si lega solamente ad una delle due interpretazioni, ma mette insieme elementi corpuscolari e ondulatori, dando luogo

⁶² Ibidem.

⁶³ Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, cit., p. 328.

⁶⁴ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 55.

⁶⁵ Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, cit., p. 328.

⁶⁶ Si noti ancora una volta la presenza di una sostanza eterica, così come nella possibile spiegazione del meccanismo della gravitazione universale presentata nel primo capitolo. Per una trattazione più approfondita della questione, rimando a: Henry Guerlac, *Newton's Optical Aether: His Draft of a Proposed Addition to His Opticks*, in: «Notes and Records of the Royal Society of London», 1967, Vol. 22, No. 1-2, pp. 45-57.

all'anticipazione del sanamento di quel «radicale contrasto tra metafisiche scientifiche diverse, [...] che si protrarrà fino all'individuazione dell'approccio “complementare” dell'ottica quantistica successivo al 1905»⁶⁷.

Al di là di questa stimolante questione, ciò che mi interessa analizzare nella presente sezione è invece il sopracitato *experimentum crucis*, che permette a Newton di fare chiarezza una volta per tutte sulla natura dei colori. Nell'agosto 1665, infatti, egli acquista un prisma di vetro «per verificare alcuni esperimenti sul libro dei colori di Cartesio»⁶⁸. Alcuni anni dopo, il 18 gennaio 1672, scrive a Henry Oldenburg, segretario della Royal Society, per dirgli che «la sua teoria dei colori è la più grande, se non la più importante, scoperta finora fatta nelle indagini sulla natura»⁶⁹. Le teorie ottiche tradizionali, infatti, sostenevano che la luce bianca fosse da considerarsi semplice e che i colori, invece, costituissero il prodotto di modificazioni subite dalla luce bianca per effetto di rifrazione o riflessione⁷⁰. In questa versione, dunque, la luce bianca sembrerebbe primitiva e i colori una sua modificazione, mentre oggi, grazie a Newton, sappiamo che è vero il contrario.

Ciò detto, credo sia interessante sottolineare che il matematico britannico ottiene questo risultato su base sperimentale, arrivando a dire che la luce bianca è di natura composta, mentre i vari colori sono di natura semplice. Anche in questo caso, si assiste alla verifica di qualcosa di controintuitivo: in prima battuta, infatti, la teoria più ragionevole sembra quella modificazionista, secondo cui, come detto poc'anzi, «la luce bianca è semplice e i colori sono sue modificazioni che si originano quando essa entra in contatto con le superfici dei corpi»⁷¹. Questo aspetto giustifica le resistenze incontrate dalla teoria della luce di Newton e il suo carattere rivoluzionario, tanto è vero che negli anni successivi Newton sarà occupato in un complesso dibattito con Christiaan Huygens, su cui non mi soffermo in questa sede, non ritenendolo centrale ai fini del mio elaborato⁷².

⁶⁷ Fabio Bevilacqua & Grazia M. Ianniello, *L'ottica dalle origini all'inizio del Settecento*, Loescher, Torino, 1982, p. 254.

⁶⁸ Giudice, *Lo spettro di Newton. La rivelazione della luce e dei colori*, cit., p. 95.

⁶⁹ Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, cit., p. 328.

⁷⁰ Cfr. Maiocchi, *Storia della scienza in Occidente: dalle origini alla bomba atomica*, cit., pp. 326-334.

⁷¹ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 56.

⁷² In ogni caso, per una trattazione più approfondita della questione, rimando il lettore interessato alle opere di Giudice, Guicciardini e Rossi sopracitate.

Come accennato poc'anzi, ai tempi di Newton quella modificazionista non era tuttavia l'unica interpretazione possibile relativa alla natura della luce e dei colori: «Nella tradizione aristotelica, il colore era presentato come una qualità inerente ai corpi o come prodotto da una mescolanza dell'ombra con la luce; [...] Paracelso li aveva interpretati come una manifestazione del principio sulfureo; Cartesio», come visto in precedenza, «li faceva dipendere dalle differenti velocità dei moti di rotazione e di traslazione delle particelle e Hooke dalla diversa inclinazione delle onde»⁷³. Con Newton, invece, «il problema del colore non è più qualcosa che riguarda solo la psicologia della percezione: gli angoli di rifrazione sono calcolabili e quello del colore diviene un problema fisico separabile da quello “psicologico”, ora trattabile con metodi matematici»⁷⁴.

Contrariamente alle teorie prima presentate, infatti, Newton trova invece che i colori hanno un indice di rifrazione caratteristico, che può essere quantificato attraverso il rapporto tra il seno dell'angolo di incidenza e quello di rifrazione, diverso a seconda dello specifico colore. In questo modo, dunque, egli dà vita ad una teoria ottica matematizzata, in cui «i colori non sono modificazioni della luce bianca, ma, al contrario, la luce bianca è composta dai colori»⁷⁵. Da un punto di vista metodologico, dunque, il matematico britannico adotta un perfetto modello ipotetico-deduttivo, ripreso direttamente dagli *Elementi* di Euclide. Egli, infatti, si serve degli esperimenti per derivare degli “assiomi”, che poi usa nelle dimostrazioni di proposizioni ottiche, che chiama invece “teoremi”⁷⁶. Newton è dunque esponente non solo del filone sperimentale, ma anche di quello ipotetico-deduttivo, che vengono perfettamente bilanciati all'interno della sua filosofia naturale⁷⁷. Come scrive Guicciardini, infatti:

L'idea di Newton era che esistessero degli esperimenti in grado di discriminare in modo certo tra due teorie, consentendo di decidere quale fosse quella vera. Newton, appunto, proponeva l'esperimento dei due prismi (*experimentum crucis*) come un

⁷³ Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, cit., pp. 329-330.

⁷⁴ Ivi, p. 330.

⁷⁵ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 57.

⁷⁶ Per una trattazione più approfondita di tal questione, rimando al già citato: Smith, *The methodology of the Principia*.

⁷⁷ Cfr. Cap. 1.

risultato sperimentale in grado di confutare le teorie modificazioniste dei colori e di provare in modo non congetturale la propria teoria⁷⁸.

Mi accingo, dunque, a descrivere il sopracitato esperimento: come già accennato in precedenza, negli anni compresi tra il 1665 e il 1668, Newton tenta di replicare alcune delle esperienze contenute nella letteratura a lui disponibile, facendo particolare riferimento a Cartesio, Hooke e Boyle⁷⁹. Un primo momento decisivo per l'elaborazione della sua teoria si registra quando, «oscurata la propria stanza e praticato un foro di piccole dimensioni nello scuro della finestra, egli fa passare un fascio di luce attraverso un prisma di vetro triangolare»⁸⁰, proiettando poi l'immagine su uno schermo e ottenendo così lo spettro dei colori, dal rosso al violetto, caratterizzato da una forma inaspettatamente allungata. Come ben sottolinea Simon Schaffer⁸¹, dopo aver riflettuto attentamente su questo risultato inatteso, il filosofo naturale britannico conclude che «il fascio di luce bianca è composto da un numero “indefinito” di raggi dotati di diverso indice di rifrazione, che vengono quindi deviati nel passaggio dall'aria al vetro e poi, di nuovo, dal vetro all'aria, ad angoli diversi»⁸².

Per verificare questa sua intuizione, Newton compie il celebre *experimentum crucis*, che ripercorro attraverso le chiare ed efficaci parole di Guicciardini, in modo tale da descriverlo al meglio⁸³:

In questo esperimento, si usano due prismi triangolari, *ABC* e *abc*. Newton pone dopo il primo prisma un primo schermo *DGE*, in grado di ruotare e dotato di un forellino. Ruotando il prisma *ABC*, Newton fa quindi passare un raggio blu, o rosso, o giallo, dal forellino del primo schermo, lo rifocalizza facendolo passare da un

⁷⁸ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 61.

⁷⁹ Per una disamina più approfondita di questi aspetti, rimando il lettore interessato a: Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., capp. 3-4, e ad Alan E. Shapiro, *Newton's optics and atomism*, in: Robert Iliffe & George E. Smith, *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 289-320.

⁸⁰ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 56.

⁸¹ Cfr. Simon Schaffer, *Glass Works: Newton's Prisms and the Use of Experiment* in: David Gooding, Trevor Pinch, Simon Schaffer, *The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge, 1989, pp. 67-104, cui rimando per uno studio filologicamente più attento.

⁸² Ivi, p. 98.

⁸³ Nella lettura di questa parte, si tenga sottomano l'Immagine 7 della Appendice – Immagini e Figure, presente a p. 92, così da facilitare la comprensione di quanto esposto.

secondo schermo *dge*, per poi farlo incidere su un secondo prisma *abc* tenuto sempre fisso. Newton osserva quindi che il secondo prisma non modifica il raggio colorato uscente dal primo prisma, ma lo rifrange lasciandolo immutato. A questo punto, egli esegue anche vari esperimenti in cui rifocalizza in un punto i raggi separati da un prisma, riottenendo così il fascio di luce bianca. Essa dunque, conclude Newton, non è semplice, ma è un aggregato di un numero indefinito di raggi, caratterizzati, come diremmo oggi, da un diverso indice di rifrazione⁸⁴.

Riassumendo brevemente, dunque, il primo prisma scompone la luce bianca nei vari colori dello spettro; con una seconda fenditura, Newton seleziona poi un sottile raggio di un dato colore per sottoporlo a ulteriore rifrazione mediante il secondo prisma, trovando che, in questo frangente, non si produce un'ulteriore dispersione del raggio "omogeneo" scelto. Newton conclude dunque che la luce è in se stessa un miscuglio eterogeneo di raggi differentemente rifrangibili e che esiste una esatta corrispondenza tra colore dei raggi luminosi e il loro grado di rifrangibilità. Se quanto detto è vero, allora i colori non sono qualificazioni o modificazioni della luce, ma proprietà originali e costitutive della stessa.

Questa conclusione risulta particolarmente interessante, specialmente se si fa riferimento a quanto detto nelle sezioni precedenti a proposito dell'alchimia: William Newman, infatti, ha notato un'analogia fra il linguaggio impiegato nei lavori newtoniani di ottica e alchimia⁸⁵; a tal proposito, ancora una volta con le brillanti parole di Guicciardini: «come l'alchimista separa e poi ri-sintetizza i corpuscoli costituenti la materia, così procede l'ottico quando rifrange con un prisma la luce bianca, ottenendo la dispersione dei colori spettrali, per poi rifocalizzarli per riottenere la luce bianca»⁸⁶. Anche in questo ambito, dunque, la prospettiva alchemica e gli studi ottici condotti da Newton sembrano costituire un tutt'uno inscindibile.

⁸⁴ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 58.

⁸⁵ Cfr. William R. Newman, *Newton's Early Optical Theory and Its Debt to Chymistry*, in: Michel Hochmann & Danielle Jacquart, *Lumière et vision dans les sciences et dans les arts: de l'antiquité au XVII^e siècle*, Droz, Genève, 2010, pp. 283-307.

⁸⁶ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 58.

Non stupisce allora che un altro concetto fondamentale sul quale il *Newton segreto* si è dilungato nei suoi studi altri sia proprio quello dell'illuminazione⁸⁷. Con le parole di Dobbs:

L'illuminazione era un processo di attivazione o di acuzione. [...] L'attivazione poteva essere realizzata dalla luce e l'illuminazione era talvolta associata con la luce della Genesi. La luce era una creatura di Dio e a molti alchimisti sembrò un'ovvia candidata per l'agente attivo che Dio usò nell'opera della creazione. [...] Si può dunque dire che l'illuminazione ha in alchimia un significato simbolico e metaforico: la luce rappresenta la potenza di Dio per attivare o riattivare la materia inanimata⁸⁸.

Anche nella presentazione di questo concetto si noti la costante ricerca da parte di Newton della figura di Dio e della modalità con cui Egli interviene direttamente sul creato⁸⁹: a questa altezza, infatti, l'illuminazione sembra costituire uno degli elementi fondamentali attraverso cui Dio mette in movimento la materia, attivando quella scomposizione e ricomposizione della stessa che in questo frangente Newton definisce ancora nei termini della fermentazione⁹⁰. Come scrive Dobbs, infatti: «Una volta illuminata, la materia comincia a fermentare: se l'illuminazione è il processo di attivazione, la fermentazione è invece l'attività prodotta. Vita e fermentazione sono dunque indissolubilmente legate all'alchimia e alla luce, comprendendo ogni tipo di processo in cui una sostanza muta le sue proprietà per un "lavorio" interno»⁹¹.

Ciò detto, ci si potrebbe interrogare sulla possibilità che Newton abbia condotto questi esperimenti e dedicato così tanti anni agli studi sulla natura della luce proprio per far chiarezza sul ruolo da essa giocato all'interno di questo processo di attivazione, nel quale costituirebbe una sorta di "mediatore" tra Dio e il creato, in maniera apparentemente analoga a quella dell'etere presentato nelle pagine precedenti. Sebbene questa ipotesi sia evidentemente azzardata e non sia mia intenzione giungere ad una conclusione di tal portata all'interno di questo scritto, vorrei ancora una volta sottolineare la necessità di

⁸⁷ Cfr. Dobbs, *Isaac Newton, scienziato e alchimista. Il doppio volto del genio*, cit., pp. 39-45.

⁸⁸ Ivi, pp. 40-41.

⁸⁹ Cfr. Cap. 1.

⁹⁰ Per una trattazione più approfondita delle caratteristiche e dell'evoluzione del concetto di fermentazione all'interno del *corpus* newtoniano, rimando a Dobbs, *Isaac Newton, scienziato e alchimista. Il doppio volto del genio*, cit., pp. 45-50.

⁹¹ Ivi, p. 43.

applicare uno “sguardo multiplo” all’indagine delle motivazioni che avrebbero spinto Newton ad approfondire tal questione, interrogandosi sulle proprietà della luce anche in un’ottica alchemico-religiosa. Una prospettiva di ricerca di tal sorta rischia infatti di essere tralasciata da un’indagine storica superficiale, viziata dall’applicazione di categorie anacronistiche, o che non faccia riferimento alla metodologia dell’epistemologia storica, che, non a caso, ha guidato tutte le considerazioni di questo capitolo⁹². Nel prossimo e ultimo capitolo, mi accingo infine a riflettere sulla nozione di “scienza” e sui suoi mutamenti dalla Rivoluzione scientifica ad oggi, tirando le fila dei numerosi spunti presentati nelle pagine precedenti.

⁹² Mi rendo conto di essere stato alquanto superficiale nella trattazione di questa ipotesi, presentata come ulteriore spunto per una riflessione di stampo metodologico. Non avendo lo spazio e le competenze matematico-fisiche per approfondire ulteriormente la questione legata agli studi ottici di Newton, rimando il lettore interessato ai lavori già citati di Dobbs, Giudice, Iliffe e Schaffer.

Capitolo 3

1. Il concetto di “scienza” dalla Rivoluzione scientifica ad oggi

Sebbene costituisca una delle nozioni maggiormente discusse e approfondite nel dibattito contemporaneo¹, definire in maniera univoca cosa si intende per “scienza” non è affatto scontato: come si è visto nei capitoli precedenti, infatti, nel corso della storia si è dispiegato un vero e proprio processo composito che ha portato all’affermazione dell’attuale idea di “scienza”. In primo luogo, dunque, può essere interessante riflettere sul fatto che il modello oggi consolidato non è altro che il risultato di una serie di evoluzioni e mutamenti che hanno caratterizzato la storia del progresso tecnologico. Come si è visto nel primo capitolo, è importante ricordare che «ciò che oggi chiamiamo “scienza” non è mai apparso agli storici come un prodotto finito»², ma si può affermare senza troppo timore che tale concetto sia sempre e inevitabilmente collocato da un punto di vista socioculturale e storico. La scienza dell’età moderna e della Rivoluzione scientifica, allora, non sarebbe altro che una commistione di discipline quali alchimia, teologia, chimica, fisica, matematica, etc., a partire dalle quali si è poi sviluppata la nozione odierna.

Negli ultimi due secoli, inoltre, si è sempre più affermata una netta cesura tra il concetto di “scienza” e quello di “pseudoscienza”, distinzione che ha spesso visto il superamento di molte delle convinzioni radicate all’interno del paradigma conoscitivo premoderno, che sono state superate e vengono ora ritenute obsolete e retrive. Dai salassi all’astrologia, dalla magia all’alchimia, fino a qualche secolo fa si era ben lontani da un atteggiamento che oggi definiremmo “scientifico”. Come si è dimostrato nelle pagine precedenti, questo aspetto è stato forse dimenticato troppo in fretta e proprio la figura di Newton ne costituisce un esempio paradigmatico. Tuttavia, anche la costruzione che si è fatta di altre grandi personalità quali Galileo, Lavoisier, Copernico, etc., spesso è

¹ Cfr. Paolo Musso, *La scienza e l’idea di ragione. Scienza, filosofia e religione da Galileo ai buchi neri e oltre*, Mimesis, Milano-Udine, 2019.

² Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, cit., p. 359.

manchevole di una componente che oggi definiremmo misterica o magica. Lo stesso Galileo, per esempio, nonostante la sua diffidenza nei confronti dell'astrologia, essendo privo di un vero e proprio certificato che attestasse la sua data di nascita, la stabilisce attraverso una serie di calcoli astrologici³. Ancora, indiscutibile è il debito che Lavoisier detiene nei confronti dell'alchimia per arrivare a determinare quelli che sono tuttora alcuni dei principi fondamentali della chimica moderna⁴. Infine, come suggerito in una nota del primo capitolo, alcuni studiosi, tra i quali Westman⁵, sostengono che Copernico avesse ideato il suo nuovo sistema cosmologico non tanto perché convinto della realtà effettiva della propria tesi, ma poiché permetteva di svolgere più agilmente i calcoli astrologici su cui si basavano i pronostici di allora. Sebbene tesi come questa siano piuttosto radicali e difficilmente dimostrabili, tuttavia esse permettono di comprendere l'importanza svolta da discipline che oggi definiremmo "pseudoscientifiche" all'interno del progresso scientifico avvenuto nel corso dei secoli.

Effettuate queste considerazioni preliminari, può essere interessante riflettere su quali sono le caratteristiche fondamentali che hanno contraddistinto la "scienza" dell'età moderna, dalla Rivoluzione scientifica fino agli anni in cui opera Newton, protagonista di questo elaborato. In particolar modo, in questa sezione vorrei occuparmi di due aspetti che trovo particolarmente interessanti, ovvero: i luoghi della scienza e il suo rapporto con la politica. Se oggigiorno lo spazio principe adibito all'attività scientifica si identifica nel laboratorio, tuttavia, non sempre è stato così. Propongo allora, seppur in breve, un rapido elenco dei principali luoghi del passato in cui prende progressivamente vita quella che oggi definiamo "scienza"⁶:

- I giardini botanici, fondamentali per la medicina e per l'agricoltura;
- I musei, che nascono verso la fine del Seicento come collezioni private di nobili o scienziati;

³ Cfr. il già citato Bucciattini, Camerota & Giudice, *Il telescopio di Galileo. Una storia europea*.

⁴ Cfr. Marco Beretta, *Scienza e rivoluzione. Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794)*, Editrice Bibliografica, Milano, 2019 e Francesca Antonelli & Marco Beretta, *Alchimia e chimica nel Settecento. Antologia di testi*, Editrice Bibliografica, Milano, 2018.

⁵ Cfr. il già citato Robert S. Westman, *The Copernican Question. Prognostication, skepticism, and celestial order*.

⁶ Per quanto esposto in queste pagine, si faccia riferimento a: Katherine Park & Lorraine Daston, *The Cambridge History of Science*, Cambridge University Press, Cambridge, 2006, Vol. 3, e a David N. Livingstone, *Putting Science in its Place: Geographies of Scientific Knowledge*, The University of Chicago Press, Chicago, 2010.

- Le accademie, sia per le scienze sia per le arti (si pensi al caso della Crusca); le principali in Italia sono l'Accademia dei Lincei e l'Accademia del Cilento, mentre nel contesto inglese spicca senz'altro la celeberrima Royal Society;
- Gli ospedali, che fin dal Rinascimento non costituiscono ancora un luogo preposto unicamente alla cura dei malati, ma detengono la funzione di ospizi; infatti, l'idea attuale di ospedale si raggiungerà nel tempo, a partire proprio da questa prima funzione volta alla cura dell'anima e all'accompagnamento dei defunti verso una giusta morte;
- I teatri anatomici, spesso collocati all'interno di ospedali e università e luogo di quelle che saranno le prime dissezioni pubbliche;
- Le università;
- Le botteghe degli artigiani, anch'esse preposte a lavori di natura alchemica;
- Le farmacie, adibite alla vendita non solo di farmaci, ma anche di pigmenti e colori;
- Gli osservatori astronomici;
- I viaggi e gli studi sul campo, che diventeranno un elemento sempre più importante della pratica sperimentale;
- I campi di battaglia e, in generale, la guerra;
- Gli ordini religiosi, tra cui i più importanti sono senz'altro quello domenicano e quello dei gesuiti;
- Le biblioteche, dove i libri accumulati nel tempo mettono in moto una vera e propria circolazione di conoscenze e idee;
- Le corti, di cui parlerò in maniera più approfondita nel prosieguo di questa sezione.

Come si può facilmente intuire, dunque, i luoghi della scienza in realtà sono molteplici e ciascuno si declina in maniera diversa; se consideriamo il teatro anatomico, per esempio, il modo in cui avviene lo studio del corpo umano cambia radicalmente nel corso del tempo: in un primo momento, infatti, lo studio avviene “a priori”, in una sorta di lezione *ex cathedra*, con un'impostazione manualistica basata sugli scritti aristotelici, che verrà poi superata nei secoli successivi, quando si affermerà l'osservazione diretta e l'illustrazione della stessa. Lo studio della natura è, per così dire, ancora uno studio “senza

natura”: essa viene per ora affrontata in modo eminentemente astratto, fino a che non si assisterà alla definitiva consacrazione dell’esperienza sensibile e della sperimentazione⁷.

Di tutti i luoghi sopraelencati, mi piacerebbe soffermarmi in particolare sul caso delle corti, che ben si collega alle riflessioni riguardanti il legame tra scienza e contesto politico che svilupperò nel prosieguo di questa sezione. Le corti, infatti, costituiscono un luogo estremamente attivo e in continuo fermento⁸, specialmente all’interno del panorama italiano (si pensi, tra gli altri, a Lorenzo De Medici e alla corte di Firenze, ma anche a quella sforzesca, estense e a quella papale). Tuttavia, anche in altre zone europee la situazione è analoga, specialmente in quei Paesi come Francia e Germania dove si ha una forte tradizione legata alla corte reale. Effettuo immediatamente una precisazione: nel contesto tedesco, si hanno da un lato la corte reale asburgica (non a caso, nei prossimi paragrafi presenterò la figura di Massimiliano I e la sua ossessione verso gli studi astrologici); dall’altro, risultano fondamentali le più piccole corti dei principi elettori, in particolare quella di Sassonia e di Baviera, che si rivelano realtà molto attive per quanto riguarda gli studi alchemici⁹.

Nel caso italiano, come detto, la situazione è invece maggiormente frammentata e si assiste progressivamente ad una vera e propria ascesa delle scienze matematiche: emerge infatti la necessità che i principi italiani si dotino di una conoscenza militare specialistica, in cui un ruolo cruciale è giocato proprio da aritmetica e geometria. A tal proposito, è utile fare riferimento agli studi di Mario Biagioli, che ha indagato in maniera sistematica il progressivo affermarsi delle matematiche all’interno della penisola italiana, specialmente nel campo della balistica¹⁰. Quella che Biagioli tenta di descrivere all’interno dei suoi lavori è una vera e propria ascesa sociale dei matematici¹¹, che trova il suo apice con Galileo. In particolar modo, in *Galileo Courtier*¹², egli sostiene che la carriera di Galileo sia fondata sulla sua abilità politica di propendere per il copernicanesimo, non tanto per ragioni teorico-scientifiche, ma per quelle che sarebbero

⁷ Cfr. Bruno Latour, *Non siamo mai stati moderni*, Elèuthera, Milano, 2018.

⁸ Cfr. il già citato Livingstone, *Putting Science in its Place: Geographies of Scientific Knowledge*.

⁹ Cfr. Bruce Moran, *German Prince-Practitioners: Aspects in the Development of Courtly Science, Technology, and Procedures in the Renaissance*, in: «Technology and Culture», 1981, No. 22, pp. 253-274.

¹⁰ Cfr. Mario Biagioli, *Playing with the Evidence*, in: «Early Science and Medicine», 1996, Vol. 1, pp. 70-105.

¹¹ Cfr. Mario Biagioli, *The Social Status of Italian Mathematicians. 1450-1600*, in: «History of science», 1989, Vol. 27, pp. 41-95.

¹² Cfr. Mario Biagioli, *Galileo Courtier: The Practice of Science in the Age of Absolutism*, The University of Chicago Press, Chicago, 1994.

delle vere e proprie motivazioni politico-pragmatiche: secondo Biagioli, infatti, Galileo non avrebbe abbracciato il copernicanesimo in quanto teoria migliore, ma a causa della popolarità che gli sarebbe derivata. Sulla bontà di questa tesi si sono spesi fiumi di inchiostro, ma è sicuramente complesso dare una risposta univoca e non intendo occuparmene in questa sede¹³.

Quello che mi interessa evidenziare è che la corte, sia essa medicea o papale, è funzionale a creare dei rapporti anche di natura politica, aprendo così la filosofia naturale a scenari più ampi: non sembra allora un caso che essa costituisse la materia principe all'interno del contesto scientifico delle università, innescando delle vere e proprie dinamiche di potere e di protezione, di cui lo stesso Galileo spera di godere entrando a far parte dell'entourage mediceo. Se la tesi di Biagioli può sembrare azzardata, è senz'altro vero che Galileo cerca di riscattare la natura di "pratico" a lui affibbiata, visto che la matematica è ancora associata alle arti meccaniche, tradizionalmente considerate inferiori: proprio per questo motivo, egli tenta di nobilitarsi, diventando filosofo naturale della famiglia De Medici, presso la quale cercherà invano protezione dalle accuse papali¹⁴.

Proseguendo nel discorso, non posso non soffermarmi nuovamente sull'alchimia, una delle principali discipline che si annoverano all'interno dei contesti cortigiani, specialmente in virtù del suo carattere pratico che le ha impedito di svilupparsi in ambito accademico e universitario. L'alchimia, inoltre, come detto nelle pagine precedenti, si basa spesso su un forte e complesso simbolismo allegorico, che vive una stagione estremamente felice all'interno delle corti, in particolar modo di quella papale. Emblematico è il caso di Guglielmo Fabri, figura cui Chiara Crisciani si è dedicata in un bellissimo lavoro del 2002¹⁵; in questo saggio, si dimostra ancora una volta la vicinanza tra alchimia e religione, visto che Fabri avrebbe aiutato papa Felice V nella produzione di un elisir di lunga vita e nella ricerca della pietra filosofale. Come nel caso di Newton, si assiste anche qui alla descrizione di una personalità dotata di una erudizione composita,

¹³ In ogni caso, per ulteriori approfondimenti rimando il lettore interessato a: Michael H. Shank, *Galileo's Day in Court*, in: «Journal for the History of Astronomy», 1994, No. 25, pp. 236-242, e a Michael H. Shank, *How Shall We Practice History? The Case of Mario Biagioli's "Galileo, Courtier"*, in: «Early Science and Medicine», 1996, Vol. 1, No. 1, pp. 106-150.

¹⁴ Cfr. i già citati Biagioli, *Galileo Courtier: The Practice of Science in the Age of Absolutism*, e Bucciantini, Camerota & Giudice, *Il telescopio di Galileo. Una storia europea*.

¹⁵ Cfr. Chiara Crisciani, *Il papa e l'alchimia: Felice V, Guglielmo Fabri e l'elisir*, Viella, Roma, 2002.

che comprende elementi “alti e scientifici”, legati alla medicina e alla religione, ma anche elementi “bassi e pseudoscientifici”, legati invece alla magia e all’alchimia.

Quest’ultima, dunque, permane come elemento di forte presenza all’interno delle corti italiane, ma non solo presso quella papale. Interessante è il caso della corte dei Savoia, dove si trovano figure in grado di creare l’oro potabile e di arricchire i propri principi tramite la pratica alchemica¹⁶. Questo aspetto, come detto, si afferma anche nel contesto tedesco, dove le corti iniziano a sfruttare le proprie risorse minerarie e naturali¹⁷. A tal proposito, si faccia riferimento ad un importante studio di Pamela Smith¹⁸, che si è occupata di descrivere il percorso attraverso il quale un certo alchimista di nome Becher è riuscito a inserirsi nelle corti tedesche per promuovere l’estrazione mineraria, nel tentativo di creare l’oro e purificare i minerali estratti. Come sostiene Smith, questo individuo riesce addirittura a divenire consigliere del Sacro Romano Impero e ad entrare in contatto con Leibniz, desideroso di conoscere i suoi segreti alchemici¹⁹. Dunque, se in Italia l’interesse delle corti verso l’alchimia si lega maggiormente allo spettacolo, all’intrattenimento e alle ricerche esoteriche, in Germania, al contrario, esso si lega a motivazioni pragmatiche, quali la lavorazione e l’estrazione di pietre e materiali preziosi²⁰.

Altro aspetto che vorrei sottolineare è quello inerente alla forte prerogativa femminile che numerose pratiche alchemiche hanno in questo periodo²¹, visto che gli spazi di questa “disciplina”, fin dai suoi albori, si identificano in un contesto eminentemente domestico, per divenire laboratori specializzati soltanto in un secondo momento. Un esempio importante è quello di Anna di Sassonia²², moglie di Alberto di Sassonia, uno dei principi elettori, interessato in prima persona all’alchimia: in particolare, la regina è famosa per la produzione di acqua vite, che invia di frequente come dono alle altre corti tedesche, e per i suoi forti interessi verso le pratiche mediche.

¹⁶ Cfr. Livingstone, *Putting Science in its Place: Geographies of Scientific Knowledge*, cit.

¹⁷ Moran, *German Prince-Practitioners: Aspects in the Development of Courtly Science, Technology, and Procedures in the Renaissance*, cit., pp. 253-274.

¹⁸ Cfr. Pamela H. Smith, *The Business of Alchemy: Science and Culture in the Holy Roman Empire*, Princeton University Press, Princeton, 1994.

¹⁹ Ivi, cap. 5.

²⁰ Cfr. Tara Nummedal, *Alchemy and Authority in the Roman Empire*, The University of Chicago Press, Chicago, 2007.

²¹ Cfr. Alisha Rankin, *Panacea’s Daughters: Noblewomen as Healers in Early Modern Germany*, The University of Chicago Press, Chicago, 2013.

²² Ibidem.

Non sembra allora un caso che l'alchimia venga spesso sovrapposta a pratiche femminili riguardanti l'igiene e la cosmesi²³; già dal Rinascimento, si può annoverare un famoso testo di Caterina Sforza, sorella di Ludovico, circolato in forma completa solo in un secondo momento: si tratta di una sorta di ricettario contenente una raccolta di formule alchemiche riguardanti la cosmesi, ma di evidente base "chimica", diremmo oggi²⁴. L'alchimia quindi, espunta dal contesto universitario e accademico, diviene più accessibile anche a persone marginali e appartenenti a classi sociali di umile estrazione²⁵.

Un'altra "disciplina" che assume un ruolo di rilievo all'interno delle corti è senz'altro l'astrologia²⁶, che, tra le altre cose, in questo periodo costituisce un vero e proprio insieme di conoscenze propedeutiche rispetto alla pratica medica: basti pensare che, in un primo momento, l'astronomia viene studiata solamente in funzione dell'astrologia, per migliorare i suoi calcoli e vaticini. Oggi può sembrare alquanto bizzarro, ma è risaputo che, in età moderna, la pratica del salasso viene effettuata a seconda delle posizioni dei corpi celesti, in virtù di una sorta di corrispondenza tra microcosmo e macrocosmo che si pensa di leggere attraverso la posizione dei pianeti. L'astrologo di corte, dunque, si affianca al medico e al suo "entourage" e costituisce un elemento imprescindibile nelle riflessioni che portano a diagnosi e cura.

Tuttavia, quella medica non è l'unica applicazione che l'astrologia conosce nelle corti d'età moderna: altrettanto fondamentale, infatti, è il suo utilizzo a livello politico. Oltre a costituire un elemento determinante nelle decisioni militari e strategiche, essa viene impiegata come strumento di predizione della vita dei membri della corte in ogni suo aspetto, anche di carattere intimo o personale. Celebre è il caso di Massimiliano I, duca di Milano, che si rivolge ad un astrologo per determinare il momento propizio in cui fissare e consumare il proprio matrimonio con Bianca Sforza²⁷. A questa altezza, dunque,

²³ Cfr. Chowdhury Sajed, *Introducing Women's Alchemical Cultures*, in: «Early Modern Women», 2021, Vol. 15, No. 2, pp. 89-92.

²⁴ Cfr. Meredith Ray, *Daughters of Alchemy. Women and Scientific Culture in Early Modern Italy*, Cambridge University Press, Cambridge, 2015.

²⁵ Un caso estremamente affascinante, sul quale non ho però lo spazio di soffermarmi, è quello di Anna Zieglerin, processata per falsa alchimia, avendo millantato di saper portare a termine la creazione di un *homunculus* tramite le sue pratiche alchemiche. A tal proposito, rimando il lettore interessato a: Tara Nummedal, *Anna Zieglerin and the Lion's Blood: Alchemy and End Times in Reformation Germany*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 2019.

²⁶ Cfr. Michael Ryan, *A Kingdom of Stargazers: Astrology and Authority in the Late Medieval Crown of Aragon*, Cornell University Press, Ithaca-London, 2011.

²⁷ Cfr. Monica Azzolini, *The Duke and the Stars: Astrology and Politics in Renaissance Milan*, Harvard University Press, Cambridge, 2013, e Darin Hayton, *The Crown and the Cosmos: Astrology and the Politics of Maximilian I*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 2015.

le pratiche astrologiche condizionano in maniera significativa la vita quotidiana delle persone, in ogni suo aspetto. Un'altra attività molto diffusa è quella di stilare un oroscopo al momento della nascita di un individuo, come nel caso di Enrico VII, in cui si effettua una vera e propria predizione di quelli che sarebbero stati gli eventi principali della vita del neonato²⁸: non a caso, in questo periodo persiste addirittura la convinzione che l'astrologia abbia la capacità di predire eventuali difetti o problemi di salute del nascituro.

Questi esercizi si basano ancora sulla credenza che il mondo *lunare* possa avere una forte influenza su quello *sublunare*: è anche in quest'ottica che si deve considerare il carattere rivoluzionario della legge di gravitazione universale presentata nelle pagine precedenti, legge che, comportando un'unificazione tra questi due mondi, implica come necessario corollario il fatto che le attività astrologiche vengano messe sotto scacco, quanto meno da un punto di vista nominale²⁹. In ogni caso, si intuisce facilmente che queste pratiche, che oggi definiremmo pseudoscientifiche, abbiano dato un forte contributo allo sviluppo della scienza odierna: come detto, infatti, l'astronomia viene applicata in un primo momento per il perfezionamento dell'astrologia e dei suoi calcoli. Da questo punto di vista, un caso particolarmente interessante è quello legato alla corte di Rodolfo II, presso la quale agiscono personaggi del calibro di Tycho Brahe e Keplero, ma di cui non mi occupo in questa sede³⁰.

La dimensione delle corti, dunque, costituisce un fertile luogo di sviluppo e di fermento scientifico-culturale. Se si vuole riflettere sulle differenti caratteristiche che contraddistinguono la scienza moderna e quella contemporanea, tuttavia, è inevitabile considerare la diversa ampiezza degli ambienti in cui essa si declina con il passare del tempo: risulta infatti evidente che uno spazio come quello delle corti sia estremamente ristretto ed elitario, se lo si paragona a quelli della scienza odierna (si pensi ai laboratori). La prima, infatti, è ancora ben lontana dal possedere quel carattere pubblico cui siamo abituati oggi: non a caso, nelle pagine precedenti si è vista la natura fortemente iniziatica che essa possiede ancora con Newton. Eccezion fatta per il caso di Galileo, bisognerà

²⁸ Cfr. il già citato Nummedal, *Alchemy and Authority in the Roman Empire*.

²⁹ In realtà, infatti, esse perdureranno e verranno praticate ancora in periodo illuminista.

³⁰ Lascio questa riflessione come spunto, non avendo lo spazio per approfondirla ulteriormente. In ogni caso, rimando il lettore interessato a: Beket Bukovinská, *The Known and Unknown Kunstkammer of Rudolf II*, in: «Theatrum Scientiarum», 1995, Vol. 1, pp. 199-227, e a Robert J. W. Evans, *Rudolf II and his World. A Study in Intellectual History, 1576-1612*, Oxford University Press, Oxford, 1973.

aspettare un paio di secoli prima di vedere estendere i suoi orizzonti ad una comunità più ampia.

Galileo, infatti, è il primo a scrivere opere che hanno l'intento di veicolare i propri risultati in maniera universale, anche alla "gente comune", come si può evincere dalla sua scelta di utilizzare il volgare italiano per redigerle. Come scrive Kuhn, infatti: «Questo è l'aspetto più importante dell'opera astronomica di Galileo: essa rese popolare l'astronomia»³¹. Al contrario, personalità come quella di Newton rimangono ancora arroccate nell'idea che le conoscenze scientifiche debbano essere celate avidamente, quasi in maniera ossessiva: secondo il filosofo naturale britannico, infatti, il verbo della conoscenza non può e non deve essere veicolato a tutti, ma solamente ad una ristretta cerchia di eletti³². Da ciò deriva il forte carattere individualistico che caratterizza la storia delle grandi scoperte scientifiche, aspetto che per certi versi si conserva fino agli inizi del Novecento.

Nel percorso attraverso cui si dispiega lo sviluppo del concetto di scienza e delle sue peculiari sfaccettature, non si può non considerare il fatto che, ancora con Einstein, essa viene intesa come il processo atto a produrre delle rivoluzioni fondamentali in ambiti che però sono piuttosto specifici e settoriali (si pensi ai più volte citati *Principia* di Newton e ad Einstein con la relatività ristretta e generale). Se, ancora agli inizi del Novecento, la scienza e le sue scoperte si legano al lavoro condotto da grandi personalità, passate poi alla storia per le loro scoperte, una caratteristica fondamentale della scienza odierna è invece il mutamento di scala della diffusione delle idee e delle collaborazioni: se, per esempio, Max Plank lavora ancora da solo, in uno specifico dipartimento di ricerca in Germania, il carattere della scienza contemporanea è invece collegiale, onnicomprensivo e si basa sul lavoro di équipes composite, come si vede, forse per la prima volta, durante la Seconda guerra mondiale con il Progetto Manhattan³³.

A partire dal 1945, si superano così i ristretti confini dei vari dipartimenti e si inizia a fare scienza su scala globale, proprio come a Los Alamos: da questo punto di vista, è senz'altro emblematico il caso del CERN, laboratorio di ricerca in Svizzera, specializzato in fisica delle particelle. Questo aspetto costituisce un vero e proprio cambiamento di scala del panorama scientifico e comporta un forte impatto su tutte le

³¹ Kuhn, *La rivoluzione copernicana*, cit., p. 288.

³² Cfr. Newman, *Newton the Alchemist. Science, enigma, and the quest for nature's "secret fire"*, cit.

³³ Cfr. Garber, *La Rivoluzione scientifica*, cit., Vol. 5.

discipline che lo compongono. Oggi, infatti, ci troviamo in un periodo di nuova configurazione scientifica, che, non a caso, viene definita “Big Science”³⁴: in questo nuovo prototipo di scienza si assiste ad una ricerca dai forti tratti interdisciplinari, che supera quella dimensione ristretta della scienza precedente al Novecento. Se dapprima la storia della scienza e il modo di fare scienza si definiscono attraverso l’operato di grandi figure emblematiche e rappresentative, in grado di produrre da sole un cambiamento di paradigma o una vera e propria rivoluzione scientifica, oggi invece si osserva una scienza contraddistinta da grandi collaborazioni e da un carattere eminentemente interdisciplinare³⁵.

Se questa è forse la caratteristica che più si è modificata nel corso del tempo, tuttavia non bisogna dimenticare alcuni tratti che invece si sono mantenuti o che, quanto meno, si sono evoluti e hanno modificato la propria forma, pur mantenendo invariata la sostanza. Nei paragrafi precedenti, si è infatti parlato del carattere politico assunto da astrologia e alchimia all’interno delle corti di età moderna; ebbene, se si riflette un istante, ci si può facilmente rendere conto che anche oggi la scienza possiede numerose implicazioni a livello politico e militare: basti pensare, per esempio, alla campagna vaccinale per il COVID-19 e all’annosa questione che riguarda i veicoli a guida autonoma³⁶ o le armi semiautomatiche³⁷. Sicuramente, la novità è che molte delle questioni che riguardano la scienza odierna si declinano in una prospettiva che ha un carattere prevalentemente etico-morale. In ogni caso, se è pur vero che oggi giorno non si stabilisce la data delle proprie nozze o dei grandi eventi militari su basi astrologiche, come visto nel caso di Massimiliano I, tuttavia la scienza possiede ancora una forte voce in capitolo per quanto riguarda il controllo e la regolamentazione della nostra vita di tutti i giorni. Nella prossima sezione, si vedrà un caso particolarmente eloquente in questo senso.

In conclusione, al fine di arricchire le prove a favore del fatto che tra scienza moderna e contemporanea non si possono individuare solamente differenze, ma anche alcune affinità, vorrei brevemente presentare un confronto tra il concetto di etere, più volte citato in questo elaborato, e quello di materia oscura. Essendo privo delle adeguate

³⁴ Ibidem.

³⁵ Ibidem.

³⁶ Cfr. Guglielmo Tamburrini, *Etica delle macchine. Dilemmi morali per robotica e intelligenza artificiale*, Carocci, Roma, 2020, capp. 1-2.

³⁷ Ivi, capp. 3-4-5.

conoscenze fisico-matematiche per analizzare questo argomento da un punto di vista formale, mi limito ad un livello teorico-concettuale: entrambe queste entità, infatti, si potrebbero definire come delle ipostatizzazioni, come delle spiegazioni *ad hoc* stilate per risolvere un problema di cui per il momento non si era e non si è ancora trovata una soluzione³⁸. Come l'etere è servito per giustificare l'azione della forza di gravità, ipotizzando la presenza di una sostanza che ne consentisse una spiegazione meccanicistica, allo stesso modo la materia oscura è un'ipotetica forma di materia che viene implicitamente inserita nella spiegazione degli effetti gravitazionali: infatti, a meno che non sia presente una materia invisibile, maggiore di quella che è effettivamente visibile, gli effetti gravitazionali non potrebbero altrimenti essere spiegati attraverso la relatività generale. Una descrizione che ritengo particolarmente efficace è la seguente:

*Dark matter pervades the universe and acts as a cosmic glue that holds galaxies together, while dark energy is the name given to an enigmatic force that is thought to be accelerating the expansion of the universe. [...] Dark matter pulls galaxies together and causes them to spin more rapidly than visible matter alone can account for; dark energy is driving the accelerated expansion of the universe*³⁹.

Se, come nel caso dell'etere newtoniano, non si ha alcuna evidenza che testimonia l'esistenza di questo tipo di materia, credo sia curioso riflettere sulla possibilità che la scienza applichi delle modalità di spiegazione che permangono nel tempo, in attesa che una qualche scoperta confermi o confuti l'intuizione che per il momento si può individuare solamente a livello teorico-ipotetico. Lascio tuttavia questa riflessione come spunto, non avendo lo spazio e le competenze per approfondirla ulteriormente, ma sperando di potermi occupare di questo interessantissimo argomento in qualche lavoro futuro; in ogni caso, proprio a partire da affinità come quella presentata poc'anzi prenderò le mosse per sviluppare le argomentazioni della prossima sezione.

³⁸ Cfr. Hannah Devin, *Controversial new theory of gravity rules out need for dark matter*, in: «The Guardian», 2024. URL: [Controversial new theory of gravity rules out need for dark matter | Physics | The Guardian](#).

³⁹ Hannah Devin, *Euclid telescope sends back first images from 'dark universe' mission*, in: «The Guardian», 2023. URL: [Euclid telescope sends back first images from 'dark universe' mission | Space | The Guardian](#).

2. *Theory Ladenness, Undetermination Problem* e contesto socio – storico – culturale

Ripartendo dalle riflessioni della sezione precedente, cercherò ora di proseguire nella mia analisi dei tratti costitutivi di ciò che oggi definiamo come “scienza”, concentrandomi su concetti quali la *Theory Ladenness* e l’ *Undetermination Problem*, che, come cercherò di argomentare, a mio modo di vedere si possono individuare anche all’interno di una indagine di stampo storico⁴⁰; inoltre, nel prosieguo del ragionamento mi soffermerò ancora una volta sul fondamentale ruolo giocato dal contesto storico-culturale e sociale all’interno del quale una determinata scoperta scientifica occorre; infine, sosterrò la necessità di accantonare il modello scientifico che vede nella semplicità il marchio del vero, per riconoscere invece il primato del complesso come essenza ultima del sapere scientifico.

In prima battuta, dunque, può essere utile continuare a discutere su quali siano le caratteristiche fondamentali che contraddistinguono una teoria o una disciplina che può essere effettivamente considerata “scientifica”. Si rifletta dunque sui seguenti quesiti: quali sono i parametri attraverso cui si definisce o meno la scientificità di una teoria? Come si può determinare quale tra due o più teorie scientifiche sia la migliore? Cosa rende così diverse tra loro astrologia e astronomia? Per tentare di rispondere, è necessario procedere con ordine. Alcuni dei criteri che permettono di valutare la bontà di una teoria scientifica, distinguendola in tal modo da quelle che abbiamo definito come “pseudoscienze”, sono:

- ❖ *L’Explanatory Power*
- ❖ *L’Explanatory Coherence*
- ❖ La capacità predittiva
- ❖ L’efficacia empirica

⁴⁰ Usufruisco di questa nota per effettuare un chiarimento lessicale: come non sarà sfuggito ad un lettore attento, alcuni termini di cui mi servo nella versione inglese, non sono solo già stati tradotti nell’epistemologia contemporanea, ma ampiamente usati nella letteratura scientifica italiana. Mi riferisco, in particolare, a *Theory Ladenness* (“osservazione carica di teoria”) e a *Undetermination Problem* (“problema della sottodeterminazione”). Tengo a sottolineare che durante l’intero testo utilizzerò i termini inglesi, per una semplice questione eufonica e per rimanere coerente con le fonti bibliografiche cui ho fatto riferimento.

Ovviamente, ve ne sarebbero molti altri, ma, per ragioni di spazio, vorrei soffermarmi in particolare su questi. Se, come facilmente si intuisce, l'*Explanatory Power* e l'*Explanatory Coherence*⁴¹ si riferiscono rispettivamente alla capacità e alla coerenza che una teoria scientifica possiede nel fornire la spiegazione di un determinato fenomeno o evento, la capacità predittiva risulta invece fondamentale nella misura in cui, data una specifica situazione di partenza, descrive l'attitudine che una determinata teoria possiede nel prevedere con un buon grado di probabilità l'esito di uno specifico fenomeno o esperimento⁴². Questo aspetto va di pari passo con la questione del controllo, elemento imprescindibile accennato nella precedente sezione: oltre a permettere all'uomo di avere un certo grado di controllo sugli eventi naturali, infatti, una buona teoria scientifica dovrebbe rendere l'uomo padrone del proprio destino⁴³. Per esempio, nel momento in cui si assume un antibiotico per curare una broncopolmonite che ci affligge, stiamo agendo in virtù di quella capacità predittiva che l'antibiotico stesso, una nicchia cognitiva che incarna tutta una serie di conoscenze scientifiche⁴⁴, garantisce, permettendoci di esercitare il controllo che abbiamo sulla nostra stessa vita e consentendoci di riappropriarci dello stesso.

L'esempio dell'antibiotico consente dunque di passare all'ultimo criterio sopracitato: l'efficacia empirica. È ovvio che una teoria scientifica è giudicata tale anche e soprattutto nel momento in cui possiede una corrispondenza pratica con la realtà quotidiana e applicativa. Grazie a questi elementi, si riesce ora a porre chiarezza su quella distinzione tra "scienza" e "pseudoscienza" cui si è fatto continuamente riferimento all'interno di questo elaborato: se una disciplina come l'astronomia, per esempio, permette di predire determinati eventi sulla base di precisi calcoli, favorendo quell'efficacia empirica di cui si è appena detto, al contrario, una disciplina come l'astrologia non possiede la stessa capacità. Le pseudoscienze, dunque, sembrano essere deficitarie rispetto a tutti e quattro i parametri che si sono presi fin qui in considerazione

⁴¹ Cfr. Nota precedente.

⁴² Cfr. Alan F. Chalmers, *What is This Thing Called Science?*, Hackett, Indianapolis-Cambridge, 1999.

⁴³ Cfr. Lorenzo Magnani, *Filosofia della violenza*, Mimesis, Milano-Udine, 2021, e Lorenzo Magnani, *Conoscenza come dovere. Moralità distribuita in un mondo tecnologico*, Aracne, Roma, 2019.

⁴⁴ Cfr. Lorenzo Magnani, *Abductive Cognition. The Epistemological and Eco-Cognitive Dimensions of Hypothetical Reasoning*, Springer, Heidelberg-Berlin, 2009.

nel tentativo di analizzare le caratteristiche di una teoria scientifica e, proprio per questo motivo, non possono essere considerate tali.

Tuttavia, come detto a più riprese nella sezione precedente, il ruolo giocato dalle pseudoscienze all'interno del progresso scientifico non deve essere sottovalutato: è proprio a partire dai fondamenti dell'astrologia, si è visto, che si sono create le premesse per lo sviluppo dell'astronomia e, similmente, è proprio a partire dagli studi sulla trasmutazione alchemica che si sono scoperti i più importanti principi della chimica contemporanea. La mia idea è dunque che, con le dovute analogie e differenze, il processo attraverso cui si dispiega il sapere scientifico, similmente alla celeberrima *Aufhebung* hegeliana, sia contraddistinto da una continua messa in discussione delle convinzioni e degli assunti precedenti, che vengono superati conservando la loro negatività, proprio come nel procedimento che porta al dispiegamento dello Spirito nella *Fenomenologia*. Discipline quali l'astrologia e l'alchimia costituiscono dunque delle tappe imprescindibili per la costruzione di quel percorso storico che ha visto lo sviluppo dell'attuale nozione di "scienza".

Quanto appena detto apre ad un'ulteriore questione, che trovo piuttosto interessante: infatti, si potrebbe pensare che, come la chimica ha superato l'alchimia e come l'astronomia ha superato l'astrologia, allo stesso modo tra qualche secolo quelle che oggi consideriamo come discipline scientifiche saranno a loro volta accantonate in quanto obsolete? Di primo acchito, ad oggi sembra difficile che le attuali discipline che vengono annoverate come scientifiche possano in futuro essere abbandonate. Tuttavia, per un uomo del Cinquecento sembrava impossibile che la Terra ruotasse su se stessa, per cui non si può escludere a priori un processo analogo.

Senza dubbio, uno dei mutamenti più significativi che hanno portato al passaggio dalle prime alle seconde si evidenzia nella crescita del bagaglio di conoscenze tecnico-ingegneristiche, che ha permesso di sopperire ai nostri limiti cognitivi precedenti. Ma non solo: è infatti importante sottolineare che la "scienza" procede tramite modelli che mirano ad una oggettività, da intendersi più che altro come *oggettività intersoggettiva*⁴⁵; come scrive Parrini⁴⁶, infatti, «tutte le scienze devono senz'altro basarsi sull'osservazione empirica della realtà, identificando una *verità* da intendersi come *corrispondenza ai*

⁴⁵ Elena Castellani, *Verità e scienze fisiche*, in: Silvana Borutti & Luca Fomesu, *La verità. Scienza, filosofia, società*, il Mulino, Bologna, 2005, pp. 13-33.

⁴⁶ Paolo Parrini, *Verità e realtà*, in: Ivi, pp. 63-99.

fatti»⁴⁷. Tuttavia, sempre seguendo Parrini, «ogni teoria costruisce la propria ontologia, i propri presupposti e i propri pregiudizi»⁴⁸.

La verità e la conoscenza scientifica sono dunque sempre relativi ad un preciso quadro concettuale, storico e socioculturale, per cui non esiste una verità in senso assoluto, ma esiste una verità relativa a quella particolare prospettiva che si considera di volta in volta. Nonostante il relativismo, dunque, vige ugualmente una pretesa cognitiva dotata di *validità oggettiva*: una teoria sarà oggettiva all'interno di uno specifico modello socio-storico-culturale e scientifico⁴⁹.

Sulla scia di quanto detto, vorrei ora soffermarmi sull'analisi di un concetto che ben esemplifica il fatto che la “scienza”, qualsiasi cosa si intenda con questo termine, sia sempre collocata da un punto di vista storico-culturale e concettuale: la *Theory Ladenness*⁵⁰. Questa espressione è solitamente impiegata dai filosofi della scienza per designare la tesi secondo cui «le nostre osservazioni sono sempre cariche di teoria»⁵¹. Con questa nozione, si intende «un complesso amalgama di tesi, tra cui quella secondo la quale non esiste un accesso al dato empirico indipendente dai nostri costrutti teorici e dunque non esiste neanche un sistema di riferimento *neutro* per controllare la nostra teoria»⁵². L'idea è che, per esempio, nel momento in cui descrive un esperimento all'interno di un'esperienza di laboratorio, un fisico “vede” direttamente un campo elettrico o magnetico, un flusso di elettroni, etc., applicando uno sguardo che si fa portatore delle sue conoscenze e che non può essere altresì applicato da un osservatore comune. Lo sguardo del fisico è dunque pregno di quei presupposti teorico-concettuali che caratterizzano la sua formazione e le sue convinzioni scientifiche.

⁴⁷ Ivi, p. 71.

⁴⁸ Ibidem.

⁴⁹ Come sottolinea Gelfert in Alex Gelfert, *How to Do Science with Models. A Philosophical Primer*, Springer, Switzerland, 2016, le nostre teorie scientifiche si basano infatti sull'utilizzo di modelli, per esempio il DNA, che hanno prima di tutto una funzione strumentale piuttosto che descrittiva e realista. Lascio questa riflessione come spunto, non avendo lo spazio per svilupparla ulteriormente.

⁵⁰ In italiano, solitamente si utilizza la traduzione di *teoreticità dell'osservazione*. Per una esposizione più approfondita e dettagliata di cosa si intende per *Theory Ladenness*, rimando a: Anna Estany, *The Thesis of Theory-Laden Observation in the Light of Cognitive Psychology*, in: «Philosophy of Science», 2001, No. 68, pp. 203-217.

⁵¹ Giovanni Raimo, *Psicoanalisi e filosofia della scienza. Teoreticità dell'osservazione e riduzionismo neurobiologico*, Mimesis, Milano-Udine, 2022, p. 171.

⁵² Ibidem.

Un esempio particolarmente eloquente è quello proposto da Norwood Russell Hanson⁵³, che immagina Tycho Brahe e Keplero che osservano allo stesso tempo il sorgere del sole. Con le sue parole:

Il Sole emette fotoni identici, i quali attraversano il corpo solare e la nostra atmosfera. I due astronomi hanno una vista normale; perciò, questi fotoni attraversano la cornea, [...] andando infine a colpire la retina. [...] La medesima configurazione si disegna sulla retina di Keplero come su quella di Tycho. Essi vedono perciò la medesima cosa. [...] Ma la visione del Sole non è la visione di immagini retiniche del Sole. [...] La visione è un'esperienza. [...] Gli elementi delle loro esperienze sono identici, ma la loro organizzazione concettuale è enormemente diversa. [...] C'è dunque un senso in cui il semplice fatto di vedere è in realtà un'impresa "carica di teoria"⁵⁴.

Analogamente, davanti al sorgere del Sole, un copernicano e un aristotelico vedranno due fenomeni completamente diversi: la differenza di sguardo con cui ci avviciniamo all'oggetto di indagine risulta quindi determinante. Come anticipato, ritengo che questo aspetto sia costitutivo non solo della (filosofia della) scienza, ma anche dell'indagine realizzata dalla storia (della scienza) che si effettua a partire da essa. Il nostro accesso al mondo e al dato empirico, dunque, è sempre mediato dai nostri costrutti e assunti teorici.

Tuttavia, questa tesi porta con sé un corollario non banale, che rende alquanto problematica la questione del controllo di una teoria scientifica: se quanto detto è vero, se il mondo è costruito dai presupposti teorici che appartengono allo sguardo di chi lo osserva, come si può falsificare una teoria attraverso l'osservazione? In questo modo, infatti, si incapperebbe in un circolo vizioso che impedirebbe di notare quella particolare visione (*non neutra*) a partire dalla quale si "vede" un certo fenomeno. Solitamente, siamo abituati a pensare che, se un'esperienza falsifica la teoria, allora la teoria è falsa. Con la tesi della teoreticità dell'osservazione, tuttavia, la questione si complica: infatti, non si ha mai una esperienza neutra, visto che essa è sempre costruita a partire da quella stessa teoria cui si fa riferimento, cui si rimane all'interno. Ci si può dunque chiedere: se

⁵³ Cfr. Norwood R. Hanson, *Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*, Cambridge University Press, Cambridge, 1958.

⁵⁴ Ivi, pp. 14-16.

l'esperienza che falsifica una teoria è comunque costruita da quella stessa teoria, allora la falsifica davvero? Come scrive Giovanni Raimo: «Chi porta alle estreme conseguenze il tema della *Theory Ladenness* nega in definitiva la possibilità di confrontare con la realtà empirica ipotesi teoriche diverse e la possibilità di demarcare le teorie scientifiche da quelle non scientifiche»⁵⁵. Quando parliamo di controllo empirico, dunque, non dobbiamo banalmente immaginarci che vi sia un fatto che falsifica una teoria, perché il discorso non è così semplice e rischia di risultare superficiale: la verità è che vi sono più teorie che spiegano (che “vedono”) in modo differente il mondo⁵⁶.

Un discorso analogo può essere svolto se si considera la questione della scoperta scientifica, all'interno della quale la *Theory Ladenness* sembra entrare nuovamente in gioco. Mi spiego meglio. Si consideri il seguente esempio, relativo alle implicazioni che la *Theory Ladenness* può avere su una scoperta scientifica di carattere serendipitoso: negli anni '60, Penzias e Wilson effettuano una delle scoperte più importanti di sempre per la storia della cosmologia: «l'incessante rumore che essi registrano in maniera del tutto casuale, infatti, si rivela una rimanenza del Big Bang, l'eco della prima fase di espansione dell'universo»⁵⁷. Questo fastidioso segnale costituisce dunque una delle prove più convincenti e significative a favore della teoria del Big Bang⁵⁸. Ma allora, in virtù della *Theory Ladenness*, come possiamo giustificare questa scoperta? Non si corre forse il rischio di arrivare a un determinato risultato e considerarlo come una scoperta solo perché le nostre osservazioni sono condizionate da quella particolare teoria di riferimento sottostante? In questo specifico caso, infatti, potremmo ingenuamente ricondurre la nostra scoperta alla teoria scientifica dominante del Big Bang, di cui l'evento serendipitoso diviene un'importante prova a sostegno⁵⁹.

Da quanto detto, inoltre, emerge un'ulteriore problematica; se si presuppone la possibilità di avere più teorie scientifiche che trattano lo stesso argomento con la stessa

⁵⁵ Raimo, *Psicoanalisi e filosofia della scienza. Teoreticità dell'osservazione e riduzionismo neurobiologico*, cit., p. 171.

⁵⁶ Alla luce di quanto detto, si pensi ad un possibile ripensamento della convinzione di Newton secondo cui esisterebbero esperimenti in grado di falsificare una teoria, presentata nel caso del celebre *experimentum crucis*. Lascio questa riflessione come spunto, non avendo lo spazio per approfondirla ulteriormente.

⁵⁷ Simon Singh, *Cosmological serendipity*, in: Mark de Rond & Iain Morley, *Serendipity. Fortune and the Prepared Mind*, Cambridge University Press, Cambridge, 2010, p. 70.

⁵⁸ Ivi, pp. 65-72.

⁵⁹ Lascio questa riflessione come spunto, non avendo lo spazio per approfondirla ulteriormente. Tuttavia, ritengo particolarmente interessante questo aspetto e mi prefiggo dunque di svilupparlo in un prossimo lavoro.

pretesa di validità oggettiva, sorge allora l'eventualità che più teorie spieghino correttamente lo stesso fenomeno: diversi quadri concettuali, infatti, possono analizzare altrettanto adeguatamente lo stesso oggetto, ma a partire da prospettive differenti. Nasce, dunque, il problema del confronto tra teorie. È proprio in questa sede che ritengo opportuno riflettere rapidamente sull'*Undetermination Problem*⁶⁰, di cui segue una definizione: «Se consideriamo n entità osservabili (ad esempio una classe di eventi o di comportamenti), sono formulabili m (con m potenzialmente infinito numerabile) descrizioni *empiricamente equivalenti* e potenzialmente in contraddizione tra loro, che appaiono tutte compatibili con gli osservabili di partenza»⁶¹.

Questo concetto risulta particolarmente problematico perché apre alla possibilità di un numero potenzialmente infinito di teorie che ben spiegano il verificarsi dello stesso fenomeno. Anche in questo caso, dunque, è importante ricordare quella costruzione concettuale che caratterizza i modelli su cui si basa la scienza e che permette di sostenere una vera e propria forma di relativismo, che non intacca però la pretesa cognitiva di individuare la validità oggettiva di una teoria. Detto ciò, è importante riflettere attentamente sui criteri che si possono applicare per ritenere preferibile una determinata teoria scientifica piuttosto che un'altra. La mera osservazione, si è visto, non permette infatti di determinare se una teoria sia giusta o meno, per cui è necessario fare riferimento ad altri parametri⁶²:

- ❖ Permissibilità
- ❖ Correttezza empirica
- ❖ Appropriatezza
- ❖ Semplicità

Brevemente, la permissibilità fa riferimento al fatto che una teoria, per essere scientifica, non può violare i principi logici; una teoria che non segue la logica, infatti, non è una

⁶⁰ Per una trattazione più approfondita relativa all'*Undetermination Problem*, rimando a: Giovanni Boniolo & Paolo Vidali, *Filosofia della scienza*, Mondadori, Milano, 1999, pp. 609 e sgg.

⁶¹ Raimo, *Psicoanalisi e filosofia della scienza. Teoreticità dell'osservazione e riduzionismo neurobiologico*, cit., p. 38.

⁶² Ivi, cap. 7.

teoria scientifica⁶³. La correttezza empirica implica che una teoria scientifica spieghi in maniera adeguata i fenomeni che osservo. L'appropriatezza esplica il fatto che più teorie possono essere empiricamente adeguate, per cui bisogna introdurre il criterio di previsione empirica, in quanto, come detto, una teoria scientifica non serve solamente per spiegare, ma anche per prevedere il futuro con il migliore grado di adeguatezza. Infine, la semplicità: a parità delle altre condizioni, si dovrebbero scegliere quelle teorie che descrivono il mondo e prevedono i fenomeni nella maniera più "semplice", anche se non è semplice definire in maniera univoca cosa si intende con questo termine. Inoltre, ci si potrebbe chiedere se sia preferibile una semplicità procedurale, legata ai passaggi che conducono alla spiegazione, o una semplicità ontologica, legata invece alla particolare metafisica sottostante ad una determinata teoria⁶⁴.

Si intuisce dunque che non sempre siamo in grado di individuare la teoria migliore, pur nonostante l'applicazione di questi principi; proprio per questo motivo, in questa scelta entrano in gioco fattori altri, che hanno inevitabilmente a che fare con il riconoscimento che una determinata teoria possiede o acquista all'interno di un particolare contesto socioculturale: come afferma Augustine Brannigan, infatti, le scoperte scientifiche hanno un carattere eminentemente sociale e si costruiscono attorno a quelle metafisiche di riferimento sottostanti che si sono consolidate all'interno di un particolare contesto scientifico-culturale⁶⁵. Quello che ho cercato di dimostrare all'interno di questa sezione, dunque, è l'importanza di non considerare una determinata teoria scientifica come se fosse una monade astorica: al contrario, bisogna tenere bene a mente che la conoscenza e le teorie scientifiche nascono in uno specifico contesto storico e socioculturale, aspetto che a mio modo di vedere caratterizza sia la filosofia sia la storia della scienza.

In conclusione, vorrei terminare questa sezione sviluppando una rapida riflessione in merito al Principio Metodologico del Credito iniziale (PMC), che si può così definire:

⁶³ Può essere interessante riflettere su quale particolare logica una teoria debba rispettare e non dare per scontato che essa sia, come solitamente si assume, la logica bivalente. Lascio questa riflessione come spunto, non avendo lo spazio per approfondirla oltre.

⁶⁴ Cfr. Willard Van Orman Quine, *I modi del paradosso*, Il Saggiatore, Milano, 1975.

⁶⁵ Lascio questa interessantissima riflessione come spunto, non avendo lo spazio per approfondirla oltre e prefiggendomi, anche in questo caso, di proseguire la ricerca in un lavoro futuro. In ogni caso, rimando il lettore interessato a: Augustine Brannigan, *The social basis of scientific discovery*, Cambridge University Press, Cambridge, 1981.

Una teoria più in linea con il senso comune e il linguaggio ordinario gode di un credito iniziale che la rende preferibile ad altre che se ne discostano maggiormente, almeno fino a quando, alla luce dell'analisi filosofica e dell'indagine scientifica, la teoria non si riveli inadeguata e una teoria alternativa sia in grado di sostituirla⁶⁶.

Tale principio, dunque, afferma il primato di quelle teorie scientifiche che trovano un maggior grado di corrispondenza con quello che è il senso comune e con la nostra concezione della realtà. Tuttavia, ritengo che un criterio di discernimento tra teorie simile a questo debba essere accantonato e classificato come obsoleto: risulta ormai evidente il fatto che la realtà è ben più complessa di quanto non si prefigurino l'uomo, complice il bagaglio limitato di conoscenze di cui dispone. Non a caso, la storia delle scoperte scientifiche è densa di episodi in cui le teorie che calcavano l'umana impressione di un determinato fenomeno sono state poi scalzate da altre ben più distanti dal senso comune, come nel già citato caso della Terra che ruota intorno al Sole.

Questo non è altro che il risultato di quella impostazione metodologica che, a partire dall'epoca moderna e in particolare con Cartesio, caratterizza il procedimento analitico di scomposizione nel semplice e ricomposizione nel complesso: esso ricerca infatti quegli atomi indivisibili che pervengono con «chiarezza e distinzione»⁶⁷ alla mente e alla comprensione umane⁶⁸. Tuttavia, è importante rendersi conto del fatto che la realtà non è sempre «chiara e distinta» e può non essere tale rispetto al limitato sguardo che noi abbiamo di essa. A mio modo di vedere, dunque, bisogna cessare di applicare in maniera pedissequa il metodo analitico ad ogni questione che caratterizza la realtà che ci circonda, superando quel retaggio di origine aristotelica per cui la semplicità precede la complessità, l'analisi la sintesi, l'essere il non essere e comprendere, anche in preda ad un naturale smarrimento, che la semplicità non sempre costituisce il marchio del vero, come una certa tradizione ha cercato di portare avanti nel corso dei secoli⁶⁹. Proprio le scoperte della fisica novecentesca costituiscono uno dei migliori esempi di come la complessità non debba essere scissa, ma di come debba essere affrontata nella sua

⁶⁶ Francesco Orilia, *Filosofia del tempo. Il dibattito contemporaneo*, Carocci, Roma, 2012, p. 68.

⁶⁷ Cfr. René Descartes, *Opere filosofiche I. Il discorso sul metodo*, a cura di Eugenio Garin, Laterza, Bari-Roma, 2009.

⁶⁸ Cfr. Silvana Borutti & Luca Vanzago, *Dubitare, riflettere, argomentare. Percorsi di filosofia teoretica*, Carocci, Roma, 2018.

⁶⁹ Cfr. Gaetano Chiurazzi, *Teorie del giudizio*, Aracne, Roma, 2005.

complessità olistica, giungendo così alla conclusione per cui è il complesso ad essere il marchio del vero che caratterizza il nostro mondo e la conoscenza che di esso possiamo avere.

3. Una questione controversa: Newton e la religione

A completamento di quanto detto nella sezione precedente, in quest'ultima parte del mio elaborato vorrei ritornare rapidamente su una questione che è stata toccata più volte all'interno delle pagine precedenti, senza però essere mai analizzata in maniera approfondita. Se, come detto poc'anzi, si deve individuare nella complessità il nuovo marchio del vero, allo stesso modo ritengo sia doveroso riflettere sulla controversa questione che riguarda il rapporto di Newton con la religione, in particolare con il protestantesimo diffuso sul territorio inglese. Come si è già accennato nel primo capitolo e come scrive Dobbs, infatti:

Risulta chiaramente una profonda dimensione metafisica e religiosa di Isaac Newton, che non solo permeò tutta la sua esistenza, ma infine fu l'unico vero motivo dei suoi studi; Newton cercava un contatto col divino, ne cercava le azioni e gli effetti nel mondo della natura. [...] Le sue grandi scoperte di fisica, matematica, ottica, astronomia, il suo capolavoro scientifico (i *Principia Mathematica*), non furono per lui che sottoprodotti relativamente poco importanti di una ricerca diversa, più rilevante e più elevata: la ricerca di Dio⁷⁰.

Come si intuisce facilmente, «non era solo l'alchimia a distogliere Newton dagli studi matematici»⁷¹: un «dovere della più grande importanza»⁷² si impone in maniera impellente e altamente significativa nello svolgimento delle sue attività e ricerche quotidiane. Egli, infatti, si dedica «allo studio delle profezie bibliche, alla storia della

⁷⁰ Dobbs, *Isaac Newton, scienziato e alchimista. Il doppio volto del genio*, cit., p. 10. In ogni caso, i testi di riferimento per lo studio di questi aspetti della vita di Newton sono i già citati Iliffe, *Newton. Il sacerdote della natura*, e Iliffe, *The religion of Isaac Newton*, pp. 485-523.

⁷¹ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 107.

⁷² Scott Mandelbrote, "A Duty of the Greatest Moment": *Isaac Newton and the Writing of Biblical Criticism*, in: «British Journal for the History of Science», 1993, No. 26, pp. 281-302.

Chiesa delle origini, a questioni concernenti la cristologia, alla tradizione ed emendazione dei manoscritti del Nuovo Testamento e alla struttura del Tempio di Gerusalemme»⁷³. Da buon protestante, inoltre, «egli riteneva che la lettura e l'interpretazione personale della Bibbia fossero elementi centrali di una vita moralmente santa»⁷⁴.

Tuttavia, la religiosità di Newton e le sue convinzioni teologiche in realtà entrano spesso in conflitto con i dogmi di riferimento della dottrina anglicana e protestante. In particolare, dalla collezione di Portsmouth⁷⁵ emerge chiaramente che il filosofo naturale britannico crede in alcune posizioni che, senza troppi indugi, si possono definire eretiche⁷⁶. Con le parole di Guicciardini:

Il punto di maggior attrito con la posizione difesa dalla Chiesa anglicana riguarda il dogma della Trinità. Nei manoscritti, infatti, Newton manifesta convinzioni antitrinitarie, che egli condivise con alcuni suoi corrispondenti, come William Whiston e Samuel Clarke. Egli riteneva che Cristo fosse divino, ma subordinato e non consustanziale al Padre. Newton accettava che fosse corretto definire Cristo come divino, credere nella sua morte, resurrezione e ascensione, e credere che Cristo avesse lasciato in eredità ai suoi discepoli lo Spirito Santo. [...] Ma Newton sosteneva che Cristo fosse un servitore del Padre e infinitamente meno potente di Dio. L'idea che fosse consustanziale con il Padre era, per Newton, un'idea metafisica di origine gnostica o neoplatonica, un'idea pagana che non ha riscontro nella Sacra Scrittura, unico punto fermo per una fede vera⁷⁷.

Detto ciò, non stupisce allora che Newton in punto di morte abbia probabilmente rifiutato l'imposizione dei Sacramenti, aspetto accuratamente celato dai suoi cari presenti in tal circostanza⁷⁸. A tal proposito, si potrebbe allora riflettere sulla possibilità di restituire un ritratto di Newton simile a quello che Biagioli ritrae di Galileo in *Galileo Courtier*, visto

⁷³ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., pp. 107-108.

⁷⁴ Ivi, p. 108.

⁷⁵ Newton, *The Portsmouth Collection*, cit.

⁷⁶ Cfr. James E. Force & Richard H. Popkin, *Newton and Religion: Context, Nature and Influence*, Springer, Dordrecht, 1999, e Stephen D. Snobelen, *Isaac Newton, Heretic: The Strategies of a Nicodemite*, in: «British Journal for the History of Science», 1999, No. 32, pp. 381-419.

⁷⁷ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 109.

⁷⁸ Cfr. Iliffe, Newton. *Il sacerdote della natura*, cit.

nelle pagine precedenti⁷⁹: si può forse pensare che Newton abbia celato le proprie credenze e convinzioni eretiche in modo tale da non compromettere la propria carriera politico-sociale? La risposta sembra abbastanza scontata: seppur convinto delle proprie posizioni, Newton è sufficientemente intelligente da comprendere che la diffusione al pubblico delle sue idee gli sarebbe costata cara. Con buona probabilità, questo è uno dei motivi principali per cui il filosofo naturale britannico cela i propri studi teologici in opere inedite, emerse solamente di recente, o nelle fidate corrispondenze con le personalità a lui più vicine e fidate. Se con *Galileo Courtier* Biagioli avanza una tesi alquanto radicale, come si è visto, una lettura analoga per Newton sarebbe alquanto forzata: il suo comportamento, infatti, è dettato dal semplice buon senso. Non bisogna dimenticare, tra le altre cose, che negli ultimi anni della propria vita Newton riesce a ottenere una serie di prestigiose cariche a Londra, dove diviene non solo “Warden of the Mint” dal 1696, ma anche e soprattutto presidente della Royal Society dal 1703: è ovvio che, qualora fossero emerse le sue bizzarre idee teologiche, tutt’altro che canoniche, la sua posizione sarebbe stata evidentemente compromessa.

Sempre in una concezione iniziatica del sapere, «Newton era convinto di far parte di una cerchia di eletti che, grazie alle loro capacità matematiche e filosofiche, avevano accesso alla comprensione dell’azione di Dio nel Libro della Natura [...] e alla Verità rivelata»⁸⁰. Non sembra allora un caso che, come si è visto nel primo capitolo, lo *Scholium Generale* dei *Principia* costituisca uno dei luoghi più interessanti per cercare tracce della concezione del rapporto tra Dio e Creato⁸¹, nella convinzione che Dio «governa il mondo seguendo un piano provvidenziale che il filosofo contempla nei fenomeni naturali»⁸². Secondo Newton, infatti, la filosofia matematica e sperimentale «consente di recuperare una visione della natura che porta alla contemplazione dell’azione di Dio in essa»⁸³.

Un altro aspetto che caratterizza fortemente l’attività e la ricerca religiosa di Newton si individua senza dubbio nel quasi ossessivo studio per i testi antichi e per le profezie: «secondo Newton, infatti, le profezie non sono altro che descrizioni di eventi

⁷⁹ Cfr. Biagioli, *Galileo Courtier. The Practice of Science in the Age of Absolutism*, cit.

⁸⁰ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 112.

⁸¹ Cfr. Stephen D. Snobelen, “*God of Gods, and Lord of Lords*”: *The Theology of Isaac Newton’s General Scholium to the Principia*, in: «Osiris», 2001, No. 16, pp. 169-208.

⁸² Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 113.

⁸³ Ivi, p. 116.

storici; nel rivelarle ai profeti, Dio ha voluto mostrare che la storia dell'uomo è preordinata secondo un piano provvidenziale. Questo è il grande insegnamento morale che Newton ricava: il destino dell'umanità è nelle mani di Dio»⁸⁴. Newton è convinto che Dio avesse rivelato questo e altri segreti relativi alla natura del Creato a Mosè e ai suoi seguaci: si tratta della cosiddetta *prisca sapientia*, che spesso compare più o meno direttamente nei suoi scritti. Tuttavia, l'originaria religione e l'originario sapere dei patriarchi «sarebbero stati corrotti nel primo Concilio di Nicea del 325 d.C. da uomini perversi come Atanasio, che avrebbe introdotto nella dogmatica cristiana un autentico mostro filosofico: il dogma della Trinità»⁸⁵. Se gli antichi saggi possedevano quindi una semplice visione della natura, compatibile con la vera religione, Newton si identifica in un profeta, in un uomo scelto da Dio, il cui compito è quello di «impegnarsi in un faticoso lavoro sperimentale, matematico ed esegetico, al fine di purgare la visione della natura rivelata da Dio ai patriarchi dalle diaboliche corruzioni delle metafisiche pagane»⁸⁶.

Un ultimo elemento delle convinzioni religiose di Newton che lo allontanano dai dogmi canonici della religione anglicana e protestante si individua nella questione della mortalità dell'anima: Newton, infatti, «avrebbe creduto che l'anima perisce alla morte del corpo. Solo alla resurrezione dei corpi, alla seconda venuta di Cristo, l'anima rinasce con il corpo: essa non sussiste dunque indipendentemente dal primo»⁸⁷. Anche in questo caso, dunque, emerge la complessità della figura di Newton: essa deve essere collocata in maniera dialettica all'interno del contesto coevo, dal quale, per certi versi, si distacca in maniera radicale, mentre, per altri, ne costituisce ancora una perfetta rappresentante, rimanendo quasi intrappolata all'interno delle convinzioni più profonde del suo tempo.

Ancora una volta, si coglie l'importanza di quegli elementi socio-storico-culturali che sono stati analizzati nella sezione precedente: da un lato, infatti, Newton rappresenta un perfetto uomo del suo tempo; dall'altro, invece, la sua figura delinea il ritratto di un uomo visionario, catalizzatore di numerosi processi, che scuote dall'interno alcune delle convinzioni più radicate nella filosofia naturale, nella religione, nell'alchimia, ecc.,

⁸⁴ Ibidem.

⁸⁵ Ivi, p. 115. Per una trattazione più approfondita di tal questione, si faccia inoltre riferimento a: Robert Iliffe, *Prosecuting Athanasius: Protestant Forensics and the Mirrors of Persecution*, in James E. Force & Sarah Hutton, *Newton and Newtonianism: New Studies*, Springer, Dordrecht, 2004, pp. 113-154.

⁸⁶ Guicciardini, *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, cit., p. 119.

⁸⁷ Ivi, p. 114.

contribuendo a creare un punto di rottura e non ritorno che, senza ombra di dubbio, apre le porte alla modernità, pur non incarnandola ancora in maniera definitiva. A tal proposito, credo che l'immagine proposta da Dobbs⁸⁸ e che identifica in Newton una sorta di vettore avente doppia direzione, un *Giano bifronte*, sia particolarmente calzante ed esemplificativa per descrivere al meglio la complessità di questo personaggio, di imprescindibile importanza per lo sviluppo della storia del pensiero umano.

Come si è cercato di dimostrare all'interno di questo elaborato, sembra dunque venire meno «quell'immagine asettica della Rivoluzione scientifica come prodotto di puri razionalisti, a cui andrebbe riconosciuto il merito di avere finalmente messo da parte le cosiddette “pseudoscienze”, inaccettabili per la cultura e la scienza istituzionali»⁸⁹. Comprendere cosa si intende per “scienza”, si è visto, è molto più complesso e dipende profondamente da quelle componenti storico-sociali e culturali che contraddistinguono una determinata epoca. Se un Newton alchimista e sacerdote della natura può apparire di primo acchito come una follia da nascondere, cosa che si è fatta per più di due secoli, oggi lo storico può porre altre domande e costruire o ricostruire altre lenti, epurate dai pregiudizi della cultura scientifica odierna. Concludo dunque con le brillanti parole di Dobbs, cui accennavo poc'anzi:

Newton si pone ai primordi dell'era scientifica moderna, lasciandovi un'impronta indelebile. Può essere visto come un portinaio, una specie di Giano con una faccia rivolta verso di noi. Solo una però. Come Giano, che simboleggiava l'inizio del nuovo anno e la fine del vecchio, Newton guardava allo stesso tempo verso il futuro e verso il passato. [...] Per lui, la vera conoscenza era, in un certo senso, la conoscenza di Dio; il Vero era uno, e la sua unicità era garantita da quella di Dio. La ragione e la rivelazione non erano in conflitto, ma complementari»⁹⁰.

⁸⁸ Dobbs, *Isaac Newton, scienziato e alchimista. Il doppio volto del genio*, cit., p. 16.

⁸⁹ Ivi, pp. 12-13.

⁹⁰ Ivi, p. 16.

Appendice – Immagini e Figure

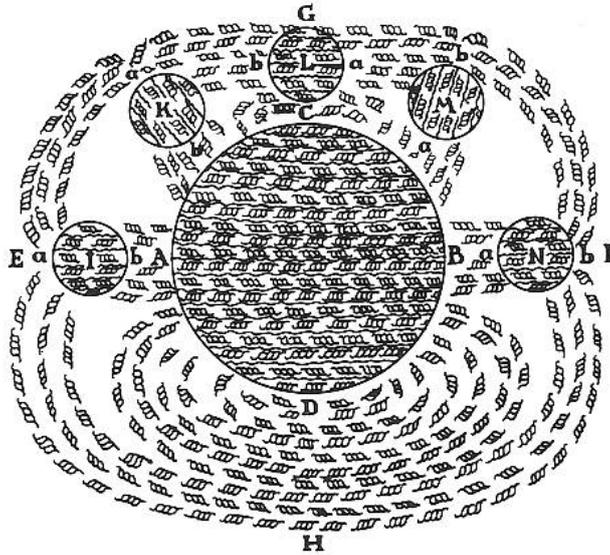


Immagine 1. La spiegazione del magnetismo proposta da Cartesio nei *Principia philosophiae*⁹¹.

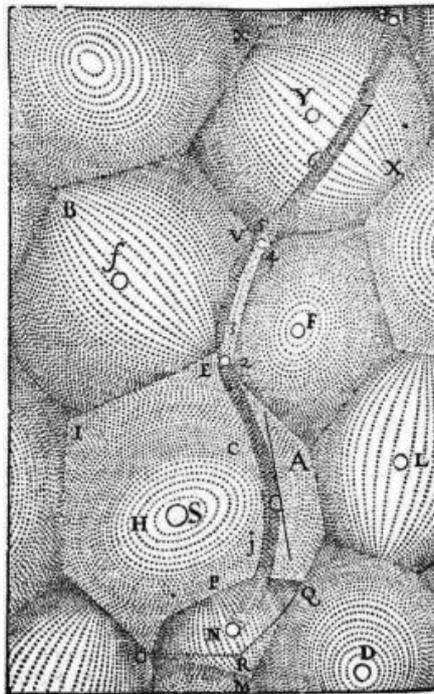


Immagine 2. Il sistema planetario basato sui vortici di materia descritti da Cartesio⁹².

⁹¹ Joseph F. Scott, *The Scientific Work of René Descartes. 1596-1650*, Taylor & Francis, London, 1976, p. 189.

⁹² René Descartes, *Le Monde, ou Traité de la lumière*, Abaris Books Inc., New York, 1979, p. 88.

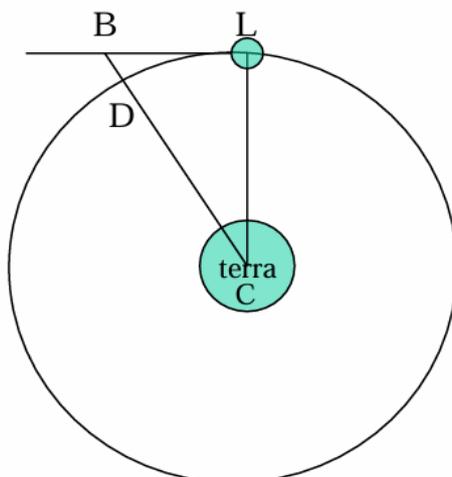


Immagine 3. Diagramma esemplificativo della “caduta” della Luna verso la Terra⁹³.

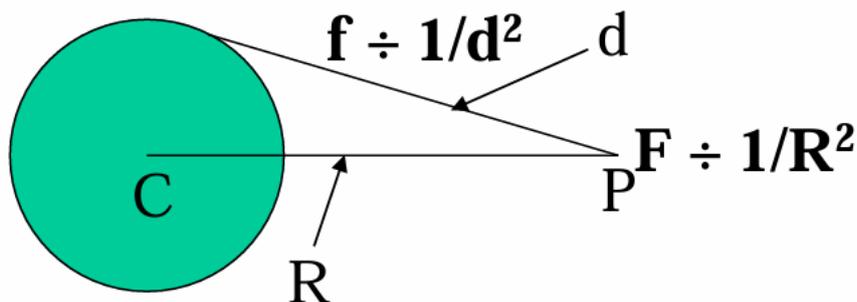


Immagine 4. Diagramma rappresentativo dell’azione di una forza rispetto al centro⁹⁴.



Immagine 5. Diagramma rappresentativo dell’azione tra i centri di due punti materiali⁹⁵.

⁹³ Fregonese, *Volta. Teorie ed esperimenti di un filosofo naturale*, cit., p. 15.

⁹⁴ *Ivi*, p. 18.

⁹⁵ *Ibidem*.

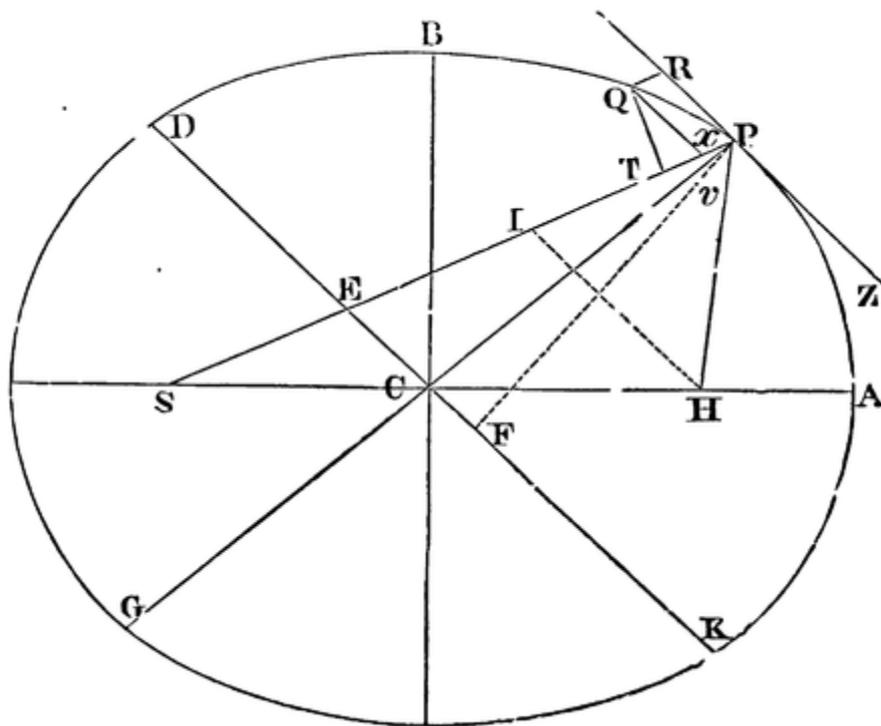


Immagine 6. Il moto dei corpi nelle sezioni coniche eccentriche⁹⁶.

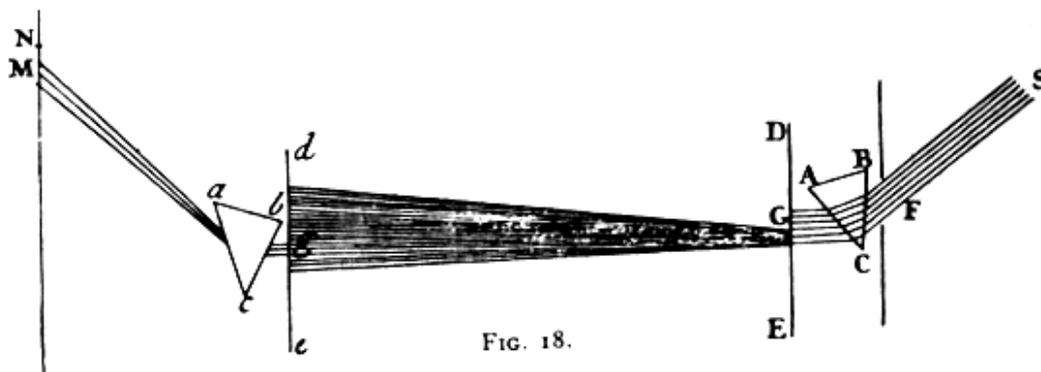


Immagine 7. L'*experimentum crucis*⁹⁷.

⁹⁶ Newton, *Principi matematici della filosofia naturale*, cit., Libro I, Sezione III, Proposizione XI, Teorema VI, p. 66.

⁹⁷ Newton, *Optiks*, cit., Libro I, Parte I, Proposizione 2, Esperimento 6, pp. 30-32, Tavola IV, fig. 18.

Riferimenti bibliografici

1. Bibliografia primaria

- Descartes R., *Opere filosofiche I. Il discorso sul metodo* (1637), a cura di Garin E., Laterza, Roma-Bari, 2009
- Descartes R., *Le Monde, ou Traité de la lumière* (1641), Abaris Books Inc., New York, 1979
- Galilei G., *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (1632), a cura di Mari A. B., prefazione di Frova A. & Marenzana M., Rizzoli, Milano, 2021
- Galilei G., *Opere*, Edizione Nazionale delle Opere, a cura di A. Favaro, Barbèra, Firenze, 1890-1909
- Newton I., *Principi matematici della filosofia naturale* (1687), a cura di Franco Giudice, Einaudi, Torino, 2018
- Newton I., *Corrispondenza Newton-Bentley* (1692-93), in: Newton I., *Principi matematici della filosofia naturale*, a cura di Franco Giudice, Einaudi, Torino, 2018, pp. 99-118
- Newton I., *Opticks* (1704), Dover Publications, Dover, 2012
- Newton I., *The Portsmouth Collection*, Cambridge University Library, Cambridge, 2024.
URL: <https://archivesearch.lib.cam.ac.uk/repositories/2/resources/5234> (data di ultima consultazione: agosto 2024)

2. Bibliografia secondaria

- Antonelli F. & Beretta M., *Alchimia e chimica nel Settecento. Antologia di testi*, Editrice Bibliografica, Milano, 2018
- Aravamudan S., *The Return of Anachronism*, in: «MLQ: Modern Language Quarterly», Duke University Press, Vol. 62, No. 4, 2001, pp. 331-353
- Arfini S., Bertolotti T. & Magnani L., *The Antinomies of Serendipity How to Cognitively Frame Serendipity for Scientific Discoveries*, in: «Topoi», No. 39, pp. 939-948

- Azzolini M., *The Duke and the Stars: Astrology and Politics in Renaissance Milan*, Harvard University Press, Cambridge, 2013
- Badino M., Ienna G. & Omodeo P. D., *Epistemologia storica. Correnti, temi e problemi*, Carocci, Roma, 2022
- Bailly J. S., *Histoire de l'astronomie moderne depuis la fondation de l'école d'Alexandrie, jusqu'à l'époque de M.D.CC.XXX*, chez de Bure, Paris, 1785
- Belkind O., *Newton's scientific method and the universal law of gravitation*, in: Janiak A. & Schliesser E., *Interpreting Newton. Critical essays*, Cambridge University Press, Cambridge, 2012, pp. 138-168
- Beretta M., *Scienza e rivoluzione. Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794)*, Editrice Bibliografica, Milano, 2019
- Berlin I., *Personal Impressions*, The Hogarth Press, London, 1980
- Bevilacqua F. & Ianniello G. M., *L'ottica dalle origini all'inizio del Settecento*, Loescher, Torino, 1982
- Biagioli M., *Galileo Courtier. The Practice of Science in the Age of Absolutism*, The University of Chicago Press, Chicago, 1994
- Biagioli M., *Playing with the Evidence*, in: «Early Science and Medicine», 1996, Vol. 1, pp. 70-105
- Biagioli M., *The Social Status of Italian Mathematicians. 1450-1600*, in: «History of science», 1989, Vol. 27, pp. 41-95
- Boniolo G. & Vidali P., *Filosofia della scienza*, Mondadori, Milano, 1999
- Borutti S. & Vanzago L., *Dubitare, riflettere, argomentare. Percorsi di filosofia teoretica*, Carocci, Roma, 2018
- Bowler P. J. & Morus I. R., *Making modern science. A historical survey*, The University of Chicago Press, Chicago, 2005
- Brading K., *Newton's law-constitutive approach to bodies: a response to Descartes*, in: Janiak A. & Schliesser E., *Interpreting Newton. Critical essays*, Cambridge University Press, Cambridge, 2012, pp. 13-32
- Brannigan A., *The social basis of scientific discovery*, Cambridge University Press, Cambridge, 1981
- Brewster D., *Memoirs of the Life, Writings, and Discoveries of Sir Isaac Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2010

- Bucciantini M., Camerota M. & Giudice F., *Il telescopio di Galileo. Una storia europea*, Einaudi, Torino, 2012
- Bukovinská B., *The Known and Unknown Kunstkammer of Rudolf II*, in: «Theatrum Scientiarum», 1995, Vol. 1, pp. 199-227
- Butterfield H., *The Origins of Modern Science 1300-1800*, Bell & Hyman, London, 1957
- Castellani E., *Verità e scienze fisiche*, in: Borutti S. & Fonnesu L., *La verità. Scienza, filosofia, società*, il Mulino, Bologna, 2005, pp. 13-33
- Chalmers A. F., *What is This Thing Called Science?*, Hackett, Indianapolis-Cambridge, 1999
- Chiurazzi G., *Teorie del giudizio*, Aracne, Roma, 2005
- Cohen B. I., *Introduction to Newton's "Principia"*, Cambridge University Press, Cambridge, 1971
- Cohen B. I., *Newton's concept of force and mass, with notes on the laws of motion*, in: Iliffe R. & Smith G. E., *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 61-92
- Cohen B. I., *Revolution in Science*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge-Massachusetts-London, 1985
- Cohen H. F., *How Modern Science Came Into the World. Four Civilizations, One 17th-Century Breakthrough*, Amsterdam University Press, Amsterdam, 2012
- Cohen H. F., *The Rise of Modern Science Explained. A Comparative History*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016
- Cohen H. F., *The Scientific Revolution. A historiographical inquiry*, The University of Chicago Press, Chicago-London, 1994
- Copeland S., *On serendipity in science: Discovery at the intersection of chance and wisdom*, in: «Synthese», 2019, No. 196, pp. 2385-2406
- Copeland S., Ross W. & Sand M., *Serendipity Science. An Emerging Field and its Methods*, Springer Nature, Switzerland, 2023
- Crisciani C., *Il papa e l'alchimia: Felice V, Guglielmo Fabri e l'elixir*, Viella, Roma, 2002
- Cunningham A., *Getting the game right: Some plain words on the identity and invention of science*, in: «Studies in the History and Philosophy of Science», 1988, No. 19, pp. 365-389

- De Rond M. & Morley I., *Serendipity. Fortune and the Prepared Mind*, Cambridge University Press, Cambridge, 2010
- Devin H., *Controversial new theory of gravity rules out need for dark matter*, in: «The Guardian», 2024. URL: [Controversial new theory of gravity rules out need for dark matter | Physics | The Guardian](#)
- Devin H., *Euclid telescope sends back first images from 'dark universe' mission*, in: «The Guardian», 2023. URL: [Euclid telescope sends back first images from 'dark universe' mission | Space | The Guardian](#)
- Dobbs B. J. T., *Isaac Newton, scienziato e alchimista. Il doppio volto del genio*, Edizioni Mediterranee, Roma, 2002
- Dobbs B. J. T., *Newton's Alchemy and His Theory of Matter*, in: «Isis», Dec., The University of Chicago Press, 1982, Vol. 73, No. 4, pp. 511-528
- Dobbs B. J. T., *The Foundations of Newton's Alchemy*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983
- Einstein A., *Il significato della relatività. Il mondo come io lo vedo*, traduzioni di Emanuele Vinassa de Regny e Walter Mauro, Newton Compton Editori, Roma, 2015
- Estany A., *The Thesis of Theory-Laden Observation in the Light of Cognitive Psychology*, in: «Philosophy of Science», 2001, No. 68, pp. 203-217
- Evans R. J. W., *Rudolf II and his World. A Study in Intellectual History, 1576–1612*, Oxford University Press, Oxford, 1973
- Force J. E. & Hutton S., *Newton and Newtonianism: New Studies*, Springer, Dordrecht, 2004
- Force J. E. & Popkin R. H., *Newton and Religion: Context, Nature and Influence*, Springer, Dordrecht, 1999
- Fregonese L., *Volta. Teorie ed esperimenti di un filosofo naturale*, in: «I grandi della scienza», Le Scienze, Roma, 1999, No. 11, pp. 4-17
- Gadamer H. G., *Verità e metodo*, Bompiani, Milano, 2000
- Garber D., *La Rivoluzione scientifica*, introduzione a: *Storia della scienza*, Enciclopedia Treccani, 2002, vol. 5
- Gelfert A., *How to Do Science with Models. A Philosophical Primer*, Springer, Switzerland, 2016

- Giudice F., *Isaac Newton e la tradizione dei principi attivi nella filosofia naturale inglese del XVII secolo*, in: Olschki L. S., *Scienza e teologia fra Seicento e Ottocento: studi in memoria di Maurizio Mamiani*, Biblioteca di Nuncius, Firenze, 2006, Vol. 61, pp. 39-55
- Giudice F., *Lo spettro di Newton. La rivelazione della luce e dei colori*, Donzelli, Roma, 2009
- Guerlac H., *Newton's Optical Aether: His Draft of a Proposed Addition to His Opticks*, in: «Notes and Records of the Royal Society of London», 1967, Vol. 22, No. 1-2, pp. 45-57
- Guicciardini N., *Isaac Newton. Filosofo della Natura, interprete della Scrittura, cronologo degli Antichi Regni*, Carocci, Roma, 2021
- Guicciardini N., *Reading the Principia: The Debate on Newton's Mathematical Methods for Natural Philosophy from 1687 to 1736*, Cambridge University Press, Cambridge, 1999
- Hall A. R., *Isaac Newton. Adventurer in thought*, Blackwell publishers, Oxford, 1992
- Hall A. R., *The Scientific Revolution: 1500-1700*, Longmans Green and Co, London-Toronto, 1954
- Hanson N. R., *Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*, Cambridge University Press, Cambridge, 1958
- Harper W., *Newton's argument for universal gravitation*, in: Iliffe R. & Smith G.E., *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 229-260
- Hayton D., *The Crown and the Cosmos: Astrology and the Politics of Maximilian I*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 2015
- Home R. W., *The Third Law in Newton's Mechanics*, in: «The British Journal for the History of Science», Cambridge University Press, Cambridge, 1968, Vol. 4, No. 1, pp. 39-51
- Iliffe R., *Isaac Newton: Lucatello Professor of Mathematics*, in: Lawrence C. & Shapin S., *Science Incarnate: Historical Embodiments of Natural Knowledge*, University of Chicago Press, Chicago, 1998, pp. 121-155
- Iliffe R., *Newton. Il sacerdote della natura*, Hoepli, Milano, 2019

- Iliffe R., *Prosecuting Athanasius: Protestant Forensics and the Mirrors of Persecution*, in: Force J. & Hutton S., *Newton and Newtonianism: New Studies*, Springer, Dordrecht, 2004, pp. 113-154.
- Iliffe R., *The religion of Isaac Newton*, in: Iliffe R. & Smith G. E., *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 485-523
- Koyré A., *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*, Einaudi, Torino, 2000
- Koyré A., *La rivoluzione astronomica: Copernico, Keplero, Borelli*, Feltrinelli, Milano, 1966
- Koyré A., *Newtonian Studies*, Chapman & Hall, London, 1965
- Kuhn T. S., *La rivoluzione copernicana. L'astronomia planetaria nello sviluppo del pensiero occidentale*, Einaudi, Torino, 1972
- Kuhn T. S., *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 2009
- Latour B., *Non siamo mai stati moderni*, Elèuthera, Milano, 2018
- Livingstone D. N., *Putting Science in its Place: Geographies of Scientific Knowledge*, The University of Chicago Press, Chicago, 2010
- Machamer P., *The Cambridge Companion to Galileo*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998
- Magnani L., *Abductive Cognition. The Epistemological and Eco-Cognitive Dimensions of Hypothetical Reasoning*, Springer, Heidelberg-Berlin, 2009
- Magnani L., *Conoscenza come dovere. Moralità distribuita in un mondo tecnologico*, Aracne, Roma, 2019
- Magnani L., *Filosofia della violenza*, Mimesis, Milano-Udine, 2021
- Maiocchi R., *Storia della scienza in Occidente: dalle origini alla bomba atomica*, La Nuova Italia, Firenze, 1995
- Mandelbrote S., "A Duty of the Greatest Moment": Isaac Newton and the Writing of *Biblical Criticism*, in: «British Journal for the History of Science», 1993, No. 26, pp. 281-302
- Moran B., *German Prince-Practitioners: Aspects in the Development of Courtly Science, Technology, and Procedures in the Renaissance*, in: «Technology and Culture», 1981, No. 22, pp. 253-274

- Musso P., *La scienza e l'idea di ragione. Scienza, filosofia e religione da Galileo ai buchi neri e oltre*, Mimesis, Milano-Udine, 2019
- Newman W. R., *A preliminary reassessment of Newton's alchemy*, in: Iliffe R. & Smith G. E., *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 454-484
- Newman W. R., *Newton's Early Optical Theory and Its Debt to Chymistry*, in: Hochmann M. & Jacquart D., *Lumière et vision dans les sciences et dans les arts: de l'antiquité au XVII^e siècle*, Droz, Ginevra, 2010, pp. 283-307
- Newman W. R., *Newton the Alchemist. Science, enigma, and the quest for nature's "secret fire"*, Princeton University Press, Princeton & Oxford, 2019
- Newman W. R., *The Problem of Alchemy*, in: «The New Atlantis», 2015, No. 44, pp. 65-75
- Nummedal T., *Alchemy and Authority in the Roman Empire*, The University of Chicago Press, Chicago, 2007
- Nummedal T., *Anna Zieglerin and the Lion's Blood: Alchemy and End Times in Reformation Germany*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 2019
- Orilia F., *Filosofia del tempo. Il dibattito contemporaneo*, Carocci, Roma, 2012
- Park K. & Daston L., *The Cambridge History of Science*, Cambridge University Press, Cambridge, 2006, Vol. 3
- Parrini P., *Verità e realtà*, in: Borutti S. & Fonnesu L., *La verità. Scienza, filosofia, società*, il Mulino, Bologna, 2005, pp. 63-99
- Porcieau B., *Instantaneous impulse and continuous force: the foundations of Newton's Principia*, in: Iliffe R. & Smith G. E., *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 93-186
- Principe L. M., *The Secrets of Alchemy*, University of Chicago Press, Chicago, 2013
- Quine W. V. O., *I modi del paradosso*, Il Saggiatore, Milano, 1975
- Raimo G., *Psicoanalisi e filosofia della scienza. Teoreticità dell'osservazione e riduzionismo neurobiologico*, Mimesis, Milano-Udine, 2022
- Randall J. H., *The making of the modern mind*, Houghton Mifflin Co., Boston, 1940
- Rankin A., *Panacea's Daughters: Noblewomen as Healers in Early Modern Germany*, The University of Chicago Press, Chicago, 2013

- Ray M., *Daughters of Alchemy. Women and Scientific Culture in Early Modern Italy*, Cambridge University Press, Cambridge, 2015
- Renn J., Damerow P. & Rieger S., *Hunting the White Elephant: When and How did Galileo Discover the Law of Fall*, in: «Science in Context», Cambridge University Press, Cambridge, 2000, No. 13, pp. 299-419
- Rossi P., *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Roma-Bari, 2023
- Rovelli C., *L'ordine del tempo*, Adelphi, Milano, 2017
- Rovelli C., *Sette brevi lezioni di fisica*, Adelphi, Milano, 2014
- Ryan M., *A Kingdom of Stargazers: Astrology and Authority in the Late Medieval Crown of Aragon*, Cornell University Press, Ithaca-London, 2011
- Sajed C., *Introducing Women's Alchemical Cultures*, in: «Early Modern Women», 2021, Vol. 15, No. 2, pp. 89-92
- Scott J. F., *The Scientific Work of René Descartes. 1596-1650*, Taylor & Francis, London, 1976
- Schaffer S., *Glass Works: Newton's Prisms and the Use of Experiment*, in: Gooding D., Pinch T., Schaffer S., *The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge, 1989, pp. 67-104
- Shank M. H., *Galileo's Day in Court*, in: «Journal for the History of Astronomy», 1994, No. 25, pp. 236-242
- Shank M. H., *How Shall We Practice History? The Case of Mario Biagioli's "Galileo, Courtier"*, in: «Early Science and Medicine», 1996, Vol. 1, No. 1, pp. 106-150
- Shapiro A. E., *Fits, Passions, and Paroxysms. Physics, Method and Chemistry and Newton's Theories of Coloured Bodies and Fits of Easy Reflection*, Cambridge University Press, Cambridge, 1993
- Shapiro A. E., *Newton's optics and atomism*, in: Iliffe R. & Smith G. E., *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 289-320
- Singh S., *Cosmological serendipity*, in: de Rond M. & Morley I., *Serendipity. Fortune and the Prepared Mind*, Cambridge University Press, Cambridge, 2010, pp. 65-72
- Skinner Q., *Meaning and Understanding in the History of Ideas*, in: «History and Theory», 1969, Vol. 8, No. 1, pp. 3-53

- Smith G. E., *The methodology of the Principia*, in: Iliffe R. & Smith G. E., *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 187-228
- Smith P. H., *The Business of Alchemy: Science and Culture in the Holy Roman Empire*, Princeton University Press, Princeton, 1994
- Snobelen S. D., “*God of Gods, and Lord of Lords*”: *The Theology of Isaac Newton’s General Scholium to the Principia*, in: «Osiris», 2001, No. 16, pp. 169-208
- Snobelen S. D., *Isaac Newton, Heretic: The Strategies of a Nicodemite*, in: «British Journal for the History of Science», 1999, No. 32, pp. 381-419
- Stukeley W., *Memoirs of Sir Isaac Newton’s Life*, Royal Society Library, London, 2004
- Tamburrini G., *Etica delle macchine. Dilemmi morali per robotica e intelligenza artificiale*, Carocci, Roma, 2020
- Tosh N., *Anachronism and retrospective explanation: in defence of a present-centred history of science*, in: «Studies in History and Philosophy of Science», Cambridge, 2003, no. 34, pp. 647-659
- Treccani G., *Storia della scienza*, in 10 Vol., Istituto dell’Enciclopedia Italiana, Roma, 2001-2004, Parte Prima, Vol. I-III
- Webster C., *Magia e scienza da Paracelso a Newton*, il Mulino, Bologna, 1984
- Westfall R. S., *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 1980
- Westfall R. S., *Newton e la dinamica del XVII secolo*, il Mulino, Bologna, 1982
- Westman R. S., *The Copernican Question. Prognostication, skepticism and celestial order*, University of California Press, Oakland, 2011
- White M., *Isaac Newton. The Last Sorcerer*, Fourth Estate, London, 1997
- Wilson C., *Newton and celestial mechanics*, in: Iliffe R. & Smith G.E., *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016, pp. 261-288

Ringraziamenti

Se iniziassi a ringraziare, una per una, tutte le persone che mi hanno accompagnato in questo percorso, temo tedierei il lettore con una sezione troppo estesa. Per questo motivo, rivolgo un ringraziamento speciale e ricco d'affetto a tutti i miei cari e alle persone a me vicine, che mi hanno sostenuto e che mi accompagnano ogni giorno lungo il cammino della vita. Spero possiate rimanere al mio fianco il più a lungo possibile, continuando a colorare con la vostra vivacità e il vostro sorriso ogni momento che passeremo ancora insieme. Infine, doveroso è ringraziare il professor Cospito e la professoressa Arfini, miei supervisori nella stesura di questo elaborato, sui quali ho potuto sempre contare per un sostegno puntuale e mai banale, sia da un punto di vista accademico sia umano. Grazie di cuore a tutti!