

# L'IDEA DI AZIONE A DISTANZA TRA PENSIERO MAGICO-RELIGIOSO E CONCEZIONE SCIENTIFICA DEL MONDO

Roberto Paura

Università di Perugia

r.paura@libero.it

*Orbis Idearum*, Vol. 7, Issue 1 (2019), pp. 79-96.

ENGLISH TITLE: THE IDEA OF ACTION AT A DISTANCE BETWEEN SUPERNATURAL THOUGHT AND THE SCIENTIFIC VIEW OF THE WORLD

## ABSTRACT

The debate on the notion of “action at a distance” emerged at the start of the scientific age, and was an attempt to explain the mechanism of gravitational attraction discovered by Isaac Newton. The idea of “action at a distance” within a vacuum clashed with the new mechanistic vision of the world and seemed to most to constitute a return to Aristotelian cosmology and the alchemical hermeticism that had influenced Renaissance-era science. The reconstruction of this debate can contribute to better understanding contemporary discussions about “action at a distance” in quantum mechanics.

## 1. INTRODUZIONE

Con la pubblicazione dei *Principia*, e in particolare del terzo libro della grande opera, *Sul sistema del mondo*, Isaac Newton concludeva il lungo percorso della rivoluzione scientifica scoprendo la legge di gravitazione universale e unificando ciò che la fisica aristotelica aveva rigidamente diviso per secoli, vale a dire la fisica del cielo e quella del cosiddetto “mondo sublunare”. Architrave di uno sforzo empirico e teorico che aveva richiesto oltre cento anni, coinvolgendo i più grandi scienziati dell'epoca, *Sul sistema del mondo* presentava l'attrazione gravitazionale come una forza in grado di agire a distanza e istantaneamente tra i corpi celesti. Quest'idea violava due concetti posti a fondamento della nuova concezione meccanicistica dell'universo nata dalla rivoluzione scientifica: l'assenza del vuoto (e quindi l'esistenza di un *plenum* nel quale i corpi celesti sono immersi) e la trasmissione di azioni e forze attraverso il contatto diretto tra i corpi, come avviene con gli ingranaggi degli orologi, rifiutando qualsiasi proposta di azione a di-

stanza che potesse sembrare un ritorno a una visione animistica o magica del mondo.

Ne nacque una disputa che il XVIII secolo non avrebbe potuto dirimere, non possedendo gli strumenti sperimentali né l'attrezzatura matematica che avrebbero condotto, nella seconda metà del XIX secolo, allo sviluppo della teoria dei campi, al celebre esperimento di Michelson-Morley che mise definitivamente in crisi il concetto di etere, e infine – agli inizi del secolo scorso – alla teoria della relatività generale di Albert Einstein, che diede finalmente all'attrazione gravitazionale quella spiegazione che Newton non fu in grado di fornire. Prima di tutto ciò, la nascente scienza moderna dovette affrontare una delle ultime grandi dispute della filosofia naturale, che dimostrava quanto difficile fosse, ancora al principio dell'Illuminismo, liberarsi dell'eredità dell'aristotelismo da un lato e dell'ermetismo dall'altro, ed elaborare concezioni nuove della fisica e di quella che oggi definiamo cosmologia. Esempi di ciò, analizzati in questo lavoro, sono la "confusione magnetica", per usare l'espressione dello scrittore Arthur Koestler<sup>1</sup>, riferita all'influenza della teoria magnetica di William Gilbert ancora per tutto il XVIII secolo, come alternativa alla gravitazione newtoniana, e il concetto di *plenum* e di etere in opposizione alla concezione "eretica" di un'azione a distanza. Nella parte finale vengono analizzati alcuni echi moderni di questa disputa nella fisica contemporanea e nella filosofia della scienza, che evidenziano la persistenza del conflitto tra pensiero meccanicistico e pensiero magico-religioso ancora oggi.

## 2. IPSE DIXIT: LA COSMOLOGIA ARISTOTELICA E SCOLASTICA

La fisica aristotelica si basava su alcuni concetti fondamentali. Innanzitutto, sulla divisione del mondo in due parti, quello sublunare e quello dei cieli. Il mondo sublunare si compone di quattro elementi: terra, acqua, aria e fuoco. Mentre i primi due elementi, terra e acqua, a causa del loro peso, tendono naturalmente verso il basso, aria e fuoco – più leggeri – tendono verso l'alto; e ciò perché ogni elemento tende a occupare il luogo che gli è naturale, così da spiegare quelli che Aristotele definiva i *moti naturali*, dal basso verso l'alto o dall'alto verso il basso<sup>2</sup>. Viceversa, i corpi celesti ruotano perché costituiti da un quinto elemento, l'etere, cristallino, puro e incorruttibile. Poiché l'etere si trova nel luogo che gli è naturale, non si muove né verso il basso né verso l'alto, ma solo con moto circolare, considerato fin da Platone il moto

<sup>1</sup> A. Koestler, *I sonnambuli. Storia delle concezioni dell'universo*, Jaca Book, Milano 2010, p. 497.

<sup>2</sup> Aristotele, *Il cielo*, IV. Cfr. anche Aristotele, *Fisica*, VIII, 3-4.

che descrive la figura geometrica perfetta, e pertanto consono alla perfezione dei cieli<sup>3</sup>.

Mentre il mondo sublunare si divide in sfere concentriche occupate – dall'alto verso il basso – prima dal fuoco, poi dall'aria, quindi dall'acqua e infine dalla terra, verso cui tutti i corpi pesanti per natura tendono, i cieli sono divisi in sfere celesti. Sull'equatore di ciascuna sfera sono fissati la Luna, il Sole e i pianeti conosciuti. L'ultimo cielo, quello delle stelle fisse, chiude l'universo, che nella concezione aristotelica e poi medievale ha una grandezza finita. Tutte le sfere ruotano a partire dal *primo mobile*, la sfera che imprime il moto delle stelle fisse, e poi via via in basso con velocità diverse per dar conto dei moti osservati nel cielo. Solo la Terra è immobile, poiché non composta di etere; per la teologia cristiana, ciò si spiega con la sua corruzione, che le impedisce di partecipare ai moti perfetti del cielo<sup>4</sup>.

La gravità, nella fisica aristotelica, veniva dunque spiegata come la tendenza dei corpi pesanti a ricongiungersi al loro luogo naturale, al centro della terra (che costituiva anche il centro dell'universo). La velocità di caduta era ritenuta direttamente proporzionale al peso e inversamente proporzionale alla densità del mezzo. Ne derivava che il vuoto non poteva esistere, perché in tal caso l'assenza di mezzo avrebbe prodotto un moto istantaneo, una velocità infinita. Il moto necessitava sempre di una causa, di un "motore" che lo producesse e continuasse a tenere il corpo in movimento per contatto, poiché non era pensabile una forza che agisse a distanza. Essenzialmente, dunque, la fisica di Aristotele fondava la teoria delle cause del moto su quattro postulati: la negazione del vuoto, l'esistenza di una causa di movimento per ogni moto, la necessità che motore e oggetto mosso siano in contatto, l'esistenza di un motore primo immobile<sup>5</sup>.

Poiché gli unici movimenti naturali, nella fisica aristotelica, sono quelli verso l'alto e verso il basso (dovuti al fatto che gli elementi costitutivi dei corpi tendono a raggiungere la loro sede naturale), nel vuoto l'assenza di alto e basso avrebbe reso impossibile questo tipo di moto. Tutti gli altri moti sono, per Aristotele, frutto di un'azione da parte di un motore, per esempio la freccia scoccata da un arco. Quando la freccia si muove nell'aria, viene mossa dall'aria, che agisce come motore ma anche come mezzo di resistenza, spostando la freccia nello spazio e al tempo stesso facendole perdere di velo-

<sup>3</sup> Aristotele, *Il cielo*, II, 5-6.

<sup>4</sup> Cfr. C.S. Lewis, *The Discarded Image: An Introduction to Medieval and Renaissance Literature*, Cambridge University Press, Cambridge 1964, pp. 110-111.

<sup>5</sup> Lo storico della scienza Paolo Rossi osserva al riguardo che la fisica aristotelica era il frutto della «generalizzazione di osservazioni empiriche», laddove la scienza moderna si fonda su «un'analisi capace di astrazioni, capace cioè di abbandonare il piano del senso comune, delle qualità sensibili, dell'esperienza immediata». Cfr. P. Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Roma-Bari 2000, p. 7.

cità. Questa idea così controintuitiva era legata alla concezione aristotelica che il moto innaturale (cioè diverso dal moto verso l'alto o verso il basso) richiedesse un contatto continuo tra motore e oggetto in movimento: nell'aria non sembra esserci un motore in contatto con la freccia, perciò si deve supporre che l'aria stessa agisca da motore a contatto con il corpo<sup>6</sup>. Analogamente, i corpi celesti sono mossi da potenze angeliche o forze impresse a loro volta dall'unico "motore immobile", Dio. Ma nel vuoto non può esserci nessun motore, mobile o immobile, per definizione, dacché è appunto vuoto. Indi per cui non può esserci movimento.

Tuttavia, è stato osservato che l'idea di un moto naturale verso l'alto o verso il basso degli oggetti mossi dalla proprietà dei quattro elementi di conservarsi nella loro sede sia molto simile al concetto di azione a distanza. La terra eserciterebbe un'attrazione verso i corpi pesanti, così come il cielo un'attrazione verso i corpi più leggeri. Aristotele parla di un "desiderio" delle cose a realizzare il loro potenziale, suggerendo l'azione di un'attrazione che si esercita a distanza. Non nel vuoto, certo, ma nemmeno per azione di un motore posto a contatto<sup>7</sup>.

Nella teologia medievale di stampo agostiniano, Dio – in quanto motore immobile – non imprime il movimento con azione a distanza, ma attraverso la luce. Lo spirito è immaginato come fatto di luce, perciò la sua azione causale si propaga attraverso i raggi così come il Sole propaga la luce e il calore attraverso i raggi che emana. Roberto Grossatesta (1175-1253) sistematizzò questi concetti affermando che la luce è la causa del movimento e del cambiamento<sup>8</sup>. Aristotele, tuttavia, negava che la luce avesse qualità materiale. Cosa diversa era la radiazione, che veniva equiparata al fuoco, e pertanto consentiva di considerare il calore come un elemento sostanziale; ma non così la luce. La luce è nella fisica aristotelica una potenzialità del *plenum* trasparente che riempie lo spazio, e questa potenzialità viene attualizzata dal fuoco o dal sole.

Con la dottrina della moltiplicazione delle specie, Ruggero Bacone (ca. 1214-1294) avanzò il più elaborato tentativo della Scolastica di risolvere questi problemi, offrendo una teoria della trasmissione non solo della luce e del calore, ma anche dell'attrazione magnetica e – coerentemente con la visione medievale – dell'attrazione astrale. I corpi radianti possono moltiplicare le loro qualità, o "specie", nello spazio, il che non vuol dire che si dividono e propagano una parte di loro stessi (altrimenti il Sole, in poco tempo, finirebbe per scomparire), ma che moltiplicano la loro sostanza, cosicché es-

---

<sup>6</sup> Aristotele, *Fisica*, IV, 6-8.

<sup>7</sup> M.B. Hesse, *Forces and Fields: The Concept of Action at a Distance in the History of Physics*, Dover Publications, Mineola (NY) 2005, p. 66.

<sup>8</sup> *Ivi*, p. 78.

sa si propaga costantemente nel *plenum*. In tal modo si evitava il problema dell'azione a distanza di un "radiatore" (come, appunto, il Sole), immaginando una continua moltiplicazione della sostanza trasmessa – la luce, il calore, il magnetismo, l'influenza astrale – nel mezzo (con l'eccezione degli occhi: la sostanza di trasmissione non può propagarsi anche negli occhi degli esseri umani o degli animali). Nello specifico, il mezzo si trasforma costantemente sotto l'azione dell'effetto di moltiplicazione della specie, assumendo le proprietà di quest'ultima, cosicché la propagazione non produce un vero e proprio movimento, ma una sorta di pulsazione<sup>9</sup>.

### 3. VERSO L'UNIVERSO MECCANICO

Tra i più grandi filosofi naturali che vissero a cavallo tra la fine della Scolastica e la rivoluzione scientifica, William Gilbert (1544-1603) era medico di formazione, ma la sua notorietà è legata al trattato *De Magnete* (1600), che ebbe enorme influenza per tutto il XVII e XVIII secolo, nel quale Gilbert sviluppò la sua teoria del magnetismo basata sull'idea che la Terra – e di conseguenza anche gli altri corpi celesti – siano magneti naturali. Prima dello sviluppo della teoria dell'elettromagnetismo, magnetismo ed elettricità erano considerati fenomeni separati, sebbene ci fossero indizi di analogie nel loro comportamento. All'epoca di Gilbert, gli esperimenti sull'elettricità si limitavano all'osservazione degli effetti dello sfregamento su bastoni di ambra o di altri materiali conduttivi, che generavamo ovviamente una corrente molto effimera, la quale condivideva però con il magnetismo la proprietà di attrarre corpi leggeri.

Gilbert, a cui si deve il termine *electricus* (da *elektron*, il nome dato all'ambra dagli antichi Greci), rendicontò nel *De Magnete* numerosi esperimenti che smentivano diverse credenze dell'epoca. Tra queste, quella dell'esistenza di un'attrazione tra simili ("simpatia"): la pietra non attrae un'altra pietra né la carne altra carne, mentre il magnete attrae il ferro e l'ambra sfregata esercita un'attrazione elettrica su ogni tipo di corpo, annotava Gilbert, che respingeva così le teorie di Galeno, secondo cui era possibile operare cure attraverso la somministrazione di medicinali nei quali è presente lo stesso principio del veleno, per attirare le sostanze fuori dall'organismo, e quelle degli ippocratici secondo cui l'attrazione si produce attraverso il calore: riscaldando un magnete o un bastone di ambra, la loro forza di attrazione viene meno, mentre altri corpi, se riscaldati, non producono attrazione.

Ancora, Gilbert mostrava che l'attrazione non era prodotta da correnti

---

<sup>9</sup> Cfr. L. Tampellini, *Ruggero Bacono, un passaggio nodale all'origine della scienza moderna*, Cantagalli, Siena 2004.

d'aria che passavano dal magnete al ferro o viceversa, o tra l'ambra e gli oggetti attratti, come suggeriva Plutarco, secondo cui l'ambra attira gli oggetti grazie all'aria più densa intorno a sé: ponendo una candela tra l'ambra e un oggetto attratto dall'elettricità, la fiamma della candela non si muove<sup>10</sup>.

Gilbert propose tuttavia, per spiegare l'attrazione magnetica, un concetto che egli attribuiva anch'esso ai filosofi greci, in particolare a Pitagora, vale a dire la naturale tendenza di tutte le cose a unirsi. Escludendo però l'ipotesi di un'attrazione a distanza, egli proponeva l'esistenza di un effluvio che entrasse in contatto con i corpi, sulla base della convinzione aristotelica secondo cui nessuna azione può avere luogo se non per contatto. Parve naturale a Gilbert estendere quest'idea alla spiegazione dell'attrazione gravitazionale, problema su cui i suoi contemporanei si stavano da tempo arrovellando. Anticipando di quasi un secolo la teoria di Newton, Gilbert suggerì che la causa dell'attrazione gravitazionale fosse il magnetismo. Dal momento che questa forza non poteva verificarsi nel vuoto, egli ipotizzò che il magnetismo si propagasse attraverso fluidi che riempirebbero l'universo. Tutti i corpi celesti eserciterebbero un'attrazione magnetica reciproca, proporzionale alle loro masse, con il Sole che propaga il suo effluvio agli altri pianeti portandoli a girare intorno a sé, come il modello copernicano suggeriva, e la Terra che gira su sé stessa per meglio ricevere, su tutta la sua superficie, l'effluvio magnetico diffuso dal Sole.

Secondo Paolo Rossi, la teoria magnetica di Gilbert fu una mediazione tra lo sviluppo della concezione meccanicistica dell'universo e gli echi delle antiche teorie delle attrazioni: «Agli accurati e ingegnosi esperimenti di Gilbert fa da sfondo una visione magico-vitalistica. La materia non è priva di vita né di percezione. L'attrazione elettrica si esercita attraverso *effluvia materialis*; quella magnetica (che non è impedita dalla interposizione di corpi materiali) è invece una forza spirituale»<sup>11</sup>. Ogni corpo celeste possiederebbe, secondo Gilbert, una propria anima che esercita questa attrazione, inclusa la Terra, che Aristotele aveva considerato priva di un'anima motrice. Tale forza è maggiore quanto più grande è il magnete: per questo il Sole esercita una forza d'attrazione maggiore di tutti gli altri corpi celesti. Ciascuno di essi possiederebbe due poli magnetici corrispondenti ai poli geografici; da essi deriverebbe il moto rotatorio sul proprio asse. Secondo Arthur Koestler, senza la teoria di Gilbert, pur sbagliata, «il cervello dell'uomo avrebbe fatto più fatica a sostituire al concetto tradizionale, familiare, della "gravità" quale tendenza naturale dei corpi a cadere verso il centro, l'idea azzardata che si tratta di un brancolamento dei corpi gli uni verso gli altri attraverso lo spazio vuoto»<sup>12</sup>.

<sup>10</sup> M.B. Hesse, *Forces and Fields*, *op. cit.*, p. 88.

<sup>11</sup> P. Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, *cit.*, p. 234.

<sup>12</sup> A. Koestler, *op. cit.*, p. 498.

La principale conseguenza della teoria di Gilbert fu, senza dubbio, la sua influenza su Giovanni Keplero (1571-1630). Nell'introduzione all'*Astronomia Nova* (1609) Keplero, superando la concezione aristotelica della gravità, affermava che essa non è altro che «la reciproca tendenza corporea tra corpi della stessa natura all'unione o al contatto (anche la forza magnetica è di questo genere)»<sup>13</sup>, al punto da riuscire a sviluppare quello che oggi chiameremmo un esperimento mentale al riguardo («Se due pietre venissero collocate in un punto qualsiasi dello spazio, fuori dalla portata di un terzo corpo della stessa natura, esse si riunirebbero come fanno dei corpi magnetici, in un punto intermedio, ognuna avvicinandosi all'altra in proporzione della massa di quest'ultima»<sup>14</sup>).

Eppure, successivamente nel testo quest'idea viene del tutto abbandonata. Pesava certamente la riottosità a superare il senso comune perlomeno nell'idea che possano sussistere forze che agiscono a distanza nel vuoto in assenza di un mezzo. Keplero, fedele alla nuova concezione meccanicistica dell'universo, intendeva «mostrare che la macchina dei cieli non è una sorta di essere vivente e divino bensì una specie di movimento di orologeria» dove tutti i movimenti «sono provocati da una forza materiale, magnetica, semplicissima»<sup>15</sup>.

Tale era la persistenza di questa convinzione dell'impossibilità di un'azione a distanza senza intermediari che, scrive Koestler,

Cartesio, il quale voleva ricostruire l'universo unicamente con la materia e la estensione, il quale inventò il più bello strumento del ragionamento matematico, la geometria analitica, il quale superò tutti i suoi predecessori per il rigore del suo metodo intellettuale (...) lo stesso Cartesio, questo Robespierre della rivoluzione scientifica, respinse l'attrazione a distanza per sostituirla con mostruosi vortici che giravano nello spazio<sup>16</sup>.

Per Cartesio (1596-1650), spazio e materia, intesa come *res extensa*, ossia estensione, sono termini irriducibilmente connessi. Senza materia non può esserci spazio, per cui è impossibile immaginare un vuoto, o nulla, vale a dire uno spazio privo di materia. Si trattava di una negazione ancora più radicale di quella di Aristotele, annota Paolo Rossi, che lo spinse a elaborare, nel suo meccanicismo estremo, una cosmologia barocca fatta di vortici e moti lineari<sup>17</sup>.

Cartesio recuperava l'atomismo ipotizzando una materia corpuscolare,

---

<sup>13</sup> *Ivi*, p. 331.

<sup>14</sup> *Ivi*, p. 332.

<sup>15</sup> *Ivi*, p. 334.

<sup>16</sup> *Ivi*, p. 499.

<sup>17</sup> P. Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, cit., p. 158.

ma ne respingeva l'assunto dello spazio vuoto (su cui si basava la concezione atomistica classica) ipotizzando una materia infinitamente divisibile. I cieli sono composti da etere, un fluido *luminifero*, ossia portatore di luce, mezzo di propagazione della luce nel cielo; fluido a sua volta composto di particelle simili a granelli di sabbia stretti insieme, di forma sferica, a causa dell'attrito continuo degli urti (inizialmente, infatti, la forma di tutte le particelle dell'universo era cubica, forma perfetta datagli da Dio). Sono gli urti a causare i moti naturali: le forze si propagano attraverso urti continui, tramite i quali il moto si propaga attraverso i corpi, lasciando immutata la quantità di moto complessiva dell'universo. Secondo la formulazione cartesiana: «Se un corpo che si muove ne incontra un altro più forte di sé, non perde nulla del suo movimento, e se ne incontra un altro più debole che egli possa muovere, ne perde tanto quanto gliene dà»<sup>18</sup>.

#### 4. LA DISPUTA SULL'AZIONE A DISTANZA

A Francis Bacon (1561-1626) si deve una classificazione dell'azione a distanza in otto categorie. La prima riguarda azioni manifestamente corporali, come la trasmissione di odori o di infezioni patogene, attraverso l'aria o il tocco. La seconda categoria riguarda la trasmissione delle specie spirituali, ripresa da Ruggero Bacone, come la trasmissione di calore radiante, luce o suono, che avviene tramite moltiplicazione della specie nel mezzo. L'attrazione elettrica, distinta da quella magnetica e gravitazionale, avviene per Bacon per "simpatia", ma sempre tramite l'azione di un mezzo fisico. Diversamente, nella quarta categoria sono incluse l'attrazione magnetica e quella gravitazionale, considerate lo stesso fenomeno, la cui forza agirebbe a distanza senza necessità di un mezzo; si tratterebbe quindi di un'autentica azione a distanza nel vuoto, diversamente da quanto proponeva Gilbert e più similmente a quanto suggeriva Keplero. Seguono poi fenomeni di telepatia o premonizione, influenze astrali (comprese le maree, non considerate come l'effetto dell'attrazione gravitazionale), fenomeni di "simpatia" nella magia naturale, come per esempio le proprietà terapeutiche di particolari pietre, che egli riteneva non fenomeni magici ma spiegabili attraverso studi scientifici, e infine fenomeni simpatici nella cura delle malattie, come sosteneva la teoria di Galeno<sup>19</sup>.

Quali di questi fenomeni potevano davvero essere considerati effetti di azione a distanza e quali sarebbero diventati spiegabili, con il progredire della scienza, attraverso concezioni meccanicistiche, fu un tema centrale del dibattito scientifico a partire dal XVII secolo e praticamente – come vedremo

<sup>18</sup> *Ivi*, p. 160.

<sup>19</sup> M.B. Hesse, *op. cit.*, pp. 93-96.

– fino ai giorni nostri. Koestler parla della “confusione magnetica” in riferimento all’influenza delle teorie di Gilbert fino al Settecento inoltrato. Il magnete, infatti, «offriva l’unica dimostrazione concreta e tangibile di questa misteriosa riunione della materia con la materia sotto l’influsso di una “forza” che agiva a distanza senza contatto e senza intermediari»<sup>20</sup>.

Lo studioso gesuita Athanasius Kircher (1602-1680), nella sua opera *Magnets sive de arte magnetica opus tripartitum* (1643), riprese l’idea di Gilbert secondo cui tutti i corpi celesti interagiscono reciprocamente attraverso il magnetismo e che il magnetismo debba essere considerato la forza per eccellenza della natura, in grado di agire non solo sui fenomeni fisici, ma anche sull’anima e sullo spirito. Quest’idea sarebbe stata ripresa, nel Settecento, della celebre teoria pseudoscientifica del magnetismo animale del fisiologo Franz Mesmer<sup>21</sup>.

All’origine della confusione magnetica risiedeva tuttavia soprattutto la persistente capacità di attrazione dell’ermetismo rinascimentale. Il “boom” dell’ermetismo in Occidente fu il risultato della traduzione dal greco o dall’arabo di testi classici che la Cristianità aveva dimenticato o occultato, recuperati dopo la caduta di Costantinopoli. Il *Corpus Hermeticum*, tradotto per la prima volta in latino da Marsilio Ficino nel XV secolo, riportò in auge idee che ebbero un’influenza decisiva sulle teorie di autori come Francis Bacon<sup>22</sup>, Giordano Bruno<sup>23</sup> e sui padri della rivoluzione scientifica.

Alla base della concezione del mondo ermetica c’è l’idea che l’universo sia una totalità indivisa. Un sistema di corrispondenze terrebbe insieme tutte le parti visibili e invisibili dell’universo, così come il macrocosmo e il microcosmo: esistono corrispondenze tra i sette metalli alchemici (oro, argento, mercurio, rame, ferro, stagno, piombo) e i sette pianeti (incluso Sole e Luna), così come tra questi e diverse parti del corpo umano<sup>24</sup>.

L’idea di anima motrice, che ha origine aristotelica, si ritrova nell’idea ermetica di *anima mundi*, lo spirito che permea l’universo e funge da «mediatore tra il vertice e la base della realtà», garantendo «non solo la comunicazione tra i diversi livelli della scala dell’essere, ma anche quella tra anima e corpo»<sup>25</sup>. Nella cosmologia di Giordano Bruno, tutte le cose contengono

<sup>20</sup> A. Koestler, *op. cit.*, p. 498.

<sup>21</sup> Sulla storia del mesmerismo, cfr. R. Darnton, *Il mesmerismo e il tramonto dei Lumi*, Medusa, Milano 2005.

<sup>22</sup> P. Rossi, *Francesco Bacone: dalla magia alla scienza*, Laterza, Bari 1957.

<sup>23</sup> F.A. Yates, *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition*, Routledge and Kegan Paul, Londra 1964.

<sup>24</sup> W.J. Hanegraaff, *New Age Religion and Western Culture: Esotericism in the Mirror of Secular Thought*, E.J. Brill, Leiden, New York e Colonia 1996, p. 398.

<sup>25</sup> L. Spruit, *Magia: socia naturae. Questioni teoriche nelle opere magiche di Giordano Bruno*, «Il Centauro. Rivista di filosofia e teoria politica», n. 17-18, 1986, p. 155.

un'energia che deriva dall'*anima mundi*, una forza che si esercita tra tutti i corpi in modo del tutto simile a quella teorizzata da Gilbert. Nella concezione ermetica, questi effluvi e influenze possono essere incanalati dal mago, al fine di massimizzarne l'azione: dal momento che esiste un rapporto di "simpatia" tra il rame e il pianeta Venere, un amuleto di quel metallo può riuscire a incanalare le influenze di Venere, per processi di guarigione o per finalità più prosaiche.

Questa corrispondenza biunivoca tra ciò che esiste nel mondo celeste e ciò che esiste nel mondo sublunare, che è alla base dell'astrologia, non richiede il contatto tra corpi o mezzi particolari per esercitarsi, dal momento che, essendo tutte le cose dell'universo unite al di là della nostra percezione sensibile, la distanza è solo apparenza: esse sono costantemente in contatto in modo invisibile<sup>26</sup>:

Ogni anima, e ogni spirito, ha una certa continuità con lo spirito dell'universo e quest'ultimo non solo è presente dove sente e produce vita, ma, come volevano molti platonici e molti pitagorici, è diffuso nell'immensità dello spazio. Da questa sua diffusa presenza deriva che, all'improvviso e senza movimento, l'occhio possa percepire cose situate a distanze grandissime; l'occhio o qualcosa dell'occhio si precipita improvvisamente alle stelle o dalle stelle improvvisamente all'occhio<sup>27</sup>.

Come spiega Giordano Bruno nel *De magia* (1590), esiste una *indissolubilis continuatio* tra i corpi, tale per cui l'azione che si verifica tra di essi non agisce né per contatto né nel vuoto, ma «per una specie di consenso, di copula o di unione che provengono dalla forma»<sup>28</sup>. Nel mettere il Sole al centro dell'universo, Copernico recupera idee neoplatoniche, mentre Keplero, «nello spirito sincretico del Rinascimento», vi aggiunge come chiosa l'idea che l'etere in cui si muovono i pianeti altro non sia che lo Spirito Santo<sup>29</sup>.

In questo quadro si consumò il grande problema di Newton, il quale non riuscì mai a produrre una soddisfacente spiegazione dell'attrazione gravitazionale: la sua teoria funzionava, cioè si accordava alla perfezione con i moti planetari e con i moti dei corpi sulla terra, ma l'idea che essa suggeriva di un'azione a distanza irritava fortemente i suoi contemporanei, perché sembrava richiamare quelle teorie ermetiche e aristoteliche che i meccanicisti cercavano in tutti i modi di abbandonare.

---

<sup>26</sup> F.A. Yates, *op. cit.*, p. 51;

<sup>27</sup> P. Rossi, *Il tempo dei maghi. Rinascimento e modernità*, Raffaello Cortina, Milano 2006, pp. 40-41.

<sup>28</sup> *Ivi*, p. 49.

<sup>29</sup> R. Campa, *La via platonica al Dio visibile di Copernico*, «Orbis Idearum», vol. 4 n. 2, dicembre 2016, p. 28.

Nei *Principia*, Newton cercò di dimostrare l'impossibilità della cosmologia cartesiana: i vortici non avrebbero mai potuto produrre i movimenti dei pianeti osservati da Keplero, né avrebbero consentito alle comete di attraversare il Sistema Solare passando da un vortice a un altro in linea retta, per non parlare del fatto che alla lunga la resistenza prodotta dai corpuscoli che secondo Cartesio riempivano lo spazio avrebbe avuto l'effetto di rallentare sempre più i movimenti dei corpi celesti. L'opposizione al meccanicismo da parte di Newton aveva poco di scientifico o filosofico: trovava infatti spiegazione nella sua concezione teologica e in particolare nell'opposizione all'epicureismo, all'idea cioè che il movimento – in particolare l'attrazione e la repulsione – potesse trovare spiegazione nelle azioni casuali dei corpi nel vuoto. Per Newton, la concezione epicurea del mondo era sbagliata perché atea, perché non concedeva alcuno spazio a Dio<sup>30</sup>.

Tuttavia, egli era consapevole della difficoltà di opporre, alla cosmologia meccanicistica, qualcosa di profondamente diverso. Nella lettera a Bentley del 1692/93, Newton cercava di liberarsi dell'idea di azione a distanza implicita nella sua teoria della gravitazione, scrivendo che

è inconcepibile che la materia bruta inanimata, senza la mediazione di altra cosa che non sia materiale, agisca su un'altra materia senza alcun contatto reciproco (...). Che la gravitazione sia innata, inerente ed essenziale alla materia, in modo che un corpo possa agire su un altro, a distanza, nel vuoto, senza alcuna mediazione attraverso la quale ed in virtù della quale la loro azione e la loro forza possano passare dall'uno all'altro, è per me un'assurdità talmente grande che non credo che nessun uomo dotato di una facoltà competente di pensare in materia di filosofia potrà mai cadervi.<sup>31</sup>

Newton era un profondo conoscitore dell'alchimia e dell'ermetismo, come è stato dimostrato in tempi recenti. Tuttavia, nota Paolo Rossi, probabilmente «si è ecceduto nel presentare Newton come un pensatore “ermetico”<sup>32</sup>; questo non vuol dire però che, nella sua costruzione del “sistema del mondo”, Newton non fosse influenzato da considerazioni che oggi non definiremmo affatto scientifiche. In particolare, la sua maggiore preoccupazione era quella di trovare nelle Scritture il supporto alle sue teorie. Nei cinquant'anni che dividono la giovanile opera *De gravitatione* dai *Principia*, Newton portò avanti un enorme lavoro di esegesi biblica, che influenzò in modo notevole la sua concezione dell'azione a distanza.

Se nella lettera a Bentley Newton chiariva la sua opposizione all'idea di

<sup>30</sup> S. Ducheyne, «Newton on action at a distance and the cause of gravity», *Studies in the History and Philosophy of Science Part A* 42:1, 2011.

<sup>31</sup> Cit. in A. Koestler, *op. cit.*, p. 501.

<sup>32</sup> P. Rossi, *Il tempo dei maghi*, cit., p. 56.

un'azione a distanza nel vuoto, e altrove egli prendeva posizione contro l'idea di un etere meccanico o in generale di una qualsiasi azione di contatto che potesse spiegare l'attrazione gravitazionale, restava spazio per un ruolo attivo di Dio nel cosmo. Newton non si spingeva certo a sostenere che la gravitazione fosse il risultato diretto dell'azione di Dio, ma che Dio ponesse in essere dei "principi attivi" attraverso i quali i corpi interagiscono. Se infatti fossero i corpi stessi a possedere tali principi, essi non sarebbero passivi, ma attivi, si attrarrebbero reciprocamente e in un universo del genere non ci sarebbe spazio per l'azione di Dio. Se invece la materia fosse inerte e inanimata, ogni movimento dipenderebbe da azioni pensate da Dio<sup>33</sup>. L'azione a distanza si verifica quindi attraverso mezzi non-meccanici, attraverso la "materia immateriale" postulata da Newton già nel *De gravitatione* che dimostrerebbe la presenza costante di Dio nel mondo<sup>34</sup>.

Non a caso Leibniz (1646-1716) fu il principale critico dell'azione a distanza, che egli definiva niente più che un "miracolo", non un fatto scientifico. Alle obiezioni secondo cui, se Dio avesse voluto rendere possibile l'azione a distanza, niente avrebbe potuto ostacolarlo, perché ciò avrebbe significato porre un limite all'onnipotenza divina, Leibniz obiettava che questo non avrebbe fatto altro che riportare la scienza al livello di conoscenze del medioevo; una simile azione a distanza non avrebbe avuto senso, diceva, «anche se un angelo, per non dire Dio stesso, dovesse cercare di spiegarla»<sup>35</sup>. Egli restava legato all'idea cartesiana del *plenum*, ritenendo impossibile l'esistenza del vuoto.

Immanuel Kant (1724-1804) fu invece sostenitore dell'idea di un'azione a distanza istantanea nel vuoto da parte della forza di attrazione gravitazionale. La forza di attrazione e la forza repulsiva erano considerate da Kant le uniche caratteristiche universali *a priori* della materia, come tali non necessitanti di azione tramite contatto<sup>36</sup>.

Ma la questione proseguì a lungo come mera disputa filosofica. Come ha riassunto il filosofo della scienza Thomas Kuhn:

Incapaci sia di svolgere attività scientifica senza i *Principia*, sia di adattare quest'opera ai criteri corpuscolari del XVII secolo, gli scienziati accettarono gradualmente la concezione che la gravità è innata. Alla metà del XVIII secolo, una tale concezione era ormai accettata quasi universalmente e il risultato fu un genuino ritorno (che non significa regressione) a un modello scolastico. Attrazione e ripulsione innate si aggiunsero alla dimensione, alla

<sup>33</sup> Ducheyne, *op. cit.*

<sup>34</sup> M. Mamiani, *La scienza esatta delle profezie*, introduzione a I. Newton, *Trattato sull'apocalisse*, Bollati Boringhieri, Torino, 2011, p. XIII.

<sup>35</sup> E. Dolnick, *L'universo meccanico*, Bollati Boringhieri, Torino 2014, 311.

<sup>36</sup> M.B. Hesse, *Forces and Fields...*, 177.

forma, alla posizione e al movimento nel costituire le proprietà primarie, fisicamente irriducibili, della materia<sup>37</sup>.

Secondo Kuhn, questo mutamento dei criteri che governavano i problemi scientifici dell'epoca, pur senza ancora sfociare nel cambio di paradigma che si sarebbe verificato con lo sviluppo delle teorie di campo, ebbe un effetto importante nel progresso scientifico.

Accettando la possibilità di un'azione elettrica a distanza, gli scienziati riconobbero il caricamento per induzione come uno dei suoi effetti, e non come il risultato dell'azione diretta di "atmosfera" elettriche o fluidi elettrici nel laboratorio, e analogamente la comprensione degli effetti induttivi «rese possibile l'analisi che Franklin fece della bottiglia di Leyda e quindi l'emergere di un nuovo paradigma di tipo newtoniano per l'elettricità». Altri risultati si ebbero nella chimica, con gli esperimenti di Lavoisier e di Dalton, impossibile da concepire senza accettare «attrazioni differenziali tra i vari elementi e composti», abolendo la vecchia idea del flogisto<sup>38</sup>.

## 5. ECHI MODERNI DELLA DISPUTA SULL'AZIONE A DISTANZA

L'origine del dibattito contemporaneo sull'azione a distanza in fisica risale al 1935, anno in cui viene pubblicato il celebre articolo firmato da Albert Einstein, Boris Podolsky e Nathan Rosen dal titolo *Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?* ("La descrizione quantomeccanica della realtà fisica può ritenersi completa?"), il cui esperimento mentale proposto nel testo è oggi noto come "paradosso EPR" dalle iniziali dei tre autori<sup>39</sup>. Il paradosso presentato nell'articolo evidenziava, secondo gli autori, l'incompletezza della meccanica quantistica e la necessità di trasformarla in una teoria deterministica.

Nella formulazione semplificata proposta da David Bohm nel 1951 (nota anche come formulazione EPR/B)<sup>40</sup>, l'esperimento mentale funziona così: una sorgente appositamente preparata emette una coppia di particelle in stato di singoletto di spin, vale a dire che la composizione dei loro rispettivi momenti angolari è conservata: avremo quindi, per esempio, una particella A con spin  $\frac{1}{2}$  e una particella B con spin  $-\frac{1}{2}$ . Se le due particelle vengono emesse in direzioni diverse verso rivelatori posti a distanze diverse, quando

<sup>37</sup> T.S. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino 2009<sup>5</sup>, 134.

<sup>38</sup> *Ivi*, 134-135.

<sup>39</sup> A. Einstein, B. Podolsky, N. Rosen, *Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?*, «Physical Review» vol. 47 n. 10, maggio 1935.

<sup>40</sup> D. Bohm, *Quantum Theory*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs (NJ), 1951, pp. 614-622.

la particella A colpisce il primo rivelatore, che ne misura lo spin  $\frac{1}{2}$ , la particella B, prima ancora che colpisca il rivelatore più distante, assumerà di conseguenza spin opposto.

Per capire la peculiarità di questo esperimento, bisogna abbandonare la concezione classica del mondo e assumere il punto di vista della meccanica quantistica. Nel mondo classico (macroscopico) che conosciamo, se lasciamo a casa un guanto ci basterà vedere che quello che abbiamo in tasca è il guanto destro per essere certi di aver lasciato a casa il guanto sinistro; se potessimo tagliare una moneta per separare le due facce, ci basterà estrarre “testa” per sapere che l’altra faccia porta “croce”<sup>41</sup>. Si tratta di correlazioni a distanza che non sono paradossali, perché le coppie di oggetti condividono fin dall’inizio parametri definiti.

Nella meccanica quantistica, a livello microscopico vige invece l’indeterminazione: i parametri di uno stato quantistico non sono mai definiti finché non vengono misurati da un apparato, e restano fino ad allora in uno stato di sovrapposizione tra due o più stati possibili. Le due particelle si trovano in uno stato di sovrapposizione tra i due valori possibili dello spin nel loro tragitto dalla sorgente al rivelatore: quando lo spin di A è misurato, si verifica il “collasso della funzione d’onda”, vale a dire che la sovrapposizione collassa in uno dei possibili autostati; ma in quel momento B, sebbene non ancora misurato dal suo rivelatore, assumerebbe istantaneamente l’autostato complementare. È come se A potesse emettere un segnale informativo a B che agisce a distanza in modo istantaneo, violando il limite della velocità della luce (supponendo che A e B siano separati da intervalli di tipo spazio, vale a dire da una distanza tale che i segnali emessi da A non possano influenzare B dato il limite della velocità-luce, per cui non esiste connessione causale). Non sorprende che Einstein chiamasse questo fenomeno “inquietante azione a distanza”<sup>42</sup>.

La proposta degli autori di EPR era che la meccanica quantistica, in quanto teoria incompleta, nascondesse delle variabili la cui conoscenza avrebbe permesso di comprendere l’apparente azione a distanza tra le due particelle senza soluzioni paradossali. Un esempio di “variabili nascoste” è quello di due gemelli che presentano evidenti somiglianze: la variabile nascosta, che noi conosciamo, sta nel fatto che essi condividono in parte gli stessi geni.

---

<sup>41</sup> L’esempio in questione è citato in J.S. Bell, *Dicibile e indicibile in meccanica quantistica*, Adelphi, Milano 2010, p. 110. Per una trattazione più ampia della differenza tra correlazione a distanza nel mondo classico e in quello quantistico, cfr. *I calzini di Bertlmann e la natura della realtà*, sempre in Bell, *op. cit.*, pp. 184-210.

<sup>42</sup> L’espressione *spooky action at a distance*, dove l’aggettivo *spooky* è traducibile sia letteralmente come “fantasmatico” sia più generalmente come “inquietante”, fu usata da Einstein in una lettera privata a Max Born nel 1947, diventando da allora proverbiale in riferimento al fenomeno dell’*entanglement*.

Einstein, a cui si deve la comprensione del moto browniano, aveva scoperto che il moto disordinato delle particelle in un fluido poteva essere spiegato come il risultato di urti molecolari; conoscendo l'esistenza delle molecole, vale a dire le "variabili nascoste" del sistema, il moto browniano non necessita più di una comprensione esclusivamente statistica (come la meccanica quantistica), ma può essere ricondotto ad analisi deterministiche.

Ma con un articolo del 1964, il fisico John Stewart Bell dimostrò per la prima volta quello che sarebbe diventato noto come il "teorema di Bell", col quale egli dimostrava che una teoria delle variabili nascoste che volesse conservare il principio di località – secondo cui oggetti distanti non possono avere influenza istantanea l'uno sull'altro – non portava a risultati compatibili con le osservazioni, pertanto bisognava accettare il carattere non-locale della meccanica quantistica come sua peculiarità determinante<sup>43</sup>. Tale teorema fu poi confermato sperimentalmente all'inizio degli anni Ottanta dai celebri esperimenti dell'équipe di Alain Aspect e da allora è stato costantemente confermato, realizzando concretamente l'esperimento mentale di EPR.

La non-località della meccanica quantistica sembra riaprire la porta al concetto di azione a distanza, con l'aggravante che tale azione a distanza avviene in modo istantaneo. La questione è ancora ampiamente dibattuta; Bell è stato tra i principali sostenitori dell'interpretazione di De Broglie-Bohm della meccanica quantistica a variabili nascoste che sostiene l'esistenza di qualche sorta di "legame fisico" tra le particelle in stato di *entanglement* (vale a dire in stato di sovrapposizione quantistica): questa interpretazione, vicina a una concezione olistica della realtà in cui le singole parti non sono che espressione separate di un "tutto indiviso", conserva il carattere non-locale ma elimina l'aspetto dell'azione a distanza.

C'è inoltre da rilevare che la non-località sembra conservare il vincolo posto da Einstein riguardo la velocità della luce  $c$  come limite per la trasmissione di informazione: l'effetto EPR non permetterebbe infatti di trasmettere segnali a velocità ultra-relativistiche, per cui il fenomeno dell'*entanglement*, pur apparendo come un'azione a distanza istantanea, non si sostanzierebbe in una trasmissione di informazione tra le particelle *entangled*, ma in qualcosa di più sottile. Lo stesso Bell ammise che l'esistenza di un etere renderebbe plausibile il fenomeno EPR spiegandolo come la trasmissione di segnali in un etere in cui l'informazione può superare il limite posto da  $c$  nel vuoto; tuttavia, ammette che l'assenza di evidenze sperimentali dell'etere rende tale proposta non scientifica<sup>44</sup>.

Sono state evidenziate differenze tra l'azione a distanza del fenomeno

---

<sup>43</sup> J.S. BELL, *Sul problema delle variabili nascoste in meccanica quantistica*, in Id., *Dicibile e indicibile...*, cit., pp. 3-19.

<sup>44</sup> J.S. BELL, *Dicibile e indicibile...*, cit., p. 207.

EPR e la concezione classica newtoniana. Innanzitutto, quella quantistica è un'azione indipendente dalla distanza: laddove l'interazione gravitazionale è inversamente proporzionale al quadrato della distanza, lo stato di *entanglement* sembra conservarsi a prescindere dalla distanza; in secondo luogo, l'azione a distanza newtoniana è simmetrica, mentre quella EPR è asimmetrica: la misurazione di A influenza B oppure la misurazione di B influenza A, ma le misurazioni non avvengono simultaneamente (in tal caso si avrebbe simmetria); infine, nella concezione quantistica le particelle A e B si trovano in uno stato di sovrapposizione con l'apparato sperimentale finché non avviene il collasso prodotto dalla misurazione<sup>45</sup>.

Poiché la non-località dipende proprio dal perdurare di questo stato di non-separabilità, alcuni filosofi della fisica hanno messo in dubbio che l'*entanglement* implicherebbe un'azione a distanza. Il filosofo della fisica Joseph Berkovitz, affrontando la questione alla luce del dibattito tra Newton e Leibniz, sostiene all'opposto che Newton e il suo seguace Samuel Clarke ritenevano l'attrazione gravitazionale un'azione a distanza in cui gli oggetti sono influenzati reciprocamente secondo la legge di gravitazione universale, e che tale influenza sarebbe dovuta a un mezzo invisibile di tipo non meccanico. Pertanto, spiegazioni olistiche o che richiamino la non-separabilità costitutiva dei fenomeni quantistici non sono in contraddizione con l'idea di un'azione a distanza: con la concezione tradizionale newtoniana, esse condividerebbero il rifiuto di un mezzo meccanico attraverso il quale l'influenza si propaga nello spazio<sup>46</sup>.

È interessante osservare in questa sede come la teoria dell'etere in opposizione all'idea di un'azione a distanza sia ritornata oggi in auge negli ambienti della pseudoscienza. Come è stato osservato dalla studiosa Margaret Wertheim, istituzioni pseudoscientifiche come la Natural Philosophy Alliance, che si ispira alla vecchia filosofia naturale ed è composta da appassionati di scienza che elaborano teorie alternative a quelle considerate "dominanti", sono caratterizzate dalla volontà di ritornare a una concezione meccanicistica della realtà in cui l'universo e la fisica possano essere ricondotte a cause replicabili in semplici esperimenti di laboratorio, senza richiedere complesse astrazioni matematiche (come nel caso delle teorie di campo) o esperimenti fuori dalla portata dello scienziato amatoriale (come nel caso degli esperimenti EPR). Il ritorno all'etere, dal loro punto di vista, è una reazione anacronistica a una scienza che ha fatto significativi passi avanti dai tempi della

---

<sup>45</sup> J. Berkovitz «Action at a Distance in Quantum Mechanics», *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, a cura di E. N. Zalta, 2016:

<https://plato.stanford.edu/archives/spr2016/entries/qm-action-distance/>.

<sup>46</sup> *Ibid.*

disputa sull'azione a distanza, diventando tuttavia, al tempo stesso, sempre più distante dal senso comune<sup>47</sup>.

A conclusione di questa ricognizione sul concetto di "azione a distanza" nella storia della scienza e più in generale nella storia delle idee, emerge dunque il perdurare di un contrasto tra differenti concezioni del mondo. La comunità scientifica non è ancora giunta, secoli dopo l'inizio della disputa, a una conclusione definitiva sulla possibilità di azioni a distanza. Da un lato infatti le moderne teorie di campo sembrano fare a meno dell'esigenza di un *medium* per la propagazione delle forze, sostituendo però il *medium* con il concetto di "campo" dove la forza agisce e si propaga; dall'altro, il concetto di *entanglement* mette seriamente in difficoltà il senso comune, suggerendo la possibilità di un'azione che si esercita non solo a distanza, ma istantaneamente, nel vuoto: contro questa ipotesi, fin dai tempi di EPR sono state avanzate numerose congetture, sebbene oggi tanto la teoria di De Broglie-Bohm che il concetto di "variabili nascoste" godano di consensi molto minoritari.

In questo quadro, paradossalmente, coloro che si allontanano dal metodo scientifico in favore di un ritorno alla filosofia naturale propongono una concezione meccanicistica dell'universo che è in realtà più vicina alla fisica aristotelica che a quella contemporanea. Recuperando la visione cosmologica dell'ermetismo in anni recenti, il pensiero della New Age ha invece proposto una concezione olistica dell'universo fondata sui seguenti assunti: 1) la possibilità di ricondurre tutte le manifestazioni fisiche a una "realtà ultima"; 2) l'interrelazione tra tutte le entità dell'universo; 3) una dialettica universale tra polarità complementari; 4) l'analogia dell'intera realtà con l'organismo e le sue diverse componenti<sup>48</sup>. Come è stato dimostrato in alcuni studi recenti, l'affermarsi di questa mentalità a partire dagli anni Settanta avrebbe favorito l'accettazione, tra i fisici teorici, del paradosso dell'*entanglement*, per quanto distante dalla concezione meccanicistica propria della rivoluzione scientifica<sup>49</sup>. Questo, naturalmente, non vuol dire che l'azione a distanza sia un processo magico. Il successo del progresso scientifico sta proprio nel fatto di essere riuscito, nel tempo, a fornire spiegazioni razionali di fenomeni un tempo considerati paranormali. Come ha scritto George Musser nel suo libro *Inquietanti azione a distanza*, una ricostruzione del dibattito contemporaneo sul tema: «La vera magia del mondo è il suo *non essere* magico»<sup>50</sup>.

<sup>47</sup> Cfr. M. Wertheim, *Tutti pazzi per la fisica*, Dedalo, Bari 2013.

<sup>48</sup> W.J. Hanegraaff, *op. cit.*, p. 120.

<sup>49</sup> Cfr. D. Kaiser, *Come gli hippie hanno salvato la fisica*, Castelvechi, Roma 2012; R. Paura, *Dal principio olografico all'ipotesi della simulazione. Metamorfosi di un'idea ai confini del pensiero scientifico*, «Orbis idearum», vol. 5 n. 2, 2017.

<sup>50</sup> G. Musser, *Inquietanti azioni a distanza*, Adelphi, Milano 2019, p. 21.

## BIBLIOGRAFIA

- Aristotele, *Il cielo*, Bompiani, Milano 2002.
- Aristotele, *La fisica*, Bompiani, Milano 2011.
- Bell J.S., *Dicibile e indicibile in meccanica quantistica*, Adelphi, Milano 2010.
- Berkovitz B., *Action at a Distance in Quantum Mechanics*, «The Stanford Encyclopedia of Philosophy», a cura di E. N. Zalta, 2016.
- Bohm D., *Quantum Theory*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs (NJ), 1951.
- Butterfield H., *Le origini della scienza moderna*, Il Mulino, Bologna 1998.
- Campa R., *La via platonica al Dio visibile di Copernico*, «Orbis Idearum», vol. 4 n. 2, 2016.
- Darnton R., *Il mesmerismo e il tramonto dei Lumi*, Medusa, Milano 2005.
- Dolnick E., *L'universo meccanico*, Bollati Boringhieri, Torino 2014.
- Ducheyne S., *Newton on action at a distance and the cause of gravity*, «Studies in the History and Philosophy of Science Part A», vol. 42 n. 1, 2011.
- Einstein A., Podolsky B., Rosen N., *Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?*, «Physical Review», vol. 47 n. 10, 1935.
- Hanegraaff W.J., *New Age Religion and Western Culture: Esotericism in the Mirror of Secular Thought*, E.J. Brill, Leiden, New York e Colonia 1996.
- Hesse M.B., *Forces and Fields: The Concept of Action at a Distance in the History of Physics*, Dover Publications, Mineola (NY) 2005.
- Kaiser D., *Come gli hippie hanno salvato la fisica*, Castelvechi, Roma 2012.
- Koestler A., *I sonnambuli. Storia delle concezioni dell'universo*, Jaca Book, Milano 2010.
- Kuhn T.S., *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino 2009.
- Lewis C.S., *The Discarded Image: An Introduction to Medieval and Renaissance Literature*, Cambridge University Press, Cambridge 1964.
- Mamiani M., *La scienza esatta delle profezie*, introduzione a I. Newton, *Trattato sull'apocalisse*, Bollati Boringhieri, Torino, 2011.
- Musser G., *Inquietanti azioni a distanza*, Adelphi, Milano 2019.
- Paura R., *Dal principio olografico all'ipotesi della simulazione. Metamorfosi di un'idea ai confini del pensiero scientifico*, «Orbis idearum», vol. 5 n. 2, 2017.
- Rossi P., *Francesco Bacone: dalla magia alla scienza*, Laterza, Bari 1957.
- Rossi P., *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Roma-Bari 2000.
- Rossi P., *Il tempo dei maghi. Rinascimento e modernità*, Raffaello Cortina, Milano 2006.
- Spruit L., *Magia: socia naturae. Questioni teoriche nelle opere magiche di Giordano Bruno*, «Il Centauro. Rivista di filosofia e teoria politica», n. 17-18, 1986.
- Tampellini L., *Ruggero Bacone, un passaggio nodale all'origine della scienza moderna*, Cantagalli, Siena 2004.
- Wertheim M., *Tutti pazzi per la fisica*, Dedalo, Bari 2013.
- Yates F.A., *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition*, Routledge and Kegan Paul, Londra 1964.