

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA

SCUOLA DOTTORALE INTERNAZIONALE  
DI STUDI UMANISTICI

Tesi di Dottorato in Teoria e Storia della Storiografia  
filosofica

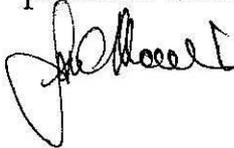
Ciclo XXII, anno accademico 2008/09

*Meccanicismo e filosofia sperimentale: la teoria della  
materia di Robert Hooke*

Settore disciplinare M-STO 05

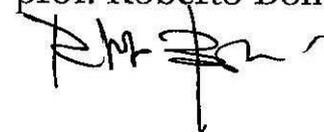
Coordinatrice:

prof.ssa Giuliana Mocchi



Supervisore:

prof. Roberto Bondi



Dottorando:

Francesco Giuseppe Sacco



# LA COSTRUZIONE DELLA MATERIA

## 1. I Sistemi, il microscopio, le qualità

La formazione di una tradizione corpuscolare nella scienza inglese del XVII secolo fu influenzata fortemente dalla propensione sperimentale presente in diverse forme nei principali sostenitori della nuova scienza. Le teorie continentali dell'atomismo e del cartesianesimo erano considerate indubbiamente la base della ricostruzione del sapere naturale, ma la loro diffusione si incontrò con la presenza di una tradizione che faceva riferimento all'opera di Bacone e guardava con grande interesse agli studi di chimica e magnetismo. Il bisogno di una fondazione sperimentale della filosofia meccanica e il pericolo di alcuni suoi aspetti metafisici erano condivisi da molti virtuosi. Sulla ricezione e il destino della filosofia cartesiana nella scienza europea ha pesato quella che è stata definita la «sindrome cartesiana». I principali sostenitori della nuova scienza hanno condiviso l'assunzione iniziale del sistema cartesiano sotto l'effetto della sua coerenza, ma se ne sono lentamente distaccati per una disapprovazione crescente di un numero sempre maggiore di ipotesi.<sup>1</sup> In Inghilterra questo avvenne per entrambe le principali forme di filosofia meccanica, dietro la spinta di un'esigenza di fondazione sperimentale delle ipotesi avanzate, pur nel contesto di un'accettazione generale dei principi meccanici.<sup>2</sup> Il progetto boyleano di una fondazione sperimentale della filosofia meccanica attraverso la chimica, con la conseguente formazione di una chimica corpuscolaristica, non costituiva un fatto isolato.<sup>3</sup> La messa in discussione delle leggi cartesiane del moto da parte del giovane Wren era accompagnata dall'esigenza di dare ai principi della nuova filosofia quel carattere sperimentale che costituiva ai suoi occhi il lascito baconiano:<sup>4</sup>

La filosofia meccanica ci insegna solo cosa probabilmente può essere fatto in natura dal movimento e dalla figura delle piccole

---

<sup>1</sup> Westmann 1980: 99.

<sup>2</sup> Meinel 1988: 68; Kargon 1983: 144, 154; Pacchi 1973: 52, 258.

<sup>3</sup> Abbri 1984b: 5; Clericuzio 2000: 2-3; Henry 1992: 186.

<sup>4</sup> Sprat 1667: 311-2.

particelle delle cose, ma la chimica ci aiuta a determinare cosa sia attualmente fatto dal moto di queste invisibili parti di liquidi, spiriti e vapori; e spesse volte ci da luce sufficiente a contraddire le ipotesi meccaniche che diversamente sembrerebbero ben fondate.<sup>5</sup>

I principi meccanici di materia e moto non sono quasi mai sottoposti a critica da parte dei filosofi sperimentali. Ciò che è in discussione è la formazione delle ipotesi e delle teorie sulla base di quei principi. La coerenza teorica di molte soluzioni atomistiche e cartesiane costituisce un ostacolo piuttosto che un aiuto alla loro assunzione, perché appare alternativa a una verifica sperimentale ritenuta necessaria. «Non nego», afferma Boyle, «che in questi tentativi alcuni uomini abbiano dato all'umanità un considerevole servizio, anche se non hanno pienamente realizzato ciò che i titoli delle loro opere sembravano promettere».<sup>6</sup> I principi dell'atomismo o del cartesianesimo forniscono la massima soddisfazione agli ingegni speculativi, ma vi sono alcuni che hanno bisogno di realizzare molti esperimenti per conoscere le qualità di corpi particolari sui quali intendono operare.<sup>7</sup> Tra questi vi sono senza dubbio i chimici, i cui esperimenti rappresentano per Boyle lo strumento migliore per mostrare che tutte le qualità «possono essere prodotte meccanicamente; cioè con agenti corporei che non appaiono operare se non in virtù del moto, della dimensione, della figura e dell'organizzazione delle loro parti».<sup>8</sup> Dalla prospettiva genericamente corpuscolare delineata da Boyle vogliono essere significativamente assenti gli atomi indivisibili e il moto innato, l'identificazione della materia con l'estensione e la conseguente negazione del vuoto, i globuli celesti e la materia sottile.<sup>9</sup> Così di fronte allo spazio della pompa svuotata d'aria Boyle definirà il vuoto come luogo privo d'aria ma non di materia, nell'intenzione di distanziarsi da coloro che avevano assunto l'esistenza del pieno non dagli esperimenti, bensì dall'identificazione dello spazio con la materia estesa.<sup>10</sup>

---

<sup>5</sup> Wren 1750: 221.

<sup>6</sup> Boyle 1772, I: 301.

<sup>7</sup> Id.: 310.

<sup>8</sup> Boyle 1772, III: 13; tr. it. Boyle 1977: 298.

<sup>9</sup> Id.: 285.

<sup>10</sup> Id.: 809.

La possibilità di ricondurre ogni fenomeno naturale al moto della materia era fondata nel progetto cartesiano sull'individuazione di alcune leggi fondamentali del moto. Condividere il programma cartesiano non significava per i filosofi sperimentali assumerne integralmente tutti gli aspetti. Accanto alla meccanica celeste le leggi del moto cartesiane furono tra i primi oggetti della critica dei virtuosi. All'interno dell'indagine dell'azione della gravità a distanze variabili dalla superficie terrestre, Hooke giunse alla conclusione che la terza legge del moto di Cartesio comportava conseguenze che non trovavano riscontro nell'esperienza:

Nonostante Descartes l'abbia posto come un principio, che *si corpus C planè quiesceret, essetque paulo maius quam B, quacunque cum celeritate B moveretur versus C, nunquam ipsius C moveret, seda b eo repelleretur in contrariam partem*, questi esperimenti sembrano indicare che con una velocità acquisita il corpo minore può esser capace di spostare il maggiore, anche se quanto del suo moto è trasferito al corpo più grande, e quanto di questo è ripercorso nel più piccolo non si può determinare da questi esperimenti.<sup>11</sup>

Secondo la terza legge del moto di Cartesio «un corpo quando ne incontra un altro più forte, non perde nulla del suo moto, quando invece ne incontra uno meno forte, ne perde tanto quanto ne trasferisce a quello». Ne conseguiva che la differenza di dimensioni dei corpi era determinante nell'urto tra un corpo maggiore in quiete e uno minore in moto<sup>12</sup>. La possibilità di smentire questa conseguenza poneva seri dubbi sulla validità della legge da cui derivava. Le indagini dell'urto condotta da Wren, Huygens e Wallis condurranno infatti a modificare sensibilmente i principi del moto cartesiano.<sup>13</sup> Sebbene si trattasse di confutazioni necessariamente circoscritte a particolari aspetti della scienza cartesiana, esse non erano estranee a uno scetticismo di fondo verso quello che fu definito un romanzo di fisica. Quell'opera, come ha osservato Heléne Metzger, «è così perfetta e ordinata che nulla si può aggiungere e nulla levare, la minima alterazione la distruggerebbe».<sup>14</sup>

---

<sup>11</sup> Birch, 1756-7, I: 197.

<sup>12</sup> Descartes 1994, II: 128, 133.

<sup>13</sup> Birch 1756-7, II: 328, 335, 337, 342; Dugas 1954: 288-9; Westfall 1982: 199-200; Mormino 1993: 25-6, 36; Bertoloni Meli 2006: 234-5.

<sup>14</sup> Metzger 1918: 23.

L'evidenza sulla quale erano fondate le leggi e le teorie cartesiane non erano quelle delle osservazioni e degli esperimenti, ma dell'intelletto. Se i principi sono corretti la teoria e l'osservazione si confermeranno mutualmente. Ma quali principi rispondono meglio di quelli di materia, moto, spazio ed estensione all'evidenza alla mente?<sup>15</sup> Questo modo di procedere appare a Sprat «assai più ammissibile in materia di contemplazione» che a una ricerca sperimentale «pratica e universale».<sup>16</sup> Il ruolo degli esperimenti in questo campo non è ritenuto secondario a nessuna deduzione. Quanto Hooke afferma per l'ipotesi cartesiana sulla combustione sembra esprimere assai bene la concezione dei limiti di quella scienza:

Per concludere vediamo attraverso questo caso come gli esperimenti possano condurre a regolare le nozioni filosofiche. Perché se l'acutissimo Descartes si fosse applicato sperimentalmente a esaminare quale sostanza era a causare questo scintillio delle schegge cadenti dall'acciaio, avrebbe certamente corretto un po' la sua ipotesi, e noi avremmo trovato che i suoi ingegnosi principi avrebbero ammesso una spiegazione molto plausibile di questi fenomeni, al contrario per non aver esaminato quanto avrebbe potuto, ha sottoposto una spiegazione che l'esperimento contraddice.<sup>17</sup>

Aspetti non meno problematici mostrava l'atomismo. L'esistenza di proprietà specifiche e immutabili degli atomi era stato uno degli argomenti decisivi per il rifiuto baconiano dell'atomismo nella sua forma classica. Secondo Gassendi e Charleton gli atomi hanno dimensioni, figure e pesi determinati e immutabili.<sup>18</sup> L'esistenza di una varietà di porzioni di materia immutabili era considerata da Willis poco più che un postulato, mentre era giustificata dai sostenitori dell'atomismo dall'esistenza di diversi effetti visibili dei corpi.<sup>19</sup> Agli occhi di Hooke questo significava semplicemente ipotizzare particelle specifiche per fenomeni specifici, come gli atomi gancio per la coesione.<sup>20</sup> L'indifferenza della materia al moto o

---

<sup>15</sup> Hesse 1974: 74.

<sup>16</sup> Sprat 1667: 96.

<sup>17</sup> Hooke 1665: 45.

<sup>18</sup> Gassendi 1648, I: 269-70; Charleton 1654: 117; Clericuzio 2000: 68.

<sup>19</sup> Willis 1654: 3-4.

<sup>20</sup> Hooke 1665: 6.

alla quiete rendeva questo metodo insoddisfacente, in quanto le teorie atomistiche non forniscono alcuna ragione per la quale i loro atomi debbano avere caratteri fisici determinati e immutabili.<sup>21</sup>

Lo stesso significato del microscopio per la teoria atomistica era ambiguo. Se da un lato forniva argomenti sperimentali alla configurazione meccanica e corpuscolare della materia a discapito di quella peripatetica, il suo sostegno alla causa degli atomi non era univoco. Le composizioni dei corpi per *minima* materiali era, secondo Boyle, dimostrabile anche dalla loro scomposizione meccanica, ossia attraverso il microscopio.<sup>22</sup> Di fronte a quello strumento e al suo significato nella teoria della materia le posizioni assunte furono diverse.<sup>23</sup> Il rifiuto dell'identificazione cartesiana di estensione e spazio da parte di Gassendi era dovuto all'ammissione di spazi vuoti tra gli atomi. Solo per questi ultimi era valida l'identificazione dello spazio occupato con la loro indivisibile quantità di materia.<sup>24</sup> Di fronte al tradizionale argomento dell'irraggiungibilità degli atomi Charleton fece ricorso al nuovo strumento, definito «engiscopio». Coloro che in passato si erano arrestati di fronte all'impossibilità di percepire la struttura atomica della materia non avevano l'uso del nuovo strumento, destinato a dare alla teoria atomistica la certezza dei sensi di cui non ha mai goduto.<sup>25</sup>

Ma l'argomento del microscopio non fu tra quelli che erano alla base delle scelte a favore dell'atomismo di Newton e Locke. Il fermo rifiuto da parte di quest'ultimo dell'identificazione di spazio ed estensione era fondato sull'incommensurabilità dell'estensione del corpo, definita dalla solidità, a quella dello spazio.<sup>26</sup> Della «piccolezza», afferma Locke, siamo capaci di avere solo un'idea comparativa «che sarà sempre qualcosa di meno di una qualunque piccolezza di cui abbiamo un'idea positiva». Formarsi un'idea positiva della divisibilità infinita della materia non è possibile, perché per divisione si potrebbe produrre sempre un'idea di qualcosa di più piccolo.<sup>27</sup>

---

<sup>21</sup> Hooke 1705: 172.

<sup>22</sup> Boyle 1772, I: 474; tr. it. Boyle 1977: 528.

<sup>23</sup> Lüthy 1996: 17; Meinel 1988: 84; Wilson 1995: 40, 68; Parigi 1993: 157-8; Kargon 1983: 176-7.

<sup>24</sup> Gassendi 1648, I: 380; Osler 1994: 116-7; Gregory 1961: 156-7.

<sup>25</sup> Charleton 1654: 116.

<sup>26</sup> Locke II, XIII, § 11-7 (pp.105-8).

<sup>27</sup> Locke II, XVII, § 18 (pp.173-4).

L'infinitamente piccolo costituiva in effetti uno di quei «vacui» in cui, come aveva affermato Galilei, «non poter mai dopo mille discorsi giungere a riva». <sup>28</sup> «La composizione dei corpi», sosterrà Glanvill, «se cioè siano divisibili o indivisibili, va annoverata tra gli Irrisolubili». <sup>29</sup> Molti però non condividevano lo scetticismo di Glanvill. Primi fra tutti i cartesiani. Al rifiuto cartesiano degli atomi e della loro indivisibilità Jacques Rohault fece seguire l'appello all'esperienza microscopica. Quelli che lo strumento porta alla luce non sono atomi o particelle indivisibili, ma corpi la cui natura composta sarà mostrata da un maggiore ingrandimento. <sup>30</sup> Appellandosi a Bacone che aveva esortato a superare i limiti sensibili che avevano impedito in passato di riconoscere la «piccolezza delle parti» e la «sottigliezza dei moti», <sup>31</sup> Henry Power aveva denunciato il «*non ultra*» cui l'atomismo arrestava la conoscenza naturale. <sup>32</sup> La tradizionale fiducia nella possibilità di vedere gli atomi fu saldamente minata dall'apparire al microscopio di corpuscoli sempre più piccoli e dalla continua divisione delle parti che era lecito attendere dall'aumento dell'ingrandimento. <sup>33</sup> «Se vi fossero atomi come l'autore del Saggio sembrerebbe credere», replica Leibniz a Locke, «la conoscenza perfetta dei corpi non potrebbe essere al di sopra di qualsiasi essere finito». Dal microscopio non c'è d'aspettarsi la scomparsa di qualità secondarie come i colori, né la comparsa di particelle indivisibili come gli atomi:

Del resto se qualche colore o qualità scomparisse davanti ai nostri occhi armati o divenuti più penetranti, ne nascerebbero verosimilmente altri: e sarebbe necessario un nuovo aumento della nostra penetrazione per farli sparire a loro volta; e questo processo potrebbe andare all'infinito, come in effetti procede la divisione attuale della materia. <sup>34</sup>

I microscopisti, che Leibniz significativamente definisce «*micrographi*», hanno mostrato come la materia sia continuamente

---

<sup>28</sup> Galilei 1964, II: 616.

<sup>29</sup> Glanvill 1665: 39-40.

<sup>30</sup> Rohault 1697: 69; Dugas 1954: 258-9.

<sup>31</sup> Bacon 1857-74, II: 380.

<sup>32</sup> Power 1664: VII; Webster 1967: 168-9, 170-4.

<sup>33</sup> Marcialis 1998: 63-4; Parigi 1993: 159-60.

<sup>34</sup> Leibniz 1993: 209-10.

divisibile e si diano «*mundi in mundis ad infinitum*».<sup>35</sup> Dopo aver spiegato in termini genericamente meccanici rarefazione e condensazione e aver affrontato l'argomento della ruota aristotelica in uno scritto del 1662, Hooke assunse una posizione favorevole alla «divisibilità *in infinitum* della quantità», nonostante riconoscesse l'assenza di «informazioni dai sensi sulla natura dell'infinità».<sup>36</sup> Nelle pagine iniziali della *Micrographia*, dedicate alla relazione tra punti fisici e matematici, sembrava distinguere la continua divisibilità della quantità, da quella della materia: «certamente la quantità o estensione di qualsiasi corpo può essere divisibile *in infinitum*, ma forse non la materia».<sup>37</sup> I dubbi che quel «forse» ponevano saranno chiariti da considerazioni sulla materia dettate dalle osservazioni microscopiche. La struttura interna dei vegetali, fatta di piccolissimi canali, lascia pensare che la complessità delle strutture microscopiche dei corpi sia di gran lunga maggiore «degli atomi che Epicuro ha fantasticato».<sup>38</sup> La più piccola porzione di materia percepibile è divisa dal microscopio in centinaia di parti. È lecito attendersi che questo avvenga ancora se l'ingrandimento della visione aumenta:

I nostri sensi sono informati dal microscopio che il più piccolo spazio visibile (che è quello che appare sotto un angolo di mezzo minuto di grado) può essere attualmente diviso in un centinaio di spazi sensibili; e se potessimo ancora sviluppare i microscopi, sarebbe possibile poter distinguere ancora centinaia di spazi in ognuno di quelli che ora vediamo con l'aiuto di quei microscopi di cui già disponiamo.<sup>39</sup>

Poiché «tutte le quantità sono divisibili *in infinitum*» i punti che noi vediamo non sarebbero propriamente definibili come tali, a meno che non si consideri per punto materiale un cono il cui apice costituisce un punto matematico ma non un punto fisico, ancora divisibile. «I microscopi renderanno questi punti divisibili anche ai sensi, così quasi da scoprire un nuovo mondo in un punto».<sup>40</sup> Di fronte all'infinita divisione della materia che il microscopio prospetta

---

<sup>35</sup> Leibniz 1758, II.2: 20.

<sup>36</sup> Boyle 1772, I: 185.

<sup>37</sup> Hooke 1665: 2.

<sup>38</sup> Id.: 114.

<sup>39</sup> Hooke 1705:134.

<sup>40</sup> Id.: 66.

non può la «nostra immaginazione fissare il *ne plus ultra*, oltre il quale non può esistere nessun essere materiale». <sup>41</sup> Le unità di misura di cui facciamo uso, «un piede, un pollice, una linea, un atomo», sono sempre suscettibili di diminuzione o di aumento indefinito. <sup>42</sup> Sono «semplici idee del *Maximum* e *Minimum* sensibile» funzionali a formare delle proporzioni: <sup>43</sup>

È possibile ritenere che la materia possa ancora estendersi continuamente, essendo infinita come la quantità, che è da tutti ritenuta tale, sia in grandezza che in piccolezza, i cui limiti non possono essere né concepiti né espressi, in quanto qualsiasi cosa sia concepita può essere espressa e computata attraverso misure e numeri. Ora nessun numero può essere assegnato di cui non se ne possano dare uno più grande e uno più piccolo. <sup>44</sup>

La divisibilità infinita della materia, quindi, sembra essere la conclusione cui Hooke giunge, confermata dalle idee suggerite dal microscopio. Queste conclusioni si congiungono a una presa di posizione a favore del pieno che matura di fronte agli esperimenti pneumatici e al sorgere di teorie vibratorie del mezzo per la luce, le dissoluzioni e le attrazioni. Rifiutati sulla base di motivazioni metodologiche e fisiche gli atomi e il vuoto non hanno posto nella teoria della materia di Hooke. <sup>45</sup>

Anche nelle discussioni della distinzione tra qualità primarie e secondarie venne richiamato il microscopio. Questo non avvenne in Cartesio, per il quale le qualità primarie dei corpi, identificate con lunghezza, larghezza e profondità della *res extensa*, erano considerate oggetto di idee chiare e distinte. <sup>46</sup> «Oltre questa natura corporea che è oggetto della pura *Mathesis*», si legge nella sesta meditazione, «sono solito immaginare molte altre cose, cioè colori, sapori, dolore e altre simili, ma nessuna con ugual distinzione, poiché le percepisco meglio con i sensi dai quali sembra che siano pervenute all'immaginazione per mezzo della memoria». <sup>47</sup> I colori, divenuti nella nuova ontologia, qualità secondarie dei corpi sono dovuti alla

---

<sup>41</sup> Id.: 97.

<sup>42</sup> Id.: 76.

<sup>43</sup> Id.: 176.

<sup>44</sup> Id.: 76.

<sup>45</sup> Cfr. Gouck 1980: 505.

<sup>46</sup> Descartes 1994, I: 710-2; Shea 1994: 183-4;

<sup>47</sup> Id.: 720.

riflessione o rifrazione della luce. Con Cartesio Gassendi condivide il principio secondo cui i corpi non presentano queste qualità quando la loro costituzione corpuscolare presenti spazi tali da essere attraversati dalla luce.<sup>48</sup>

La determinazione della natura dei colori e della trasparenza dei corpi permetteva di distinguere all'interno di una generale impostazione meccanica concezioni della materia e della sua conoscibilità diverse. Le qualità secondarie sono tali in quanto non appartengono originariamente ai corpi, ma dipendono dalla interazione delle qualità loro primarie con gli organi umani. Ne consegue che le qualità secondarie dipendono da quelle primarie ma si manifestano solo ai sensi. Di fronte a questo assunto condiviso la definizione dello statuto di qualità secondarie come i colori poneva seri interrogativi. Che ne è dei colori dei corpi in assenza di soggetti che possano percepirli? Se, oltre ai sensi, dipendono anche dalle qualità primarie dei corpi, è possibile ritenere che non esistano in una qualche forma sempre, al pari delle qualità primarie che li determinano? A questo ordine di domande apparteneva la questione dell'esistenza dei colori al buio. Nonostante Boyle la consideri una «disputa nominale», la ritiene uno strumento capace di distinguere due diversi modi d'intendere la natura delle qualità.<sup>49</sup>

Essendo una modifica della luce in senso stretto i colori non possono essere presenti in assenza di luce, ma non c'è dubbio che le configurazioni strutturali dei corpi destinate a produrre quella modifica sono indipendenti dalla luce e dai soggetti che la percepiscono. Tutti i colori, aveva affermato Charleton, sono prodotti da un'impressione sul sensorio dovuta ai diversi modi in cui i corpuscoli luminosi incontrano la *tunica retina*:

Non che ammettiamo che i colori durevoli, non più di quelli evanescenti, siano formalmente (come affermano le scuole) inerenti ai corpi opachi le cui particelle superficiali sono determinatamente configurate e disposte alla produzione di questa o quella particolare specie di colore e non altro, ma solo materialmente o effettivamente.<sup>50</sup>

---

<sup>48</sup> Id., II: 272; Gassendi 1648, I: 378.

<sup>49</sup> Boyle 1772, I: 690; Mamiani 1986: 25, 36-8.

<sup>50</sup> Charleton 1654: 189-90; Guerlac 1986: 17;

Per spiegare i colori, ricorda Boyle, gli atomisti hanno ipotizzato, «senza assurdità», l'esistenza nei corpi di «*corpuscola coloris*» nei corpi che percepiamo colorati.<sup>51</sup> In questi afferma Hooke, sono presenti sostanze specifiche dalla cui presenza e diffusione dipendono i colori dei corpi:

Suppongo che tutti i corpi trasparenti colorati, fluidi o solidi, consistano in fine di due parti, o due specie di sostanze, una delle quali di una diffrazione diversa dall'altra. Una di queste sostanze, che può essere definita la sostanza colorante, consiste da parti distinte, o particelle di una determinata dimensione che sono disseminate o disperse per tutta l'altra sostanza.<sup>52</sup>

Se dipendono dalle qualità primarie possono i colori emergere nella loro reale natura al microscopio? Una risposta affermativa a questa domanda è possibile secondo Locke. Le qualità secondarie rappresentano dei «poteri» dei corpi di produrre a contatto con i sensi delle idee. Ma queste «sono nelle cose stesse se non nel senso in cui una cosa qualunque è nella sua causa».<sup>53</sup> Quei «poteri» non sono altro che qualità primarie, che si potrebbero identificare superando i limiti dei sensi:

Se avessimo dei sensi abbastanza acuti da discernere le particelle minute dei corpi e la reale costituzione da cui dipendono le loro reali qualità sensibili, non dubito che essi produrrebbero in noi idee del tutto diverse: e ciò che oggi il colore giallo dell'oro scomparirebbe, e in suo luogo vedremmo una mirabile struttura di parti, di una certa mole e figura.

D'altra parte il colore opaco o bianco della sabbia o della polvere di vetro ad occhio nudo scompare al microscopio, in cui questi corpi appaiono costituiti da corpi trasparenti.<sup>54</sup> Possiamo aspettarci di giungere in tal modo alle qualità primarie dei corpi? Locke non sembra ritenerlo possibile.<sup>55</sup> Negli stessi anni la stessa domanda si era posta Isaac Newton, la cui nuova concezione della luce lasciava

---

<sup>51</sup> Boyle 1772, I: 688.

<sup>52</sup> Hooke 1665: 68.

<sup>53</sup> Locke II, XXIII, § 9, p. 289.

<sup>54</sup> Locke II, XXIII, § 11, p. 290.

<sup>55</sup> Locke, II, VIII, §13, p.42; II, XIII, §32, p. 07; Van Leeuwen 1963: 128-9; Hamou 2001: 74; cfr. Alexander 1985: 74-84, 118-22.

immutate le questioni dell'origine dei colori.<sup>56</sup> Il fatto che la luce bianca sia un composto di raggi colorati diversamente rifrangibili, non vuol dire che quei raggi siano effettivamente colorati, ma solo che presentano «un certo potere e una certa disposizione a stimolare una sensazione di questo o quel colore» nei sensi.<sup>57</sup> Il colore dei corpi non dipende, come aveva sostenuto Hooke, dal grado di rifrazione di suoi determinati corpuscoli superficiali, ma dalla proprietà di riflettere alcuni tipi di raggi e non altri.<sup>58</sup> Come aveva ricordato Locke, al microscopio le parti costituenti dei corpi appaiono trasparenti. La loro opacità ad occhio nudo dipende dalla riflessione della luce che si effettua tra di loro a livello microscopico. La proprietà di riflessione selettiva di determinati raggi colorati che causa il colore dei corpi è dovuta alle diverse dimensioni delle parti minime trasparenti dei corpi.<sup>59</sup> Nella nuova concezione della luce la riflessione prende il posto della rifrazione nella determinazione dei colori da parte di corpuscoli che costituiscono i corpi, ma il problema della loro identificazione al microscopio rimane.<sup>60</sup> Newton non esclude che i microscopi possano giungere a un grado di ingrandimento tale da permettere di scoprire le particelle dei corpi da cui dipendono i colori, che però non sono trasparenti:

Comunque, verrà aggiunto parecchio alla nostra soddisfazione se quei corpuscoli potranno essere scoperti con i microscopi; il che, se alla lunga lo otterremo, credo che sarà il massimo perfezionamento di questo senso. Sembra, infatti, impossibile vedere le più nobili e segrete attività della natura dentro i corpuscoli a causa della trasparenza di essi.<sup>61</sup>

## 2. Materia e moto, congruità e schematismi

La natura complessa della filosofia meccanica e la sua irriducibilità alla teoria della materia cartesiana è oggi maggiormente evidente che in passato. Le concezioni della materia che riconducono ogni

---

<sup>56</sup> Casini 1983: 50.

<sup>57</sup> Newton 1779-85, IV: 80; tr. it. Newton 1978: 394.

<sup>58</sup> Id.:112; tr. it. Newton 1978: 433.

<sup>59</sup> Id.: 158-9; tr. it. Newton 1978: 487.

<sup>60</sup> Cohen 1956: 159-60.

<sup>61</sup> Newton 1779-85, IV: 166; tr. it. Newton 1978: 496.

fenomeno alla sola estensione tridimensionale della materia col concorso del moto costituiscono solo una parte del meccanicismo.<sup>62</sup> La definizione ultima della materia e delle sue proprietà costituisce «un problema profondo, non ancora risolto».<sup>63</sup> Coesione dei corpi e impenetrabilità della materia rappresentano aspetti di quel problema che costituivano nel XVII secolo fonte di scelte diverse tra i filosofi meccanici. «Riguardo alla natura o essenza del corpo», scrive Charleton, «troviamo più di una nozione tra i filosofi». Una prima differenza tra corpuscolarismo cartesiano e atomismo nella filosofia meccanica emerge dalla definizione stessa della materia: mentre i primi collocano la «proprietà essenziale di un corpo nella sua estensione nelle tre dimensioni della longitudine, latitudine e profondità», i secondi «ritengono la radice della corporeità fissata nella tangibilità».<sup>64</sup> Cartesio aveva considerato la durezza, al pari della gravità, una proprietà meccanica dei corpi ma non un attributo primario dell'estensione.<sup>65</sup> Alla materia estesa cartesiana Rohault riconoscerà divisibilità infinita e impenetrabilità.<sup>66</sup> L'assenza di particelle elementari indivisibili cui riconoscere impenetrabilità e durezza era sostituita dal ricorso alla quiete relativa. L'indifferenza della materia alla quiete o al moto spingeva a ritenere i legami interni dei corpi dovuti alla quiete relativa che si istituisce tra le parti sempre più piccole che li costituiscono. «Volume, figura e moto o quiete» costituiscono secondo Boyle gli attributi fondamentali di una materia uguale per tutti i corpi, «cioè una sostanza estesa e impenetrabile».<sup>67</sup> La formazione dei corpi è ascrivibile a strutturazioni crescenti di questa sostanza dovute alla quiete relativa tra parti contigue.<sup>68</sup> Negli stessi anni in cui vedevano la luce, i principi cartesiani di Boyle erano condivisi anche da Huygens. Ma gli studi sul moto e le riflessioni sull'urto lo porteranno a modificare radicalmente le sue convinzioni.<sup>69</sup> L'esempio di Huygens è da questo punto di vista illuminante. Non c'è dubbio che la sua concezione della natura rientri a pieno titolo nella filosofia meccanica.

---

<sup>62</sup> Gregory 1967: 528.

<sup>63</sup> Toraldo di Francia 1986: 119.

<sup>64</sup> Charleton 1654: 16-7.

<sup>65</sup> Descartes 1994, II: 105-6.

<sup>66</sup> Rohault 1697: 18.

<sup>67</sup> Boyle 1772, III: 35-6; tr. it. Boyle 1977: 340-2.

<sup>68</sup> Boyle 1772, I: 402.

<sup>69</sup> Mormino 2000: 500; Mormino 1993: 33, 70.

Altrettanto indubbio però è il carattere antitetico ai principi cartesiani della sua concezione della materia.<sup>70</sup> All'immagine cartesiana di una spugna attraversata da pori egli contrappone quella di «assemblaggi di particelle che si toccano senza comporre un solido continuo»:<sup>71</sup>

Per ciò che riguarda il vuoto lo ammetto senza difficoltà e lo ritengo, anche perché lo ritengo necessario per il movimento dei piccoli corpuscoli al suo interno, non essendo affatto dell'opinione di Mr. Descartes, che vuole che la sola estensione sia l'essenza dei corpi, ma vi aggiungo anche la durezza perfetta, che li rende impenetrabili e incapaci di essere divisi né intaccati.<sup>72</sup>

L'insufficienza dell'estensione tridimensionale di fronte alla coesione dei corpi e alla impenetrabilità della materia aveva fatto sorgere in Huygens la necessità di dare a queste qualità un fondamento teorico più stabile, l'atomo. Le proprietà che a questi corpi indivisibili venivano riconosciute non erano più numerose di quelle che Huygens era disposto a riconoscere. Nella sua concezione ibrida, cartesiano-gassendiana, della filosofia meccanica l'inerzia, la gravità e le attrazioni non appartenevano alle particelle più piccole della materia ma erano proprietà meccaniche dei corpi.<sup>73</sup> Charleton, per esempio, aveva ritenuto necessario riconoscere agli atomi una «facoltà attiva» perché, «in quanto i movimenti delle cose sono realmente gli stessi delle loro azioni, ne consegue che tutti i moti devono avere origine dal movente».<sup>74</sup> A una di queste facoltà ricorrerà William Petty per spiegare la coesione dei corpi, cioè la congiunzione degli atomi. Ognuna delle particelle ultime dei corpi è dotata di una tendenza verso un centro comune, definita «byass».<sup>75</sup>

Nonostante condividesse una concezione atomistica della materia Locke continuava a ritenere invece la coesione, il cemento che fa aderire l'uno all'altro gli atomi dei corpi, «un segreto grande e tuttora ignoto».<sup>76</sup> Di fronte ad esso Newton, dopo alcuni ripensamenti, ricorrerà all'esistenza di forze micro-particellari che agiscono tra gli

---

<sup>70</sup> Cfr. Boas 1952: 455,

<sup>71</sup> Huygens 1888-1950, XIX: 481.

<sup>72</sup> Id., XXI: 473.

<sup>73</sup> Snelders 1980: 117-20; Mormino 1994: 828-32.

<sup>74</sup> Charleton 1654: 271.

<sup>75</sup> Petty 1927: 248; Kargon 1965: 64; Gemelli 1996: 301-2.

<sup>76</sup> Locke II, XXIII, §26, p.302.

atomi e che regolano le attrazioni e le repulsioni tra le parti minime della materia:

L'estensione, la durezza, l'impenetrabilità e la forza d'inerzia del tutto nasce dall'estensione, dalla durezza, dall'impenetrabilità e dalla forza d'inerzia delle parti; di cui concludiamo che tutte le tutte le minime parti di tutti i corpi sono estese e dure, impenetrabili, mobili e dotate di forza d'inerzia. E questo è il fondamento dell'intera filosofia.<sup>77</sup>

Alle stesse domande i filosofi meccanici diedero risposte diverse, sotto l'influenza determinante di questioni fisiche che si facevano sempre più complesse. Ogni risposta, anche quella che poteva apparire la più ortodossa, costituiva di fatto una scelta che veniva compiuta sul terreno delle convinzioni metafisiche e delle immagini della natura. Molte di esse erano sempre più distanti da una concezione della filosofia meccanica ritenuta incompatibile con l'esistenza di proprietà della materia diverse dalla sola estensione tridimensionale.<sup>78</sup> Facevano appello a proprietà diverse e numerose, ritenute comunque non spiegabili come proprietà meccaniche emergenti dalla combinazione della materia elementare, ma elementari esse stesse. Queste soluzioni non crearono una frattura insanabile nel meccanicismo, ma ne ampliarono notevolmente il panorama già diversificato tra atomismo e corpuscolarismo cartesiano che avevano ereditato.

Anche Hooke, «uno degli scienziati del Seicento che partecipò più intensamente ai dibattiti concernenti la costituzione della materia»,<sup>79</sup> contribuì a fare del meccanicismo tradizionale qualcosa di diverso. Nonostante si fosse appellato a una filosofia meccanica e sperimentale fin dalla *Micrographia*, Hooke fornì la prima di alcune definizioni dei principi meccanici solo in un breve saggio sull'elasticità del 1679. A questa seguirono nel giro di pochi anni importanti riferimenti alla natura del moto e della materia e almeno un'altra definizione congiunta di essi che non è parsa interamente sovrapponibile alla prima. Questo ha rappresentato per alcuni motivo di ritenere che le diverse ipotesi fisiche elaborate da Hooke nei campi più diversi fossero prive di una teoria fondamentale dei

---

<sup>77</sup> Newton 1779-85, III: 4; tr. it. Newton 1965: 606.

<sup>78</sup> Clericuzio 1990: 563-4.

<sup>79</sup> Rossi 1986: 143.

principi sui quali quelle ipotesi si fondavano. Ne è emersa l'immagine di ipotesi fisiche innovative rispetto alle soluzioni meccaniche tradizionali ricondotte inevitabilmente agli stessi fondamenti teorici di quelle teorie di cui rappresentavano l'alternativa.<sup>80</sup> Mostreremo che è possibile ricondurre le diverse definizioni di materia e moto presenti nelle opere di Hooke a una concezione della filosofia meccanica originale, le cui tracce si possono scorgere in ogni teoria elaborata da Hooke per dar conto dei fenomeni incontrati. «Suppongo», afferma nel 1679, «che l'universo sensibile consista di corpo e moto»:

Per corpo intendo qualcosa di ricettivo e comunicativo di movimento o progressione. Non posso averne nessun'altra idea, in quanto né estensione né quantità, durezza e morbidezza, fluidità o solidità, rarefazione o condensazione sono proprietà del corpo, ma del moto o di qualcosa di mosso.

Per moto intendo nient'altro che un potere o una tendenza progressiva del corpo secondo diversi gradi di velocità

Un aspetto rilevante di queste definizioni è il primato che viene riconosciuto al movimento a discapito dell'estensione o della quantità di materia. Hooke non ritiene che la materia sia definita dall'estensione né dalla durezza, ma che queste qualità si possano dare solo in presenza del moto. Il primato cartesiano e atomistico di proprietà statiche sul movimento viene capovolto. Non è il moto a essere definito in relazione al corpo, ma è quest'ultimo a essere definito in relazione al primo. Si afferma qui un principio che rappresenta un tratto costante delle note di Hooke sui principi del meccanicismo: il principale carattere della materia consiste nella capacità di ricevere e comunicare il movimento. Ma questo non è altro che un potere relativo del corpo. La circolarità tra le due definizioni è ben chiara a Hooke che afferma di ritenere «non impossibile che essi siano una e medesima cosa»:

Suppongo inoltre che tutte le cose nell'universo che divengono oggetto dei nostri sensi sono composte da queste due, che per il presente supporremo essenze distinte, ma che possibilmente

---

<sup>80</sup> Cfr. Chapman 2005: 44.

possono essere ritenute in seguito solo diverse concezioni dell'unica e identica essenza, cioè corpo e movimento.<sup>81</sup>

Nel pieno hookiano la materia non consiste nella semplice estensione tridimensionale, nella porzione di spazio in lunghezza, larghezza e profondità occupata. Il corpo materiale non è semplice estensione ma «estensione difesa da un potere dall'interno dall'essere penetrata da altro». Questo potere è il moto, di cui la materia è ente ricettivo e comunicativo, che ha carattere vibratorio. Per «moto dall'interno» non s'intende, come pure è stato ritenuto, un moto innato o connaturato alla materia, inseparabile dai corpi, ma un moto «comunicato da impulsi dati da altri corpi nell'universo».<sup>82</sup> La proprietà di ricezione e comunicazione del moto con la quale si definisce la materia non è indifferente e universale ma selettiva. Hooke sostiene che i due principi si bilanciano tra loro in tutte le operazioni dell'universo, perché quanto agli effetti «un piccolo corpo con una grande moto è equivalente a un grande corpo con un piccolo moto».<sup>83</sup> Non tutti i corpi si dimostrano ricettivi di tutti i moti, e quindi non tutti i corpi trasmettono qualunque movimento. «Per spiegare questo tramite una similitudine o esempio» si ricorre all'immagine di due serie di corde musicali. Ogni corda della prima serie è accordata rispettivamente allo stesso suono di una corda dell'altra serie. Ne consegue che ognuna sarà «ricettiva» di un solo moto proveniente dalle corde dell'altra serie e non ricettiva dei moti di tutte le altre. «Questo», conclude Hooke, «è quello che chiamo Congruità e Incongruità».<sup>84</sup> La «nuova proprietà» di cui aveva annunciato la scoperta nella sua prima opera costituisce quindi un aspetto fondamentale della sua definizione della filosofia meccanica.

Hooke afferma che la capacità di ricezione dei moti, che definisce il corpo, dipende dalle sue dimensioni. Ne consegue che «grandezza e ricettività del movimento sembrano la stessa cosa».<sup>85</sup> Questa affermazione potrebbe minare la distinzione della definizione hookiana di corpo da quella cartesiana, in quanto pare identificare, tramite il concetto di ricettività di moto, la materia con la sua grandezza che è data dallo spazio occupato. In una relazione sulla

---

<sup>81</sup> Hooke 1679: 339.

<sup>82</sup> Id.: 340.

<sup>83</sup> Id.: 339.

<sup>84</sup> Id.: 340-1.

<sup>85</sup> Id.: 340.

luce letta un anno dopo alla Royal Society, Hooke afferma di non avere «altra più chiara concezione» della sostanza di quella che si esprime con due sole parole: «qualcosa di esteso». Tuttavia dopo aver ricordato l'origine cartesiana dell'identificazione tra corpo ed estensione, Hooke la colloca tra le «nozioni metafisiche» da lasciarsi alle spalle di fronte all'indagine fisica. Dopo aver discusso la natura vibratoria della luce, fornisce una definizione dell'altro principio meccanico, il movimento. Tre sono gli aspetti del movimento: «quantità, qualità e potere». Degno di nota è che la quantità di moto è considerata «il grado di velocità esistente in una certa quantità di materia».<sup>86</sup> In una relazione del 1682 Hooke ribadisce che per corpo si deve intendere «nient'altro che una realtà che ha estensione in ogni direzione, positiva e immutabile, non in quanto alla figura ma alla quantità». L'indifferenza della materia verso le forme geometriche che può assumere nello spazio implica l'esclusione dell'ipotesi atomistica:<sup>87</sup>

L'essenza del corpo è solo l'estensione, o un potere di essere di una inalterata quantità, non un potere di essere di un'inalterata quantità e una determinata figura, che suppongono gli atomisti.

Moto è definito «l'alterazione o potere di alterazione dei minimi di un tutto».<sup>88</sup> Questo sembra riportare alla concezione secondo cui il corpo è definito dall'estensione che non è solo la parte tridimensionale di spazio, ma anche il potere di occupare quello spazio. Questo potere è dato dal moto, che a sua volta dipende dalla quantità di materia, cioè dalle dimensioni della spazio occupato. La circolarità tra materia e movimento rimane inalterata, così il carattere fondamentale della congruità che definisce il rapporto tra i due principi di materia e movimento. Nell'universo pieno di una materia infinitamente divisibile descritto da Hooke la concezione cartesiana della materia non è rifiutata, ma alterata in senso cinematico.<sup>89</sup>

La coesione dei corpi e l'impenetrabilità della materia non sono date dalla quiete relativa, bensì dai movimenti vibratorii che attraversano le porzioni delimitate di materia e dalla loro congruità.

---

<sup>86</sup> Hooke 1705: 116.

<sup>87</sup> Cfr. Chapman 1996: 6-7; Gouck 1999: 194; Ehrlich 1992: 48-9.

<sup>88</sup> Hooke 1705: 171-2.

<sup>89</sup> Bertoloni Meli 2006: 243-4; Hesse 1974: 140-1; cfr. Henry 1989: 154, Kubrin 1990: 76-7; Schaffer 1987: 63-4.

Analogamente a quanto avvenuto per la definizione dei principi di materia e moto Hooke è tornato più volte sulla congruità e ne ha fornito nel tempo diverse spiegazioni. Quella descritta nell'*Attempt* del 1661 è una «proprietà» esclusiva dei corpi fluidi i cui «effetti visibili» sono dati dall'unione di questi ultimi con altri fluidi o solidi «omogenei» e dalla separazione con quelli «eterogenei»:

Cosa intendo lo spiegherò in breve definendo conformità o congruità essere una proprietà di un corpo fluido, per la quale ogni parte di esso è prontamente unita o mescolata con ogni altra parte, sia di sé stesso sia di ogni altro corpo fluido o solido omogeneo o simile; e in conformità o incongruità essere una proprietà di un fluido per la quale esso è trattenuto e impedito dal'unirsi o mescolarsi con qualsiasi altro corpo fluido o solido eterogeneo o dissimile.<sup>90</sup>

Si tratta di una proprietà dei fluidi che agisce anche sui solidi e che produce attrazioni e repulsioni osservabili. La causa di questi effetti macroscopici è indicata in alcuni caratteri microscopici o strutturali delle sostanze. Le sue cause, afferma Hooke, possono essere diverse da quelle avanzate, ma comunque da ricercare «tra i principi generali della filosofia»:

Ora da quale causa questa congruità o incongruità dei corpi l'un l'altro proceda, se dalla figura delle loro particelle costituenti, o dai differenti movimenti delle parti dell'uno e dell'altro, se circolari, ondulatorie, progressive, etc.; se, dico, da uno o più di queste cause enumerate non lo determinerò qui.<sup>91</sup>

È chiaro che si tratta dei principi del meccanicismo, materia e moto, ma quale significato essi abbiamo non viene detto. Sarà necessario attendere la *Micrographia* per avere ulteriori indicazioni. Qui la definizione della congruità viene modificata: una «proprietà relativa di un fluido per la quale può esser detto simile o dissimile a questo o quell'altro corpo, per cui si mescola o no con questo o quel corpo». Per spiegare questa proprietà relativa si ricorre ad un esempio, l'azione del moto e il ruolo della dimensione di alcune particelle di sabbia. L'agitazione di un insieme di granelli di sabbia di

---

<sup>90</sup> Hooke 1661: 7-8.

<sup>91</sup> Id.: 9-10.

diverse dimensioni produce l'effetto della loro disposizione in zone diverse del piano su cui si trovano a seconda delle diverse grandezza. Per illustrare attraverso un'immagine il carattere relativo della proprietà che sottende ai fenomeni di coesione e repulsione dei corpi Hooke ricorre in seguito a una nuova similitudine con le corde musicali. Sotto l'effetto di un moto vibratorio comune le «piccole parti di materia» della stessa dimensione, figura e sostanza si muovono uniformemente, mentre quelle che hanno uno dei loro caratteri fondamentali diverso dal resto non partecipano dello stesso moto e sono allontanate. Questo, spiega Hooke, avviene perché «le particelle che sono tutte simili, come molte corde musicali uguali e di eguale tensione, vibreranno insieme in una specie di armonia o unisono». Al contrario, quelle che hanno dimensione, figura o sostanza diversa, «come molte corde fuori tono da questo unisono, nonostante abbiano lo stesso impulso che le agiti, produrranno tipi diversi di vibrazioni e ripercussioni». Mentre le prime sotto l'effetto di un moto uniforme tendono a creare una massa armonica, le seconde «nonostante siano tutte mosse, le loro vibrazioni sono così diverse e fuori tono com'erano l'un l'altra, che si incrociano e urtano l'una contro l'altra, e di conseguenza non possono accordarsi tutte ma si allontanano l'una dall'altra verso le loro particelle simili». La congruità tra le particelle materiali, come l'armonia tra le corde musicali, non richiede l'identità dei caratteri fondamentali. Non è necessario che le particelle abbiano necessariamente stessa materia, dimensione e figura per tendere l'una verso l'altra, allo stesso modo in cui non è necessario che le corde abbiano stessa lunghezza, grandezza e tensione per produrre un suono armonico. Le «sproporzioni tra i corpi» possono essere bilanciate da «sproporzioni contrarie»:

Possiamo considerare che l'unisono può essere prodotto o da due corde di stessa grandezza, lunghezza e tensione, o da due corde della stessa grandezza ma differente lunghezza e tensione contraria, o, terzo, da due corde di diversa lunghezza e grandezza e differente tensione, o di eguale lunghezza e differente grandezza e tensione, e molte altre simili variazioni.

Alle proprietà delle corde musicali corrispondono nelle particelle materiali «la loro materia o sostanza, la loro figura o forma e il loro

corpo o massa».<sup>92</sup> Nonostante la similitudine musicale accompagni in futuro le discussioni della congruità, non sembra che sia determinante per comprendere la genesi della proprietà relazionale descritta da Hooke. Le riflessioni di Hooke non si distinguono certo per originalità in materia di teoria musicale, di cui ripetono alcuni aspetti da tempo noti. È difficile scorgere in esse aspetti da cui possano emergere alcuni dei caratteri della congruità, come testimonia il fatto che a tutt'oggi dagli studi su questa parte marginale dell'opera di Hooke non sono emerse che suggestive proposte.<sup>93</sup>

Non è da ritenersi casuale che nello scritto del 1679 in cui vengono discussi i principi di materia e moto Hooke intrecci ad essi la questione della congruità.<sup>94</sup> Congruità e incongruità vengono definite «accordo e disaccordo tra i corpi in misura delle loro grandezze e movimenti»:

Suppongo congrui quei corpi le cui particelle hanno la stessa grandezza e lo stesso grado di velocità, o anche una proporzione armonica di grandezza e un grado armonico di velocità. E suppongo congrue quelle che non hanno né la stessa grandezza, né lo stesso grado di velocità, né una proporzione armonica di grandezza né di velocità.<sup>95</sup>

Il rifiuto del moto innato della tradizione atomista porta a considerare secondaria l'origine del moto rispetto a una proprietà nuova, che è la ricettività di moto da parte della diverse particelle. Di questa proprietà non si accenna nella *Micrographia*, eppure il ricorrere di una medesima similitudine musicale lascia pensare che non sia in qualche modo estranea a quello scritto. Non si tratta di una questione secondaria. Nella *Micrographia* l'accenno del 1661 alla riconduzione delle attrazioni e repulsioni ai principi generali del meccanicismo è condotto senza fare ricorso alla funzione determinante del moto. Questo ha portato a ritenere la dimensione cinematica dei principi meccanici forniti a cavallo degli anni '70 e '80 del secolo estranea alla teoria della materia che sottende alla

---

<sup>92</sup> Hooke 1665: 15; Ciardi 2003: 15.

<sup>93</sup> Cfr. Gouck 1989: 162; Gouck 1999: 193-4.

<sup>94</sup> Hesse 1966a: 434.

<sup>95</sup> Hooke 1679: 339.

trattazione della congruità del 1665.<sup>96</sup> In realtà in diversi periodi e in contesti diversi Hooke fornisce una spiegazione di fenomeni ritenuti problematici per la filosofia meccanica tradizionale facendo appello a una proprietà che presenta aspetti costanti. Non è attribuibile al moto essenziale delle particelle costituenti ma emerge dalla loro interazione e dipende da caratteri strutturali dei corpi (massa, forma e dimensioni). Tuttavia non pare riconducibile a una semplice traduzione delle simpatie e antipatie in un meccanicismo ortodosso.<sup>97</sup>

Il criterio di cosa dovesse ritenersi legittimamente meccanico era già allora un controverso oggetto di discussione. Il carattere non ortodosso della congruità e della concezione della materia di Hooke rispetto ai principi cartesiani costituiva già nel XVII secolo una questione rilevante. Fu il cartesiano Richard Townely, affiliato a Henry Power negli studi sull'elasticità dell'aria, a porre per primo nel 1665 la questione. In un manoscritto mai pubblicato, ma circolante presso i membri della Royal Society, discuteva la nuova proprietà descritta da Hooke nel 1661.<sup>98</sup> Per coloro che consideravano allora e considerano ancora oggi la sostanziale adesione ai principi cartesiani condizione necessaria del meccanicismo di una teoria, la concezione della materia di Hooke ha presentato sempre caratteri ambigui da risolvere. Le critiche di Townely hanno lasciato il posto a interpretazioni della congruità che privilegiano un aspetto indubbiamente presente, la riducibilità ai principi della materia e del moto dei corpi. In questa prospettiva la teoria della materia hookiana viene facilmente liberata dalle accuse che furono di Townely, di introdurre cioè nel meccanicismo principi attivi identificati con il moto innato o connaturato degli atomi.<sup>99</sup> Alla base di considerazioni di questo tipo vi è l'assunto che porta a considerare la tradizione dell'atomismo non interamente coincidente alla filosofia meccanica.<sup>100</sup> Distinguere il riduzionismo, la tesi che prevede la riduzione di tutte le qualità a proprietà corpuscolari, dal meccanicismo, che è invece la tesi che postula l'origine del moto dall'urto, serve a far luce su alcuni importanti aspetti della scienza

---

<sup>96</sup> Cfr. Ehrlich 1992: 65.

<sup>97</sup> Cfr. Ehrlich 1995: 151.

<sup>98</sup> Webster 1965: 484; Webster 1967: 168; Webster 1976: 445.

<sup>99</sup> Ehrlich 1992: 67.

<sup>100</sup> Clericuzio 2000: 1, 7, 63-4; cfr. Boas Hall 1952: 434-5.

del Seicento.<sup>101</sup> Tuttavia ricade in una concezione angusta della filosofia meccanica messa sempre più in discussione dalla storiografia.<sup>102</sup>

Si potrebbe osservare che se il moto connaturato della materia rappresenta la strada che porterà a riconoscere alle particelle elementari proprietà in contrasto con il principio della materia inerte, il suo rifiuto da parte di Hooke non mette al riparo da conseguenze simili. La ricettività della materia e la possibilità di «bilanciare» nei loro effetti proprietà come massa e dimensione, costituiscono principi difficilmente conciliabili con il meccanicismo cartesiano pur senza introdurre nel suo corpo sano il germe dei principi attivi che porterà alla sua dissoluzione.<sup>103</sup> Il fatto che della congruità si dia una causa esclude che si tratti di una proprietà occulta della materia, ma non significa che quella causa risponda necessariamente ai principi ortodossi del meccanicismo tradizionale. La ricettività selettiva del moto è riconosciuta da Hooke alle particelle minime in misura della loro quantità di materia e «densità», ovvero la disposizione strutturale nello spazio. I due stati della materia conosciuti, solido e liquido, sono ascritti al tipo di moto che attraversa le parti dei corpi.<sup>104</sup> I liquidi, a differenza dei solidi, sono costituiti da due tipi di particelle. Le prime sono quelle proprie del corpo, mentre le seconde appartengono al *menstruum* etereo interposto alle prime e partecipe della loro vibrazione. Nei solidi, invece, la vibrazione delle particelle costituenti si accorda sempre meno alle particelle eterie, che sono escluse dalla struttura del corpo.<sup>105</sup> In entrambi i casi si tratta di corpi costituiti da particelle che hanno forma, dimensione e quantità di materia determinata, che condiziona la loro ricettività di moto e quindi il moto di cui partecipano. Tutte le forme delle parti di materia di dimensioni crescenti sono riconducibili alla forma globulare, che costituisce la configurazione minima di materia in un «pieno perfetto ma indefinitamente fluido».<sup>106</sup> Non c'è nessuna forma regolare in natura, afferma Hooke, che non si possa riprodurre dalla disposizione di

---

<sup>101</sup> Cfr. Pyle 1995: 506-8.

<sup>102</sup> Henry 1986: 336-8; Giudice 2006: 40-2, 48-55; Emerton 1984: 72.

<sup>103</sup> Cfr. Henry 1989: 150-1; Gemelli 1996: 280-1; Lynch 2001: 70, 102-3; Clatterburgh 1999: 166; Boas Hall 1952: 453-5; Centore 1970: 63; Sciuto 1983: 80-4, 93.

<sup>104</sup> Hooke 1665: 5-6, 12.

<sup>105</sup> Hooke 1679: 342.

<sup>106</sup> Hooke 1705: 78.

piccoli globuli.<sup>107</sup> Queste considerazioni spingono ragionevolmente a credere che l'indefinita fluidità del pieno hookiano non coincida con la fluidità dei corpi, stato che viene ricondotto comunque a particelle che hanno una forma determinata. Com'è possibile concepire una parte materiale senza che questa abbia una forma e una dimensione, per quanto piccola sia? In termini assai chiari lo stesso problema sarà posto da Leibniz:

Ma a dire il vero, credo che la perfetta fluidità convenga soltanto alla materia prima, vale a dire in astratto e come qualità originaria, allo stesso modo che la quiete. Ma non conviene assolutamente alla materia seconda, così come essa si trova effettivamente, rivestita dalle sue qualità derivative; poiché ritengo che non vi sia massa che sia dotata di una sottigliezza assoluta, e che fra le parti vi sia una connessione più o meno grande derivante dai movimenti, nella misura in cui essi sono cooperanti e debbono essere alterati per separazione; il che non può accadere senza qualche violenza o resistenza.<sup>108</sup>

Se la congruità, in quanto ricettività selettiva di moto, opera in misura della quantità di materia e della sua disposizione geometrica come si possono concepire le particelle globulari elementi minimi costituenti le tessiture dei corpi? La divisibilità infinita della materia esclude che queste parti minime si possano considerare ultime e indivisibili. Pertanto la loro forma dipende da qualcosa che opera sulla perfetta fluidità di Leibniz o sulla fluidità indefinita di Hooke. Più volte Hooke fa riferimento a un «metodo di natura», da cui dipende la formazione di questa figura privilegiata, la sfera materiale.<sup>109</sup> Da questo punto di vista l'*Attempt* del 1661 costituisce un lungo ragionamento sulle diverse possibilità in cui questo metodo opera nel formare tutti i corpi globulari dell'universo, dalle più piccole particelle costituenti i corpi sottili ai grandi corpi celesti. Solo la fluidità indefinita della materia costituisce un gradino inferiore nella strutturazione della materia che conduce, secondo Hooke, dal mondo inanimato a quello animato:

---

<sup>107</sup> Hooke 1665: 85.

<sup>108</sup> Leibniz 1982: 212.

<sup>109</sup> Hooke 1705: 88.

Non ritengo che il passo dall'altro si dimostrerà tanto grande, se cominciando dalla fluidità, o corpo senza nessuna forma, discendiamo gradualmente finché arriviamo alla forma più alta dell'anima dei bruti, stabilendo i gradini o fondazioni della nostra ricerca: fluidità, globularità (*orbiculation*), fissazione, angolarità o cristallizzazione, germinazione o vitalità (*ebullition*), vegetazione, plantaminazione, animazione, sensazione, immaginazione.<sup>110</sup>

Questo livello mostra un aspetto della congruità spesso oscurato dai riferimenti a forma e dimensione, termini dall'indubbio significato meccanico. Sembra infatti che la proprietà che sta alla base della configurazione della forma globulare elementare dei corpi sia molto simile a un postulato metafisico che fa della sfera forma privilegiata. Si possono distinguere pertanto tre diversi livelli in cui opera la congruità di Hooke. Nei corpi macroscopici si manifestano attrazioni e repulsioni riconducibili alla loro struttura corpuscolare. Si tratta di effetti macroscopici di una proprietà microscopica dovuta alla ricettività selettiva di moto delle particelle dei corpi, la cui origine è ascritta alla quantità di materia e alla disposizione nello spazio dei minimi. La formazione di questi ultimi e le conseguenti proprietà che a essi si accompagnano sembrano però ascritte a un principio che difficilmente si può considerare meccanico. Quando le particelle minime, con la loro ricettività selettiva specifica di moto, sono accostate formano particelle composte. In ogni stadio intermedio tra le prime configurazioni globulari dalla materia fluida e la costituzione di corpi o loro parti, le particelle composte mutano. Dipendendo dalla massa e dalla sua disposizione nello spazio la congruità delle particelle composte può essere diversa da quella dei minimi globulari che concorrono a formarla.<sup>111</sup>

La congruità dei corpi non è un principio primo, ma una proprietà generale che va indagata «per gradi, secondo il metodo sintetico».<sup>112</sup> Conoscere la causa dello stato dei corpi e delle loro interazioni materiali vuol dire conoscerne la struttura geometrica dei costituenti. La divisibilità infinita della materia, la sua continua disposizione in strutture sempre più piccole al microscopio e l'enigmatica costituzione delle parti minime globulari dalla materia fluida originaria fanno della conoscenza della natura dei corpi la

---

<sup>110</sup> Hooke 1665: 127.

<sup>111</sup> Hooke 1679: 341.

<sup>112</sup> Hooke 1705: 368.

conoscenza di strutture intermedie nella configurazione della materia. Queste sono rappresentate dagli schematismi e dalle strutture dei corpi di Bacone, guadagnati alla filosofia meccanica. La conoscenza naturale, afferma Hooke, è «conoscenza della forma dei corpi». Dallo sviluppo dei microscopi si attende l'aiuto maggiore nell'indagine «degli schematismi e delle strutture», «degli schemi latenti, come li definisce il nobile Verulamio, o strutture interne e sconosciute dei corpi». Condotta secondo i canoni della storia sperimentale, questa indagine ne rappresenta l'apice. Da essa si aspettano «istruzioni sicure ed eccellenti sia nella parte pratica della meccanica che nella teoria e nella conoscenza della natura dei corpi e dei movimenti»:<sup>113</sup>

Lo scopo della filosofia è trarre la conoscenza perfetta della natura e della proprietà dei corpi e delle cause delle produzioni naturali; e questa conoscenza non è acquisita appena per sé stessa, ma in ordine a rendere capace l'uomo di comprendere come, tramite la congiunzione degli agenti adatti ai pazienti secondo gli ordini, le leggi, i tempi e i metodi della natura, produrre e porre in essere effetti tali da condurre al suo buon vivere in questo mondo, sia per soddisfare i suoi desideri, e liberare le sue necessità, e per elevare il suo stato al di sopra della condizione comune degli uomini.<sup>114</sup>

Alla formazione della concezione hookiana dello schematismo e della struttura dei corpi si è dimostrato fondamentale l'ideale baconiano di una scienza capace di conoscere la natura nascosta dei corpi e operare su di esse.<sup>115</sup> Anche per Bacone «ogni azione naturale passa attraverso particelle minime, o almeno minori di quanto sia necessario perché colpiscano i sensi».<sup>116</sup> I suoi schematismo e processo latente sono diversi da quelli integralmente corpuscolari di Hooke. «Tutti i corpi», si legge nella *Silva*, «consistono di due diverse nature, pneumatica e tangibile».<sup>117</sup> Inclusi nelle parti tangibili «come in un tegumento» gli spiriti «in effetti

---

<sup>113</sup> Hooke 1665: 93, VIII, 204, 167.

<sup>114</sup> Hooke 1705: 3.

<sup>115</sup> Bacone 1965: 639-40; cfr. Rossi 1974: 22-4; Pagel 1989: 204; Perez-Ramos 1988:65-7, 91-2, 127; Blasi 1993: 451; Rees 1975: 97-8; Clucas 1997: 257.

<sup>116</sup> *Id.*: 646;

<sup>117</sup> Bacon 1857-74, II: 616.

fanno tutto», sono cioè responsabili di ogni proprietà dei corpi.<sup>118</sup> Il primato conferito da Bacone agli spiriti viene tradotto da Hooke nella funzione determinante del moto per la definizione dei corpi, della loro estensione nello spazio, delle loro proprietà.

Anche per Boyle gli schematismi baconiani rappresentano l'esempio di strutture responsabili dei fenomeni macroscopici cui è finalizzata l'indagine della natura.<sup>119</sup> Il creatore non ha concesso ai naturalisti «il potere di creare gli atomi della materia, eppure ha concesso loro di introdurre molte forme».<sup>120</sup> Esistono delle particelle minime che formano tutti i corpi. Non si tratta di atomi, poiché non esistono parti così piccole della materia da non essere ancora divisibili. Essi si associano a formare strutture che Boyle definisce «concrezioni primitive o grappoli», da cui dipendono le proprietà dei corpi che concorrono a formare.<sup>121</sup> La definizione dei principi materiali che Lemery fornirà nella seconda edizione del suo *Cours de chimie* esprime assai bene la concezione della materia che in Hooke e Boyle si forma dalla lettura corpuscolare di Bacone:

Il termine principio in chimica non deve essere preso nel suo significato esatto, perché le sostanze alle quali abbiamo dato questo nome, non sono principi che a nostro riguardo, e che fintanto che noi non possiamo andare più avanti nella divisione dei corpi, ma si comprende bene che questi principi sono ancora divisibili in un'infinità di parti, che potrebbero a più giusto titolo essere definiti principi.<sup>122</sup>

Come la scienza chimica di Lemery, l'indagine dei corpi e l'applicazione della conoscenza che ne deriva secondo Hooke vanno fondati su principi di cui i microscopi sono destinati a fornire un'attestazione sensibile.<sup>123</sup> La separazione delle nature e la ricerca delle forme cui Bacone aveva finalizzato la storia naturale e l'induzione, diventano in Hooke la chiave per comprendere le proprietà che la disposizione delle parti globulari della materia conferiscono ai loro aggregati e ai corpi.

---

<sup>118</sup> Id.: 381; cfr. Rees 1980: 552-3569-70.

<sup>119</sup> Abbri 1984b: 17, 20-1; Emerton 1984: 144; cfr. Laudan 1984: 42-4; Clericuzio 2000: 65-6.

<sup>120</sup> Boyle 1772, II: 14.

<sup>121</sup> Boyle 1772, III: 29-30; tr. it. Boyle 1977: 330-1; cfr. Boas Hall 1963: 86; Newman 2006: 186-9.

<sup>122</sup> Lemery 1757: 4-5; cfr. Di Meo 1980: 132-3.

<sup>123</sup> Id.: 5; Abbri 1984a: 16.

### 3. Capacità e limiti del meccanicismo

L'accettazione della filosofia meccanica, atomistica e cartesiana, era stata segnata anche da profonde questioni religiose, che non cesseranno di attraversarne lo sviluppo. Il rifiuto del giovanile atomismo spinse Boyle verso una «filosofia atomistica corretta e purgata dalle insensate fantasie e stravaganze dei suoi primi inventori».<sup>124</sup> L'origine del moto e la formazione del mondo costituivano per pensatori sinceramente cristiani come Boyle aspetti di primaria importanza nella valutazione della filosofia meccanica. Cartesio, com'è noto, aveva posto l'origine del moto in Dio. «Il moto», scrive il cartesiano Rohault, «non è una proprietà che appartiene all'essenza della materia».<sup>125</sup> Tuttavia la favola cartesiana dell'origine del mondo dal caos dei poeti poneva gli stessi problemi al ruolo di Dio in natura di quelli posti dalla idea atomistica della essenzialità del moto alla materia.<sup>126</sup> Nel tentativo di rendere l'atomismo antico compatibile con il cristianesimo Gassendi aveva cercato di conciliare il moto connaturato degli atomi con la sua origine divina.<sup>127</sup> Ma i pericoli che la filosofia meccanica rappresentava per la religione cristiana erano continuamente ricordati dall'opera di Hobbes, in cui la mediazione cartesiana e gassendiana lasciava il posto a principi dal carattere materialista.<sup>128</sup>

La conciliazione della nuova filosofia con la religione era lo scopo di diversi programmi di ricerca, cui non corrispondevano sempre gli effettivi esiti attesi. All'interno di ognuno di essi i significati stessi di scienza e religione, natura e rivelazione erano a volte molto distanti.<sup>129</sup> La concezione della materia di Hooke determinava senza dubbio una immagine della natura in cui non trovavano posto gli enti spirituali o immateriali. L'identificazione della materia con l'estensione *cum* moto rinnovava l'esclusione cartesiana delle sostanze immateriali dall'ordine fisico, senza ricorrere a principi attivi.<sup>130</sup> Se si assumono i criteri posti da Cudworth per valutare

---

<sup>124</sup> Boyle 1772, III: 1; tr. it. Boyle 1977: 273-4; cfr. Clericuzio 1990: 569-72; Newman 2006: 163; Raffaelli 1980: 118.

<sup>125</sup> Rohault 1697: 30.

<sup>126</sup> Kargon 1983: 116-9.

<sup>127</sup> Gassendi 1648, I: 279-80.

<sup>128</sup> Hobbes 1839-45, I: 339-40; tr. it. Hobbes 1972: 400; Gemelli 1996: 298-9.

<sup>129</sup> Giuntini 2001: 231-3.

<sup>130</sup> Cfr. Schaffer 1987: 63; Henry 1986: 354-7.

l'ateismo di una filosofia, la concezione della materia di Hooke mostra aspetti problematici in relazione alla religione. Il «corporealismo», l'idea che in natura si dia solo materia sottoposta a moto, e la «pneumatofobia», il rifiuto delle sostanze incorporee dall'ordine fisico, sono aspetti riscontrabili in Hooke.<sup>131</sup> Principi immateriali, come lo spirito ilarchico di Henry More, appaiono a Hooke il frutto di «nozioni preconcepite e ipotesi» incomprensibili. Quello che viene ascritto a queste entità immateriali può venir spiegato ragionevolmente «dalle note e comuni regole della meccanica, che sono facili da comprendere e immaginare, e sono molto ovvie e chiare ai nostri sensi». Mentre dei principi meccanici di materia e moto e delle leggi che ne regolano l'azione possiamo fare esperienza, gli agenti immateriali e i principi sovranaturali rappresentano «nozioni rarefatte che superano la nostra immaginazione» e generano confusione nelle menti. Quello che Hooke afferma dello spirito della natura di Henry More vale per ogni principio immateriale o sovranaturale:

Il principio non tende ad altro che a scoraggiare l'impegno dal cercare e trovare le vere cause dei fenomeni della natura; e incoraggia l'ignoranza e la superstizione spingendo a credere che nulla di più può essere conosciuto, e che lo spirito può fare quel che gli piace.<sup>132</sup>

In queste parole è evidente l'eco della difesa della nuova filosofia da parte di John Wilkins. È l'ignoranza che ci fa apparire le cause dei fenomeni irraggiungibili, straordinarie e non comuni.<sup>133</sup>

Volare al miracolo per queste cose era una grande offesa alla natura, e una deroga alla sua capacità, cosa non degna per un uomo che si professa filosofo. *Miraculum est ignorantiae asyllum*, un miracolo serve spesso come ricettacolo dell'ignoranza di cui ogni spirito indagatore dovrebbe vergognarsi, non essendo altro che un modo ozioso per evitare il lavoro di ogni successiva ricerca.<sup>134</sup>

I principi superiori all'ordine naturale costituiscono anche per Hooke «sotterfugi dell'ignoranza» che non trovano posto nella

---

<sup>131</sup> Cudworth 1678: 135-6.

<sup>132</sup> Hooke 1679: 185-8.

<sup>133</sup> Wilkins 1802, I: 11; Westfall 1970: 77-9.

<sup>134</sup> Id.: 95.

filosofia sperimentale.<sup>135</sup> Hooke ritiene che essi hanno fondamento in una concezione della natura che pone l'accento sui limiti dell'ordine meccanico. Lo spirito della natura di More e la natura plastica di Cudworth ne sono esempi illuminanti.<sup>136</sup> A Gassendi che aveva escluso ogni spiegazione fisica che non ricorresse a principi corporei e aveva considerato inutili i principi attivi esterni agenti sulla materia, già dotata di moto connaturato da Dio, Ralph Cudworth aveva opposto una visione della materia rigidamente inerte.<sup>137</sup> Quell'atomismo è definito «ilozoista» da Cudworth poiché conferisce capacità viventi alla materia, escludendo l'anima incorporea dall'uomo e Dio dall'universo.<sup>138</sup> Il Dio della filosofia meccanica appare «un ozioso spettatore dei diversi risultati dei moti fortuiti e necessari dei corpi», il cui regno è completamente «inutile e insignificante».<sup>139</sup>

Se invece non si riconosce al moto carattere essenziale alla materia, è necessario ammettere che l'azione autonoma di cause materiali è insufficiente a dar conto dei fenomeni. La critica all'atomismo si fonda direttamente sulle conseguenze ateistiche della concezione della materia, che anche Boyle aveva denunciato. L'autonomia dell'ordine meccanico costituito da atomi dotati di forma, dimensioni e moti essenziali è tale da escludere ogni principio non corporeo e materiale dalla natura, resa potenzialmente indipendente anche da Dio. Al contrario la critica che Cudworth e soprattutto More rivolgono a quelle forme di filosofia meccanica che escludono l'«ilozoismo» atomista è fondata sui loro limiti scientifici, sull'impossibilità di dar conto in termini solo corporei e materiali della natura. Il ricorso a un principio immateriale avviene qui sul piano della scienza e non delle considerazioni teologiche.<sup>140</sup> A More le spiegazioni meccaniche della natura apparivano «improbabili e impossibili». Se la filosofia meccanica corpuscolare si configura come il tentativo mal riuscito di escludere gli agenti immateriali dalla fisica, la filosofia sperimentale offre la possibilità di un aiuto nella scoperta di quelle «verità più sublimi e veramente metafisiche», quali l'esistenza di Dio e l'azione degli spiriti in

---

<sup>135</sup> Hooke 1705: 165.

<sup>136</sup> Cfr. Webster 1984: 99.

<sup>137</sup> Gassendi 1648, I: 334-5; Cudworth 1678: 146; Guerlac 1977: 92-3; Hutchinson 1983: 320.

<sup>138</sup> Cudworth 1678: 105; Gregory 1967: 532-9.

<sup>139</sup> Id.: 148.

<sup>140</sup> Bondi 2001: 134-5.

natura.<sup>141</sup> A Hooke che aveva considerato lo spirito della natura un «sotterfugio dell'ignoranza», More contrappone quelli che a suo avviso sono i limiti insuperabili di ogni filosofia meccanica che non riconosce al moto carattere essenziale alla materia.<sup>142</sup> Le sue considerazioni si fondano sull'identificazione della forma cartesiana della filosofia meccanica con un modello insuperato in ambito fisico. Dimostrando i suoi limiti appariranno chiaramente i limiti di ogni considerazione meccanica della natura che non ammetta l'esistenza e l'azione del principio ilarchico. È per questo motivo che More nella polemica con Hooke viene a trovarsi nella paradossale situazione di dover difendere dalle critiche hookiane la teoria dei colori di Cartesio, di cui pure intende dimostrare i limiti. La confutazione della teoria cartesiana da parte di Hooke attraverso il fenomeno dei colori delle lamine sottili rappresenta un ostacolo al progetto di More, perché offre un'ipotesi fondata su principi meccanici di un fenomeno spiegabile secondo More solo con il ricorso a un agente immateriale:

Questi sono i fondamenti meccanici della natura della luce e dei colori, di tutti quelli che sono apparsi finora e dovranno essere in futuro, se posso affermare qualcosa per una congettura di gran lunga eccellente. Questa, infatti, quantunque non esaurisca tutto il mistero della natura della luce e dei colori, ed è necessario un qualche principio superiore per la formazione dei globuli e del movimento che li diriga, non dubito che i loro moti siano per la maggior parte le cause immediate della varietà dei colori.<sup>143</sup>

La necessità di quel «principio superiore» era messa in dubbio dall'ipotesi di Hooke, che escludeva l'azione dei globuli sulla base della formazione dei colori laddove non si dovrebbero avere variazioni della loro rotazione. Per salvare l'ipotesi dei globuli, subordinata a quella dello spirito ilarchico, More ipotizza che all'interno delle pellicole sottili si verifichi una reale alterazione della rotazione dei globuli causata dalla «struttura interna» di corpi di «materia incerta e ineguale».<sup>144</sup> Hooke, che considera quest'ipotesi di More un inutile «sotterfugio», mostra di comprendere che non è in

---

<sup>141</sup> More 1679, II.1: 139.

<sup>142</sup> Gabbey 1990, 25, 32.

<sup>143</sup> More 1679, II.1: 260

<sup>144</sup> Id.: 261.

questione soltanto l'ipotesi dei colori o qualunque altra ipotesi fisica, ma la natura stessa dei principi meccanici. Se è necessario uno spirito immateriale che agisca sui corpi che ne è delle leggi della natura? Se è uno spirito immateriale a dirigere la materia, afferma Hooke, «non mi resta che imparare per quale formula magica o incantesimo potrei essere capace di spingere questo spirito a essere più o meno attivo».<sup>145</sup> Di fronte alla difesa della necessità meccanica della natura More aveva ribadito che non si tratta di un'azione arbitraria e magica ma secondo le leggi della natura. Le critiche di Hooke sono ingiustificate per More. Hooke, scrive, «ha inveito contro di me quasi che introducendo il mio spirito ilarchico avessi preparato la distruzione della verità dell'idrostatica, nella cui legge al contrario lo includo necessariamente».<sup>146</sup> Lo spirito agisce in misura della quantità di materia, secondo quelle regole immutabili e certe erroneamente ritenute possibili senza il suo intervento. L'uniformità della natura e delle sue leggi non viene intaccata dallo spirito, ma si assiste al tentativo di scinderla dal contesto della necessità meccanica nel quale era stata elaborata, conferendo a un agente immateriale un'azione plastica sulla materia secondo regole meccaniche.<sup>147</sup> Un programma questo che appare difficilmente comprensibile a Hooke che considera i principi meccanici sufficienti a dar conto di fenomeni secondo regole meccaniche della natura:

Dovrei indagare come possa chiamare quello uno spirito ilarchico o governante la materia, che è piuttosto comandato dalla materia e soggetto alle sue leggi, ed è vincolato ad agire esattamente in accordo alla quantità e alla posizione della materia.<sup>148</sup>

In realtà, osserva More, la forza dello spirito ilarchico è «insita alla materia, quantunque la materia non governa lo spirito, ma lo spirito governa la materia».<sup>149</sup> A differenza del moto connaturato degli atomisti «ilozoisti» lo spirito di More agisce in modo plastico sulla materia. Tuttavia la funzione che svolge nell'economia generale dell'ordine meccanico è la medesima, supplire ai limiti della materia inerte. Com'è avvenuto per la teoria della luce, il fondamento del

---

<sup>145</sup> Hooke 1679: 191.

<sup>146</sup> More 1679, II.1: 229.

<sup>147</sup> Hall 1990b: 115; Walker 1986: 99; Bondi 2001: 146-8; Henry 1990: 61-2; Koyré 1957: 101.

<sup>148</sup> Hooke 1679: 188.

<sup>149</sup> More 1679, II.1: 229.

progetto di More è posto in una concezione cartesiana della materia. È in fondo a questo livello che sussiste un solco incolmabile con la prospettiva di Hooke, che ai problemi della concezione meccanica cartesiana aveva tentato di dare una risposta cinematica.

Restavano alcune importanti questioni. La contrapposizione netta a una prospettiva chiaramente apologetica come quella di More non deve far pensare a un rifiuto della considerazione delle cause finali in natura. La contrapposizione dei filosofi sperimentali a quello che Glanvill definiva l'«ateismo meccanicista» era condotta in modi diversi.<sup>150</sup> Più si va avanti nell'ingrandimento microscopico, aveva scritto Hooke, «più scopriamo le imperfezioni dei nostri sensi e l'onnipotenza e infinita perfezione del creatore». A chi osservi con attenzione la natura al microscopio o al telescopio la tesi che ritiene le complesse produzioni naturali frutto del cieco caso sembrerà il frutto di un raziocinio «estremamente depravato».<sup>151</sup> Come potevano stare insieme l'esclusione delle cause immateriali dall'ordine naturale con l'ammissione dell'evidente azione di un disegno in natura? Come Hooke sapeva bene, Cartesio aveva escluso nettamente le cause finali dalla scienza.<sup>152</sup> Considerate il frutto della presunzione antropocentrica dell'uomo le cause finali non hanno posto nel mondo cartesiano, dominato dalle cause efficienti materiali.<sup>153</sup> Nel mondo originato dal caos dei poeti non avvengono i miracoli e le intelligenze razionali non turbano «in alcun modo» il corso ordinario della natura.<sup>154</sup> L'esclusione del finalismo aristotelico non aveva comportato per Gassendi l'esclusione delle cause finali dalla natura e dalla scienza. Sebbene avesse circoscritto la causalità naturale alle cause efficienti materiali Gassendi aveva riconosciuto la possibilità di interventi straordinari di Dio nell'ordine meccanico, le cui cause erano comunque espressione della sua provvidenza.<sup>155</sup> L'esclusione delle cause finali dalla scienza quindi non implicava, di per sé, l'esclusione dell'azione di Dio nella natura e la contrapposizione a ogni possibile prospettiva di teologia naturale. Ma diversi erano i modi in cui si prendevano le distanze dal pericolo ateista di alcune

---

<sup>150</sup> Hunter 1990: 438; Glanvill 1665: VII.

<sup>151</sup> Hooke 1665: 8, 171-2.

<sup>152</sup> Royal Society Classified Papers, Boyle Papers X, foglio 116; cfr. Davies 1994: 158-9, 161.

<sup>153</sup> Descartes 1994, II: 80, 145-6.

<sup>154</sup> Descartes 1994, I: 425.

<sup>155</sup> Gassendi 1648, I: 133, 287; Osler 1994: 49-53.

interpretazioni della filosofia meccanica.<sup>156</sup> D'altra parte assai rilevanti erano le questioni che venivano coinvolte in questi argomenti: i limiti di Dio rispetto alla natura, le capacità conoscitive della scienza, la costruzione di una conoscenza naturale autonoma dal condizionamento della religione. Principi come l'autonomia dell'ordine naturale rispetto ad agenti immateriali o interventi miracolosi e il rifiuto del caso erano comuni a Boyle e Hooke. Ma il significato che assumevano nelle rispettive immagini della natura era assai diverso.

Miracoli, sospensioni dell'ordine naturale e delle sue leggi, interventi straordinari erano ritenuti possibili da Boyle, che non condivideva i limiti posti da una lunga tradizione alla potenza divina.<sup>157</sup> Nonostante l'assoluta contingenza dell'ordine meccanico della natura, compito del naturalista virtuoso è quello di indagare le sole cause naturali e mostrare l'azione di un'agente intelligente alla loro origine. Credere nella possibilità dei miracoli non vuol dire «volare alle cause soprannaturali», e mostrare l'esistenza di un disegno divino non facilita la spiegazione dei fenomeni, che è valutata comunque dalle cause fisiche richiamate.<sup>158</sup> La limitazione della conoscenza naturale alle sole cause seconde non comportava, invece, secondo Hooke la diminuzione del potere di Dio. Esso «non è meno meraviglioso nella disposizione delle cause delle cose, che nel produrre le cose in modo più immediato».<sup>159</sup> L'onnipotenza di Dio non si misura, quindi, dalla sua capacità di sospendere o stravolgere l'ordine naturale, ma è data nell'ordine stesso. Le cause finali non trovano posto nella scienza non solo perché si tratta di una conoscenza naturale limitata alle cause fisiche. L'ordine delle cause finali, infatti, è identificato da Hooke con la causa prima. Anteriore a quelle seconde, essa opera nel mondo naturale in modo indiretto e costante, ossia attraverso le leggi ordinarie che essa stessa ha dato.<sup>160</sup> Il naturalista, afferma Hooke, può individuare le cause e risalire a livelli sempre superiori e generali fino a giungere al «principio che da vita», «qui trova il *ne plus ultra*, c'è il miracolo che può sinceramente ammirare ma non può comprendere».<sup>161</sup>

---

<sup>156</sup> Gould 1987: 40-1.

<sup>157</sup> Westfall 1970: 91; Deason 1994: 199, 216.

<sup>158</sup> Boyle 1772, I: 717, 149.

<sup>159</sup> Hooke 1705: 392.

<sup>160</sup> Rossi 1979: 37.

<sup>161</sup> Hooke 1705: 424.

L'idea di una provvidenza che opera nel mondo attraverso le leggi fisiche era propria anche di Wilkins, che considerava il compito del naturalista non «volare fino al potere assoluto di Dio e raccontarci quello che può fare, ma cosa in accordo all'usuale corso della provvidenza è più probabile che sia fatto, trovare le cause delle cose che possono sembrare più facili e probabili secondo la nostra ragione». <sup>162</sup> Anche Bacone aveva considerato la scienza il regno delle cause seconde e condannato le filosofie costruite sull'interpretazione della Genesi. <sup>163</sup> Coloro che ignorando le cause intermedie, riferiscono tutti i fenomeni alla causa prima, aveva osservato, «ritengono che ciò sia di grande importanza per la religione, ma in realtà vogliono far cosa grata a Dio servendosi di una menzogna». Sebbene ritenesse la filosofia naturale «la più sicura medicina contro la superstizione e il miglior alimento per la fede», Bacone rimase lontano dalla teologia naturale. <sup>164</sup> Tuttavia era propria della sua concezione autonoma della scienza la convinzione che la provvidenza divina «da cose prive di previdenza e assolutamente amorfe e quasi cieche, trae però con legge certa e inderogabile l'ordine e la bellezza delle cose». <sup>165</sup> Nella concezione meccanica della natura di Hooke l'azione della provvidenza nelle cause seconde, l'autonomia e inderogabilità delle leggi naturali e l'esclusione di ogni possibile azione immateriale viene fondata sull'origine stessa dei principi meccanici di materia e moto:

Entrambi questi poteri ritengo essere prodotti immediati dell'onnipotente creatore, e immutabili in sé stessi senza un simile comando dello stesso potere; e sempre agire secondo un metodo regolare e uniforme, geometrico o meccanico. Questo metodo può essere scoperto da osservazioni diligenti e dall'indagine attenta attraverso mezzi naturali e artificiali, e, penso, ridotto a regole certe e geometricamente dimostrate. Fare questo lo ritengo il vero fine della scienza della fisica o della filosofia naturale e sperimentale. <sup>166</sup>

Per molti questo non era sufficiente a scongiurare il pericolo dell'ateismo. La formazione del mondo divenne nelle mani di Boyle e

---

<sup>162</sup> Wilkins 1802, I: 233.

<sup>163</sup> Rossi 1974: 74; Rossi 1989: 56-65.

<sup>164</sup> Bacone 1965: 371-2.

<sup>165</sup> Id.: 479.

<sup>166</sup> Hooke 1705: 172.

Newton il discrimine tra il meccanicismo cristiano e quello ateo e libertino.<sup>167</sup> Sostenere l'origine della materia e del moto da Dio senza ammettere l'azione diretta e costante del creatore nella creazione equivaleva a fare di Dio, come scisse John Ray, «uno spettatore ozioso e indifferente» del corso casuale delle cose.<sup>168</sup> La spiegazione meccanica dei fenomeni fisici che noi oggi osserviamo è per Boyle senza dubbio la migliore, ma la spiegazione della loro origine non compete agli stessi principi. Solo dopo la formazione del mondo e l'inizio della storia dell'uomo il libro della natura può essere considerato indipendente da quello della scrittura, identificati nel racconto mosaico.<sup>169</sup> «Da una cieca necessità metafisica», scrive Newton, «che è assolutamente identica sempre e ovunque, non nasce alcuna varietà delle cose». La formazione del mondo richiede l'azione diretta di «un ente intelligente e potente».<sup>170</sup> Anche questo argomento, tra i numerosi altri, dell'insufficienza del meccanicismo cartesiano aveva spinto More a fare dello spirito della natura la mano di Dio nella formazione del mondo.<sup>171</sup> Come ritenere che la mano di Dio, che ha guidato la creazione delle cose, si ritiri dal loro corso successivo? Questa è la domanda che sembrava spingere il newtoniano Woodward a supporre il continuo coinvolgimento di Dio nella salvaguardia della sua creatura.<sup>172</sup> Una concezione intermante naturalistica della storia della Terra successiva alla creazione non è pensabile per Woodward, che considera «la conservazione del globo e la propagazione dei corpi su di esso per l'uso dell'uomo» parte del «grande disegno della provvidenza».<sup>173</sup> Segno di quest'azione è la gravità, che «non procede dall'effetto di un qualsiasi agente contingente e instabile, ma poggia su una base più ferma, essendo interamente a carico del diretto concorso del potere dell'autore della natura». L'idea che la gravità costituisse «il principale strumento attraverso cui la stupenda fabbrica dell'universo è diretta e sostenuta» era condivisa da molti.<sup>174</sup> Halley l'aveva fatta propria molto tempo prima, ma solo come un aspetto

---

<sup>167</sup> Rossi 1979: 65-6; cfr. Funkenstein 1984: 194.

<sup>168</sup> Ray 1693: 208; cfr. Pasini 1981: 63-4.

<sup>169</sup> Boyle 1772, II: 19, 39-43.

<sup>170</sup> Newton 1779-85, III: 171-3; tr. it. Newton 1965: 792-5.

<sup>171</sup> More 1679, II.1: 178-9.

<sup>172</sup> Woodward 1695: 61.

<sup>173</sup> Id.: 238.

<sup>174</sup> Id.: 53.

del problema della gravità, quello della sua causa finale.<sup>175</sup> Per Halley la questione fisica della gravità sembrava procedere per via del tutto autonoma dall'azione diretta del creatore.<sup>176</sup> Il rifiuto dei vortici e le polemiche con i cartesiani avevano spinto Newton a considerarla un effetto evidente di una forza considerata solo nella sua dimensione matematica, in ogni caso non ritenuta essenziale alla materia.<sup>177</sup> A questo si associavano le considerazioni del mondo come un meccanismo bisognoso dell'intervento correttivo periodico, in cui le comete fungevano da «*Deus ex machina*».<sup>178</sup>

Nel progetto di costruire una cosmologia in accordo ai principi della nuova fisica newtoniana come Whiston tentarono una mediazione assai difficile tra le esigenze della fisica e quelle della religione.<sup>179</sup> Come Woodward Whiston ritiene la formazione del mondo inconcepibile senza l'azione diretta di un creatore intelligente.<sup>180</sup> Come Newton rifiuta di considerare la gravità propria della materia, cui attribuisce solo la forza d'inerzia.<sup>181</sup> L'azione diretta di Dio nella formazione del mondo dal caos originario è ascritta da Whiston alla gravità. «È evidente», si legge nella *New theory of the Earth*, «che la gravità, la più meccanica affezione dei corpi, dipende interamente dalla costante ed efficace e, se volete, miracola e sovranaturale influenza di Dio onnipotente».<sup>182</sup> A meno che non si considerasse il corso delle cose un continuo miracolo era necessario distinguere l'intervento ordinario da quello straordinario di Dio, quello che avviene attraverso le leggi della natura da quello che deroga da esse. Il discrimine è individuato da Whiston nella presenza nel concorso ordinario di Dio dell'azione della materia, assente dalla sua creazione dal nulla, dall'attribuzione dell'orbita alla Terra, dalla formazione dei semi dei viventi e delle leggi del moto, tutte operazioni che richiedono l'intervento straordinario di Dio. La formazione del mondo, pertanto, pur non essendo ascrivibile all'azione cieca e casuale della natura finiva per essere considerato un

---

<sup>175</sup> Halley 1686: 5-6.

<sup>176</sup> Westfall 1970: 100; Schaffer 1977: 28.

<sup>177</sup> Newton 1779-85, III: 4; tr. it. Newton 1965: 606.

<sup>178</sup> Kubrin 1990: 63; cfr. Deason 1994: 221; Koyré 1957: 165-6.

<sup>179</sup> Bettini 1997: 234.

<sup>180</sup> Whiston 1696; 157-8.

<sup>181</sup> Id.: 1.

<sup>182</sup> Id.: 218.

fenomeno sovranaturale.<sup>183</sup> Queste osservazioni di Whiston destarono interesse in Hooke, che nel luglio del 1696 lesse alla Royal Society un «*abstract of the Theory of the Earth written by Will<sup>m</sup> Whiston*»:

Nel 4° libro egli cerca di risolvere i fenomeni precedenti secondo i principi della filosofia che ha premesso. Qui parlando dei movimenti naturali e sovranaturali dice che è ora evidente che la gravità (la più meccanica affezione dei corpi) e che sembra la più naturale, dipende interamente dalla costante ed efficace e se volete la sovranaturale e miracolosa influenza di Dio onnipotente.

A questo fedele riassunto aggiunge tra parentesi: «è ben fondato e ritengo che non abbia bisogno di dire o risolvere di più poiché questo risolve tutto, e tutte le altre soluzioni saranno insignificanti e inutili».<sup>184</sup> «Riferendo la gravità alla volontà di Dio come causa prima», ha scritto William Whewell, «i newtoniani assunsero una superiorità su tutti coloro la cui filosofia si arrestava alle cause seconde».<sup>185</sup> Circa vent'anni prima di fronte alle pretese dello spirito ilarchico di More, Hooke aveva riaffermato il regolare corso della gravità secondo le regole costanti e universali della meccanica.<sup>186</sup> Questo non era stato messo in dubbio da Whiston, che considerava la gravità effetto dell'intervento ordinario di Dio attraverso la materia e secondo le leggi che egli stesso, ma per via straordinaria, aveva stabilito. Fatto salvo l'aspetto dell'uniformità delle leggi naturali, la concezione di Whiston agli occhi di Hooke si accordava alla possibilità di interpretare la formazione del mondo con i principi ordinari della natura. Più volte Hooke aveva manifestato questa convinzione distante dalla prospettiva che accomunava Newton, Ray e Boyle:

Posso procedere nell'intera storia fornita dal primo capitolo del Genesi, ma ciò che al momento voglio mostrare è che nulla di quello che fin qui ho supposto non concordi in alcun modo con il testo sacro, ma piuttosto che è perfettamente in accordo con esso, tanto bene quanto lo è con la ragione e con la natura delle cose stesse.<sup>187</sup>

---

<sup>183</sup> Id.: 218-22.

<sup>184</sup> Royal Society Classified Papers, Hook Papers, vol. XX, fol. 18.

<sup>185</sup> Whewell 1857, II: 152-3; cfr. Heilbron 1984: 87.

<sup>186</sup> Hooke 1679: 184.

<sup>187</sup> Hooke 1705: 175.

Una narrazione alternativa e interamente meccanica della formazione del mondo, simile a quella cartesiana, non faceva parte del programma di Hooke. Attraverso l'interpretazione dei fatti descritti nel racconto mosaico intendeva dimostrare che i principi di materia e moto e le leggi della natura erano sufficienti a dar conto della formazione del mondo, che non era necessario un intervento sovranaturale del Creatore, che l'azione delle cause finali era insita e non alternativa a quelle efficienti e meccaniche. In tal modo la sua concezione della storia della Terra fatta di catastrofi e stravolgimenti della morfologia terrestre, estinzioni di specie e civiltà scomparse, sarebbe stata meno incompatibile con il racconto biblico. Di fronte al segno profondo che anche nella storia della natura lasciò l'opera di Newton, Hooke apparteneva a coloro che avevano cercato di superare dall'interno i limiti della filosofia meccanica tradizionale. Non è impossibile che la reazione alla concezione newtoniana della gravità che è attribuita nel 1688 da James Gregory a Christopher Wren sia stata così diversa da quella di Hooke:

Il signor Wren disse che era in possesso del metodo per spiegare la gravità meccanicamente. Egli sorride alla credenza del signor Newton che essa non avvenga per mezzi meccanici, ma fu originariamente introdotta dal creatore.<sup>188</sup>

---

<sup>188</sup> Newton 1959-77, IV: 266-7.

## «INTRIGATI LABERINTI»

### 1. Gocce d'acqua nella nuova fisica

La lunga collaborazione con Boyle, iniziata nel 1657 ad Oxford, permette ad Hooke di pubblicare nel 1661 un breve saggio destinato, come recita il titolo, a spiegare alcuni fenomeni riportati nel trentacinquesimo dei *Nuovi Esperimenti* di Boyle, ma soprattutto a confermare una precedente congettura avanzata all'epoca della realizzazione degli esperimenti. L'*Attempt* è un'opera assai importante per ricostruire la formazione di molte idee scientifiche di Hooke, ma è poco conosciuta e studiata perché riprodotta in gran parte nella *Micrographia*, con alcune assai significative aggiunte.<sup>189</sup> Una prima parte introduttiva riporta la seconda metà del testo dell'esperimento boyleano. La pubblicazione segue di un anno l'opera di Boyle, ma, come risulta dal registro della Royal Society, è stata composta e stampata nello stesso anno.<sup>190</sup> Non è un caso, in quanto la congettura che si intende confermare è riportata brevemente nei *Nuovi esperimenti*, senza l'indicazione dell'autore, anche se appare chiaro che questi non è Boyle. L'esperimento consiste nell'osservazione del fenomeno della capillarità, la risalita dei liquidi nei tubi sottili.<sup>191</sup> Ponendone uno in vassoi contenenti acqua o vino Boyle e Hooke osservano che il livello di ascesa è maggiore nei tubi più sottili, che l'altezza del liquido non viene alterata dall'inclinazione del tubo e la velocità di risalita aumenta nei tubi precedentemente bagnati. Per testimoniare la complessità del fenomeno si fa presente che:

Il motivo di questa ascesa nell'acqua apparve a tutti gli astanti tanto difficile che non devo soffermarmi a enumerare le svariate congetture avanzate in proposito, e tanto meno esaminarle, soprattutto perché non ho nient'altro che delle semplici congetture da proporre al posto di quelle che non approvo.

---

<sup>189</sup> Hooke 1665: 11-22.

<sup>190</sup> Birch 1756-7, I: 21.

<sup>191</sup> Joseph 2006: 92.

Il tentativo di chiarire il ruolo della pressione ponendo i tubi nella pompa ad aria non pare di grande aiuto. L'estrazione dell'aria e la conseguente diminuzione della pressione non alterano il fenomeno, che si ripete identico. Ad Hooke questo permette di formulare un'ipotesi esplicativa, che Boyle deve aver giudicato così positivamente da riportarla, unica tra le tante avanzate, a seguito dell'esperimento. La diversa altezza dei liquidi in tubi di dimensioni differenti dipende dalla diversa pressione che l'aria esercita sul liquido interno al tubo rispetto a quella esercitata sulla parte restante nel vassoio. L'assenza di alterazioni nella pompa è dovuta al fatto che a fronte di una diminuzione generale della pressione all'interno della campana della macchina la differenza di pressione tra la parte interna del tubo e il vassoio permane.<sup>192</sup>

Questa è la «congettura» riportata nel testo di Boyle. Nel tentativo di confermarla nell'*Attempt* si afferma che la differenza di pressione non è causata solo dalla minore dimensione dei tubi ma anche dal diverso rapporto che si istituisce tra il liquido e l'aria al loro interno. «Esiste una maggiore non conformità o incongruità (chiamatela come preferite) dell'aria col vetro e alcuni altri corpi rispetto a quanta ne ha il vetro con l'aria».<sup>193</sup> Per spingere l'aria in una piccola fessura è necessaria una forza maggiore di quanta ne serve per una fessura più grande. L'effetto dell'aria sul liquido interno è quindi minore rispetto al liquido nel vassoio, tanto più che la pressione dell'aria è diminuita dalla resistenza maggiore che il liquido oppone all'interno del tubo.<sup>194</sup> Ne emerge una nuova proprietà, del tutto assente nella prima esposizione dell'ipotesi. La sua natura e la sua estensione diventano l'oggetto delle speculazioni esposte nella parte restante dell'opera. La congruità o conformità «è una proprietà di un corpo fluido, per la quale ogni sua parte è facilmente unita o mescolata con qualsiasi altra parte dello stesso corpo o di qualsiasi altro corpo fluido o solido omogeneo o simile». Il suo opposto, l'incongruità, «è la proprietà di un fluido, per la quale esso è espulso e ostacolato dall'unione o dal mescolamento con qualsiasi corpo fluido o solido eterogeneo o dissimile». A questa è possibile ricorrere

---

<sup>192</sup> Hooke 1661: 1-5; cfr. Boyle 1772, I: 80-1; tr. it. Boyle 1977: 885-7.

<sup>193</sup> Id.: 7.

<sup>194</sup> Id.: 24-6.

per spiegare la forma che le gocce d'acqua assumono nell'aria o le bolle d'aria nell'acqua.<sup>195</sup>

Hooke sa bene che la sua nuova proprietà richiama il principio dell'attrazione del simile per il simile e della repulsione per il dissimile, e che la stessa forma delle gocce d'acqua o delle bolle d'aria era stata oggetto del tentativo da parte della nuova filosofia meccanica di superare quel principio. Il mondo, aveva scritto Copernico, è sferico per lo stesso motivo per il quale le gocce d'acqua sono rotonde. È la perfezione massima della figura circolare e non la simpatia il principio al quale si richiama Copernico, sebbene gli effetti siano simili. Quella sferica è considerata la forma «più capace, tale cioè da contenere e custodire ogni cosa».<sup>196</sup> Nelle gocce d'acqua e nelle bolle d'aria Bacone aveva visto operare «quell'appetito a resistere alla separazione e alla discontinuità, maggiore nei corpi solidi ma presente anche nei liquidi». La sua azione nei corpi non può che portare ad assumere la forma sferica, «che è la figura che salva maggiormente il corpo dalla discontinuità». Nonostante ritenesse che quest'appetito è la manifestazione di in una «forza di unione» operante in gradi diversi in tutta la natura,<sup>197</sup> Bacone aveva preso le distanze dalle simpatie e antipatie della magia naturale, più volte condannate e rifiutate in quanto ritenute non le vere cause interne delle cose ma effetti superficiali elevati a principi della natura da un sapere decaduto e vano.<sup>198</sup> «Quando la debolezza degli uomini non ha potuto trovare cause reali», aveva affermato Pascal, «la loro sottigliezza ne ha sostituite delle immaginarie, che essi hanno espresso con nomi speciosi che riempiono le loro orecchie ma non il loro spirito». Questi nomi sono spacciati per cause reali dei fenomeni, «come se dei corpi inanimati fossero capaci di simpatia e antipatia».<sup>199</sup> In fisica non trovano posto azioni immateriali o animate, perché tutto avviene per effetto del moto e del contatto materiale tra i corpi. Secondo Gassendi le simpatie, come tutte le azioni pretese immateriali, hanno la loro causa reale in corpi non percepibili, nell'azione di atomi di forma e moto particolare o in «*insensibiles effluxiones*».<sup>200</sup> Galilei, che pure aveva

---

<sup>195</sup> Hooke 1661: 8.

<sup>196</sup> Copernico 1979: 182.

<sup>197</sup> Bacon 1857-74, II: 346-7, 378, 437-8.

<sup>198</sup> Id.: 612.

<sup>199</sup> Pascal 1954: 400.

<sup>200</sup> Gassendi 1648: 450.

ammesso di non sapere «come vadia il negozio di sostenersi quei globi d'acqua assai rilevati e grandi», si era detto «certo che da tenacità interna, che sia tra le sue parti ciò non deriva; onde resta necessario che la ragione di cotal effetto risegga fuori»<sup>201</sup>. Una spiegazione interamente meccanica e fondata sulla pressione dell'ambiente circostante viene fornita da Cartesio, che ricorre al moto dei corpuscoli eterei. La forma sferica è dovuta al moto retto o assai prossimo ad esso dei globuli celesti, che viene ostacolato da quelle particelle del liquido che si discostano da quella forma. I globuli incontrandole nel loro tragitto le spingono verso il centro della massa. È lo stesso meccanismo per il quale tutti i corpi sulla superficie terrestre sono spinti verso il centro:

Infatti, come tali globuli, grazie al loro moto che li trasporta indifferentemente da ogni lato, sospingono in modo uguale tutte le particelle di ogni goccia verso il suo centro, rendendola in tal modo rotonda, così, mediante il medesimo moto, ostacolati nel loro scorrere secondo linee rette dall'incontro con il globo terrestre, ne respingono tutte le parti verso il centro: in questo consiste la gravità dei corpi terrestri.<sup>202</sup>

Era stata la «grande antipatia con l'antipatia», come Galilei fa dire a Simplicio, a spingerlo a ritenere «dunque esterna, e forse dell'aria ambiente, la cagione di tale effetto».<sup>203</sup> Ma né la fiducia cartesiana nei vortici né la sfiducia galileiana verso le antipatie sembreranno reggere alla prova del vuoto, cui il fenomeno è sottoposto all'Accademia del Cimento. Alcuni accademici, infatti, condividendo le idee galileiane, attribuivano alla pressione atmosferica la formazione delle gocce d'acqua. «Ma la stessa esperienza», afferma Magalotti, «chiarì che la cagione di tal effetto era altra che la pressione».<sup>204</sup> Effetto della pressione veniva considerata anche la risalita dei liquidi nei tubi sottili. Anche in questo caso le diverse esperienze del fenomeno compiute all'Accademia spinsero alcuni ad affermare «che quest'opinione del premer più languido che fa l'aria per gli angustissimi seni, presa così assolutamente non sia per sé sola bastante a spiegar questi ed altri effetti». Nonostante si credesse che

---

<sup>201</sup> Galilei 1890-1909, VIII: 115.

<sup>202</sup> Descartes 1994, II: 273-4.

<sup>203</sup> Galilei 1964, VII: 400.

<sup>204</sup> Magalotti 1947: 76.

oltre alla sola pressione «per lo meno alcun'altra cagione debba unitamente concorrervi», era diffusa la sfiducia sulla relazione del liquido col vetro dovuta al «gran toccamento ch'egli ha con la superficie interna dell'angustissimo spazio».<sup>205</sup> Appariva loro troppo simile alle simpatie e alle antipatie proprie di una visione del mondo che si voleva consegnare definitivamente al passato.

Molti storici si sono chiesti se la congruità di Hooke sia una semplice reinterpretazione meccanicistica delle simpatie o se piuttosto non si tratti di un principio attivo appartenente alla classe delle simpatie.<sup>206</sup> Mary Boas, nell'ormai lontano 1952, ha considerato congruità e attrazioni sinonimi delle simpatie proprie del mondo magico e alchemico. Indipendentemente dalla forma in cui queste si siano presentate negli scritti dei filosofi naturali del XVII secolo, «l'imporsi della filosofia meccanica» ha significato la loro netta esclusione dalla nuova concezione della natura.<sup>207</sup> Un'immagine simile del meccanicismo, improntata al modello cartesiano, è condivisa in buona parte da coloro che recentemente hanno posto l'attenzione prevalentemente sul significato geometrico che il termine congruità ha assunto in Hooke. Al fine di indicare la corrispondenza tra configurazioni microparticellari o strutturali dei corpi lo stesso termine era stato usato da Boyle, prima e dopo l'*Attempt* hookiano.<sup>208</sup> Wilkins, dopo Boyle e Hooke, pone i termini congruità e contrarietà tra i trascendentali di differenza. Il termine simpatia è ritenuto sinonimo di congruità, che indica quello stato dei corpi che «naturalmente si accordano, avendo lo stesso tipo di affezioni».<sup>209</sup> Né Boyle né Wilkins fanno riferimento a proprietà particolari e originarie dei corpi, a forze attive della materia, a essenze particolari. Si può affermare che questo uso del termine è pienamente compatibile con la filosofia meccanica, così come è intesa da Mary Boas. È davvero questo il significato che intende Sprat quando, nel descrivere il programma sperimentale della Royal Society, parla di «congruità o incongruità dell'aria, e sua capacità di penetrare alcuni corpi e non altri, di generare aria attraverso solventi (*Menstruums*) corrosivi da liquidi in fermentazione, dall'acqua e altri

---

<sup>205</sup> Id.: 92-6.

<sup>206</sup> Cfr. Sciuto 1983: 80-4; Henry 1986: 348; Pumfrey 1987: 11; Ehrlich 1995: 135-7; Bertoloni Meli 2006: 245.

<sup>207</sup> Boas 1954: 417.

<sup>208</sup> Boyle 1772, III: 30; tr. it. Boyle 1977: 332; Boyle 1772, I: 684.

<sup>209</sup> Wilkins 1668: 30.

liquidi per mezzo del calore»?<sup>210</sup> O è piuttosto assai vicino a quello che intende Hooke quando descrive la congruità come una «proprietà relativa» di due corpi e non altri? I fenomeni di attrazione e repulsione tra i corpi non cessarono certo di avvenire con l'affermarsi della filosofia meccanica. Di attrazioni e di simpatie si continua a parlare anche all'interno della nuova fisica. I termini però smettono di indicare forze attive e proprietà immateriali per designare particolari classi di fenomeni che si possono osservare continuamente in natura e che possono ricevere una spiegazione interamente fondata sull'urto di invisibili particelle di forme e dimensioni particolari. In un testo assai diffuso, posseduto e letto anche da Hooke,<sup>211</sup> lo stesso Fracastoro sembrava ricondurre l'affinità tra il simile e la repulsione tra il dissimile alle «*effluxiones*» dei corpi, in base al principio che «nessuna azione può compiersi se non per contatto».<sup>212</sup> La congruità hookiana appartiene senza dubbio alle proprietà fenomeniche dei corpi come la gravità e il magnetismo. Permette di spiegare altri fenomeni ma è suscettibile a sua volta di una spiegazione secondo i principi della materia e del moto. I fenomeni di adesione e coesione dei corpi «omogenei» e repulsione o distinzione di quelli «eterogenei» sono «effetti visibili» delle «proprietà» della materia: forma, dimensione e moto.<sup>213</sup> Tuttavia non pare considerabile una traduzione meccanica integrale della simpatia, al pari di quelle compiute da Cartesio o da cartesiani come Rohault.<sup>214</sup> Queste ultime, infatti, non esauriscono affatto l'intero panorama del meccanicismo de XVII secolo e non sono le uniche concezioni della natura al di fuori delle quali il termine meccanico risulta inappropriato. Nella congruità di Hooke corrispondenza meccanica e proprietà della materia sembrano confondersi. Oltre che da Boyle, con il significato genuinamente meccanico, il termine congruità è usato anche da Bacone, con un significato ben diverso. «La congruità dei corpi» della quale parla il Lord Cancelliere rimanda inevitabilmente a quella forza di unione operante in forme diverse in tutta la natura e accuratamente distinta dalla sua manifestazione

---

<sup>210</sup> Sprat 1667: 218.

<sup>211</sup> L'*Opera philosophica et medica* di Fracastoro, in un'edizione del 1622, compare a p. 27 della *Bibliotheca Hookiana*, il catalogo disposto per la vendita dei libri di Hooke nel 1725.

<sup>212</sup> Fracastoro 1584: 60.

<sup>213</sup> Hooke 1661: 10-1.

<sup>214</sup> Rohault 1697:86-92; Dugas 1954: 261.

fenomenica, la simpatia.<sup>215</sup> Con questo significato è intesa da baconiani come Wilkins, che fa riferimento, nella *Mathematical magic*, all'«attrazione per similitudine di sostanze (come Lord Bacon ipotizza)» intesa quale causa naturale.<sup>216</sup> Risulta improprio considerare, a seguito delle diverse interpretazioni della congruità che gli storici hanno fornito, l'immagine della materia di Hooke una delle tante riformulazioni dell'ortodossia meccanicistica almeno quanto lo è considerarla una teoria irrimediabilmente estranea all'orizzonte meccanicistico. L'analogia con corpi soggetti a vibrazioni, di cui si fa uso per illustrare la spiegazione della congruità secondo materia e moto, indica la sua irriducibilità alla sola corrispondenza geometrica e strutturale, in quanto privilegia l'esistenza di moti vibratorii dai quali principalmente derivano le proprietà relative dei corpi tra loro.

Le conseguenze che essa ha sulla determinazione degli stati della materia permettono di comprendere la distanza che separa la concezione della materia nella quale tale proprietà s'inscrive da concezioni meccaniche che potremmo definire ortodosse. Dei due stati della materia che il XVII secolo conosce,<sup>217</sup> quello liquido è definito nella filosofia meccanica come condizione propria di quei corpi i cui elementi costituenti formano delle strutture deboli, attraversate da spazi nei quali scorre l'etere, tali che i corpuscoli sono in moto. La definizione della solidità, al contrario, costituisce un argomento che divide i sostenitori dell'atomismo da quelli del corpuscolarismo. Questo stato dei corpi era ricondotto da Cartesio alla quiete relativa delle particelle che compongono un corpo. Le dimensioni delle particelle e la struttura che esse formano sono determinanti per conferire al corpo diversi gradi di solidità, in quanto da esse dipende la presenza di pori e quindi di particelle eterie che attraversano il corpo.<sup>218</sup> Il principio cartesiano della quiete relativa viene confermato da Boyle, che fa riferimento anche alle dimensioni dei corpuscoli e alla strutture elementari cui questi danno vita.<sup>219</sup> Hooke, invece, non ritiene la quiete condizione della solidità. I corpi solidi al pari dei liquidi sono attraversati da moti interni di

---

<sup>215</sup> Bacon 1857-74, II: 439.

<sup>216</sup> Wilkins 1648: 133.

<sup>217</sup> Abbri 1980: 20.

<sup>218</sup> Descartes 1994, II: 136, 234-5.

<sup>219</sup> Boyle 1772, I: 401.

natura vibratoria. Mentre nei liquidi i moti tra le particelle non coincidono, nei solidi essi fungono da collante dell'intera struttura, in quanto singoli moti si accordano tra loro, sono cioè dello stesso ordine. Le particelle di un solido vibrano all'unisono, mentre quelle di un liquido al pari delle corde musicali discordi vibrano in modo diverso. Solidità e fluidità sono «proprietà relative» dei corpi, in quanto dipendono dal rapporto tra i moti dei costituenti elementari.<sup>220</sup> Al pari di congruità e incongruità.

## 2. Un giovane atomista?

Accanto alla «coerenza delle parti dei solidi» tra i «molto intrigati laberinti» che si trovano in natura Galilei aveva posto «il comprender come stia il negozio della rarefazione e della condensazione».<sup>221</sup> Come ben sapeva Galilei chiunque, all'interno della nuova concezione della natura, volesse trovare il filo di quei labirinti era chiamato a compiere una scelta tra atomismo e corpuscolarismo. La scoperta dell'elasticità dell'aria alla fine degli anni '50 del XVII secolo sembrava rappresentare un terzo labirinto, o piuttosto un'altra questione all'interno del più generale «laberinto» della materia. È la nuova proprietà dell'aria emersa dagli esperimenti boyleani che costituisce infatti occasione di confronto tra le due concezioni della materia all'interno della filosofia meccanica. Nella pompa ad aria l'estrazione di aria dalla campana comporta la rarefazione di quella interna, che a seguito dell'elasticità si espande. Com'è noto Robert Boyle non assume, formalmente, nessuna delle due «ipotesi». Rifiuta fermamente l'idea atomistica del moto innato alla materia per motivi teologici. Non crede nell'esistenza dei *globuli coelestes* cartesiani, ma sembra ritenere il vuoto della pompa uno spazio privo di aria ma non di materia, attraversato da un fluido sottilissimo di natura eterea. Forse a causa di questo atteggiamento nell'illustrare le due spiegazioni alternative Henry Power associa quella che sembrerebbe più vicina all'impostazione boyleana, tra gli altri, a Roberval. Secondo questa ipotesi nella rarefazione e nella condensazione non si ha «alcuna diminuzione o aumento di materia

---

<sup>220</sup> Hooke 1665: 16.

<sup>221</sup> Galilei 1809-1909, VIII: 93.

(che non può mai essere concepito)», ma semplicemente una sostituzione della materia dei corpi con materia eterea. Al contrario gli atomisti, che Power definisce «vacuisti», ritengono che nella rarefazione spazi vuoti si frappongano tra le particelle dei corpi, e per converso nella condensazione tali spazi lascino il posto alle particelle di materia.<sup>222</sup>

A questa difficile questione nella *Defence of the Doctrine touching the Spring of Air* di Boyle è dedicato un importante paragrafo, *An Explication of Rarefaction*. Anche se Boyle aveva già affrontato le diverse ipotesi sul fenomeno lo scritto conserva la sua importanza perché, come ha mostrato Antonio Clericuzio nel 1998, il suo autore in realtà non è Boyle ma Hooke<sup>223</sup>. Questo ha offerto la possibilità di ricostruire il punto di vista di Hooke nel dibattito dei primi anni '60 su una questione determinante per la teoria generale della materia. Nella *Micrographia*, che, lo ricordiamo, viene completata nel 1664 e stampata l'anno successivo, sono presenti significative indicazioni per ricostruire l'atteggiamento del giovane Hooke verso le due principali prospettive offerte dalla filosofia meccanica. Tuttavia c'è stato chi nello scritto del 1662 ha visto un'assunzione giovanile dell'atomismo, abbandonato poi negli anni successivi.<sup>224</sup> D'altronde lo stesso Cristiaan Huygens, ignaro del reale autore e associando di conseguenza le opinioni che qui emergono con il resto delle opere boyleane, sembrava ritenere che l'ipotesi sostenuta in quel breve paragrafo fosse indubbiamente atomistica, e pertanto inadeguata a rendere conto del fenomeno.<sup>225</sup> La possibilità di scorgere in questa ipotesi della rarefazione la spiegazione boyleana dell'elasticità ha contribuito a portare a conclusioni come quelle di Huygens, assai probabilmente determinate dalla presenza in *An Explication of Rarefaction* di espliciti riferimenti ad Epicuro, agli atomi e al loro moto innato. Se, come pensava Boyle, le particelle dell'aria hanno la forma di «*laminae* sottili e flessibili, avvolte a spirale insieme come una corda, un pezzo di nastro, una spirale da orologio, un gancio o simili», è possibile ritenere «ognuna di queste tanto avvolte a spirale da avere un tale moto innato circolare da poter descrivere una sfera del loro stesso diametro». L'elasticità del fluido che siffatte particelle

---

<sup>222</sup> Power 1664: 132-3.

<sup>223</sup> Boyle 1772, I: 144-6; Clericuzio 1998.

<sup>224</sup> Gal 2002: 129; Clericuzio 1998: 74.

<sup>225</sup> Huygens 1888-1950, IV: 172.

compongono viene a dipendere dunque dalla tendenza di ognuna di esse a recedere dal centro dell'asse del loro moto:

Così allora, accogliendo i principi di Epicuro, secondo cui gli atomi o le particelle dei corpi hanno un moto innato, e accogliendo la nostra ipotesi di determinati moti e figure delle particelle aeree, tutti i fenomeni di rarefazione e condensazione, di luce, suono, calore, etc. seguiranno naturalmente e necessariamente.

Tutti i fenomeni della luce sono spiegabili «dal moto locale di atomi specifici», «atomi di fuoco», che attraversando un corpo elastico come l'aria ne incrementano l'elasticità delle particelle aumentandone per contatto il moto innato.<sup>226</sup> La rarefazione dell'aria e la diminuzione della sua pressione si spiega con l'aumento dello spazio tra le particelle e la conseguente estensione nello spazio a seguito del loro moto. La condensazione, per converso, con la diminuzione di tali spazi vuoti e l'avvicinamento delle particelle, che si ostacolano nel loro moto causando un aumento di pressione. Questa non era l'ipotesi di Boyle, che considerava il moto innato degli atomi una tesi pericolosa per la religione e un'ipotesi inutile per la scienza. Tuttavia non era neanche l'ipotesi di Hooke. La presenza nella *Defence* di un paragrafo dedicato alla rarefazione era dovuta al ricorso di uno dei critici dei *Nuovi Esperimenti*, il gesuita aristotelico Francis White, a questo fenomeno per dimostrare l'infondatezza dell'approccio corpuscolare di Boyle. Le obiezioni di White furono riferite dallo stesso Boyle a un «uomo ingegnoso» che, egli afferma, «mi disse (...) di aver pensato ad alcune ipotesi attraverso cui il fenomeno della rarefazione possa essere risolto in accordo sia ai vacuisti sia ai cartesiani».<sup>227</sup> Lo scopo di *An explication of rarefaction* quindi risulta essere una generale difesa della filosofia meccanica dalle critiche peripetatiche. Accanto alla spiegazione atomistica vi trova posto la spiegazione cartesiana:

Il secondo modo di [spiegare] la rarefazione attraverso l'introduzione o interposizione di una certa materia sottile o etere negli spazi liberati dalle particelle in rarefazione, che è proposto dai sostenitori del *Plenum*, è parimenti condannato dall'autore [White], e marchiato con l'impossibilità.

---

<sup>226</sup> Boyle 1772, I: 179-80; cfr. Id.: 11, tr. it. Boyle 1977: 761.

<sup>227</sup> Id.: 146.

Mantenendo la supposizione fondamentale boyleana sulla forma a spirale delle particelle dell'aria, se ne può spiegare l'elasticità con il moto, questa volta non ritenuto innato ma originato dall'azione dei *globuli coelestes* sulle particelle a spirale.<sup>228</sup> La possibilità di spiegare lo stesso fenomeno, il moto delle particelle aeree, ricorrendo a due ipotesi fondamentali sulla materia molto diverse veniva prospettata con interesse da Boyle in quegli anni. Nel presentare uno dei *Certain Physiological Essays*, del 1661 ma scritti nel decennio precedente, Boyle affermava:

Ho ritenuto che le ipotesi atomista e cartesiana, per quanto differiscano in alcuni punti l'una dall'altra, in opposizione a quella peripatetica e ad altre volgari dottrine possono essere viste come una sola filosofia: in quanto si accordano, e differiscono dalle scuole in questo punto grande e fondamentale, che esse s'impegnano a spiegare le cose in modo intelligibile (...); entrambe, quella cartesiana e quella atomista, spiegano gli stessi fenomeni ricorrendo a piccoli corpi di forme e moti differenti.

Le differenze che separano cartesiani e atomisti riguardano la definizione di questi piccoli corpi e l'origine del moto, questioni che «sembrano più metafisiche che filosofiche», maggiormente determinanti per la spiegazione dell'origine dell'universo che dei suoi fenomeni<sup>229</sup>. Lo scopo antiperipatetico e generalmente meccanicistico dello scritto di Hooke è ribadito da Boyle in una lettera di risposta a Huygens, in cui viene descritto come un «progetto o una possibile via di salvare i fenomeni della rarefazione senza fare ricorso al modo inintelligibile di Aristotele».<sup>230</sup> La risposta di Hooke alle obiezioni avanzate da Huygens non lascia dubbi al riguardo. «La mia prima ipotesi (nella quale si trovano le difficoltà)», ammette Hooke, è «epicurea», pertanto prevede il moto innato delle particelle aeree e la possibilità di spazi vuoti tra di loro. Appare chiaro che l'ipotesi in questione non è quella assunta come propria dall'autore dello scritto, ma è la prima delle due esposte e quella sulla quale si sono concretati i dubbi di Huygens:

---

<sup>228</sup> Id.: 180.

<sup>229</sup> Id.: 355-6.

<sup>230</sup> Boyle 2001, II: 26-7.

Questo in breve signore quanto devo replicare agli scrupoli ingegnosi del signor Huygens. In difesa non dico della mia opinione, ma di un'ipotesi i cui principi io qui non intendo difendere, ma soltanto che assumendo questi suppongo non solo che tutti quelli che Francis White ha avanzato, ma anche che tutti i fenomeni della rarefazione possono quindi essere spiegati altrettanto bene se non meglio che da quelli di Aristotele.<sup>231</sup>

L'ipotesi atomistica non è l'ipotesi risolutiva che emerge dal testo, ma solo una delle due vie che la nuova filosofia meccanica permetteva di percorrere in alternativa all'aristotelismo. Non esprime le opinioni di Hooke perché è assunta solo come un'ipotesi fondata su materia e moto, principi comuni con quella cartesiana.

Una possibile spiegazione atomistica della rarefazione da parte di Hooke si potrebbe scorgere in una nota alla Royal Society del 1668. Vi si legge che «la rarefazione procede dai vuoti interposti» e la dilatazione dei corpi comporta l'assunzione di nuove strutture che contengono «spazi vuoti, maggiori nel numero».<sup>232</sup> Questo potrebbe comportare una conferma dell'interpretazione atomistica del testo del 1662, indicando una sostanziale continuità negli anni '60 nei confronti del problema della rarefazione. Tuttavia è necessario chiedersi cosa si intenda per «vuoti interposti» o «spazi vuoti». Sembra infatti difficile ritenere che questi vuoti siano gli stessi dei sostenitori dell'atomismo. Si tratta di spazi posti all'interno di una «tessitura» corpuscolare che si dilata e restringe. Nel testo non si fa menzione dell'etere che dovrebbe, nell'ipotesi corpuscolare, colmare quegli spazi. Tuttavia la negazione della sua esistenza e funzione nella rarefazione, segno indubitabile dell'assunzione dell'atomismo, non si trova nella nota né in alcun altro testo coevo o precedente. Se nei due scritti del 1662 e del 1668 Hooke avesse realmente fatto propria l'ipotesi atomista sarebbero troppe e troppo rilevanti le incongruenze con le indagini condotte nello stesso periodo. Negli stessi anni in cui dovrebbe sostenere l'esistenza di atomi di luce e vuoti interposti in Hooke si afferma la convinzione che lo spazio privo d'aria della macchina boyleana è pieno di una sostanza sottilissima che permette la trasmissione della luce, che questa consiste in un moto e non in trasporto di materia e che il

---

<sup>231</sup> Id.: 29-30.

<sup>232</sup> Birch 1756-7, II: 295.

microscopio mostra un susseguirsi di livelli di strutture che aumentano con l'ingrandimento e non sembrano risolversi in costituenti ultimi elementari. Tutto ciò non implica un'automatica quanto ingiustificata attribuzione ad Hooke dell'ipotesi cartesiana, i cui principi coinvolti nella spiegazione, come i *globuli coelestes*, sono fatti oggetto nel corso delle ricerche cosmologiche di quegli anni di numerose critiche.

*An explication of rarefaction* non è un saggio di teoria della materia ma un esercizio retorico antiperipatetico. Dagli scritti sulla rarefazione di questi anni più che le tesi emergono i dubbi del giovane Hooke. «Per quale mezzo il calore rarefa ed espande i corpi» si chiede Hooke il 26 novembre 1662 in un'assemblea della Royal Society. Le particelle che compongono l'aria, domanda il 25 febbraio 1663, sono liquide o solide? Se solide, gli interstizi tra di loro sono vuoti o riempiti con qualche corpo più sottile e liquido?<sup>233</sup> Questioni di questo tipo non implicano la mancanza di un'impostazione generale verso i fenomeni della rarefazione e della condensazione. Al contrario denotano la probabile presenza di risposte possibili che trovino conferma negli esperimenti. La descrizione dell'aria, proposta nella *Micrographia*, quale «tintura o sostanza salina dissolta e agitata dall'etere fluido e agile»<sup>234</sup> esclude la possibilità di interpretare in termini atomistici le concezioni hookiane di questi anni in merito alla rarefazione. Gli spazi vuoti che si vengono a creare nelle strutture di un corpo sottoposto a rarefazione come l'aria non denotano l'assenza di materia ma l'assenza d'aria, o meglio delle particelle saline dissolte nell'etere. Come Cartesio, Hooke sembra ritenere condensazione e rarefazione processi che riguardano la «figura» o la «tessitura» dei corpi all'interno di uno spazio pervaso da una sostanza sottile,<sup>235</sup> anche se quest'ultima è concepita in modo molto diverso da Cartesio. Gli spazi vuoti interni ai corpi sono in realtà pori, il cui numero varia con la rarefazione o la condensazione.

Che i corpi fossero composti da parti piene e vuote era anche una convinzione di Galilei. Al pari dello scienziato pisano Hooke è chiamato nel 1662 a confrontarsi con un vecchio argomento aristotelico antiatomistico, la cosiddetta *Rota Aristotelica*. Si tratta di

---

<sup>233</sup> Id., I: 130, 203.

<sup>234</sup> Hooke 1665: 13.

<sup>235</sup> Descartes 1994, II: 107.

un argomento concepito all'interno della reazione araba alla fisica atomistica del Kalam, per dimostrare l'impossibilità del vuoto.<sup>236</sup> Non a caso trova diffusione a partire dal XV secolo e viene riproposto da White all'interno delle critiche al corpuscolarismo di Boyle. Due cerchi concentrici di dimensioni diverse ruotando percorrono uno spazio uguale, pur avendo raggio diverso. L'apparente paradosso viene meno se si osserva che il cerchio minore viene trascinato nel rotolamento da quello maggiore descrivendo nello stesso tempo lo stesso spazio. Rarefazione e ruota aristotelica pongono entrambi questioni fondamentali sulla struttura ultima della materia. È per questo che Galilei fornisce a entrambi una medesima soluzione. I corpi sono composti da «parti non quante», «infiniti indivisibili con l'interposizione di vacui indivisibili», atomi privi di estensione separati da intervalli puntiformi:

Ed in somma gl'infiniti indivisibili del maggior cerchio con gli infiniti indivisibili ritiramenti loro, fatti nelle infinite istantanee dimore de gl'infiniti termini de gl'infiniti lati del minor cerchio, e con i loro infiniti progressi, eguali a gl'infiniti lati del minor cerchio compongono e disegnano una linea eguale alla descritta dal minor cerchio, contenete in sé infinite sovrapposizioni non quante, che fanno una costipazione e condensazione senza veruna penetrazione di parti quante.<sup>237</sup>

Lo spazio percorso e il tempo impiegato dai due cerchi sono per Hooke infinitamente divisibili in parti di numero non determinato:

Ora il contatto del precedente e il contatto del successivo, entrambi sono realizzati da un'infinita successione di istanti. Non vedo nessuna difficoltà in questo problema, di cui si può con soddisfazione dare una spiegazione senza ricorrere all'ipotesi di determinati numeri di indivisibili di spazio e tempo.<sup>238</sup>

Spazio e tempo sono costituiti da quantità divisibili all'infinito e non determinabili. Pertanto il carattere problematico della corrispondenza tra spazio percorso e tempo impiegato dai cerchi viene meno. Le parti infinitamente divisibili di Hooke non coincidono con le parti non quante di Galilei, che sono indivisibili,

---

<sup>236</sup> Jammer 1971: 63-4.

<sup>237</sup> Galilei 1890-1909, VIII: 95; cfr. Shea 1974: 184-5; Daston 1984: 307-9.

<sup>238</sup> Boyle 1772, I: 184-5.

piene e vuote. Sebbene segua Galilei nel ricorso a minimi indeterminabili Hooke ricorre alla divisibilità infinita della materia, che esclude la possibilità di spazi vuoti e atomi o particelle ultime della materia.

### 3. Fluidi eterei

I dubbi che la *Defence* di Boyle aveva originato in Huygens non erano solo dovuti all'ipotesi atomistica presente in *An Explication of Rarefaction*:

Sono stato soprattutto molto ben lieto di trovarvi le due esperienze riguardanti la condensazione e la rarefazione dell'aria, che provano molto chiaramente questa proprietà rimarchevole da conoscere, che la forza della sua elasticità è in proporzione inversa agli spazi in cui è ridotta. Quando considero questo trovo più che mai difficoltà a rendere ragione di quello che si osserva nella mia esperienza dell'acqua privata di aria che non discende nel tubo capovolto nonostante il recipiente in cui si trova sia stato privato di aria.<sup>239</sup>

La legge di Boyle e l'elasticità dell'aria, che accetta senza difficoltà, non fanno che aumentare in Huygens l'oscurità di uno strano fenomeno che aveva preso a osservare a partire dalla fine dell'anno precedente. Un liquido depurato d'aria in un tubo barometrico rimane a un'altezza superiore a quella che manterrebbe contenendo aria, corrispondente cioè alla pressione atmosferica. Dopo aver depurato l'acqua di un recipiente con l'uso della pompa Huygens aveva posto al suo interno un tubo e aveva osservato che dopo lo svuotamento della campana l'acqua, contrariamente al solito, tendeva a non scendere. Da qui la definizione di sospensione anomala. Questo finiva col favorire l'ipotesi pienista e corpuscolare, perché sembrava indicare l'esistenza di qualcosa capace di mantenere il liquido nella pompa, che quindi non produceva uno spazio privo di materia.<sup>240</sup>

---

<sup>239</sup> Huygens 1888-1950, IV: 171-2.

<sup>240</sup> Shapin-Schaffer 1994: 311.

L'esperienza risultava difficile da replicare e non facilmente conciliabile con le proprietà dell'aria scoperte di recente.<sup>241</sup> Questo spinse Boyle all'inizio a dubitare della tenuta e del funzionamento della pompa usata da Huygens:

Il suo intero ragionamento è costruito sul presupposto che il contenitore è completamente privo d'aria, che egli desume dalla sua incapacità di togliere altra aria. Ma noi dobbiamo ammettere che finora non siamo stati capaci di portare la nostra macchina fino al punto di essere perfettamente libera d'aria, eppure noi ora facciamo uso di una pompa che essendo nell'acqua è probabilmente meno soggetta a perdere di quella del signor Huygens.<sup>242</sup>

L'anomalia della sospensione dell'acqua sarebbe dovuta alla presenza nella macchina di residui d'aria, che alterano il comportamento del liquido. Ma quando l'esperimento viene finalmente riprodotto anche a Londra, si riconosce definitivamente che si tratta di un nuovo fenomeno.<sup>243</sup>

Nel presentare la sospensione anomala dell'acqua Huygens aveva espresso la necessità di verificare il comportamento di altri liquidi in condizioni simili all'acqua depurata di aria.<sup>244</sup> I tentativi col mercurio condotti per tutto il 1662 non ebbero però successo. Il 7 ottobre 1663 Boyle e Brouncker, primo presidente della Royal Society, annunciano alla società di aver realizzato due giorni prima la sospensione anomala col mercurio. Posto al di fuori della pompa il mercurio depurato dall'aria raggiunge nel barometro i 50 pollici, a fronte di circa 30 pollici in condizioni normali. Brouncker è dell'opinione che «il livello normale del mercurio è 29 pollici, il resto deve essere dovuto a qualche altra causa», diversa della pressione.<sup>245</sup> Si è davanti, afferma Boyle, a un «progresso nel nuovo esperimento barometrico che ha così tanto sorpreso e reso perplessi sia i nostri filosofi sia i nostri matematici».<sup>246</sup> Nonostante i passi in avanti nella sperimentazione non si scorge ancora all'orizzonte una possibile spiegazione soddisfacente della sospensione anomala. «Da Parigi», scriveva Huygens nel 1662, «mi hanno inviato interi discorsi su

---

<sup>241</sup> Birch 1756-7, I: 269.

<sup>242</sup> Boyle 2001, II: 28.

<sup>243</sup> Id., I: 273, 275, 295, 301.

<sup>244</sup> Huygens 1888-1950, IV: 84.

<sup>245</sup> Birch 1756-7, I: 310, 314, 320.

<sup>246</sup> Boyle 2001, II: 149.

questo fenomeno, ma le cause che se ne adducono mi sembrano poco verosimili, anche quelle che ho immaginato non mi soddisfano assolutamente». <sup>247</sup> Le stesse difficoltà registra, dopo un anno, Boyle, che però può affermare che qualunque sia la spiegazione questa non esclude le proprietà note dell'aria:

Sulla base dei nuovi esperimenti realizzati dalla nostra macchina non abbiamo ritenuto giusto rigettare l'ipotesi del peso dell'aria sostenuta dai torricelliani (*torricellianists*), ma di aggiungere ad essa l'elasticità dell'aria per sviluppare una teoria che queste nuove scoperte mostrano non essere falsa bensì insufficiente. <sup>248</sup>

Elasticità e pressione dell'aria non sono escluse dalla sospensione anomala, ma si dimostrano insufficienti: la loro capacità esplicativa si arresta ai 30 pollici di altezza del mercurio in condizioni normali. Gli altri venti che si aggiungono dalla sottrazione di aria dal liquido necessitano di un'altra spiegazione, non alternativa ma complementare all'altra.

I dubbi iniziali di Boyle sulla sospensione anomala erano stati condivisi anche da Hooke, prima della riproduzione dell'esperimento con l'acqua e del successivo sviluppo con il mercurio. Dopo aver tentato invano di realizzare la sospensione anomala il 24 giugno 1663, Hooke propone alla Royal Society un «esperimento per scoprire se le bolle che escono dall'acqua a seguito dello svuotamento del contenitore di aria, siano aria reale o solo parti rarefatte dell'acqua». <sup>249</sup> Anche dopo esser finalmente riuscito a riprodurre l'esperimento di Huygens, il 10 luglio dello stesso anno scrive a Boyle di essere «molto fiducioso [che] se la pompa fosse stata svuotata più a lungo l'evento si sarebbe svolto molto diversamente». <sup>250</sup> Quando però anche la sospensione anomala del mercurio viene realizzata i dubbi sperimentali svaniscono e lasciano posto alla ricerca di una spiegazione soddisfacente. Le analogie con la capillarità svolgono un ruolo determinante per orientare la ricerca di Hooke. Quale miglior candidato della congruità a occupare il ruolo di una causa compatibile e complementare con la pressione atmosferica nei fenomeni barometrici? L'occasione per esporre la

---

<sup>247</sup> Huygens 1888-1950, IV: 150.

<sup>248</sup> Boyle 2001, II: 151-2.

<sup>249</sup> Birch 1756-7, I: 268.

<sup>250</sup> Id., II: 100.

propria ipotesi è rappresentata dalla ripubblicazione nella *Micrographia* dell'*Attempt* del 1661. Questa proprietà, scrive Hooke, «mi suggerisce la ragione della sospensione del mercurio molti pollici, o meglio molti piedi, sopra l'usuale livello di 30 pollici», che era emerso nel periodo di tempo che separa le due opere. L'esclusione dell'aria dall'acqua o dal mercurio permette alla congruità dei corpi di rafforzare i legami interni. La congruità che esiste tra i liquidi e il vetro fa il resto, in quanto permette loro di contrastare maggiormente la gravità. Dagli esperimenti era emerso che l'immissione di una piccola bolla d'aria nel tubo barometrico contrasta la sospensione, attraversando il liquido sospeso e facendolo discendere al livello ordinario. Questo si spiega, secondo tale ipotesi, con il contrasto che l'etere incongruo presente nell'aria opera nei confronti del legame tra il liquido e il vetro. Una facile obiezione poteva essere rivolta a questa spiegazione, fondata sulla possibilità, precedentemente ammessa, di attraversamento del vetro da parte dell'etere. Nonostante questo, risponde Hooke, la capacità dell'etere di inserirsi tra i corpuscoli congrui del liquido e del vetro è, in assenza d'aria, assai bassa. La congruità infatti, come tutte le attrazioni e repulsioni, agisce per sfere di attività, all'interno delle quali è maggiore la sua azione. Fino a quando l'etere non è introdotto anche dall'interno, portato con una bolla d'aria, non riesce a contrastare la congruità tra liquido e vetro, che resiste senza problemi alla sua azione esterna e a quella della gravità. L'introduzione dell'etere altera questo equilibrio e solo allora la gravità prevale.<sup>251</sup>

La sospensione anomala cessa di essere uno dei principali argomenti di discussione scientifica fino a quando, nel luglio del 1672, Huygens pubblica sul *Journal des Scavans* quella ipotesi che aveva iniziato a elaborare dieci anni prima. Come aveva chiarito Boyle la causa del fenomeno non è alternativa alla pressione e all'elasticità dell'aria:

Oltre alla pressione dell'aria che sostiene il mercurio sospeso all'altezza di ventisette pollici nell'esperienza di Torricelli, e della quale siamo certi da un'infinità di altri effetti che vediamo, concepisco ancora un'altra pressione più forte di quella, di una materia più sottile dell'aria, la quale penetra senza difficoltà il vetro,

---

<sup>251</sup> Hooke 1665: 31-2.

l'acqua, il mercurio e tutti gli altri corpi che vediamo impenetrabili all'aria.

Nella sospensione del mercurio al di fuori della pompa la pressione del nuovo fluido etereo si aggiunge a quella dell'aria e produce così l'aumento di elevazione del mercurio depurato di aria fino a 75 pollici. Nel caso dell'acqua, invece, il fluido agisce sulla base del vassoio interno alla macchina. In assenza di mercurio depurato il fluido opera sia alla base del mercurio che all'apice del tubo di vetro, rendendo inutile la sua azione complessiva. Lo stesso avviene nell'acqua non depurata. La possibilità stessa di questa ipotesi dipende da alcune questioni fondamentali. Com'è possibile che il nuovo fluido non agisca anche nel caso di liquidi non depurati? La sua capacità di penetrare il vetro, ammessa da Huygens, non può essere alterata dalla composizione corpuscolare dei liquidi:

Per risolvere questa difficoltà, che in effetti è molto grande, si può dire che nonostante le particelle della materia che ho supposto trovino passaggio tra quelle che compongono il vetro, l'acqua e l'argento vivo, non ne trovano di molto ampi per passare in molte insieme, né per muoversi con la forza necessaria per fare allontanare le particelle del mercurio o dell'acqua che hanno qualche legame insieme.

Sembra che le particelle del fluido continuino ad attraversare vetro e liquidi anche nel caso dell'acqua o del mercurio depurato, ma in misura notevolmente ridotta dal rafforzamento dei legami corpuscolari dei liquidi dovuto all'assenza di acqua al loro interno.

Il ricorso a una sostanza specifica, secondo le esigenze che emergono dal fenomeno, è tipica della filosofia meccanica. Il postulato di un fluido specifico si risolve, nel caso di Huygens, in un tipo particolare di sostanza eterea, la cui azione però sembra porre problemi maggiori di quelli che è chiamata a risolvere. L'interazione rigorosamente meccanica, fondata cioè esclusivamente sull'urto tra le particelle dei liquidi, del vetro e del fluido, sembra arrestarsi di fronte alla difficoltà di comprendere la natura di quei legami interni ai liquidi, chiamati in causa per contrastare e impedire l'ingresso del fluido; i suoi legami con l'etere o materia sottile, secondo la definizione di Huygens, non appaiono chiari. «Ammetto», riconosce Huygens, «che la soluzione che ho dato non mi soddisfa pienamente

e mi resta ancora qualche scrupolo, ma questo non mi impedisce di ritenermi sicuro della nuova pressione che ho supposto oltre quella dell'aria».<sup>252</sup>

La pubblicazione di Huygens riaccende il dibattito. Il 6 ottobre Hooke annota sul diario: «scritta una risposta al sig. Huygens riguardo all'altezza straordinaria di 75 pollici del mercurio».<sup>253</sup> Il saggio di Huygens viene tradotto e pubblicato nelle *Philosophical Transactions* dello stesso anno, e viene discusso da Brouncker, Wallis e Hooke nella riunione della società del 30 ottobre.<sup>254</sup> La risposta di Hooke è pronta dopo un mese, e viene letta il 6 novembre.<sup>255</sup> Anche Wallis contribuisce alla discussione, con un saggio sulle *Transactions* del 1673. Egli comprende che il fluido di Huygens è una sostanza eterea, e come tale la classifica all'interno della sua materia sottile. Agli occhi di Wallis non c'è nessuna differenza tra il fluido di Huygens, il puro etere di Hobbes e la materia sottile di Cartesio.<sup>256</sup> Così facendo emergono facilmente difficoltà simili a quelle affrontate nell'ipotesi della *Micrographia*:

Nonostante il vetro è penetrato da esso [il fluido], anche se non in maniera così grande come quando non c'è vetro, questo, per me, non risolve le difficoltà, perché lo stesso ostacolo rimane nello stesso modo quando il tubo è in parte vuoto, e quando il mercurio è depurato: non essendo i pori del vetro, da ognuno di questi, resi più aperti o più chiusi.

Wallis non nega l'esistenza dell'etere, ma considera le difficoltà dell'ipotesi eterea tali da renderla inadatta. La causa che egli propone non si fonda sulla presenza di un fluido supplementare all'aria, ma sull'assenza d'aria, che si traduce nell'assenza di un fluido elastico. Solo l'aria infatti è dotata di elasticità, assente nel mercurio e nell'acqua. E l'elasticità dell'aria è la causa reale della gravità, che non è un «*conatus*» originario e innato nei corpi, ma l'effetto di una pulsione esterna, la cui origine Wallis vede nell'elasticità dell'aria. L'assenza d'aria comporta, quindi, assenza di gravità, che è la vera causa della sospensione anomala.<sup>257</sup> Com'è facile capire la rilevanza

---

<sup>252</sup> Huygens 1888-1950, VII: 204-5.

<sup>253</sup> Hooke 1935: 9.

<sup>254</sup> Birch 1756-7, III: 58.

<sup>255</sup> Id.: 59; Hooke 1935: 12.

<sup>256</sup> Cfr. Sergio 2001: 147-92.

<sup>257</sup> Wallis 1673: 5161, 5164-5.

di un'ipotesi come quella di Wallis è data dalla ricezione critica della teoria cartesiana di Huygens più che dall'ipotesi avanzata.

La proposta di Hooke presentata nel 1672 è conosciuta nella forma che ha assunto definitivamente nel 1684, quando viene nuovamente sottoposta alla società. Il curatore dei *Posthumous Works*, Richard Waller, avverte della presenza di «alcune piccole alterazioni nella prima pagina», di non facile identificazione in assenza dell'originale. «Sin dalla prima volta che ho fatto l'esperimento», scrive Hooke, «ho visto un'assoluta necessità di un fluido pressante molto più sottile dell'aria, e anche consistente di particelle di una determinata dimensione, che attraversano e pervadono i pori del vetro, dell'acqua e dei corpi impenetrabili dall'acqua». Hooke lascia intendere che l'ipotesi che presenta non sarebbe altro che lo sviluppo di quella esposta nella *Micrographia*, «che in verità era una meditazione sommaria per la soluzione dei fenomeni».<sup>258</sup> Nonostante in quell'opera avesse distinto l'etere luminifero dal resto dell'etere, il fluido coinvolto nella sospensione anomala non era un particolare tipo di etere analogo a quello luminoso, ma etere comune. Solo in seguito alla lettera di Huygens egli ricorre a un fluido specifico, ben distinto dall'altro, o meglio dagli altri. Infatti a differenza di Huygens la distinzione dall'etere comune viene affermata sulla base dell'esistenza di numerosi fluidi eteri diversi per dimensioni e funzioni, o, se si preferisce, della differenziazione dell'etere tradizionale in fluidi diversi.

L'enfasi che si pone all'inizio del testo sulla differenza che separa questa concezione dell'etere dalla materia celeste cartesiana sembra finalizzata a distinguere la propria ipotesi da quella di Huygens, ridotta da Wallis alla sua matrice cartesiana. Il cambiamento del fluido rispetto al 1665 non comporta la variazione delle proprietà che a esso spettano. Si tratta di un fluido portatore, come tutti i fluidi eteri e la totalità delle particelle elementari della materia, di congruità e incongruità differenti verso i diversi corpi con i quali entra in contatto. A differenza del fluido di Huygens, capace di attraversare anche il mercurio, quello hookiano si arresta di fronte al liquido, indipendentemente dalla presenza della componente di aria al suo interno; a differenza dell'aria non è elastico, pertanto estraneo alla legge di Boyle. In tal modo si spiega la pressione aggiuntiva e

---

<sup>258</sup> Hooke 1705: 365.

complementare a quella dell'aria. Come l'etere della prima ipotesi ha una congruità minore col vetro rispetto al mercurio; lo attraversa ma è meno saldo del mercurio a contatto con esso. La differenza di effetti della sua azione nella sospensione del mercurio depurato rispetto a quello non depurato continua a essere ascritta alla congruità, che rappresenta la via d'uscita al vicolo cieco cui sembrava destinata l'ipotesi cartesiana di Huygens.<sup>259</sup> Tuttavia le difficoltà sperimentali che la nuova proprietà permette di superare sembrano compensate da quelle che pone alla teoria della materia, chiamata a renderne ragione nei termini corpuscolari di materia e moto.

#### 4. La legge di Hooke

«La sua epoca vide in lui una guida scientifica. Il suo talento evidentemente vastissimo toccò abbondantemente problemi in una dozzina di campi, e sembrava che egli fosse destinato a essere ricordato come uno dei giganti dell'epoca del genio. Invece è caduto parzialmente nell'ombra». Così scriveva Richard Westfall nel 1971 facendo un bilancio dell'opera di Hooke. Se si esclude la pretesa, «sommariamente liquidata», di aver suggerito a Newton la legge di gravitazione universale il suo nome è consegnato alla storia dalla legge di Hooke: «un principio di elasticità relativamente banale».<sup>260</sup> La rilevanza degli studi dei corpi elastici e dell'elasticità in generale nell'opera di Hooke è maggiore di quanto traspare dalle parole di Westfall, così come il ruolo hookiano nella strada che ha portato alla legge di gravitazione universale. Quando il 13 novembre 1673 Hooke presenta alla Royal Society uno dei suoi esperimenti sui corpi elastici, che sta portando avanti da circa un decennio, William Petty afferma che sarebbe «auspicabile avere una buona teoria dell'elasticità dei corpi».<sup>261</sup> Nell'attesa che Hooke esponga quello che è il risultato dei suoi lunghi studi, egli stesso decide di cimentarsi nell'impresa, presentando una memoria il 26 novembre dello stesso anno.<sup>262</sup>

---

<sup>259</sup> Id.: 366-9.

<sup>260</sup> Westfall 1982: 264.

<sup>261</sup> Birch 1756-7, III: 109-10.

<sup>262</sup> Petty 1674; cfr. Hooke 1935: 131.

Solo quattro anni dopo, il 1 agosto del 1678, la memoria di Hooke, più volte annunciata, viene letta alla Royal Society e in breve tempo data alla stampe nelle *Lectures De Potentia Restitutiva*.<sup>263</sup> In un'opera del 1674, *A Description of Helioscopes*, Hooke aveva presentato un anagramma contenente la legge dell'elasticità destinata a prendere il suo nome. *Ut tensio sic vis* è la formula che esso nascondeva, il principio che regola il comportamento dei corpi elastici. La forza che un corpo elastico impiega per ritornare alla condizione in cui si trovava prima di essere alterato da una tensione esterna è proporzionale alla tensione stessa. Una molla dilatata appesa a un'estremità e sottoposta all'altra all'espansione ritorna alla sua posizione originaria in un tempo proporzionale al peso che l'ha dilatata. Lo stesso comportamento mostra una spirale in condizioni simili. Oggi sappiamo che la proporzionalità tra deformazione elastica e forza applicata è valida solo per deformazioni di piccole dimensioni. Nelle deformazioni che superano un certo valore limite di elasticità il rapporto con le forze deformanti si allontana dalla proporzionalità. Si parla per questo della legge di Hooke come teoria classica dell'elasticità, oltre la quale si estendono una serie di fenomeni in cui emergono compartimenti dei corpi che non rientrano nella legge. Per Hooke invece tutti i corpi sono elastici e tutti allo stesso modo. *Ut tensio sic vis* non solo è valida per tutti i corpi elastici ma anche per tutti i fenomeni di compressione e dilatazione che si osservano tra i solidi e tra i liquidi: «questa è la regola o legge di natura sotto la quale hanno corso tutti i tipi di movimento elastico o restitutivo, sia se siano si rarefazione o estensione, o condensazione e compressione».<sup>264</sup> Il principio che regola i fenomeni di compressione e dilatazione dei fluidi, come l'aria, noto come legge di Boyle era stato annunciato da Boyle nella *Defence*. La versione corrente della legge stabilisce che in un gas, temperatura costante, la pressione è inversamente proporzionale al suo volume. È stato mostrato come l'estensione della legge di Hooke alla compressione e dilatazione dei fluidi sia in evidente constato con la legge di Boyle. La prima prevede una proporzionalità diretta tra deformazione e forza mentre la seconda una proporzionalità inversa tra forza del fluido e sua estensione. Il

---

<sup>263</sup> Birch 1756-7, III: 429-30.

<sup>264</sup> Hooke 1679: 333-4.

mancato riconoscimento di queste profonde differenze sarebbe originato dall'uso della legge di Boyle da parte di Hooke in funzione della trattazione dell'elasticità dei corpi solidi a partire da quelli fluidi contemplati da Boyle. La possibilità stessa di associare fenomeni concettualmente vicini ma regolati da principi quantitativamente diversi è, in questa prospettiva, il segno della scarsa rilevanza di relazioni matematiche e rapporti quantitativi nella filosofia sperimentale.<sup>265</sup>

Il continuo ritardo nell'esposizione della teoria lascia pensare che la legge dell'elasticità sia il frutto tardo di un lavoro di sperimentazione discontinuo e confuso, raggiunto tra il 1674 e il 1678. Secondo quanto scrive Hooke, invece, la teoria sarebbe stata «scoperta» 18 anni prima della sua pubblicazione, nel 1660. Sebbene sia difficile credere all'affermazione di Hooke, una ricostruzione che tenga conto della relazione istituita con la legge di Boyle potrebbe portare a una data non molto distante. Negli anni tra il 1660 e il 1662, quando è ancora assistente di Boyle, Hooke risulta intento allo studio dei fenomeni della pressione, condensazione e rarefazione. Bernard Cohen ha chiarito che la scoperta della legge di proporzionalità inversa tra pressione e volume non si può attribuire a Boyle. La cosiddetta legge di Boyle si deve in realtà a Richard Towneley e Henry Power, mentre la sua verifica a Robert Hooke. Gli esperimenti che vengono riportati nella *Defence* a illustrazione della relazione sono condotti da Hooke indipendente da Boyle prima della comunicazione dell'ipotesi di Towneley e Power a Boyle.<sup>266</sup> Towneley, ammette Boyle, «ha supplito a quello che io ho omesso riguardo alla riduzione a una stima precisa di quanta aria dilatata da sé perda della sua forza elastica in relazione alle misure della sua dilatazione». Quando Boyle viene a conoscenza di quella che in mano a Towneley è ancora un'ipotesi la comunica a Hooke, che aveva condotto esperimenti nella stessa direzione:

Ho avuto l'assistenza della stessa persona, di cui ho dato notizia nel precedente capitolo come colui che ha scritto qualcosa riguardo alla rarefazione, di cui faccio menzione in questa occasione perché quando mi ha sentito parlare per la prima volta delle supposizioni del signor Towneley sulla proporzione per cui l'aria perde la sua

---

<sup>265</sup> Moyer 1977: 266, 271-5; Gal 2002: 92.

<sup>266</sup> Cohen 1964: 618-21; Webster 1965:489.

elasticità secondo la dilatazione, egli mi disse che l'anno prima (e non molto dopo la pubblicazione del mio trattato di pneumatica) aveva condotto osservazioni allo stesso scopo, che egli riconobbe accordarsi abbastanza con la teoria del signor Towneley.<sup>267</sup>

L'autore di *An Explication of Rarefaction* è quindi l'autore degli esperimenti che verificano l'ipotesi di Towneley, riportati nella *Defence* e nella *Micrographia*.<sup>268</sup> Secondo quanto afferma Boyle, Hooke nel 1661 è intento allo studio dell'elasticità dell'aria alla ricerca di una definizione quantitativa delle sue variazioni. Questo ha spinto diversi studiosi a reclamare per Hooke la paternità della legge di Boyle.<sup>269</sup> Di certo c'è che si tratta di una conferma delle affermazioni di Hooke del 1678, che collocano la genesi della legge dell'elasticità nei primi anni '60. È verosimile credere che gli studi di questo periodo vertano sull'elasticità non solo dell'aria e dei fluidi ma anche dei corpi solidi, e che, come nel 1678, non ci sia una distinzione tra elasticità dei fluidi e dei solidi. Il lavoro compiuto permette a Hooke di riconoscere senza difficoltà la validità del rapporto indicato da Towneley tra elasticità dell'aria e sua dilatazione. Come è noto la legge di Boyle regola la relazione, a temperatura costante, tra pressione e volume dei gas, non dei fluidi. Allo stesso modo la legge di Hooke stabilisce il rapporto tra deformazione elastica e forza applicata. La distinzione tra tre stati della materia, solido, liquido e gassoso non è propria né di Towneley, né di Hooke e Boyle. I concetti di pressione e volume, di forza e deformazione, di elasticità di cui fanno uso non sono integralmente sovrapponibili a quelli di cui si fa da lungo tempo uso nei nostri manuali di fisica. Boyle usava i termini elasticità e pressione senza distinguerne nettamente il significato: pressione comprende elasticità e peso di un corpo.<sup>270</sup> Oggetto dell'interesse di Hooke non è la pressione bensì l'elasticità. La versione che si trova nella *Micrographia* di quella che è nota come legge di Boyle contempla una proporzionalità inversa tra «*Elater*» ed «estensione» dell'aria.<sup>271</sup> L'elasticità di un corpo è identificata con la sua pressione, in quanto l'aumento di pressione viene considerato un effetto dell'aumento della sua elasticità. «È evidente», si legge nel

---

<sup>267</sup> Boyle 1772, I: 160.

<sup>268</sup> Id.: 158; Hooke 1665: 224.

<sup>269</sup> Centore 1970: 50-60; Arnold 1996: 13.

<sup>270</sup> Shapin-Schaffer 1994: 64-5.

<sup>271</sup> Hooke 1665: 227.

*De Potentia Restitutiva*, «che la regola o legge di natura in tutti i corpi elastici è che la forza o potere per riportarli alla loro posizione naturale è sempre proporzionale alla distanza o allo spazio dal quale sono rimossi». La tensione accumulata dai corpi elastici è determinata dal peso dei corpi che ne alterano la forma, ossia l'estensione nello spazio: *Ut pondus sic tensio*.<sup>272</sup> Hooke afferma, il 7 febbraio 1678, che la forza di espansione dell'aria è proporzionale alla sua estensione nello spazio.<sup>273</sup> Dal punto di vista di Hooke e della fisica del XVII secolo non sussiste, quindi, incompatibilità tra l'ipotesi di Towneley e la legge dell'elasticità. Non trattano di oggetti simili, ma dello stesso oggetto, l'elasticità dei corpi. La forza di cui parla Hooke nel 1678 e la pressione di cui parla Boyle nel 1662 paiono due nomi diversi per indicare lo stesso fenomeno. La tensione dei corpi elastici coincide per Hooke con l'alterazione dell'estensione dei corpi: maggiore essa è, maggiore è l'elasticità dei corpi. In altri termini si direbbe che la riduzione del volume corrisponde all'aumento della deformazione elastica dell'aria.

La legge di Boyle svolge una funzione determinante nella formulazione della legge dell'elasticità.<sup>274</sup> Quando l'apprende nel 1661 e la conferma dai dati sperimentali di cui è in possesso Hooke sta indagando l'elasticità dell'aria in condizione di condensazione e rarefazione. Questi fenomeni ritornano nel saggio sull'elasticità come esempi di validità della sua legge. Nei *Nuovi esperimenti* Boyle si era posto il problema del rapporto tra elasticità dell'aria e calore, avanzato da Mersenne.<sup>275</sup> L'aumento di temperatura comporta infatti la sua rarefazione, mentre la diminuzione la sua condensazione. A loro volta condensazione e rarefazione comportano la riduzione o l'aumento del volume dell'aria. «Il potere elastico delle parti eccessivamente riscaldate dell'aria, interne alla sfera di vetro sottoposta a calore, viene incrementato moltissimo», riporta Hooke in un esperimento del 19 novembre 1662.<sup>276</sup> Rarefazione e condensazione divengono ben presto per Hooke sinonimi di dilatazione e compressione dell'aria, la forma in cui rientrano nello schema generale della legge dell'elasticità.<sup>277</sup>

---

<sup>272</sup> Hooke 1679: 336-7.

<sup>273</sup> Birch 1756-7, III: 384.

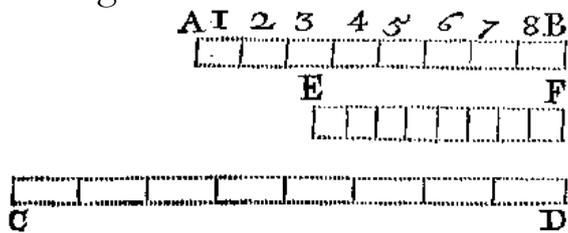
<sup>274</sup> Hesse 1966 a: 434-5.

<sup>275</sup> Boyle 1772, I: 22-4; tr. it. Boyle 1977: 781-4.

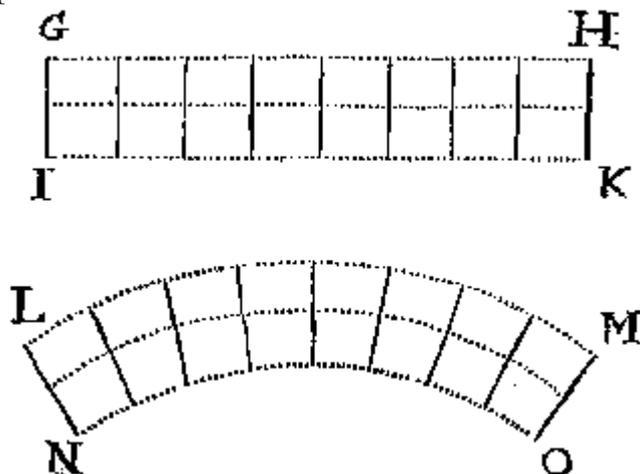
<sup>276</sup> Hooke 1726: 11.

<sup>277</sup> Hooke 1679: 334-5.

In questa prospettiva la questione dell'elasticità dell'aria affrontata da Boyle non si distingue da quella ben più ampia dell'elasticità di ogni corpo, solido o fluido. Ciò che contraddistingue i corpi elastici è, secondo Hooke, la vibrazione delle particelle costituenti nella tessitura in cui sono disposti. In un corpo in condizioni normali, non alterate da deformazione elastica, le vibrazioni delle particelle che si ipotizzano giungono intorno a un milione al secondo. Se, osserva Hooke, si sottopone il corpo a una deformazione elastica che ne estende la tessitura di  $1/3$ , lo spazio tra i corpuscoli aumenta, di conseguenza le vibrazioni aumentano di lunghezza e diminuiscono di frequenza: non più un milione al secondo ma 666.666. Analogamente se il corpo viene compresso di  $1/3$  nella sua estensione la diminuzione dello spazio comporta la diminuzione della lunghezza e l'aumento della frequenza delle vibrazioni.



Questo rappresenta il meccanismo di base di ogni deformazione elastica, adattabile anche a quelle non semplici ma composte, come l'incurvarsi di un corpo sotto l'effetto di una forza esterna. La flessione ne estende alcune parti e ne comprime altre, alterandone le rispettive tessiture.



Dalla trattazione hookiana del problema della composizione elastica sono assenti concetti meccanici fondamentali come la curvatura delle fibre e il loro momento di curvatura, ma essa ha permesso la prima trattazione del moto armonico semplice in un

contesto elastico.<sup>278</sup> Hooke si muove su un piano di rappresentazione corpuscolare dei fenomeni elastici, attraverso l'uso di potenti analogie di tipo meccanico. L'elasticità viene ricondotta a caratteristiche delle particelle costituenti dei corpi all'interno delle loro configurazioni micro-strutturali.

La spiegazione dell'elasticità dell'aria avanzata da Boyle si fondava anch'essa su caratteristiche particolari delle particelle elementari. Immaginiamo, aveva scritto Boyle, «che l'aria, in prossimità della Terra sia una grande quantità di corpi, posti l'uno sopra l'altro, paragonabile a un vello di lana». L'aria consiste di particelle che hanno una forma a spirale simile ai singoli fili di lana, o meglio a piccolissime molle capaci di piegarsi e rilasciare poi la forza accumulata nella pressione. L'elasticità viene ricondotta in un'ultima analisi a «un potere o principio di autodilatazione» di cui i corpuscoli dispongono solo «in virtù della propria struttura».<sup>279</sup> L'approccio strutturale di Boyle era teso a evitare l'attribuzione alle particelle elementari di un moto innato, «l'elasticità naturale o potere di restituzione» degli atomi elastici di Charleton.<sup>280</sup> La spiegazione boyleana appariva incompleta a chi, come William Petty, aveva ipotizzato ogni corpuscolo come un aggregato di moltissimi atomi infinitamente piccoli, di forme e moti determinati e costitutivi.<sup>281</sup> La differenza tra l'ipotesi corpuscolare di Boyle e quella atomistica di Charleton e Petty si risolveva solo nella qualità che veniva postulata, moto o forma.

«Un corpo», afferma Hooke, «può esser reso elastico da particelle che non hanno elasticità».<sup>282</sup> L'elasticità non sembra essere una proprietà delle particelle costituenti, dipendente da una forma o un moto particolare e originario. Come Petty Hooke ritiene che anche il più piccolo corpuscolo di materia inserito nella più rigida struttura non possa che considerarsi in quiete relativa, o meglio apparente. Tutti i costituenti di tutti i corpi sono dotati di un movimento, che li rende in gradi assai diversi elastici. «Tutti i corpi elastici consistono di parti così fatte, cioè di piccoli corpi dotati di moti appropriati e peculiari»,<sup>283</sup> afferma Hooke. Se si trattasse di moti innati ci

---

<sup>278</sup> Truesdell 1960: 53-8, cfr. Gozza 1989: 43-4.

<sup>279</sup> Boyle 1772, I: 11; tr. it. Boyle 1977: 761.

<sup>280</sup> Charleton 1654: 279.

<sup>281</sup> Petty 1674: 248.

<sup>282</sup> Birch 1756-7, III: 177.

<sup>283</sup> Hooke 1679: 334.

troveremmo di fronte a una nuova versione della vecchia ipotesi atomistica. Non è così. L'elasticità dei corpi dipende dal moto delle particelle costituenti e non dalla loro forma. Non si tratta, però, di un moto innato e originario, specifico e proprio solo di determinati atomi, gli atomi elastici. I moti che attraversano tutti i corpi, e che li rendono tutti elastici, sono diversi. Non tutti hanno effetto su tutti i corpuscoli, ma esistono moti diversi per diversi tipi di corpuscoli. Come le corde di uno strumento musicale i corpuscoli sono ricettivi di alcuni moti «omogenei» e non ricettivi di moti «eterogenei», o meglio congrui e incongrui. Non è un caso che per la spiegazione dell'elasticità dei corpi Hooke rimandi all'*Attempt* scritto nel 1660, lo stesso anno nel quale affermava di aver scoperto la legge dell'elasticità:

Nell'anno 1660 ho pubblicato un piccolo trattato che ho intitolato *An Attempt for the Explication of the Phaenomena, etc.*, (...). Vi ho solo accennato il principio che ho supposto essere la causa di questi fenomeni dell'elasticità.<sup>284</sup>

## 5. Legge e astrazione

La tesi della variazione della gravità con la distanza dal centro della Terra avanzata da Bacon e aveva spinto i baconiani della Royal Society a porre tra le priorità della società un programma di esperimenti destinati a verificare la tesi del Lord cancelliere. Scopo dei virtuosi era chiarire aspetti di un fenomeno che si presentava assai complesso, per il quale troppe ipotesi diverse erano state avanzate. Anche la legge galileiana di caduta dei gravi era oggetto degli studi e delle verifiche che a partire dal 1663 Hooke portò avanti. Al termine di questa lunga e discontinua attività Hooke può affermare che «l'aumento della velocità dei corpi in caduta con accelerazioni uguali in tempi uguali (...) è stato sufficientemente provato da corpi in caduta e pendoli, in alcuni gradi assai vicino, ma non esatto».<sup>285</sup> I dati sperimentali di cui si dispone confermano l'esistenza di una proporzionalità prossima all'esattezza, sebbene non completamente esatta. Il rapporto stabilito nella legge, aveva

---

<sup>284</sup> Id.: 338.

<sup>285</sup> Hooke 1705: 182.

scritto Galilei, «si deve intender verificarsi tutta volta che si rimovessero tutti gli impedimenti accidentali ed esterni, tra i quali uno ve ne ha che noi rimuover non possiamo, che è l'impedimento del mezzo pieno».<sup>286</sup> Il celebre esperimento del piano inclinato era destinato a superare un ostacolo all'apparenza insormontabile. Si trattava comunque di un ostacolo sperimentale, che non inficiava agli occhi di Galilei l'esattezza matematica del rapporto tra gli spazi e i tempi impiegati dai corpi in caduta. Il programma di matematizzazione della fisica passava attraverso il superamento degli impedimenti della materia con l'astrazione, contemplando le condizioni ideali rappresentate da corpi perfettamente sferici, piani perfettamente lisci, spazi completamente vuoti. L'esattezza impossibile negli esperimenti concreti diveniva possibile eliminando sul piano ideale elementi considerati variabili di disturbo.<sup>287</sup> La legge galileiana aveva già affrontato la prova degli esperimenti ad opera di Marin Mersenne nel suo *Traité des mouvemens* (1634)<sup>288</sup>. Anche il gesuita Giovanbattista Riccioli aveva dedicato una serie di esperimenti alla caduta dei gravi, pubblicati nell'*Almagestum Novum* del 1651. La conferma della legge galileiana, sostenuta da Riccioli, era però incompleta, a causa dell'esistenza del diverso effetto nella caduta in aria di gravi di peso, dimensioni e materiali diversi.<sup>289</sup> L'azione del mezzo sui corpi in caduta era stato discusso anche da Galilei, che aveva indicato nel rapporto tra la gravità specifica dei corpi e quella del mezzo la chiave per comprendere un aspetto ai suoi occhi secondario del fenomeno.<sup>290</sup> Gli esperimenti di Hooke a partire dal 1662 sono finalizzati a osservare se vi siano significativi effetti nel comportamento dei corpi in caduta in mezzi diversi.<sup>291</sup> In una riunione della società del 4 aprile 1678 alle osservazioni di Brouncker, che ricordava l'esistenza di conferme alla legge galileiana ad opera di Mersenne e Gassendi, «il signor Hooke rispose che questi calcoli sono stati fatti su una teoria e non su un esperimento», che non mostra gli stessi risultati.<sup>292</sup> Incapace di comprendere a

---

<sup>286</sup> Galilei 1890-1909, VIII: 118.

<sup>287</sup> Bianchi 1990: 147-8.

<sup>288</sup> Bertoloni Meli 2006: 108, 132-3; Dugas 1954: 532-7.

<sup>289</sup> Riccioli 1651, II: 386-7.

<sup>290</sup> Galilei 1890-1909, VIII: 119-20.

<sup>291</sup> Birch 1756-7, I: 455-6, 476; Id., II: 342, 482; Boyle 2001, II: 312, 316, 343; Cfr. Bertoloni Meli 2006: 203.

<sup>292</sup> Id., III: 397.

pieno la reale natura del programma di matematizzazione della scienza intrapreso da Galilei, Hooke rivendica, al pari di Riccioli,<sup>293</sup> il ruolo primario degli esperimenti. Tuttavia l'assenza di una conferma senza condizionamenti accidentali dell'esatta proporzione stabilita dalla legge di caduta non implica per Hooke la sua invalidazione. Quello che nel programma matematico galileiano era secondario diviene in quello sperimentale primario. La verifica della legge di caduta è solo un aspetto dell'attività sperimentale di Hooke, che si configura come il tentativo di costruzione di «una vera teoria della resistenza del mezzo fluido».<sup>294</sup> L'ipotesi sulla quale si basa prevede che «l'ostacolo dell'aria o di altri fluidi ai corpi in movimento decresca in proporzione continua».<sup>295</sup> È degno di nota che a differenza dell'aristotelico Riccioli Hooke non esclude di prendere in considerazione la caduta nel vuoto, pur non trovando posto quest'ultimo nella sua concezione della natura:<sup>296</sup>

*In vacuo* la caduta di tutti i corpi è egualmente veloce, aumentando continuamente la velocità in proporzione al doppio del tempo di percorrenza, ma in tutti i mezzi gravitazionali qualcosa di questa proporzione è impedito.

L'analisi dei diversi mezzi porta Hooke a ritenere che ci si avvini alla proporzione esatta nella misura del rapporto che sussiste tra gravità specifica del mezzo e del corpo che lo attraversa. Maggiore è il rapporto, minore è la distanza dalla condizione limite del vuoto.<sup>297</sup> La condizione ideale di caduta nel vuoto di Galilei è raggiunta da Hooke mediante un avvicinamento sperimentale che passa attraverso mezzi sempre più rarefatti. Pertanto le conclusioni di Hooke si configurano come una conferma empirica di una legge che empirica non è. A questa legge è legata la genesi di quella che si presenta come la sua «regola generale della meccanica».<sup>298</sup> In un esperimento del 18 febbraio 1663 Hooke costruisce un congegno che permette di valutare la forza di un corpo in caduta attraverso l'effetto che questo produce su un piatto di bilancia, grazie al

---

<sup>293</sup> Borgato 2002: 79.

<sup>294</sup> Boyle 2001, II: 363.

<sup>295</sup> Birch 1756-7, II: 337.

<sup>296</sup> Riccioli 1651, II: 384.

<sup>297</sup> Birch 1756-7, III: 398.

<sup>298</sup> Westfall 1982: 264-9; ma si veda ora Bertoloni Meli 2006: 348 (nota 56).

riferimento delle misure poste nell'altra estremità. Ma le prove, ammette Hooke, «non rispondono alle nostre aspettative di mostrare accuratamente la forza dei corpi in movimento».<sup>299</sup> Sembra andare meglio il 14 gennaio 1669, quando Hooke descrive i risultati di due esperimenti per dimostrare «che la forza dei corpi in movimento è in proporzione doppia al alle loro velocità». Le oscillazioni di un pendolo nell'unità di tempo vengono raddoppiate se si dispone di un peso quadruplo: «si sono prodotte 12 vibrazioni con un peso di 2 onces, e 24 vibrazioni con 8 onces, e 48 vibrazioni con 2 libbre di peso».<sup>300</sup> Dai dati ottenuti nell'esperimento del 1663 si evince che per muovere un peso doppio a quello dato è necessario quadruplicare l'altezza di caduta,<sup>301</sup> poiché dalla prova emerge «che un corpo mosso con il doppio della velocità acquista il doppio della forza, ed è capace di muovere un corpo tanto grande».<sup>302</sup> Come la legge galileiana anche il nuovo principio generale della meccanica si applica a tutti i corpi in moto secondo un rapporto matematico dato, per il quale è necessario «la tolleranza» dovuta all'azione dei diversi mezzi in cui il moto avviene.<sup>303</sup>

Nonostante non avesse chiarito i dubbi sulla determinazione della forza dei corpi, aveva posto le condizioni per il superamento della terza legge del moto di Cartesio, secondo cui «un corpo, quando ne incontra un altro più forte, non perde nulla del suo moto; quando invece ne incontra uno meno forte, ne perde tanto quanto ne trasferisce in quello». L'aspetto controverso della legge era dato dalla impossibilità, prevista da Cartesio, per un corpo in movimento di muovere uno più grande in quiete.<sup>304</sup> Gli esperimenti con la bilancia di caduta mostrano invece che «il corpo più piccolo può essere messo in condizione dalla velocità acquisita in caduta di muovere il più grande, sebbene l'esperimento non permetta di determinare quanto del suo moto passa al corpo più grande e quanto del più grande è ripercossa nel più piccolo».<sup>305</sup> Negli stessi anni in cui Hooke giungeva a queste conclusioni Wallis, Wren e Huygens erano intenti ad analizzare la meccanica dell'urto, giungendo a conclusioni

---

<sup>299</sup> Birch 1756-7, I: 196.

<sup>300</sup> Id., II: 338-9.

<sup>301</sup> Centore 1970: 84.

<sup>302</sup> Birch 1756-7, I: 196-7.

<sup>303</sup> Hooke 1679: 187.

<sup>304</sup> Descartes 1994, II: 128, 133.

<sup>305</sup> Birch 1756-7, I: 197.

che superavano i principi cartesiani. Alla discussione cui questi tre studiosi danno vita nel 1668 alla Royal Society anche Hooke prende parte.<sup>306</sup> Applicando all'urto il modello della bilancia, Wren, che distingueva tra velocità proprie e improprie dei corpi, era giunto a una *Lex Naturae de Collisione Corporum* non dissimile dalle conclusioni raggiunte per tutt'altra via da Huygens. Applicando all'urto il principio di relatività del moto la situazione dell'urto tra due corpi era stata affrontata da Huygens a partire dalle velocità specifiche dei corpi, considerate relative tra loro. Per entrambi nell'urto tra due corpi ineguali si realizza uno scambio di velocità che è inversamente proporzionale alle grandezze dei corpi, e la quantità di moto non permane costante dopo l'urto.<sup>307</sup> Negli stessi anni cui giunge a definire il suo principio generale della meccanica e la legge dell'elasticità, Hooke affronta la questione dell'urto dei corpi focalizzando la sua attenzione al ruolo che vi svolge la componente elastica. Il 23 novembre 1668 Hooke presenta alla società un esperimento che prevede l'urto di sfere di legno con corpi elastici e anelastici, allo scopo di far emergere che «la riflessione del moto dipende dall'elasticità dei corpi, così laddove non si ha elasticità non c'è riflessione».<sup>308</sup>

---

<sup>306</sup> Id., II: 335, 337, 342; cfr. Bertoloni Meli 2006: 234.

<sup>307</sup> Dugas 1954: 288-9; Mormino 1993: 25-6, 36.

<sup>308</sup> Birch 1756-7, III: 328.

# Un fisiologo di Oxford

## 1. La vita del fuoco

Pur senza essere nominata la teoria cartesiana della combustione, che ne indicava la causa nell'agitazione velocissima della materia del primo elemento,<sup>309</sup> è presente nei *Nuovi esperimenti* di Robert Boyle. Posta in una macchina pneumatica una candela accesa si spegne dopo che viene sottratta l'aria. Lo stesso accade alla brace, che riarde rapidamente all'immissione di nuova aria.<sup>310</sup> Il ruolo che Cartesio aveva assegnato all'aria nella combustione consisteva nella ventilazione della fiamma, attraverso un immancabile vortice che si forma intorno al corpo del fuoco.<sup>311</sup> La questione che Boyle si era posto, «se l'estinguersi della fiamma derivasse dalla mancanza d'aria o semplicemente dalla pressione delle sue stesse esalazioni», era indicativa dei dubbi posti dai nuovi esperimenti nei confronti della spiegazione cartesiana dei fenomeni della combustione.<sup>312</sup> Il venir meno del fuoco anche in presenza di una limitata quantità di fumo nella campana della pompa indica che la causa non può che essere la mancanza di aria fresca intorno ad esso. Nel *Chimico scettico* Boyle, seguendo Gassendi, avanza l'idea della combustione come un processo di «dissoluzione» dei legami dei corpi, la cui struttura o disposizione corpuscolare viene alterata dal moto di «piccoli agilissimi atomi di fuoco». Al pari di Cartesio e Gassendi Boyle è fermo nella convinzione che esista una particolare materia responsabile dei fenomeni della combustione, la sostanza stessa del fuoco che «consiste in sciame di corpuscoli che si muovono velocemente».<sup>313</sup>

Robert Hooke, che pure aveva partecipato agli esperimenti boyleani a partire dal 1657, era giunto nella *Micrographia* a conclusioni molto diverse.<sup>314</sup> Hooke accetta l'idea cartesiana secondo cui il calore dei corpi consiste nell'agitazione delle loro

---

<sup>309</sup> Descartes 1994, II: 311.

<sup>310</sup> Boyle 1977: 788-91.

<sup>311</sup> Descartes 1994, II: 322.

<sup>312</sup> Boyle 1772, I: 29; tr. it. Boyle 1977: 793-4.

<sup>313</sup> Id.: 523; tr. it. Boyle 1977: 616; cfr. Gassendi 1648, I: 395.

<sup>314</sup> Frank 1983: 230; cfr. Chapman 1996: 7; Hall 1983: 125.

particelle costituenti<sup>315</sup>. Il fuoco produce calore e luce, movimenti trasmessi all'etere dalle particelle dei corpi coinvolti nella combustione. Ma l'idea che la combustione si identifichi con l'agitazione delle particelle di una particolare materia viene messa in discussione. Un interessante esperimento svoltosi nella seduta della Royal Society del 18 febbraio 1665 assume una tesi che si potrebbe attribuire ad Hooke, assai probabilmente colui che lo realizzò: «che non era l'agitazione del corpo in combustione che mantiene la sua combustione».<sup>316</sup> Ponendo un piatto con dei carboni ardenti sotto una coppa di vetro questi ultimi tendono a spegnersi con maggiore rapidità rispetto alle condizioni normali, senza che il moto cui viene sottoposto il piatto all'interno della coppa contrasti lo spegnimento. Un altro interessante esperimento non attribuito a nessun membro, ma anche questa volta realizzato da Hooke, vede la luce agli inizi di marzo dello stesso anno: gettando dello zolfo sul nitro riscaldato, posto nella campana della pompa priva d'aria, si può osservare lo stesso effetto che avviene all'esterno, a contatto con l'aria.<sup>317</sup> L'idea di verificare il comportamento dello zolfo e del nitro in assenza d'aria era probabilmente di Hooke, che il 25 gennaio aveva riacceso la fiamma di alcuni carboni ardenti, precedentemente spenti dall'estrazione dell'aria dalla campana della pompa, immettendo nitro al posto dell'aria fresca<sup>318</sup>. Questi esperimenti sembrano indicare che il ruolo dell'aria nella combustione non è di tipo meccanico, e suggeriscono una significativa analogia tra l'aria e il nitro in questi fenomeni. Se il nitro e lo zolfo bruciano anche in assenza d'aria e il nitro riaccende la brace spenta dalla mancanza d'aria, si può concludere che nitro e aria svolgono la stessa funzione nella combustione. Nitro e zolfo, quindi, non costituiscono più un fenomeno particolare all'interno del mondo complesso delle combustioni, ma il modello esplicativo di riferimento per un'intera classe di fenomeni.

Anche se aveva descritto l'azione del nitro nei termini di un mantice interno al fuoco, Bacone nella *Sylva* aveva ascrivuto la combustione all'azione della componente volatile del nitro presente

---

<sup>315</sup> Hooke 1665: 13, 37; cfr. Descartes 1994, II: 280.

<sup>316</sup> Birch 1756-57, II: 7-8.

<sup>317</sup> Id.: 19.

<sup>318</sup> Id.: 15.

nell'aria.<sup>319</sup> Seguendo la tradizione spagirica,<sup>320</sup> che costituisce la fonte dell'ipotesi baconiana, Hooke assume una prospettiva assai diversa dalla filosofia meccanica cartesiana e atomista che pure in passato aveva sempre, compatibilmente ai propri principi, fornito una spiegazione dell'interazione tra nitro e zolfo. Come Boyle, Hooke pensa alla combustione nei termini di una dissoluzione, che non avviene ad opera di atomi di fuoco o di corpuscoli di un particolare elemento igneo bensì della componente nitrosa dell'aria, che gli esperimenti boyleani hanno dimostrato essere indispensabile a ogni possibile combustione.

Anche per spiegare la formazione delle scintille dallo sfregamento dei metalli Cartesio aveva fatto ricorso all'interazione delle particelle del primo elemento con quelle della selce che vengono staccate, dando così origine all'accensione delle scintille.<sup>321</sup> All'analisi microscopica le scintille appaiono ad Hooke realmente pezzi di pietra o metallo staccati dal corpo. Tuttavia la loro accensione non pare dovuta ad altro che all'interazione della componente sulfurea del metallo, riscaldata dallo sfregamento, con quella nitrosa dell'aria:

Così, considerate queste cose, non abbiamo bisogno di preoccuparci di cercare quale tipo di pori abbiano la selce e l'acciaio, che contengano gli atomi di fuoco, né come a questi atomi possa essere impedito di saltar fuori, quando un passaggio o un varco nei loro pori è prodotto dallo sfregamento; né dobbiamo preoccuparci di indagare da quale Prometeo l'elemento del fuoco venga portato giù dalle regioni superiori dell'aria, in quali celle o contenitori è trattenuto, e quale Epimeteo lo lasci andare.<sup>322</sup>

Le teorie della combustione peripatetica, cartesiana e atomistica sono accomunate, agli occhi di Hooke, dal ricorso a una sostanza particolare cui viene attribuita una particolare qualità ignea, identificata con il fuoco stesso e ritenuta responsabile di ogni possibile combustione che si svolge nell'universo. L'elemento primitivo e generativo degli aristotelici, gli atomi ignei degli atomisti e la materia del primo elemento dei cartesiani rappresentano diverse versioni dello stesso principio all'interno di teorie della materia assai

---

<sup>319</sup> Bacon 1857-74, II: 351.

<sup>320</sup> cfr. Debus 1982: 35.

<sup>321</sup> Descartes 1994, II: 322-3.

<sup>322</sup> Hooke 1665: 46.

differenti. Il fuoco, sostiene Hooke, non ha una natura specifica né è dovuto a una particolare materia ignea. «Quel corpo luminoso e trasparente che chiamiamo fiamma non è altro che la mistura di aria e parti sulfuree volatili dei corpi combustibili o solubili».<sup>323</sup> Questa ipotesi, pubblicata nella *Micrographia* deve aver guadagnato consensi se, come scrive Hooke nel 1674, «da allora molti autori ne hanno fatto uso e l'hanno sostenuta».<sup>324</sup> Nella *History of the Royal Society* Sprat nell'introdurre i primi esperimenti dei virtuosi in materia di combustione li ascrive alla volontà di «esaminare una teoria proposta ad essi, secondo cui non c'è nessuna cosa come il fuoco elementare dei peripatetici né gli atomi di fuoco degli epicurei, ma il fuoco è solo l'azione della dissoluzione dei corpi solforosi riscaldati ad opera dell'aria che agisce da dissolvente»<sup>325</sup>. Sembra la descrizione della teoria di Hooke, sottoposta a quelle verifiche sperimentali alle quali appartengono gli esperimenti del 1665 con nitro e zolfo in assenza d'aria. Esperimenti che non si esaurirono in quegli anni. Ancora nel 1673 Hooke è intento a «generare aria con aquaforte e polvere di conchiglie», per verificare se in un ambiente di questo tipo possa aver luogo una combustione. Ma la candela posta nel recipiente pieno di questa «aria fittizia» non accenna a bruciare.<sup>326</sup> Se non tutte le «arie» permettono la combustione allora l'aria «in cui viviamo, ci muoviamo e respiriamo» non svolge una funzione semplicemente meccanica, ma è provvista di qualcosa che è indispensabile alla combustione: «una sostanza inerente e mista all'aria, che è simile, se non identica, a quella che è fissata nel salnitro». Quando l'aria interagisce con le sostanze solforose ne causa la dissoluzione. Ogni combustione è una dissoluzione in quanto in essa la componente nitrosa dell'aria dissolve quella solforosa dei corpi. L'aria, quindi, «è il dissolvente universale di tutti i corpi solforosi», il «*menstruum*» della chimica spagirica, grazie al nitro volatile o aereo che in essa è presente.<sup>327</sup> Così la fiamma di una candela posta nella campana della pompa appare ad Hooke circondata da una corrente d'aria, uno «*jet d'air*» formato da aria e sostanze della candela dissolte dalla combustione, lo stesso che si può osservare, questa volta invertito,

---

<sup>323</sup> Id.: 105.

<sup>324</sup> Hooke 1679: 155.

<sup>325</sup> Sprat 1667: 215.

<sup>326</sup> Birch 1756-7, III: 89-90.

<sup>327</sup> Hooke 1665: 103-4.

intorno al salnitro dissolto in acqua.<sup>328</sup> I corpi combustibili sono tali poiché costituiti da una componente solforosa, che reagisce col nitro volatile dell'aria. Questa parte viene liberata durante la dissoluzione sottoforma di fuligine, mentre la parte restante costituisce il residuo dell'intero processo di combustione, la cenere, «che contiene una sostanza, o sale, che i chimici chiamano *alkali*». La stessa calcinazione dei metalli di cui parlano i chimici è dovuta al dissolvente salino responsabile della combustione, che corrode i metalli e li converte in scorie, sostanze vetrificate.<sup>329</sup> Nonostante si configuri come un'alternativa chimica alle concezioni meccaniche della combustione quella di Hooke, come ha osservato Ferdinando Abbri, non è una «teoria della combinazione chimica», ma piuttosto «una teoria della dissoluzione dei corpi».<sup>330</sup>

La componente nitrosa dell'aria, fondamentale nella teoria, e il suo rapporto con l'etere sono di difficile definizione. Tra le «questioni» relative all'etere, in un'opera destinata alla formazione di una storia naturale e sperimentale, Hooke si chiede «se esso assista l'azione del fuoco, la combustione e la dissoluzione di altri corpi attraverso dissolventi (*menstruums*)». In un'altra *query* si chiede «se l'aria non sia un insieme di corpi volatili o piccole ramificazioni presenti nell'etere, come una tintura in acqua o in corpi fluidi simili». L'etere è la sostanza sottilissima che pervade ogni interstizio tra i corpi. Pertanto l'aria appare «una tintura di particelle saline» disciolte in esso. Il vetro della pompa ad aria separa l'etere dall'aria, permettendo di sperimentare in un ambiente privo di aria e ancora attraversato dall'etere. Ma non è l'aria il dissolvente dei colpi solforosi, il responsabile delle dissoluzioni che chiamiamo fuoco, bensì una sua componente, volatile e sottile.<sup>331</sup> L'identificazione e la definizione di questa sostanza è un'operazione assai complessa. Alla sua base è stata individuata la distinzione boyleana tra parti volatili e fisse del salnitro.<sup>332</sup> Questo «dissolvente universale dei corpi solforosi» o «spirito volatile nitroso»,<sup>333</sup> associato da Hooke alla componente volatile del salnitro, è assai simile al sale universale che in quegli anni

---

<sup>328</sup> Birch 1756-7, III: 19-20, 30.

<sup>329</sup> Hooke 1665: 104, 51.

<sup>330</sup> Abbri 1980: 178.

<sup>331</sup> Hooke 1705: 29, 33.

<sup>332</sup> Frank 1983: 230.

<sup>333</sup> Hooke 1705: 169.

è al centro degli interessi di John Mayow, uno «spirito vitale, igneo e altamente fermentativo».<sup>334</sup>

Se si assume che ogni combustione non sia altro che una dissoluzione dei legami di corpi solforosi ad opera di particelle nitrose, fisse o volatili, allora non è difficile comprendere come Hooke possa aver fatto ricorso alla teoria dissolutiva per rendere conto di fenomeni assai complessi e difficilmente osservabili, come le comete, le macchie solari, le eruzioni vulcaniche. La luce del Sole o delle stelle diminuisce alla distanza con la stessa proporzione della luce prodotta dalla combustione.<sup>335</sup> L'analogia tra fenomeni terrestri e celesti, osservabili direttamente o indirettamente, spinge a considerare ogni raggio di luce dovuto alla stessa causa universale, la dissoluzione nitro-solforosa.<sup>336</sup> Negli stessi anni in cui compie i primi significativi esperimenti sulla combustione Hooke si interroga sulla natura delle comete. Nel *De cometis*, pubblicato nell'anno dell'arrivo ad Oxford di Hooke, Seth Ward aveva attribuito alle comete natura ignea e luminosità propria. Ma soprattutto aveva preso in considerazione la possibilità che la materia delle comete fosse composta da «zolfo o nitro o altro», tale da spiegarne la luminosità.<sup>337</sup> Ben prima di Ward, Galilei aveva parlato di «una sostanza spiritosissima, tenuissima e velocissima», che ha nel corpo del Sole il «ricettacolo principalissimo». Questo spirito è il «pabulo» del Sole, il nutrimento di cui necessita per produrre luce e calore, i cui effetti, «o forse gli escrementi di esso», sono le macchie solari.<sup>338</sup> Tra le questioni poste nel *General Scheme* Hooke si chiederà «se il fuoco nel Sole non sia mantenuto dall'aria che lo circonda», «se le macchie solari non siano nubi di fumo o vapori risaliti in quell'atmosfera» e infine «se la combustione delle comete non possa essere ascritta alla loro dissoluzione per opera dell'aria che le circonda».<sup>339</sup> In tal modo la coda delle comete, ritenuta da molti un effetto ottico, può essere giustamente considerata un corpo reale, che deve la sua direzione alla gravità del Sole e al moto del corpo.<sup>340</sup> «Nonostante abbia affermato che il nitro aereo (*nitrous air*) non si

---

<sup>334</sup> Mayow 1674: 1.

<sup>335</sup> Hooke 1705: 93.

<sup>336</sup> Id.: 110-1.

<sup>337</sup> Ward 1653: 17-8.

<sup>338</sup> Galilei 1890-1909, V: 301, 304.

<sup>339</sup> Hooke 1705: 30.

<sup>340</sup> Hooke 1679: 248.

estenda oltre l'atmosfera della Terra», ha osservato James Partington nella celebre *History of Chemistry*, «Hooke ha sostenuto che il Sole è un corpo in combustione».<sup>341</sup> L'origine del nitro aereo è indicata nelle particelle saline terrestri disciolte nell'etere. Questo dissolvente è presente solo nell'atmosfera terrestre, che non si estende sino al Sole o alle stelle.<sup>342</sup> Tuttavia quando Hooke sostiene l'origine dissolutiva della luce solare o stellare ha ben presente il problema, perché attribuisce ai corpi celesti un'atmosfera simile a quella terrestre e la stessa composizione materiale, unica cioè per pianeti e comete. Tutta l'argomentazione di Hooke si fonda, in ultima istanza, su analogie ben evidenti:

Ci possono essere argomenti molto convincenti per provare che la luce di questo corpo del Sole può essere causata da un fuoco attivo, o dissoluzione delle sue parti superficiali, in parte ad opera dell'atmosfera o aria che lo circonda e in parte ad opera dei suoi costituenti mescolati insieme in un'unica massa, che è analoga al nostro zolfo e al nostro nitro.<sup>343</sup>

Ancora una volta Hooke fa uso del termine aria con un significato molto diverso da quello attuale. La Terra ha la sua atmosfera, nella quale è presente il nitro aereo. Così il Sole e gli altri pianeti dispongono di una propria aria, nella quale è lecito aspettarsi l'esistenza di un dissolvente dello zolfo simile a quello terrestre, essendo simili gli effetti che produce (luce e calore). Il nitro aereo di Hooke non è un gas, ma qualcosa di volatile che è presente nell'aria. Lo si può ritrovare nell'atmosfera, in ogni atmosfera, in forme diverse, sebbene svolga sempre la stessa funzione, sciogliere i legami tra i costituenti solforosi dei corpi.

## 2. Il fuoco della vita

Tra le numerose conseguenze della scoperta della circolazione del sangue vie erano i numerosi interrogativi sulla funzione dell'aria e della respirazione in questo processo. Collocando la forza vitale nel

---

<sup>341</sup> Partington 1961, II: 560-1.

<sup>342</sup> Hooke 1705: 164.

<sup>343</sup> Id.: 94.

sangue Harvey aveva posto fine a una lunga tradizione, anche se in tal modo aveva finito col riabilitare, per la semplice logica dell'esclusione, come spiegazione privilegiata della respirazione uno dei compiti minori che ad essa spettavano nella medicina galenica: il raffreddamento del calore del sangue e la sua depurazione dalle scorie.<sup>344</sup> In una forma simile questa ipotesi viene discussa da Gassendi, che la fa propria a discapito delle ipotesi del raffreddamento del calore del cuore, del riscaldamento del calore sanguigno e della rarefazione del sangue attraverso gli spiriti vitali.<sup>345</sup> Nella lunga lista delle questioni aperte su questo fenomeno il passaggio del sangue dal cuore ai polmoni e la diversa natura del sangue arterioso da quello venoso ben presto si associarono alla necessità dell'aria per la vita emersa da alcuni esperimenti fatti con la pompa ad aria. Dopo aver mostrato che nella campana della macchina topi, allodole e uccelli privati dell'aria non riescono a sopravvivere, Boyle aveva avuto cura di osservare che non di mancanza di qualsiasi tipo di aria si trattava, bensì di aria fresca. Questo per dimostrare che, al pari della combustione, non è l'aria alterata dalla respirazione che è causa di soffocamento, bensì l'assenza di aria fresca, dotata di tutte le caratteristiche di quella in cui viviamo e respiriamo ogni giorno.<sup>346</sup> Tuttavia questo rilievo non è segno di un significativo passo in avanti nella chiarificazione del ruolo dell'aria nella respirazione. Dopo un lungo periodo di intensa attività degli allievi oxoniensi di Harvey, Boyle constata che la diversità di opinioni sull'argomento è tale da non aspettarsi una facile conciliazione. Ma soprattutto che l'ipotesi del raffreddamento del sangue e dell'eliminazione delle scorie, sostenuta da Gassendi più di dieci anni prima e di chiara derivazione galenica, resta ancora la più attendibile.<sup>347</sup>

Eppure in quegli anni i passi in avanti compiuti dai cosiddetti fisiologi di Oxford non furono pochi o di scarsa importanza. L'assunzione di un concezione corpuscolare della natura applicata alla composizione del sangue, dell'aria e alla loro interazione segnò una netta discontinuità rispetto al passato.<sup>348</sup> Ai problemi lasciati

---

<sup>344</sup> Frank 1983: 49, 87; Pagel 1979: 54-60.

<sup>345</sup> Gassendi 1648, II: 321.

<sup>346</sup> Boyle 1772, I: 98-9; tr. it. Boyle 1977: 918.

<sup>347</sup> Id.:102-3; tr. it. Boyle 1977: 926-8.

<sup>348</sup> Frank 1983: 89, 115, 189.

aperti da Harvey ciò conferiva un nuovo significato e, grazie anche al concorso di un approccio iatrochimico, apriva prospettive nuove sulla fisiologia respiratoria e circolatoria. I fatti non tardarono ad arrivare. Un anno dopo i *Nuovi esperimenti* boyleani Marcello Malpighi, nel *De pulmonibus*, annuncia la scoperta delle «vescicole» polmonari, gli alveoli, ritenuta determinante per il superamento della teoria della refrigerazione allora dominante. Negli alveoli a contatto con l'aria avviene il mescolamento del sangue e la trasformazione del chilo, poiché qui si congiungono circolazione venosa e arteriosa. Malpighi in tal modo privava il cuore della funzione di sanguificazione, cioè di conferimento al sangue dell'energia vitale necessaria alla vita del corpo. Ma anche della funzione ad esso assegnata da Harvey, di essere il motore della circolazione.<sup>349</sup>

Alle stesse obiezioni rivolte all'ipotesi della formazione degli spiriti vitali nel cuore Boyle riteneva esposta la concezione della respirazione dei «filosofi ermetici», seguaci di Paracelso. Non basta solo asserire la presenza nell'aria di una «quintessenza vitale». È necessario spiegare e verificare. Il racconto dell'esperimento del chimico spagirico Drebell, che, al tempo di Giacomo I, sarebbe riuscito a costruire «un'imbarcazione per andare sott'acqua» rifornendo i marinai di aria fresca attraverso un «liquido chimico» che emanava quella «quint'essenza» non è, per Boyle, sufficiente.<sup>350</sup> Maggiore attenzione vi rivolse Robert Hooke, i cui studi sulla possibilità stessa di una macchina di questo tipo conducevano alle questioni della combustione e della respirazione.<sup>351</sup> Il legame tra questi fenomeni era tale agli occhi di Hooke da fargli affermare che l'ipotesi della combustione per dissoluzione nitro-solforosa sarebbe stata determinante per comprendere «l'uso dell'aria nella respirazione, per il mantenimento della vita, per la conservazione e la restaurazione della salute e della costituzione naturale degli uomini così come degli altri animali aerei (*aereal animals*)».<sup>352</sup> L'analogia che sottende questi intenti è fondata sulla produzione di calore in due fenomeni diversi attraverso un procedimento chimico-corpuscolare simile, se non identico. In entrambi è necessario il contatto con

---

<sup>349</sup> Malpighi 1686: 133-9; tr. it. Malpighi 1967: 76-89; cfr. Belloni 1979: 142-5.

<sup>350</sup> Boyle 1772, I: 107; tr. it. Boyle 1977: 934-5.

<sup>351</sup> Merton 1970: 244.

<sup>352</sup> Hooke 1665: 105.

l'aria, aria fresca in cui deve essere presente una sua particolare componente che a contatto con la componente solforosa dei corpi combustibili o del sangue causa un processo di dissoluzione. Su questa base Hooke avanza l'idea che la respirazione consista nell'«unione del sale volatile dell'aria con il sangue nei polmoni, che è data attraverso una specie di corrosione o fermentazione». Il calore vitale prodotto nella dissoluzione o fermentazione viene diffuso nel corpo dal sangue arterioso, mentre la parte restante dell'aria e i vapori di scarto vengono espulsi dall'espiazione. Quando il sangue arterioso ha trasferito il calore vitale ai tessuti ritorna, sottoforma di sangue venoso, nei polmoni, dove fermenta nuovamente a contatto con il nitro aereo dell'aria nuovamente inspirata.<sup>353</sup>

Sono evidenti i legami che uniscono questa ipotesi alla teoria dei chimici rifiutata da Boyle. Tuttavia quella di Hooke non ne rappresenta solo una versione corpuscolare aggiornata ai nuovi risultati dell'anatomia sperimentale. Sebbene l'idea di fermentazione abbia chiara origine helmontiana molti aspetti di questo processo non erano affatto chiari in quella tradizione. A questa attinsero in molti, seguendo strade simili che portarono però a risultati assai distanti. Negli stessi anni in cui Hooke avanza la sua teoria anche Henry Power nell'*Experimental Philosophy* afferma che respirazione e circolazione vanno correttamente intese come «operazioni fisico-chimiche» di fermentazione, in cui si riforniscono gli spiriti vitali necessari alla vita. Ma questi ultimi sono «sostanze eteree o particelle sottili create fin dall'inizio dalla natura, e diffuse per tutto l'universo», presenti in ogni ordine dove sono destinate a svolgere funzioni simili, «dare fermentazione e concrezione ai minerali, vegetazione e maturazione alle piante e moto agli animali».<sup>354</sup> Anche Bacone nella *Sylva* aveva parlato di spiriti animali diffusi in tutti i corpi, distinti nei diversi ordini dal rapporto o proporzione con le parti tangibili. E anche Bacone aveva previsto processi di congiunzione di «fiamma e aria» all'origine di tali spiriti nelle creature viventi.<sup>355</sup> Lo stesso Cartesio aveva concepito la respirazione nei termini di un processo di rifornimento di aria fresca necessaria alla fermentazione del sangue. Ma, a rendere maggiormente complessi i termini della questione, aveva descritto il

---

<sup>353</sup> Hooke 1705: 50.

<sup>354</sup> Power 1665: 61-7.

<sup>355</sup> Bacon 1857-74, II: 351, 528.

cuore come una fornace in cui ha luogo la fermentazione del sangue, che il fuoco trasforma quasi in vapore e l'aria condensa e riconverte nuovamente in sangue pronto per essere diffuso in tutto il corpo.<sup>356</sup>

A Thomas Willis, di cui Hooke fu assistente dal 1655 al 1657, si deve la delineaazione del concetto di fermentazione del sangue. Nelle *Diatribae due medico-philosophicae* si seguiva Cartesio nell'attribuire al cuore e non ai polmoni o al fegato la sanguificazione, che veniva ora intesa come fermentazione del sangue originata dal fermento salino presente nel ventricolo destro, ascritta alla tendenza innata al moto dei corpuscoli di cui è composto.<sup>357</sup>

Il testo di Willis era anteriore di due anni all'opera di Malpighi. Pertanto non contemplava la scoperta e la funzione degli alveoli descritta nel *De pulmonibus*. A chi, come Hooke, si volgeva ai fenomeni della respirazione sulla base del lavoro e delle conclusioni raggiunte sulla combustione si ponevano quindi alternative radicali. Anche se si ritiene che nell'aria è presente qualcosa di cui il sangue necessita e che si congiunge ad esso in un processo assai simile a quello che avviene nelle combustioni, resta da stabilire il luogo in cui questo avvenga. L'alternativa tra cuore e polmoni, delineata da Willis e Malpighi, comporta significative conseguenze sull'intera fisiologia della circolazione e della respirazione. Se è il cuore l'organo della fermentazione come avviene il rilascio dei residui di quel processo? Come fa l'aria o il nitro aereo a giungere dai polmoni al cuore? Se, invece, sono i polmoni allora è necessario spiegare come possa il cuore ritenersi ancora il motore della circolazione. Lo stesso presupposto fondamentale dell'intera teoria hookiana è rappresentato da un'analogia, tra combustione e respirazione, che non poteva ritenersi una prova certa della comune natura dissolutiva dei due processi. Gli esperimenti condotti sugli animali nella pompa ad aria avevano permesso di constatare che «la fiamma di una lampada, dopo l'aspirazione dell'aria, dura per un tempo breve quanto la vita di un animale». «Tuttavia», concludeva Boyle, «sebbene la nostra macchina indichi in tal modo un nuovo tipo di somiglianza tra il fuoco e la vita» l'ipotesi di Drebbel, del resto dei «chimici» e di Willis «non è scevra di difficoltà».<sup>358</sup>

---

<sup>356</sup> Descartes 1983: 157.

<sup>357</sup> Willis 1659: 20-5.

<sup>358</sup> Boyle 1772, I: 108; tr. it. Boyle 1977: 936.

A chiarire alcune di queste difficoltà erano destinati una serie di esperimenti che Hooke prese a ideare e realizzare a partire dal 1663. Il 21 gennaio propone di osservare il comportamento di un animale e di una candela posti insieme sotto una cappa di vetro. Il risultato, riportato nella successiva seduta della Royal Society, fu che la fiamma si spense dopo circa due minuti, mentre l'animale continuava a respirare.<sup>359</sup> La differenza di durata dei due processi non era sufficiente a spingere Hooke e gli altri a fare a meno di un'affascinante analogia. Due anni dopo il vecchio allievo di Harvey, George Ent, evidentemente fiducioso in un esito diverso, proporrà alla società «che alcuni animali e una candela possano essere inclusi insieme in un contenitore di vetro, per vedere se possono vivere insieme per lo stesso tempo».<sup>360</sup> In una lettera a Robert Moray del 16 marzo 1662 Christiaan Huygens aveva riferito del progetto di ampliare la campana della pompa per accogliere un uomo al suo interno in modo da osservare l'effetto della rarefazione dell'aria anche sull'uomo.<sup>361</sup> Solo il 23 febbraio 1671 quest'esperimento vede la luce: «il sig. Hooke riportò, in merito alla pompa ad aria, che egli è stato al suo interno per circa un quarto d'ora, e non ha trovato alcun inconveniente dall'estrazione di una piccola parte di aria». L'occasione era delle migliori per riproporre quell'esperimento che aveva avuto, per molti virtuosi, un esito inaspettato.<sup>362</sup> Il 2 marzo Hooke ripete l'esperimento portando con sé una candela, ma, come è riportato nella relazione del 23, «la candela si spense molto prima che egli avvertisse alcun inconveniente alle orecchie».<sup>363</sup> La combustione infatti necessita di una maggior quantità di ossigeno della respirazione, ma questo non era noto ai sostenitori dell'analogia dissolutiva. Ai loro occhi la differenza di tempo poteva implicare una ben più profonda differenza di natura tra i due processi. Tuttavia gli esperimenti non bastarono a distogliere quei filosofi sperimentali dalla convinzione che si trattasse di un unico processo. Troppi fattori spingevano in quella direzione, anche se non tutti i fatti si accordavano secondo le previsioni.

---

<sup>359</sup> Birch 1756-7, I: 180.

<sup>360</sup> Id., II: 10.

<sup>361</sup> Huygens 1888-1950, IV: 94.

<sup>362</sup> Birch 1756-7, II: 469

<sup>363</sup> Id.: 472-3.

In questo contesto l'assunzione di un'ipotesi chiaramente meccanica e «totalmente fisica» da parte di Boyle, tradizionale forse ma ben più rassicurante, non appare priva di motivazioni sperimentali. Secondo questo approccio l'inspirazione, un processo involontario, è di natura meccanica. I polmoni sono uno strumento passivo, mentre il diaframma regola l'intero processo. La differenza di pressione tra l'aria interna, riempita dalle esalazioni del sangue, e quella esterna fa contrarre il diaframma in modo da espellere l'aria interna e immettere nuova aria.<sup>364</sup> Un'idea simile era stata avanzata da Ralph Balthurst in alcune lezioni accademiche tenute a Oxford nel 1654.<sup>365</sup> Ma la chiave dell'ipotesi boyleana consiste in quella particolare proprietà dell'aria che egli stesso aveva scoperto, l'elasticità. L'aria interna piena di vapori è molto densa mentre l'aria fresca è più rarefatta. Ma non troppo, perché, come mostrano gli esperimenti con la pompa, l'eccessiva rarefazione dell'aria non la rende adatta alla respirazione.<sup>366</sup> Quest'ultimo dato non pare fosse molto problematico per l'ipotesi chimica, nella quale si poteva far ricorso all'alto grado di dissoluzione delle particelle saline nell'aria molto rarefatta.<sup>367</sup>

Solo un *experimentum crucis* poteva essere risolutivo dell'alternativa tra le due ipotesi,<sup>368</sup> nonostante fossero l'espressione di due diverse concezioni della materia molto più difficili da superare. Il 2 novembre del 1664 all'assemblea della Royal Society «il sig. Hooke propose un esperimento da realizzare su un cane, aprendo l'intero torace per vedere quanto a lungo, soffiando nei suoi polmoni, la vita possa essere preservata, e se qualcosa si possa scoprire in materia del mescolamento dell'aria con il sangue nei polmoni».<sup>369</sup> L'esperimento di dilatazione polmonare viene subito realizzato, e alla seduta successiva Hooke ne comunica i risultati. Dopo aver inserito un tubo, collegato a un mantice, nella trachea e aver iniziato a pompare, il cuore del cane continua a battere. Il cane continua a vivere anche se il diaframma viene inciso e non svolge più alcuna funzione. Dopo più di un'ora di afflusso regolare dell'aria al cessare dell'azione del mantice il cuore mostra convulsioni e i polmoni si

---

<sup>364</sup> Boyle 1772, I: 73-4, 99-100, 100-1; tr. it. Boyle 1977: 872-4, 920, 922.

<sup>365</sup> Frank 1983: 181.

<sup>366</sup> Boyle 1772, I: 105; tr. it. Boyle 1977: 931.

<sup>367</sup> Hooke 1665: 13-4.

<sup>368</sup> Frank 1983: 325.

<sup>369</sup> Birch 1756-7, I: 482.

sgonfiano fino a quando il nuovo afflusso d'aria ristabilisce il funzionamento ordinario. Ma questo non permette ad Hooke di giungere a conclusioni chiare: «non ho potuto percepire nessuna cosa distintamente ...».<sup>370</sup> Nella lettera che scrive a Boyle per informarlo dell'accaduto Hooke lascia intendere che la questione fondamentale non può considerarsi risolta. L'esperimento mostra tanto «la necessità dell'aria fresca» quanto «del moto dei polmoni per la prosecuzione della vita».<sup>371</sup> Le cose non vanno meglio alla ripetizione dell'esperimento di dilatazione, il 10 ottobre 1667. In quell'occasione, infatti, Ent afferma «che esso ha mostrato quale non sia l'uso della respirazione, ma non quale sia». Sappiamo che «i polmoni non servono a promuovere il moto del sangue». Il cuore non è una fornace, come credevano Cartesio e Willis, ma una pompa, come aveva insegnato Harvey. Non ci sono dubbi sul fatto che il luogo della fermentazione siano i polmoni, anche perché la ricerca di un passaggio diretto dell'aria nel cuore non ha avuto esito positivo.<sup>372</sup> La vera funzione della respirazione e la sua reale natura, meccanica o chimica, restano ancora da chiarire. Grazie al determinante contributo di Richard Lower, l'autore del *De corde*, l'esperimento di dilatazione polmonare venne però trasformato in un esperimento di insufflazione.<sup>373</sup> Un secondo mantice associato al primo garantiva un flusso continuo di aria, mentre un piccolo foro ai polmoni, continuamente gonfi, permetteva il ricambio dell'aria, senza che questo alterasse i risultati ottenuti in precedenza.<sup>374</sup> L'ipotesi chimica sembra ormai prevalere su quella meccanica. Tuttavia i rimanevano ancora dubbi. È Walter Needham a dare voce il 10 marzo 1668 a coloro che ritengono «che l'animale muoia piuttosto per assenza di moto del sangue che per assenza di aria fresca». Una variante dell'esperimento della dilatazione viene elaborata da Hooke e Tyson. Al torace di un cane viene collegato un contenitore nel quale è raccolta l'aria che il cane aveva in precedenza respirato. Dopo averla immessa nei polmoni per tre volte il cane inizia a manifestare gli stessi segni che facevano seguito all'arrestarsi del mantice nell'esperimento precedente. Allora, afferma Hooke,

---

<sup>370</sup> Id.: 486.

<sup>371</sup> Boyle 2001, II: 399.

<sup>372</sup> Birch 1756-7, I: 475.

<sup>373</sup> Frank 1983. 331.

<sup>374</sup> Birch 1756-7, II: 200.

«abbiamo tutti concluso che se avessimo proseguito per un minuto in più, prima di mandare aria fresca, con tutta probabilità la vita del cane si sarebbe presto persa».<sup>375</sup>

Se la funzione della respirazione è rifornire i polmoni, e quindi il sangue, di aria fresca com'è possibile che il cuore, privato della fermentazione, possa far circolare il sangue per tutto il corpo? Un tale moto era considerato effetto secondario della fermentazione da coloro che ritenevano il cuore luogo della sanguificazione. Nell'ipotesi chimica, invece, il moto del cuore e l'intera circolazione presentano aspetti problematici.<sup>376</sup> La natura muscolare del cuore e l'esistenza di un sistema di vasi sanguigni al suo interno era stata chiarita da Richard Lower nel *De corde* (1668). Nella nuova fisiologia chimica gli interrogativi sul moto del cuore ricadevano ora interamente nella questione del moto muscolare. Un modello esplicativo era rappresentato dall'interazione tra particelle nitro-solfuree, che si adattava alla spiegazione chimica della respirazione e della circolazione. A un'ipotesi di questo tipo sembra pensare Christopher Wren quando, a seguito di un esperimento chimico alla Royal Society, parla del moto dei muscoli nei termini di «un'esplosione» interna, tra componente nitrosa e solforosa.<sup>377</sup> Grazie anche all'uso del microscopio Hooke concepisce invece i muscoli come un insieme di «piccole vesciche congiunte dal collo», la cui aria interna si espande e si restringe sotto l'effetto della temperatura, dando vita a contrazione e dilatazione muscolare.<sup>378</sup> La causa di questo processo è data dall'afflusso delle sostanze nitro-solfuree trasportate dal sangue, mentre i nervi, ritenuti incapaci di dilatare o contrarre, hanno la funzione di tenere insieme l'intera struttura.<sup>379</sup> L'afflusso e la diffusione del sangue in tutti i tessuti muscolari permette di spiegare il moto di sistole e diastole come tutte le altre contrazioni e dilatazioni dei muscoli.

Superato in tal modo il problema della funzione del cuore rimanevano ancora rilevanti questioni sulla natura stessa della respirazione. Sebbene fosse chiaro che la respirazione avesse la sua ragione nell'afflusso di nuova aria ai polmoni e che non potesse

---

<sup>375</sup> Id.: 281-3.

<sup>376</sup> Cfr. Id.: 357.

<sup>377</sup> Id.: 22.

<sup>378</sup> Id., III: 180, 401-3.

<sup>379</sup> Id.: 396.

risolversi in un semplice processo meccanico, era ancora ambigua la reale funzione dell'aria o della sua componente nitrosa nei polmoni. Serviva a portare qualcosa di vitale al sangue venoso oppure a liberarlo da qualcosa che ne impediva la funzione vitale? In uno «schema di indagini sull'aria», proposto alla Royal Society il 25 febbraio del 1663, Hooke si chiedeva ancora «se l'aria è mescolata col sangue o con gli umori del corpo» e «se è la causa materiale degli spiriti animali».<sup>380</sup> Le osservazioni del medico bolognese Carlo Fracassati, pubblicate nelle *Philosophical Transactions* del 1667, sull'effetto dell'aria sul colore del sangue influenzarono i programmi di Hooke sulla respirazione.<sup>381</sup> Se il sangue assume colore chiaro a contatto con l'aria è possibile affermare che uno stesso effetto si verifica nei polmoni. Hooke propone di osservare cosa avviene se il sangue venoso passa direttamente nelle arterie senza passare dai polmoni ma in una bacinella a contatto con l'aria.<sup>382</sup> Ma l'esperimento non pare sia mai stato realizzato. Una condizione in cui i polmoni non svolgano alcuna funzione è offerta dalla respirazione fetale. Aprendo il ventre di una cagna incinta e incidendo il cordone ombelicale di uno dei feti Hooke e Lower si proponevano di verificare «se la vita dei feti nel grembo materno dipende da essi stessi o dalla respirazione della madre»:

Questi esperimenti sembrano dimostrare che il sangue del feto nel grembo è ventilato con l'aiuto della madre, e che non è la mancanza di moto del sangue attraverso i polmoni o il suo immaginario arrestarsi qui che uccide il feto. (...) Non possiamo immaginare nessun'altra causa della loro morte, a parte il bisogno di ventilazione del sangue, o qualsiasi altra operazione la respirazione possa svolgere sul sangue.<sup>383</sup>

Sebbene avesse già esposto più volte la sua ipotesi nei termini in cui la conosciamo Hooke qui ascrive alla respirazione il solo ruolo di ventilazione del sangue. Lo stesso aveva fatto nella seduta del 10 ottobre dello stesso anno, nel cui resoconto è riportato che a seguito dell'esperimento di dilatazione polmonare egli «immaginò che il vero

---

<sup>380</sup> Id., I: 204.

<sup>381</sup> Fracassati 1667: 493.

<sup>382</sup> Birch 1756-7, II: 201, 207, 209, 215.

<sup>383</sup> Id.: 233.

uso della respirazione fosse liberare i fumi del sangue»<sup>384</sup>. Sembra quindi che Hooke ripieghi nuovamente sull'ipotesi della ventilazione di Boyle<sup>385</sup>. Ma a meno di un anno di distanza, commentando l'esperimento di transito extrapolmonare del sangue, Hooke afferma:

Può essere interessante osservare dall'esperimento se il sangue, quando dal ventricolo destro del cuore passa nel sinistro, uscendo dai polmoni, non abbia quel colore florido prima di entrare nella grande arteria, poiché se lo avesse, sarebbe un argomento perché un qualche mescolamento dell'aria col sangue nei polmoni possa dargli quella floridezza.<sup>386</sup>

Non si tratta di un ritorno all'ipotesi chimica a discapito di quella meccanica della ventilazione. A ben vedere la funzione di ventilazione del sangue fa parte dell'ipotesi chimica hookiana fin dal suo apparire.<sup>387</sup> Il significato che Hooke conferisce a questo termine è ben diverso da quello che ha nell'ipotesi meccanica. Ventilazione non indica solo l'eliminazione dei vapori di scarto del sangue venoso. È, al contempo, rifornimento del «pabulo nitroso» essenziale alla vita e depurazione dei «vapori» e delle «fuligini», oltre che della parte non nitrosa dell'aria inspirata. Lo stesso processo di assunzione del nitro aereo è considerato quindi ventilazione, in quanto la sostanza che entra nel sangue è uno spirito volatile aereo, «vita del fuoco» e «fuoco della vita».<sup>388</sup>

### 3. La via del nitro

Il dissolvente universale nitro aereo di cui ha annunciato la scoperta nella *Micrographia* rappresenta, secondo Hooke, il vero «*alkabest*» della chimica spagirica. I «chimici» non sono riusciti nella loro ricerca perché hanno seguito strade sbagliate.<sup>389</sup> La vera strada per scoprire la natura dei corpi e le sue proprietà consiste nella

---

<sup>384</sup> Id.: 98.

<sup>385</sup> Frank 1983: 335.

<sup>386</sup> Birch 1756-7, II: 274.

<sup>387</sup> Hooke 1705: 50.

<sup>388</sup> Birch 1756-7, III: 55, 405, 407.

<sup>389</sup> Hooke 1665:XIV.

«filosofia reale, meccanica e sperimentale». Presente già in Paracelso, l'idea di un dissolvente universale dei corpi si era affermata con van Helmont, che aveva rifiutato la scomposizione delle sostanze attraverso il fuoco. Nella concezione parcelliana la natura spirituale dei *tria pria* viene liberata dall'involucro materiale dal fuoco.<sup>390</sup> Secondo Helmont non si tratta di scomposizione di sostanze, bensì di una loro produzione affatto diversa.<sup>391</sup> Il vero dissolvente universale, definito proprio da Helmont «alkahest», è capace di riportare i corpi composti alla loro natura originaria, quella dell'acqua. Boyle, che aveva letto con molta attenzione le opere di Helmont, ripropone le sue critiche alla scomposizione spagirica, assegnando loro un nuovo significato propriamente corpuscolare. «Il fuoco è solo uno degli strumenti da adoperare nella scomposizione dei corpi». Di alcuni corpi, come l'oro, «non è stato ancora dimostrato che si possano separare, per qualsiasi intensità di fuoco».<sup>392</sup> Se la materia è costituita da corpuscoli di differenti forme e dimensioni, il risultato della scomposizione spagirica non sono i costituenti elementari dei corpi bensì un prodotto dell'analisi.<sup>393</sup> Il fuoco altera le strutture formate dalle particelle dei corpi, modificandone la composizione e restituendole deformate o addirittura in nuove configurazioni.<sup>394</sup> Nel contesto decisamente corpuscolare della ridefinizione della chimica da parte di Boyle non c'è spazio per il dissolvente universale di Helmont. Non se ne conoscono la natura o la composizione, né si dispone di prove o esperimenti da poter verificare.<sup>395</sup>

Il tentativo di dare alla nuova filosofia meccanica una fondazione sperimentale attraverso la chimica viene realizzato da Boyle «associando esperimenti chimici e nozioni filosofiche» di carattere corpuscolare.<sup>396</sup> Il carattere fluido delle dottrine chimiche aveva permesso, a partire dalla fine del XVI secolo, la formazione di diversi tentativi di accordo con quelle nuove concezioni che intendevano risolvere la natura nei suoi costituenti minimi.<sup>397</sup> Grazie

---

<sup>390</sup> Pagel 1989: 73, 85.

<sup>391</sup> Clericuzio 1993: 309.

<sup>392</sup> Boyle 1772, I: 488, 480; tr. it. Boyle 1977: 552, 537.

<sup>393</sup> Abbri 1984a: 70.

<sup>394</sup> Boyle 1772, I: 508; tr. it. Boyle 1977: 588.

<sup>395</sup> Id.: 498; tr. it. Boyle 1977: 571.

<sup>396</sup> Boyle 1772, I: 378, 358-9; cfr. Abbri 1984b: 6, Clericuzio 2000:101-2.

<sup>397</sup> Debus 1982: 37; Emerton 1984: 110-6; Clericuzio 1993: 326-7; Golinski 1989: 13-4.

a questi tentativi, numerosi e assai diversi, molti temi paracelsiani persero quella connotazione spirituale che li aveva contraddistinti per lungo tempo. La visione della materia e delle sue proprietà della tradizione chimica presenta aspetti che si dimostrano, in alcuni casi, complementari al meccanicismo diffuso tra i filosofi sperimentali baconiani. Le teorie dissolutive di combustione e respirazione sviluppate da Hooke e Mayow hanno la loro origine nella descrizione paracelsiana del nitro come sale della Terra, sviluppata da Michael Sendivogius nel *Novum Lumen Chemicum*.<sup>398</sup> Sebbene non siano più ritenuti principi della natura zolfo, mercurio e sale mantengono la loro associazione con le proprietà che, nella tradizione spagirica,<sup>399</sup> essi conferivano ai corpi: combustibilità, volatilità e solidità. Zolfo e mercurio, definiti da Bacone «nature primordiali» e «schematismi originari della natura», costituiscono nella sua cosmologia «le due grandi famiglie delle cose», sinonimi di «infiammabile e non infiammabile».<sup>400</sup> Zolfo, sale, spirito (mercurio), acqua e terra, secondo una classificazione che si deve al paracelsiano Quercetanus, vengono presentati invece da Thomas Willis quali principi della materia, «enti semplicissimi e incomposti» nei quali si risolvono tutte le cose fisiche.<sup>401</sup> Non si tratta di principi o elementi ma di corpuscoli dotati di proprietà chimiche. L'azione del mercurio sullo zolfo avviene nei termini di particelle sottili e particolarmente mobili che attraversano la struttura corpuscolare dello zolfo, proprietà riconosciuta anche al salnitro.<sup>402</sup> D'altra parte anche Cartesio, che si era presentato in contrapposizione a quella tradizione, aveva ricondotto l'interazione di zolfo e nitro, con il concorso della materia del primo elemento, alla diverse strutture delle particelle costituenti: «oblunghie e rigide» quelle del salnitro, a forma di «succhi pungenti» e «avvolte da rametti di materia oleosa» quelle dello zolfo.<sup>403</sup> Nondimeno determinante per l'elaborazione del nitro-aereo si dimostra l'analisi che del salnitro realizza Boyle nel 1661. La distillazione del salnitro ne mostra le due componenti, volatile e fissa, caratterizzate da diversa velocità e quindi diversa

---

<sup>398</sup> Guerlac 1954: 244; Guerlac 1977:249-51.

<sup>399</sup> Pagel 1989: 85.

<sup>400</sup> Bacon 1857-74, II: 82, 459.

<sup>401</sup> Willis 1659: 4.

<sup>402</sup> Id.: 6-8, 11.

<sup>403</sup> Descartes 1994, II: 326.

reazione con le strutture presentate dallo zolfo.<sup>404</sup> Solo ora diventa possibile per Hooke e Mayow concepire il salnitro di Sendivogius come dissolvente universale dei corpi solforosi, alkaest e sottile spirito volatile.

Quest'ultima definizione evidenzia l'importanza che lo spirito vitale di Helmont ha avuto per gli studiosi del nitro e delle sue proprietà. Nell'*Ortus medicinae* il rifiuto della tradizionale tripartizione degli spiriti si era accompagnato alla loro unificazione in uno spirito vitale con i caratteri di sale volatile.<sup>405</sup> Sinonimo di volatilità, sottigliezza e attività lo spirito viene associato, come abbiamo visto, al mercurio paracelsiano da Willis. Quando Hooke e Mayow si riferiscono al nitro aereo come a una spirito nitroso non intendono una sostanza immateriale, dotata di potere attivo e vitalità di origine divina.<sup>406</sup> Bisogna ricordare che nella iatrochimica della prima metà del XVII secolo il termine spirito copre un'ampia gamma di significati che vanno dal corporeo fino all'incorporeo.<sup>407</sup> Lo spirito nitroso non è una sostanza immateriale ma un corpo costituito da particelle nitrose volatili.<sup>408</sup> La distinzione tra fisso e volatile non coincide per Hooke e Mayow alla distinzione tra materiale e immateriale. Sono considerati volatili quei sali che si dimostrano «omogenei» e dissolvibili in aria, fissi quelli «eterogenei» e non dissolvibili.<sup>409</sup> Non tutti i corpi volatili lo sono allo stesso modo:

Il sig. Hooke disse che egli ritiene volatili i corpi mescolati facilmente all'aria: più facilmente essi si mescolano molto più sono volatili. Egli elencò tre gradi di essi: mescolati con [aria] fredda, tiepida e molto calda.<sup>410</sup>

Il nitro comune «consiste di due tipi di sali uniti insieme in un *compositum*: l'uno un sale molto volatile e aereo, rarefatto e disperso nell'aria, l'altro un sale fisso e alcalino mescolato alla terra».<sup>411</sup> Il sale fisso, afferma Mayow, ha origine dalla terra, ma a contatto con l'aria

---

<sup>404</sup> Boyle 1772, I: 361-9.

<sup>405</sup> Clericuzio 1994: 53; Debus 1977, II: 494.

<sup>406</sup> Cfr. Schaffer 1987: 53, 63-4.

<sup>407</sup> Emerton 1984: 179.

<sup>408</sup> Hooke 1705: 169.

<sup>409</sup> Hooke 1726: 88.

<sup>410</sup> Birch 1756-7, IV: 194.

<sup>411</sup> Id., III: 468.

libera una parte volatile.<sup>412</sup> Allo stesso modo Hooke ritiene che esposti gli alcali all'aria i sali volatili qui presenti vengano trasformati in nitro.<sup>413</sup> L'aggettivo volatile è sinonimo di aereo. Spirito di nitro, nitro volatile e nitro aereo indicano la stessa sostanza. Il dissolvente dei corpi solforosi di Hooke e Mayow è aeriforme ma non è un gas, perché l'aria non è un gas ma solo «un medium di natura particellare»,<sup>414</sup> nel quale si trovano particelle di consistenza e forma simili, volatili e aeree appunto.

Nelle dissoluzioni (combustione, respirazione e fermentazione) il nitro aereo e lo zolfo interagiscono sulla base di proprietà e caratteri specifici. Tra le diverse particelle dei cinque elementi Thomas Willis aveva affermato che esistono «congiunzioni e affinità». «Tra lo spirito e lo zolfo esiste una certa comunanza e similitudine di parti», rintracciata nella forma e nel moto dei corpuscoli.<sup>415</sup> La trasformazione degli elementi chimici in affezioni meccaniche della materia pone la questione dello statuto delle proprietà chimiche dei corpi. Boyle offriva l'esempio della soluzione del problema attraverso la risoluzione del mutamento chimico in quello fisico.<sup>416</sup> La presenza o l'assenza di questo o quell'elemento materiale, considerato un corpo in quiete, non consente di spiegare «l'origine delle qualità». Gli elementi dei chimici non dispongono di proprietà indipendenti dal loro moto e dalla loro configurazione strutturale. Derivano, come tutti i corpi, da un'unica comune materia originaria, le cui differenze successive in elementi dotati di proprietà distinte, sono il frutto delle «diverse strutture risultanti dalla grossezza, dalla forma, dal movimento e dalle configurazioni delle loro piccole parti». <sup>417</sup> Ogni corpo pertanto può essere trasmutato in un altro.

Secondo John Mayow il nitro aereo non ha semplicemente una struttura diversa dallo zolfo. È costituito certo di particelle, al pari dello zolfo, ma queste sono irriducibilmente diverse. La materia è formata da particelle o corpuscoli, le cui differenze sono solo di forma e dimensioni, di ordine quindi strettamente meccanico. Ma gli «elementi primari» della materia sono contraddistinti da forme, dimensioni, strutture e moti diversi tra loro. Il nitro aereo scioglie i

---

<sup>412</sup> Mayow 1674: 6-7.

<sup>413</sup> Birch 1756-7, II: 307.

<sup>414</sup> Abbri 1980: 20.

<sup>415</sup> Willis 1659: 13-4.

<sup>416</sup> Abbri 1984a: 11.

<sup>417</sup> Boyle 1772, I: 557, 493-4; tr. it. Boyle 1977: 676, 562.

legami dello zolfo grazie al carattere altamente corrosivo delle sue particelle sottili, dotate di «forza elastica» e mosse da un «moto velocissimo», ritenuto loro «innato».<sup>418</sup> Le proprietà chimiche divengono proprietà fisiche distinte dei diversi atomi che compongono una materia originariamente differenziata.<sup>419</sup>

La chimica corpuscolare di Boyle e l'atomismo chimico di Mayow non sembrano le strade percorse da Hooke. Il suo *alkaest*, non è il portatore dell'elasticità dell'aria, nella sua concezione della materia non trovano posto moti innati e trasmutazione della materia. Nondimeno i corpi mostrano proprietà che li distinguono radicalmente tra loro, operanti anche nei processi di dissoluzione e precipitazione. Già nel 1661, infatti, Hooke si era posto una domanda assai rilevante, che non pare trovare risposta nel meccanicismo tradizionale, atomistico o cartesiano:

La dissoluzione o mescolamento di diversi corpi, fluidi o solidi, con liquidi salini o altro, non possono in parte essere attribuiti a (questo) principio della congruità di questi corpi con i loro dissolventi? (...) La precipitazione non è in parte prodotta dallo stesso principio di incongruità?<sup>420</sup>

Dissoluzioni e precipitazioni avvengono tra sostanze che sono tra loro congrue o incongrue, dotate di proprietà specifiche relative. Il nitro aereo scioglie i legami dello zolfo perché i due corpi sono congrui. Come nella gravità, nella capillarità, in tutte le attrazioni e le repulsioni, anche nei nuovi fenomeni chimici è visto operare quel principio che negli anni successivi al 1661 diventerà il nucleo intorno al quale si costruisce la concezione della materia di Hooke.

---

<sup>418</sup> Mayow 1674: 21, 13.

<sup>419</sup> Frank 1983:444-5; Clericuzio 2000: 150-1.

<sup>420</sup> Hooke 1661: 40; cfr. Hooke 1665: 27.

# Tra luce e colori

## 1. Vibrazioni e luce

La cosiddetta pietra di Bologna è la prima delle molte sostanze che costituiscono il catalogo dei fenomeni della fosforescenza che durante il XVII secolo alchimisti, chimici e sperimentatori hanno contribuito a compilare. La proprietà di produrre luce in assenza di combustione ha fatto meritare a questa sostanza, identificata dalla chimica odierna con una varietà di baritina, l'appellativo di *spongia solis*. Quel catalogo nel corso del secolo si arricchì di diverse sostanze che occuparono l'attenzione dei filosofi naturali interessati a trarre dai nuovi fenomeni indicazioni utili a definire la natura e le proprietà della luce. Poco dopo la sua scoperta, avvenuta a Bologna nel 1604, Galilei la mostrò durante un incontro con gli altri lincei a Roma, nel 1611. Sembrava infatti che l'azione della pietra, capace di catturare la luce per poi rilasciarla gradualmente nell'oscurità fino al suo esaurimento, indicasse il definitivo fallimento della concezione immateriale della luce.<sup>421</sup> Sostenitore di una concezione corpuscolare della luce come Galilei,<sup>422</sup> Gassendi ne aveva ricondotto la natura all'effetto ordinario di un ferro riscaldato che, allontanato dal fuoco, si raffredda rilasciando calore e luce precedentemente penetrati nella sua struttura atomica.<sup>423</sup> Questo permetteva di spiegare lo strano fenomeno senza modificare in nulla la concezione atomistica dei corpi, della luce e del calore. Anche Otto von Guericke, al pari di Gassendi, ne fornì le cause ricorrendo alla propria concezione della luce, questa volta considerata *virtus luminifica*.<sup>424</sup> Gli scrittori di ottica, così come i cultori di chimica, continuarono per lungo tempo a dare della pietra di Bologna e delle sostanze fosforescenti interpretazioni diverse nell'avvicinarsi delle teorie e delle visioni della natura.<sup>425</sup> Di quelle sostanze faceva parte anche il fosforo ermetico dell'alchimista Christian Adolf Balduin, scoperto nel 1675 e diventato subito

---

<sup>421</sup> Freedberg 2002: 314.

<sup>422</sup> Galilei 1890-1909, VIII: 85-6.

<sup>423</sup> Gassendi 1648, I: 432.

<sup>424</sup> Guericke 1972: 221.

<sup>425</sup> Taddia 2004: 23.

famoso, insieme al suo autore, tra i virtuosi della Royal Society.<sup>426</sup> Qualche anno più tardi Robert Boyle annoverò una nuova sostanza, detta «*aerial nocticula*», tra i fosfori artificiali, avendo cura di distinguerla dalla Pietra di Bologna e dal «fosforo di Baldwin» in quanto capace di illuminazione autonoma, che si mostra anche senza una precedente esposizione a una fonte luminosa. La luce prodotta dai corpi in putrefazione così come quella rilasciata dai diversi fosfori artificiali erano accomunate, agli occhi di Boyle, dalla necessità di entrare a contatto con l'aria per emanare luce.<sup>427</sup>

L'effetto che le nuove sostanze ebbero sullo studio della luce fu piuttosto trascurabile, fino a quando a esse non fu associato un nuovo fenomeno, la produzione di colori dalle lamine sottili. Che il passaggio della luce in corpi sottilissimi come le bolle di sapone producesse colori era cosa ritenuta di scarsa importanza. Fino a Robert Hooke l'attenzione degli studiosi di ottica si è concentrata prevalentemente sulla formazione di colori per rifrazione della luce da un prisma di vetro. La pietra di Bologna entra nel programma di sperimentazione della Royal Society nel 1663.<sup>428</sup> Un anno dopo Boyle fa riferimento, nella discussione della trasparenza dei corpi, alla formazione di colori quando la luce attraversa un vetro assai sottile, la mica, conosciuta anche come vetro di moscovia o *lapis specularis*.<sup>429</sup> La luce che attraversa un sottile strato di questo tipo di vetro produce dei colori disposti in anelli concentrici, alternati da anelli opachi e nell'ordine dei colori dell'arcobaleno.<sup>430</sup> A Robert Hooke i due fenomeni appaiono rivestire un ruolo congiunto e assai rilevante nello studio della luce. Non si tratta di osservazioni marginali che possono lasciare inalterate le teorie tradizionali, ma di problemi sperimentali destinati a trasformarle. Nello studio della mica Hooke dimostra lo stesso interesse che, insieme a Boyle, nutre per i fosfori artificiali. I nuovi fenomeni sono concepiti come banchi di prova sui quali confrontare la teoria atomistica, riproposta in forme nuove da Gassendi e Walter Charleton, e quella avanzata da Cartesio.<sup>431</sup> Un'indagine accurata della colorazioni delle lamine sottili permetterà di «esaminarne le cause e le ragioni, e di considerare se

---

<sup>426</sup> Birch 1756-7, III: 328-9.

<sup>427</sup> Boyle 1772, IV: 394.

<sup>428</sup> Birch 1756-7, I: 330,333.

<sup>429</sup> Boyle 1772, I: 689.

<sup>430</sup> Hooke 1665: 48.

<sup>431</sup> Golinski 1989: 21.

dalle cause emerse per via dimostrativa non si possano dedurre le vere cause di tutti i fenomeni dei colori». <sup>432</sup> Contrariamente a quanto credeva Gassendi, la pietra di Bologna pone seri interrogativi sull'ipotesi atomistica della luce, in quanto il passaggio di atomi nei pori dei corpi non sembra convincere Hooke. Anche ammettendo che esistano degli spazi vuoti tra i corpi, cosa tutt'altro che scontata, com'è possibile che gli atomi di cui si suppone sia fatta la luce non incontrino alcun impedimento e non dimostri alcuna variazione nell'attraversamento di corpi duri come i diamanti e permeabili come l'aria? «Non posso concepire come il vuoto dei pori dei corpi possa risolvere questa difficoltà, in quanto è difficile concepire come questi pori possano essere aperti allo stesso modo in ogni direzione al passaggio degli atomi della luce». Se è valido in natura il principio secondo cui *Nihil dat quod non habet*, da dove ha origine l'altissima velocità che si deve attribuire agli atomi luminosi? Corpi come i diamanti o sostanze come i legni putrefatti e soprattutto i «nuovi fosfori», dimostrano che non in tutti i corpi che emettono luce è possibile ipotizzare un rapido moto interno. <sup>433</sup>

Quella dei fosfori è una classe di sostanze che «brilla di una luce da impressione», ricevuta attraverso il medio etereo che la trasmette dalla fonte e trattenuta nella struttura interna, per essere poi rilasciata quando il mezzo etereo con cui vengono in contatto se ne dimostra privo. <sup>434</sup> La causa della loro luminosità è comune a quella di tutti i fenomeni luminosi, il moto di particelle interne; se ne distingue solo per i diversi processi fisici che lo possono originare: un moto interno di dissoluzione come nel fuoco, l'impulso esterno come nei diamanti e nei fosfori. In questi ultimi la luce produce al loro interno un moto assai simile ma non identico, più sottile ma tale da esser trattenuto e poi rilasciare nel mezzo circostante un impulso che produce nuovamente luce. <sup>435</sup> Non un flusso di atomi ma «il moto di un corpo stagnante», composto di «piccoli globuli continui l'un l'altro»: questa, nelle parole di Hooke, la principale caratteristica della teoria della luce dei «cartesiani e del nostro conterraneo Mr. Hobbes». <sup>436</sup> Dall'analogia della luce con l'azione di

---

<sup>432</sup> Hooke 1665: 49.

<sup>433</sup> Hooke 1705: 74-5.

<sup>434</sup> Id.: 82, 112.

<sup>435</sup> Hooke 1679: 262.

<sup>436</sup> Hooke 1705: 81.

un bastone Cartesio aveva concluso «che non v'è bisogno di supporre fra gli oggetti e i nostri occhi un effettivo passaggio di qualcosa di materiale perché ci sia possibile vedere i colori e la luce». <sup>437</sup> Diversamente da quella atomistica la teoria cartesiana della luce è una teoria continuista, ma non per questo ondulatoria. Il suo carattere «globulare», <sup>438</sup> piuttosto che ondulatorio, emerge soprattutto nella spiegazione dell'origine dei colori. Nella trasmissione ordinaria della luce bianca, che per cartesiani e atomisti è considerata originaria rispetto ai colori, i globuli del secondo elemento trasmettono un moto identificato con la loro tendenza a muoversi in linea retta:

Concependo la natura della luce come l'ho descritta nella *Diottrica*, cioè come l'azione o il movimento di una certa materia sottilissima, le cui parti dobbiamo immaginare come piccole sfere ruotanti nei pori dei corpi terrestri, mi son reso conto che tali sfere possono ruotare in diversi modi a seconda delle diverse cause che ve le determinano e, in particolare, che tutte le rifrazioni che si producono da una medesima parte le costringono a girare nello stesso senso, ma che, quando non hanno sfere vicine che si muovono assai più velocemente o più lentamente di esse, la loro rotazione è quasi uguale al loro moto rettilineo. <sup>439</sup>

Quando questa tendenza è alterata dall'azione di corpi che si frappongono nel corso della luce, come avviene nella rifrazione, i globuli acquistano una tendenza a ruotare. Nella rifrazione «le parti della materia sottile che trasmette l'azione della luce tendono a ruotare con maggior forza piuttosto che a muoversi in linea retta». <sup>440</sup> Dalla diversa velocità della rotazione acquisita dai globuli eterei dipendono i diversi colori. Una tale spiegazione della rifrazione pare essere meglio adatta a una concezione emissiva della luce piuttosto che a una ondulatoria. <sup>441</sup> Nella produzione dei colori nell'arcobaleno e nei prismi si verifica una rifrazione che genera moti di rotazione dei globuli eterei dalle velocità corrispondenti ai diversi colori. In entrambi i casi si può verificare solo una rifrazione, mentre sono

---

<sup>437</sup> Descartes 1983: 194.

<sup>438</sup> Blay 1981: 99.

<sup>439</sup> Descartes 1983: 471-2.

<sup>440</sup> Id.: 473.

<sup>441</sup> Shapiro 1973: 140.

possibili una o due riflessioni, poiché a differenza di quella queste ultime non alterano la rotazione acquisita dai globuli:

Né è necessaria la riflessione – infatti in questo caso non se ne dà alcuna – né, infine, che si producano più rifrazioni, poiché qui non se ne dà che una sola. Ho stimato però che una rifrazione almeno fosse indispensabile e tale che il suo effetto non fosse annullato da una contraria: l'esperienza ci mostra infatti che, se le superficie MN e NP [lati del prisma] fossero parallele, i raggi, raddrizzandosi in una superficie quanto potrebbero piegarsi in un'altra non produrrebbero questi colori.<sup>442</sup>

Una tale fiduciosa conclusione sulla dimostrazione anche sperimentale della teoria fa comprendere bene la rilevanza che i nuovi fenomeni di produzione e trasmissione della luce e dei colori hanno nelle ricerche di Robert Hooke. Nella colorazione delle pellicole sottili la luce attraversa due superfici tra loro parallele, compiendo due rifrazioni uguali e contrarie. Secondo la teoria cartesiana al primo passaggio del raggio dall'ambiente all'interno delle lamine i globuli eteri dovrebbero acquisire una determinata velocità di rotazione che, se mantenuta, dovrebbe corrispondere a uno specifico grado di colorazione del raggio. Il passaggio successivo del raggio dall'interno all'esterno delle lamine, si configura come il procedimento inverso al primo. Una nuova rifrazione uguale e contraria a quella precedente dovrebbe imprimere ai globuli una rotazione contraria a quella acquisita in ingresso, di fatto annullandone l'effetto. Secondo la teoria cartesiana la luce in uscita dovrebbe essere nuovamente bianca, ma l'osservazione mostra il contrario. Questo conferisce alla colorazione delle lamine sottili il carattere di *experimentum crucis*, termine derivato dall'*istantia crucis* baconiana e già utilizzato da Boyle in merito all'esperimento del Puy de Dome di Pascal, e qui per la prima volta entrato nell'ambito dell'ottica.<sup>443</sup> In seguito questo appellativo sarà applicato da Hooke anche a fosfori artificiali, pietra di Bologna e fosforo di Balduin.<sup>444</sup> Sembra infatti che mentre questi ultimi escludano la teoria atomistica della luce, la mica sia decisiva per il superamento di quella cartesiana. I risultati che permettono di

---

<sup>442</sup> Descartes 1983: 470.

<sup>443</sup> Hooke 1665: 54, 59; Boyle 1772, I: 151.

<sup>444</sup> Hooke 1679: 271.

raggiungere nello studio della luce si basano sull'assenza di un corpo o materia luminosa, gli atomi ignei, e sull'impossibilità della teoria globulare della rifrazione: «la causa quindi della generazione dei colori non deve essere quella assegnata da Cartesio, cioè una certa rotazione dei *globuli aetherei*, che sono le particelle che egli suppone costituiscano il medio».<sup>445</sup> L'estraneità dell'azione della rifrazione dalla variazione della rotazione di globuli eterei contribuisce a porre seri dubbi sulla loro relazione con la natura della luce, mentre l'inesistenza degli atomi ignei spinge a ritenere che l'origine della luce risieda nel maggiore o minore moto delle parti del corpo emittente. Già Robert Boyle, nel descrivere la teoria cartesiana, non aveva mancato di osservare la dipendenza della teoria cartesiana dei colori dalla «supposizione di questi globuli, che non è così facile evincere».<sup>446</sup> La natura del legame tra la teoria globulare della rifrazione, la definizione della natura della luce e l'esistenza della materia del secondo elemento, così com'è descritta da Cartesio, emerge problematicamente con l'*experimentum crucis* della mica.

La trasmissione della luce era stata oggetto di discussione fin dai primi esperimenti pneumatici da parte di Pascal.<sup>447</sup> Con la pompa ad aria era stato possibile osservare il diverso comportamento della luce rispetto al suono nella campana della macchina priva d'aria. La luce attraversa il vuoto pneumatico e al suo interno il periodo di oscillazione del pendolo non appare sostanzialmente alterato, mentre non è possibile ascoltare il suono di un campanello. Ciò che aveva spinto Boyle a definire il vuoto barometrico spazio privo d'aria piuttosto che privo di qualsiasi materia, costituiva una prova decisiva della diversa natura del mezzo di trasmissione della luce e del suono.<sup>448</sup> Da parti diverse emergono quindi indicazioni comuni che mettono in dubbio la possibilità della reale esistenza di un etere universale, come la materia cartesiana del secondo elemento.

In uno «schema di indagini sull'aria», compilato nel 1663 per la Royal Society, Hooke si interroga sulla natura del mezzo di trasmissione del suono, della luce e della sua relazione con l'aria. La risposta a queste domande si configura, a partire dalla *Micrographia* dell'anno successivo, con il ricorso alla graduale differenziazione

---

<sup>445</sup> Hooke 1665: 60.

<sup>446</sup> Boyle 1772, I: 694.

<sup>447</sup> Pascal 1969: 370-2.

<sup>448</sup> Boyle 1772, I: 37, 61-3, 74; tr. it. Boyle 1977: 807, 850-4, 874.

dell'etere. Nel *Musik Script* il suono è definito come «moto vibrante inizialmente prodotto nel corpo sonoro e propagato per mezzo dell'aria o qualcos'altro suscettibile quindi all'organo dell'udito».<sup>449</sup> In un altro manoscritto invece la trasmissione del suono è associata a un mezzo sonoro specifico ma non definito: «ogni suono è generato dal movimento: il suono non'è nient'altro che un moto vibrante dell'organo dell'udito, esercitato dallo stesso movimento nel mezzo sonoro, che riceve il suo moto dal corpo sonoro».<sup>450</sup> Non sono i globuli eterei a trasmettere la luce e il suono, ma dei mezzi diversi, uno sonoro e uno luminifero, che, a contatto con un corpo come il vetro, mostrano caratteristiche fisiche diverse.<sup>451</sup> La strada, tipicamente meccanica, del ricorso a entità teoriche specifiche per fenomeni differenti, intrapresa da Hooke con l'etere luminifero, si rivela decisiva per tutte le teorie continuiste della luce del XVII secolo. «*Vid. micrograph. Hookij*» annota Huygens a margine di una versione manoscritta della sua *Dioptrique* (1673), con riferimento alla rifrazione e alla distinzione tra onde luminose e suono.<sup>452</sup> Nel *Traité de la lumière* (1690), grazie al riconoscimento del carattere finito della velocità di luce, Huygens valuterà che questa è seicentomila volte più grande di quella del suono, ascrivendo la differenza alle caratteristiche dell'etere luminifero, assai sottile e flessibile, che pervade il grosso corpo dell'aria, mezzo del suono.<sup>453</sup>

Il mezzo della luce è comune, secondo Hooke, anche al calore: poiché la luce produce in chi la percepisce anche un certo calore, «sembra che questo sia trasmesso per non altro mezzo che quello della luce».<sup>454</sup> La combustione è un processo di dissoluzione delle particelle solforose dei corpi da parte di quelle nitrose dell'aria in cui si producono luce e calore.<sup>455</sup> Thomas Willis, nella cui opera questa teoria ha il suo fondamento, riteneva calore e luce sensazioni dovute alle particelle sulfuree liberate nella combustione.<sup>456</sup> In Willis gli atomi ignei della tradizione lasciano il posto alle particelle sulfuree

---

<sup>449</sup> Si tratta di un manoscritto pubblicato per la prima volta in Kassler-Oldroyd 1983: 563.

<sup>450</sup> *A Curious Dissertation concerning the Causes of the Power & Effects of Musick*, pubblicato in Gouck 1980: 601.

<sup>451</sup> Hooke 1665: 55, 96-7; Hooke 1705: 113.

<sup>452</sup> Huygens 1888-1950, XIII: 742; cfr. Barth 1995: 602.

<sup>453</sup> Id., XIX: 169-71.

<sup>454</sup> Hooke 1705: 130.

<sup>455</sup> Hooke 1665: 55.

<sup>456</sup> Willis 1659: 67-73.

calorifiche e luminifere. Una tale concezione atomistica non è condivisa dai principali fisiologi di Oxford. Hooke, seguito in questo da John Mayow, scartata l'ipotesi atomistica, ritiene che nella combustione-dissoluzione calore e luce siano prodotti dall'interazione delle particelle solforose e nitrose con l'etere luminifero e calorifero circostante.<sup>457</sup> Nei fenomeni della fosforescenza, secondo Hooke, si verifica una sorta di fermentazione interna, una dissoluzione di cui la luce è un effetto. La diversità tra i diversi fosfori si arresta, osserverà Boyle, di fronte alla «assoluta o quasi assoluta necessità del concorso dell'aria» per rilasciare luce.<sup>458</sup> Il che equivale a dire che senza il concorso della componente nitrosa dell'aria non è possibile nessuna fermentazione interna.

La luce, afferma Hooke, è un «breve moto vibratorio».<sup>459</sup> Non si tratta, senza dubbio, di una concezione corpuscolare. È difficile stabilire se si tratti di una vera e propria teoria ondulatoria, per quanto si inserisca a pieno titolo nell'ambito della tradizione cinematica e continuista che culminerà nella teoria di Huygens. Gli studi sulla luce del XVII secolo non sembrano infatti racchiudibili nella schematica e netta contrapposizione tra tradizione ondulatoria e corpuscolare. Una tale visione, ha osservato Vasco Ronchi, «è certamente un'impressione non corrispondente alla realtà, forse dovuta alla distanza del tempo, che, crescendo, tende ad esaltare i contrasti, a danno delle sfumature».<sup>460</sup> Se, come da più parti si è sostenuto,<sup>461</sup> la definizione del concetto di fronte d'onda è determinante per la risoluzione della grande questione delle teorie continuiste posta dalla trasmissione rettilinea del raggio, la teoria hookiana, a rigore, non può essere annoverata tra le teorie ondulatorie. Quello di fronte d'onda è un concetto non solo assente ma incompatibile con la teoria di Hooke, tanto da spingerlo a percorrere una strada diversa di fronte a una tale questione, come emerge dal confronto con Newton degli anni '70. Pertanto è necessario considerare la teoria hookiana per come essa si configura nella filosofia naturale di Hooke: una teoria vibratoria del mezzo

---

<sup>457</sup> Mayow 1674: 197-9.

<sup>458</sup> Boyle 1772, IV: 387.

<sup>459</sup> Hooke 1665: 56.

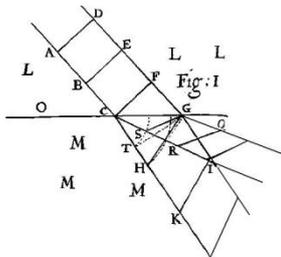
<sup>460</sup> Ronchi 1983:133.

<sup>461</sup> Shapiro 1973: 137; Giudice 1999:43.

luminifero all'interno di una più generale concezione vibratoria della materia.

La critica delle teorie tradizionali mantiene inalterato in Hooke il principio della semplicità e originalità della luce bianca, che rimane sostanzialmente fermo anche di fronte alle scoperte newtoniane degli anni successivi. La luce è un corpo omogeneo e incomposto. Le alterazioni fisiche che subisce nel suo tragitto ne cambiano alcuni caratteri fondamentali, e la trasformano in luce colorata. Della teoria della dispersione cromatica esistono almeno due versioni: aristotelica e cartesiana. In quest'ultima, presente anche in Hooke, non è il mescolamento di bianco e nero a produrre i colori, ma un meccanismo di alterazione basato sulla rifrazione.<sup>462</sup>

L'analogia con le onde prodotte da un sasso nell'acqua ricorre, inevitabilmente, anche nella trattazione hookiana della luce, per indicare la diffusione dei raggi intorno alla sorgente luminosa. Thomas Hobbes aveva ipotizzato che l'origine del moto luminoso consistesse nel moto di sistole e diastole della sorgente, il Sole, che genera in un etere indifferenziato una «pressione continua». «La luce», si legge nel *Tractatus Opticus*, «è quindi l'apparizione innanzi agli occhi di quel moto che si è propagato dalla diastole del corpo luminoso».<sup>463</sup> Questo meccanismo lascia il posto, nella teoria vibratoria di Hooke, al moto vibratorio generato da tutti i corpi in combustione-dissoluzione. Per quanto sia difficile definirlo compiutamente un fronte d'onda, nella definizione hobbesiana del raggio luminoso esiste un concetto che pare andare in quella direzione.<sup>464</sup> «Chiamo raggio», scrive Hobbes, «la via per la quale il moto [della luce] è propagato nel mezzo dalla sorgente». Il raggio ha natura fisica, in quanto occupa uno spazio tridimensionale. La luce però si ha solo lungo una «linea di luce», sempre perpendicolare ai lati che delimitano il raggio nel mezzo.<sup>465</sup> Come Hobbes, Hooke



riconduce la rifrazione alla variazione di intensità del mezzo. Nel mezzo omogeneo la linea che congiunge i due lati del raggio, definita ora «pulsione orbicolare», procede perpendicolare a essi. Ma in un mezzo disomogeneo questo non

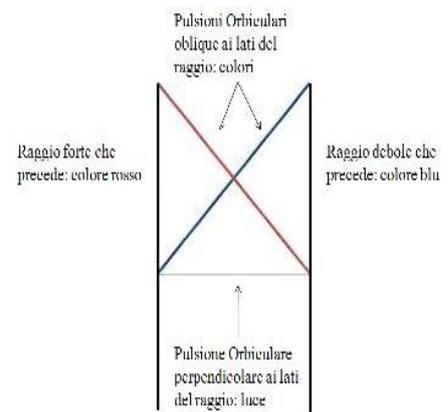
<sup>462</sup> Nakajima 1984: 261; Shapiro 1975: 194.

<sup>463</sup> Hobbes 1839-45, V: 219-21.

<sup>464</sup> Shapiro 1973: 151.

<sup>465</sup> Hobbes 1839-45, V: 221-3.

accade. La diversa densità del mezzo è valutata nella misura della quantità di materia luminifera presente. Date le sue caratteristiche fisiche, questo fa sì che la densità ottica sia inversamente proporzionale a quella gravitazionale, in quanto i corpi in cui la luce è propagata più velocemente sono quelli nella cui tessitura è presente una quantità superiore di pori capaci di accogliere l'etere luminifero, assai maggiore che in altri in cui la luce procede più lentamente.<sup>466</sup> Questo comporta l'impossibilità di accostare le pulsioni di Hooke al fronte d'onda.<sup>467</sup> È lo stesso Huygens, che per primo elabora quel concetto rivoluzionario, a segnare la distanza che separa la sua teoria dai tentativi precedenti, nei quali è inevitabilmente assente qualcosa di simile al suo meccanismo di unificazione dell'onda luminosa nell'espansione in diversi punti dello spazio.<sup>468</sup> Nella teoria vibratoria il «raggio fisico» è identificato con il parallelogrammo delineato dagli impulsi che costituiscono «i raggi matematici». Nel passaggio tra mezzi di densità ottica differente l'ordine dei due impulsi viene alterato. Ne risulta un impulso precedente e uno seguente; a seconda dell'ordine in cui questi si presentano dopo l'attraversamento si hanno i colori. La diversa velocità di trasmissione nel mezzo sembra essere all'origine dell'assunzione della variazione della linea di luce da parte di Hooke, come risulta dalla descrizione che accompagna, nella *Micrographia*, la spiegazione della rifrazione.<sup>469</sup>



Il colore dei corpi dipende dalla presenza nella loro struttura di «sostanze coloranti», che Boyle aveva definito *corpuscola coloris*. Questi ne determinano il grado di rifrangibilità della luce bianca. Anche bianco e nero svolgono una funzione nel processo di determinazione dei colori, in quanto sono intesi come maggiore o minore grado di riflessione.<sup>470</sup> La teoria dei colori di Hooke presenta aspetti simili a quella di Hobbes. Dall'evidenza delle similitudini e

<sup>466</sup> Hooke 1665: 58.

<sup>467</sup> Cfr. Sabra 1981: 192.

<sup>468</sup> Huygens 1888-1950, XIX: 475-6.

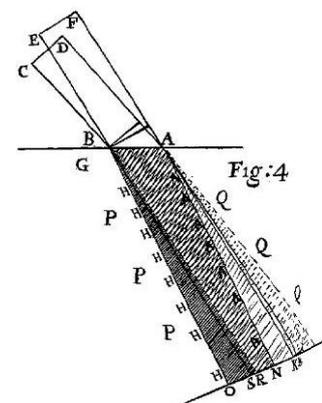
<sup>469</sup> Hooke 1665: 57; cfr. Bevilacqua-Iannello 1982: 246.

<sup>470</sup> Hooke 1665: 68; Hooke 1705: 36.

dei temi comuni si è spesso conclusa una derivazione integrale, fondata soprattutto sulla possibilità di ricondurre la spiegazione dei colori di Hooke alla definizione hobbesiana di luce perturbata.<sup>471</sup> Per quanto possa sembrare simile a quella hobbesiana la definizione dei colori «luce modificata», presente anche in Boyle, non implica una derivazione diretta da quella teoria, essendo l'idea della formazione dei colori per alterazione del raggio luminoso un carattere comune a tutte le teorie basate sulla dispersione cromatica.<sup>472</sup> Le differenti visioni della natura dei corpi luminosi, del mezzo e del raggio della luce presenti in Hooke e Hobbes sembrano configurare una relazione assai diversa tra le due teorie, che non è estranea alla diversa concezione della materia su cui si costruiscono.

Il rifiuto hookiano del principio della perpendicolarità costante del fronte di luce ai raggi è dovuto all'impossibilità di spiegare diversamente la formazione dei colori. Hooke considera questi ultimi un'alterazione della luce bianca. Un tale concetto si presenta simile a quello di perturbazione della luce di Hobbes, almeno nella misura in cui lo si può ritrovare, in forme diverse, associato alle varie teorie dei colori per dispersione cromatica. Al pari di Hobbes, Hooke associa ogni colore alla diversa forza che assume il raggio nella rifrazione; in particolare definisce i due colori primari, gli estremi dello spettro dal cui mescolamento si formano gli altri, in questi termini:

Il blu è un'impressione sulla retina di un impulso luminoso obliquo e confuso, la cui parte più debole precede e quella più forte segue. Il rosso è un'impressione sulla retina di un impulso luminoso confuso e obliquo di cui la parte più forte precede e quella più debole segue.<sup>473</sup>



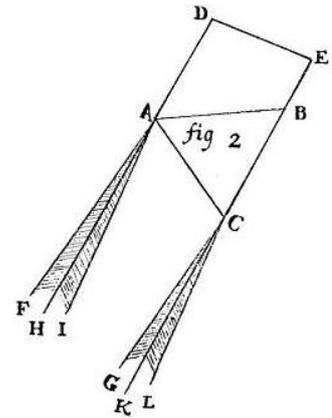
In termini che paiono simili, nel *De Corpore*, Hobbes aveva invece descritto la formazione di tutti i colori del prisma:

<sup>471</sup> Cfr. Shapiro 1973:203, ma soprattutto Mamiani 1998:237.

<sup>472</sup> Boyle 1772, I: 670-1, 695.

<sup>473</sup> Hooke 1665: 64.

È dunque evidente che quando una luce debole, ma prima, passa attraverso un corpo trasparente ma resistente come il vetro, i raggi incidenti trasversalmente fanno rosso; quando la luce prima è più forte, come nel mezzo più raro sotto la retta AC, i raggi incidenti trasversalmente fanno il giallo; quando la luce seconda è più forte, come nel triangolo CGK, che è molto vicino alla luce prima, i raggi incidenti trasversalmente fanno verde; da ultimo, quando la luce seconda è più fiacca, come nel triangolo CKL, fanno un colore purpureo.<sup>474</sup>



Nel passaggio della luce per il prisma secondo Hobbes si produce un moto misto, una perturbazione che genera i colori dell'iride. L'analogia vibratoria tra suono e luce suggerisce a Hooke la formazione dei colori per mescolamento delle vibrazioni rappresentate dai colori primari: «come nei suoni sono prodotte diverse armonie da vibrazioni proporzionate, così nella luce sono prodotti diversi colori, curiosi e piacevoli, dal mescolamento dei moti proporzionati e armonici delle vibrazioni».<sup>475</sup> In entrambe le teorie, appartenenti a una tradizione comune, i colori sono identificati con le impressioni sensibili immediate, non già con criteri quantitativi indipendenti da esse.<sup>476</sup> Nella teoria di Hobbes la rifrazione, responsabile dei colori, consiste in una variazione della velocità dei lati del raggio, il cui effetto sulla «linea di luce» non incide sulla perpendicolarità costante, bensì sulla sua direzione. Hobbes paragona tale mutamento di direzione al passaggio da una linea di luce simile al lato di un cilindro nel mezzo omogeneo, a una simile al lato di un cono nel mezzo eterogeneo.<sup>477</sup> Al contrario, per Hooke si rende necessario un cambiamento delle qualità fisiche del raggio, con la trasformazione della «pulsione orbicolare» da perpendicolare a obliqua rispetto ai «raggi matematici».<sup>478</sup> Sulla base di questa convinzione Hooke rifiuterà il «fronte d'onda» di Huygens, ritenuto insufficiente a spiegare la distinzione che sussiste tra riflessione e rifrazione, in quanto in entrambi i casi la linea di luce è

<sup>474</sup> Hobbes 1839-45, I: 376; tr. it. Hobbes 1972: 435.

<sup>475</sup> Birch 1756-7, III: 194.

<sup>476</sup> Shapiro 1980: 222-3; Blay 1981: 110-1.

<sup>477</sup> Hobbes 1839-45, I: 170-1; tr. it. Hobbes 1972: 233-4.

<sup>478</sup> Hooke 1665: 59.

data dalla normale al fronte, mentre dal suo punto di vista solo la riflessione mantiene inalterata la relazione tra pulsione obliqua e raggi matematici, ma non la rifrazione:

... è insufficiente a risolvere i fenomeni della rifrazione, è per questo deve essere rifiutato. Segue necessariamente da [questi] principi che i raggi rifratti non differiscono affatto nei loro effetti dai raggi riflessi, e di conseguenza escludono una delle più grandi bellezze della creazione, ossia la gloriosa e incantevole varietà dei curiosi colori che adorna e distingue gli abiti delle creature o i prodotti della creazione, e riduce in tutte le cose a un colore *Mezzzo tinto*, distinto solo nella misura della varietà di mescolamento di neri e bianchi, o dalla composizione di grigi.<sup>479</sup>

Nella mica questa variazione fisica avviene con il determinante concorso di una riflessione interna alle lamine, che ha effetti diversi e quindi produce colori diversi a causa dell'irregolarità dello spessore della lamina.<sup>480</sup> Sulla base di questa conclusione, che sarà superata da quella newtoniana nel breve volgere di un decennio, si ritiene che la teoria vibratoria sia capace di rendere conto di tutti i fenomeni della luce e dei colori, non solo quelli tradizionali del prisma o della palla di vetro, ma anche quelli delle lamine sottili e dei fosfori.<sup>481</sup>

Il fatto che due raggi di luce possano incrociarsi e sovrapporsi senza alterare il loro corso, considerato tradizionalmente un argomento contro la teoria corpuscolare, costituisce una questione rilevante anche per le teorie non corpuscolari. «Devo confessare», afferma Hooke, «che la considerazione riguardo alla necessità di propagazione di vari moti attraverso lo stesso corpo, nello stesso istante, confonde molto l'immaginazione».<sup>482</sup> Cartesio era ricorso alla distinzione del moto dalla tendenza al moto: «non è tanto il moto, quanto l'azione dei corpi luminosi che si deve ritenere come loro luce».<sup>483</sup> L'«azione» non è moto in atto, ma una propensione al moto che si concretizza in una «pressione» che si esercita tra i globuli eteri.<sup>484</sup> Mentre un corpo può muoversi solo in una direzione per volta, esso può «agire» in più direzioni contemporaneamente.

---

<sup>479</sup> Hall 1951: 221-2 (italiano nel testo); cfr. Birch 1756-7, III: 193-4.

<sup>480</sup> Hooke 1665: 65.

<sup>481</sup> Id.: 67.

<sup>482</sup> Hooke 1705: 133.

<sup>483</sup> Descartes 1983: 200.

<sup>484</sup> Descartes 1994, II: 180, 279.

L'«azione» è l'intervento che un corpo esercita sull'altro per mutarne lo stato di quiete o di moto; l'inerzia stessa è descritta da Cartesio come tendenza inerziale, azione o inclinazione alla stasi.<sup>485</sup> I problemi che un tale concetto è capace di risolvere sono, per Hooke, minori di quelli che pone:

Se la luce non è (come si afferma in *Diopt.*, cap. I § 8) propriamente un movimento, ma un'azione o propensione al moto, non posso concepire come l'occhio possa essere sensibile alla direzione (*veriticity*) di un globulo, che è generata in una goccia d'acqua, forse a un miglio di distanza da esso. Il globulo non è trasportato fino all'occhio, secondo il suo principio; se così non è non posso concepire come possa comunicare la sua rotazione o moto circolare alla linea dei globuli tra la goccia e l'occhio.<sup>486</sup>

Come può un corpo comunicare un moto a un altro senza essere esso stesso attualmente in moto? Se si riconosce che effettivamente si muove, bisogna chiedersi come possa comunicare più moti contemporaneamente.<sup>487</sup> L'argomento dell'istantaneità della trasmissione luminosa, richiamato da Cartesio, non è sufficiente a mantenere un tale principio. «Nonostante la propagazione sia istantanea, l'impressione di questo moto sul medio è momentanea»; ogni impulso è «momentaneo», ha un «*terminus a quo*» a un «*terminus ad quem*».<sup>488</sup> Sebbene anche Hobbes avesse rifiutato con decisione questo aspetto della teoria cartesiana, egli aveva parlato della luce nei termini di «pressione continua»<sup>489</sup>. Come Hooke, egli aveva mantenuto il principio dell'istantaneità della luce. Solo nell'opera di Huygens il rifiuto dell'azione cartesiana si congiunge con l'affermazione della natura di movimento della luce, che avviene nel tempo a una velocità finita.<sup>490</sup> Il cartesiano Rohault, di fronte a una tale questione aveva distinto la luce primaria, definita moto in atto del materia sottile, dalla luce secondaria, *conatus ad motum*.<sup>491</sup> La distinzione hookiana tra trasmissione e impressione della luce è, in questo senso, emblematica della sua posizione all'interno della

---

<sup>485</sup> Westafall 1982: 89-90; Koyré 1976: 335.

<sup>486</sup> Hooke 1665: 60.

<sup>487</sup> Hooke 1705: 133.

<sup>488</sup> Id.: 130.

<sup>489</sup> Hobbes 1839-45, V: 219; Id., I: 364; tr. it. Hobbes 1972: 424; cfr. Giudice 1994: 33-4.

<sup>490</sup> Huygens 1888-1950, XIX: 477.

<sup>491</sup> Rohault 1697: 128.

tradizione cinematografica nel XVII secolo. La critica alla teoria cartesiana che avviene nella *Micrographia* (1665) viene riproposta nelle *Lectures of Light* (1680-2), con una significativa variazione.<sup>492</sup> Di fronte alla questione della definizione del moto luminoso in relazione alla sua trasmissione istantanea, la «pressione» hobbesiana viene identificata con quella cartesiana, sulla base del *conatus ad motum*, principio assunto in meccanica da Hobbes:

Se Mons. Descartes con la sua propensione al moto e Mr. Hobbes con il suo *conatus* o sforzo di moto, non intendono un reale movimento locale, le loro nozioni non sono intelleggibili di fronte ad altre, né le hanno realmente comprese essi stessi. La semplice propensione al moto non è moto, e di conseguenza non può trasmettere un moto. La tendenza a muoversi non è movimento, e così non può propagare movimento: per la trasmissione del movimento è necessario movimento.<sup>493</sup>

La disputa con Newton, negli anni 1672-5, non sembra estranea al tentativo hookiano di ridefinire la sua teoria nei confronti della tradizione della dispersione cromatica. Più volte, infatti, Newton aveva accostato la teoria di Hooke a quella Cartesio, arrivando ad affermare che si trattasse di una semplice variazione della teoria cartesiana dell'azione nel mezzo, pur riconoscendo che si trattava di mezzi diversi.<sup>494</sup> Le incertezze di fronte agli esperimenti newtoniani spingono Hooke a una revisione della propria teoria, nel tentativo di adeguare l'ipotesi vibratoria alla diversa rifrangibilità dei colori affermata da Newton. La tendenza, comune a Boyle, Ward e Wallis, a considerare le teorie di Hobbes una riproposizione scarsamente originale della fisica cartesiana prevale in Hooke.<sup>495</sup> Ne risulta una distinzione delle rispettive teorie ottiche che va ben oltre i reali rapporti storici.

---

<sup>492</sup> Birch 1756-7, IV: 145

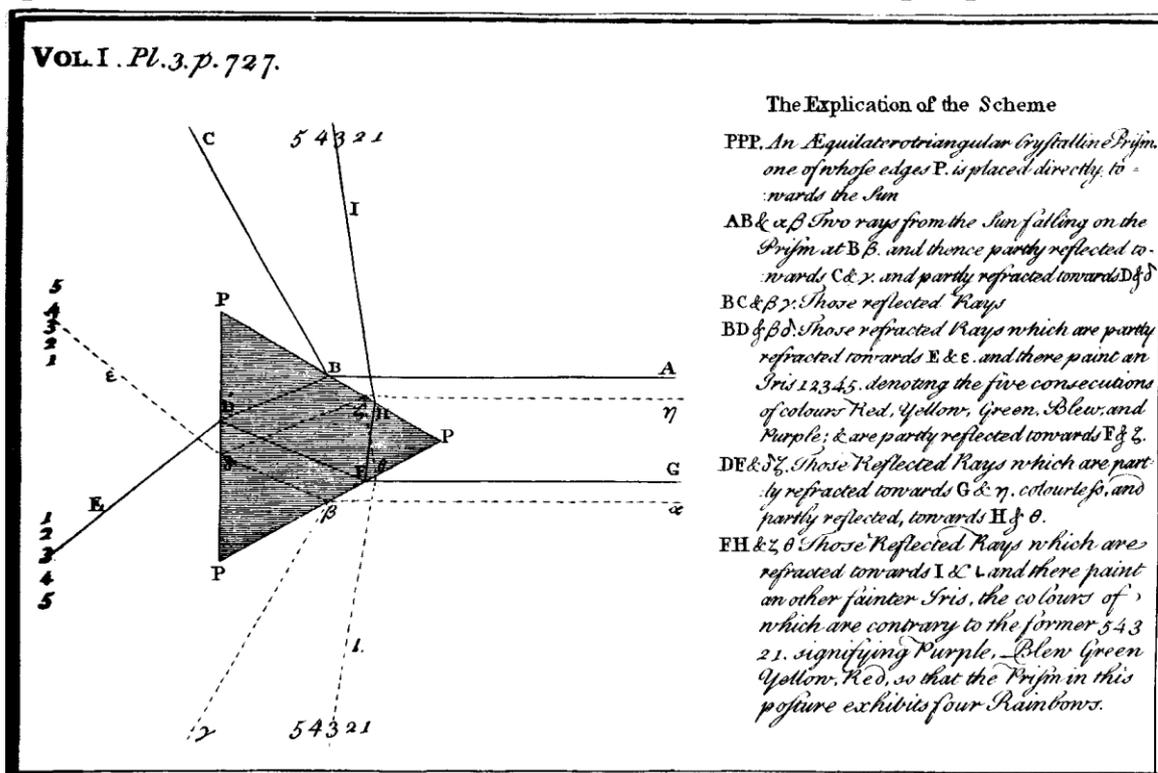
<sup>493</sup> Hooke 1705: 136.

<sup>494</sup> Newton 1959-77, I: 164, 405.

<sup>495</sup> Shapin-Schaffer 1994: 102-3; cfr. Sergio 2001.

## 2. Vibrazioni e rifrangibilità

Nel 1648 il filosofo ceco Johannes Marcus Marci aveva, per la prima volta nella storia dell'ottica, osservato che i raggi di luce, dopo una prima rifrazione che ha conferito loro un colore, mantengono quel colore anche a seguito di successive rifrazioni. La corrispondenza tra colori e gradi di rifrazione che ne risultava era però vanificata dall'assunzione di una concezione peripatetica dei



colori, quali specie immateriali che si propagano lungo i raggi di luce.<sup>496</sup> Non più attenzione vi dedicò Robert Boyle nel 1664. Descrivendo gli effetti che un raggio di luce subisce nell'attraversamento di un prisma regolare triangolare il cui angolo è posto direttamente di fronte alla luce del Sole osservò lo stesso fenomeno. Il raggio produce quattro distinte serie di iridi prismatiche, di cui due sono formate a seguito, nell'ordine, di una rifrazione in ingresso, due riflessioni interne al prisma, e una rifrazione in uscita.<sup>497</sup> Se ne poteva concludere che i raggi dopo una prima rifrazione che li scinde nelle loro componenti colorate si conservano tali anche a seguito di successive rifrazioni? Numerosi elementi spingono a dare una risposta negativa. Lo stesso raggio,

<sup>496</sup> Ronchi 1983: 179; Mocchi 1990: 219-24.

<sup>497</sup> Boyle 1772,I: 726-7; Mamiani 1976:85; Mamiani 1986: 36-8.

infatti, a seguito solo di due rifrazioni consecutive produce due iridi prismatiche, mentre dopo due rifrazioni divise da una sola rifrazione, si risolve in nuova luce bianca. Il carattere «concomitante e inseparabile», stabilito da Hooke, dell'obliquità della «pulsione orbicolare» seguente una rifrazione, è valido solo se il raggio «non è raddrizzato da una rifrazione contraria».<sup>498</sup> Qualunque teorico della dispersione cromatica, come Hooke e Boyle certamente erano, avrebbe considerato la formazione dell'iride colorata dopo due rifrazioni ascrivibile alla diversità tra i due rispettivi angoli d'incidenza. A conferma sembrava essere il caso della mancata produzione dei colori, in cui due rifrazioni successive, uguali e contrarie, si annullavano riportando la luce allo stato originario.

Ben diverso era il caso dell'esperimento che Newton sottopose alla Royal Society in una memoria del 1672. Un raggio di luce bianca che attraversa un primo prisma produce un fascio di raggi colorati. Facendo passare ognuno di essi attraverso un foro dopo il quale incontra un secondo prisma, parallelo al primo, il raggio viene nuovamente rifratto, ma il suo colore non muta.<sup>499</sup> Si tratta, secondo Newton, di un *experimentum crucis* che dimostra l'erroneità della teoria della dispersione cromatica. Se la luce bianca fosse originaria e incomposta, la seconda rifrazione dovrebbe alterare il colore del raggio. In realtà, afferma Newton, «la luce è un aggregato eterogeneo di raggi diversamente rifrangibili». Non è la luce bianca a generare i colori, ma i colori a formare la luce; la rifrazione non trasforma la luce nei colori, ma la scinde nei suoi componenti. Questa conclusione era considerata da Newton «non un'ipotesi, ma la più rigida conseguenza» dell'esperimento.<sup>500</sup> Nella discussione che seguì con i sostenitori della teoria della dispersione cromatica Newton ribadì che natura composta della luce bianca e carattere originario dei colori determinato da specifici gradi di rifrazione costituiscono affermazioni *de facto*, contrapposte dalle «ipotesi meccaniche» dei suoi avversari:

Non ho mai inteso mostrare in che consiste la natura e la differenza dei colori, ma soltanto mostrare che *de facto* essi sono qualità originarie e immutabili dei raggi che li esibiscono, lasciando

---

<sup>498</sup> Hooke 1665: 58.

<sup>499</sup> Newton 1959-77,I: 92-4.

<sup>500</sup> Id.: 96.

ad altri di spiegare la natura e la differenza di queste qualità attraverso ipotesi meccaniche, materia che non ritengo molto difficile.<sup>501</sup>

Lo scritto di Newton faceva seguito a una memoria in cui il giovane matematico di Cambridge aveva presentato un nuovo tipo di telescopio, che gli valse l'elezione alla Royal Society. Si trattava di un telescopio a riflessione capace di risolvere i problemi posti dalla dispersione cromatica allo sviluppo dell'ingrandimento per via rifrattiva. Il legame con la nuova teoria era evidente: la dispersione cromatica non costituiva, secondo Newton, un problema tecnico riguardante forma e molatura della lenti, bensì la conseguenza della natura composta della luce bianca. L'esito che questo avrebbe comportato per il suo programma di sviluppo dell'ingrandimento ottico non fu estraneo alla ferma opposizione che Hooke mostrò vero il nuovo *experimentum crucis*. Tuttavia le reazioni che filosofi meccanici come Hooke e Huygens ebbero verso la scoperta newtoniana appaiono più complesse di una contrapposizione tra diverse strategie in materia di strumentazione ottica.<sup>502</sup> Le reazioni all'*experimentum crucis* furono di diverso tipo: Hooke e Huygens accettarono entrambi la validità dell'esperimento, ma, mentre Hooke ne mise in discussione l'interpretazione da parte di Newton, Huygens considerò la diversa rifrangibilità dei raggi colorati di scarsa rilevanza per la determinazione della natura della luce.<sup>503</sup> In nessuno di questi casi l'individuazione di dati di fatto comunemente accettati da tutti i contendenti si avvicinò a «uno spazio tranquillo in cui sanare le divisioni».<sup>504</sup> La validità dell'esperimento e quella delle conclusioni da esso derivate non erano, singolarmente prese, oggetto di discussione. Hooke, Huygens e Newton si divisero sul modo in le une si collegavano alle altre, sulla legittimità delle differenti teorie in relazione agli esperimenti.<sup>505</sup>

Al seguito della lettura del saggio di Newton presso la Royal Society, a Hooke, in qualità di curatore degli esperimenti, fu assegnato il compito di verificare la validità dell'esperimento del doppio prisma. Come afferma egli stesso, le prove furono assai

---

<sup>501</sup> Id.: 264; cfr. Mamiani 1992: 222; Sacco 2009: 132-41.

<sup>502</sup> Cfr. Schaffer 1989: 69-86.

<sup>503</sup> Guicciardini 1998:27.

<sup>504</sup> Shapin-Schaffer 1994:94.

<sup>505</sup> Mamiani 2000: 144.

numerose ma l'esito non lasciò alcun dubbio. L'esperimento era valido, ma non altrettanto la sua interpretazione:

Ho letto con attenzione l'eccellente discorso del signor Newton sui colori e le rifrazioni, e sono stato compiaciuto non poco della sottigliezza e curiosità delle sue osservazioni. Ma, per quanto concordo interamente con lui sulla verità di quelli che ha allegato, avendoli a seguito di centinaia di prove trovati tali, sulla sua ipotesi di salvare da qui i fenomeni dei colori confesso che non posso vedere nessun argomento innegabile che mi convinca della sua certezza.<sup>506</sup>

Le conclusioni avanzate non sono constatazioni *de facto* ma ipotesi al pari di altre; l'esperimento non costituisce un *experimentum crucis* ma una prova aperta a diverse spiegazioni. *De facto* è per Hooke solo l'affermazione secondo cui i raggi colorati, prodotti da una rifrazione della luce bianca, mantengono il loro grado di rifrazione inalterato in ogni rifrazione successiva.<sup>507</sup>

Sulla base della certezza sperimentale delle sue osservazioni e delle sue conclusioni, Newton aveva affermato nella lettera un principio che ripeterà più volte nella sua corrispondenza su questi argomenti, fino all'*Ottica* (1704). La diversa rifrangibilità connaturata ai colori e la natura composta della luce bianca fanno dell'ottica fisica una scienza matematica al pari dell'ottica geometrica. Sottratta ai «naturalisti» diviene una scienza in cui la certezza dimostrativa prende il posto della confusione generata dal dominio delle ipotesi meccaniche.<sup>508</sup> La possibilità di fare dell'ottica una conoscenza dimostrativa faceva parte anche del programma metodologico di Robert Hooke. Se la luce costituisce una vibrazione determinata di un mezzo specifico, se ne può ridurre la «teoria a calcolo ed esattezza matematica, senza i quali tutte le altre vie non sono che tentativi casuali, che non producono conclusioni certe e dimostrative».<sup>509</sup> Il caso degli anelli colorati della lamina sottili è emblematico dei limiti del progetto di Hooke di fronte alla scienza matematica inaugurata da Newton. Con un acuto senso sperimentale egli aveva osservato l'ordine dei diversi colori e l'alternanza degli

---

<sup>506</sup> Newton 1959-77,I: 110; cfr. Id: 195.

<sup>507</sup> Id.: 202, 111.

<sup>508</sup> Id.: 96-7.

<sup>509</sup> Hooke 1705: 116.

anelli opachi, aveva sottoposto le lamine al microscopio, osservandone il diverso spessore che aveva richiamato poi nella sua spiegazione della formazione dei colori. Ma la sua analisi, come la sua ipotesi, era irrimediabilmente qualitativa. Laddove Hooke si era limitato a osservare il diverso spessore delle lamine, Newton ne aveva determinato il valore. Non si trattava di una differenza trascurabile, ma di una distanza notevole, tale da separare una filosofia sperimentale e qualitativa dalla nuova scienza sperimentale e matematica.<sup>510</sup> Newton riuscì a misurare il diverso spessore d'aria che compone la mica basandosi sulla conoscenza della curvatura delle lenti che lo producono, di cui conosceva l'angolo di rifrazione. I diversi anelli e i rispettivi colori vengono quindi connotati dallo spessore variabile del vetro che, a sua volta, corrisponde al diverso indice di rifrazione dei raggi colorati.<sup>511</sup>

Nella lettera del 1672 erano presenti alcune affermazioni che lasciavano trasparire un legame tra le convinzioni atomistiche del giovane Newton e la nuova teoria dei colori che si andava sviluppando. «Se le cose stanno così», scriveva Newton a seguito dell'*experimentum crucis*, «non si può più a lungo disputare se i colori esistano al buio, né se sono qualità degli oggetti che vediamo, e né, forse, se la luce è un corpo».<sup>512</sup> Nonostante avesse inteso distinguere fermamente la teoria dei colori dall'ipotesi della luce, Newton non aveva fatto segreto di considerare quella atomistica come un'ipotesi sperimentale in accordo alla natura dei colori molto più di quanto potesse esserlo quella ondulatoria, ritenuta per di più un'ipotesi meccanica.<sup>513</sup> Nella lettera del 1672 c'era un *forse*, che sembrava attenuare la piena affermazione della natura corpuscolare della luce da parte del suo autore. Non è insolito che a distanza di lungo tempo, nel 1717, Newton appaia ancora intento a chiedere, secondo lo stile proprio delle sue questioni: «i raggi di luce non sono corpi piccoli emessi da sostanze luminose?». <sup>514</sup> È difficile credere che, come nella *query* del 1717, anche nella lettera del 1672 non ci si trovi di fronte alla espressione, per quanto cauta, di un convincimento profondo, che sta a fondamento dell'opera newtoniana nel campo

---

<sup>510</sup> Koyré 1972: 45.

<sup>511</sup> Newton 1779-85, IV: 120-36; tr. it. Newton 1978: 443-64.

<sup>512</sup> Newton 1959-77, I: 100.

<sup>513</sup> Shapiro 2002: 228, 231-2, 250.

<sup>514</sup> Newton 1779-85, IV: 238; tr. it. Newton 1978: 577.

dell'ottica.<sup>515</sup> Non mostrava dubbi Robert Hooke, che nello scritto newtoniano aveva letto non una teoria dei colori distinta da una ipotesi sulla luce, bensì una teoria atomistica unitaria di luce e colori:<sup>516</sup>

Mentre il signor Newton crede che io sia contrario a causa di pregiudizi da parte di mia, lo assicuro che ho insistito e posso aver insistito chiunque altro, solo a mostrare che questa o quell'ipotesi non era assolutamente necessaria, quale il signor Newton sembrava supporre fosse la propria ipotesi corpuscolare. Se ho mal compreso il suo senso, chiedo il suo perdono. Le sue parole sembrano affermative: se le cose stanno così, non si può più a lungo disputare se i colori esistano al buio, né se sono qualità degli oggetti che vediamo, e né, forse, se la luce è un corpo etc.<sup>517</sup>

La corrispondenza tra ipotesi corpuscolare e teoria della diversa rifrangibilità dei colori era scorta da Hooke nel principio della natura composta della luce. D'altronde, a detta dello stesso Newton, questo si accordava al meglio con l'ipotesi corpuscolare: «assunta la sua prima proposizione, secondo cui la luce è un corpo, e che tanti sono i colori o i gradi quanti possano essere, ci possono essere molti diversi tipi di corpi, che tutti composti insieme darebbero la luce bianca».<sup>518</sup> Tutto ciò non appariva tanto distante dalla corrispondenza posta da Charleton tra colori e atomi di differenti, forme, dimensioni e moto.<sup>519</sup> Per quanto la concezione atomistica pre-newtoniana della luce, intesa come «moto locale di atomi specifici», si fosse accordata alla teoria della dispersione cromatica, la nuova ipotesi sembrava costituire per Hooke una variazione interna a quella tradizione, tale da conciliarla con quanto emerso dall'esperimento del doppio prisma. Eppure, secondo Hooke, una spiegazione alternativa di quell'esperimento era possibile:

Per quanto possa essere certo della mia ipotesi, che non ho assunto senza prima provare una centinaia di esperimenti, sarei molto lieto di trovarmi di fronte a un *experimentum crucis* da parte del signor Newton, che potrebbe allontanarmi da essa. Ma non è quello

---

<sup>515</sup> Casini 1983: 43.

<sup>516</sup> Newton 1959-77, I: 195.

<sup>517</sup> Id.: 198.

<sup>518</sup> Id.: 113.

<sup>519</sup> Charleton 1654: 190-2; Gassendi 1648, I: 195-6, 277-8, 393-4, 422-7, 435.

che egli definisce in tal modo che produrrà il cambiamento, in quanto lo stesso fenomeno sarà spiegato (*salved*) dalla mia ipotesi tanto bene quanto dalla sua, senza alcun tipo di difficoltà o distorsioni, piuttosto tenterò di mostrare un'altra ipotesi diversa dalla mia e dalla sua, che potrà fare la stessa cosa.<sup>520</sup>

In una lettera a Pardies dello stesso anno, Newton aveva affermato che sarebbe stato facile adattare all'esperimento anche l'ipotesi cartesiana, in quanto «basterebbe dire che i globuli sono diversi, o che le pressioni di alcuni globuli sono più forti di quelle degli altri, e quindi rifrangibili in modi diversi».<sup>521</sup> Si riconosceva in tal modo, con tutti i limiti che questo poteva avere per Newton, la possibilità di adeguare l'ipotesi vibratoria all'evidenza della diversa rifrangibilità. Se questa proprietà non si poteva considerare connaturata ai raggi colorati prima della rifrazione che scompone la luce bianca, come sarebbe stato possibile spiegarne l'immutabilità alle successive rifrazioni? E come distinguere questa proprietà dalla connotazione corpuscolare che l'intera teoria newtoniana sembrava avere? Nella *Micrographia* Hooke aveva affermato che l'obliquità della pulsione determinata nella rifrazione costituiva una proprietà costante e immutabile dei raggi colorati solo fino a quando una nuova rifrazione, uguale e contraria alla precedente, l'avesse modificata.<sup>522</sup> Questo voleva dire, in altri termini, che il grado di rifrangibilità dei raggi colorati non veniva considerato in alcun modo immutabile. Si trattava di un moto trasmesso dal mezzo etereo, che, in quanto tale, era soggetto alle comuni condizioni di alterazione dei movimenti.

L'evidenza sperimentale dell'esperimento del doppio prisma però pone Hooke di fronte all'esigenza di riconoscere il carattere immutabile, sebbene non originario e connaturato dei colori. Sembra che il solo modo per salvare l'ipotesi vibratoria della luce fosse quello di adattarla a questa nuova evidenza. Il 1672 rappresenta un momento cruciale per le convinzioni in materia di luce e colori di Robert Hooke. La polemica con Newton non ha significato solo la difesa della propria ipotesi ottica attraverso la difesa del ruolo delle ipotesi nella nuova scienza. Questo aspetto,

---

<sup>520</sup> Newton 1959-77,I: 110-1.

<sup>521</sup> Id.: 167-8.

<sup>522</sup> Hooke 1665: 58.

pure assai rilevante, ha finito con l'oscurare agli occhi degli storici un altro significativo aspetto. Nel tentativo di spiegare il diverso grado di rifrangibilità in termini vibratorii Hooke giunse quasi fino al punto di stravolgere la brillante teoria che aveva presentato solo pochi anni prima. Egli infatti iniziò con l'associare ai diversi raggi colorati risultanti dalla prima rifrazione prismatica della luce bianca, vibrazioni corrispondenti ai diversi gradi di rifrazione. Il mantenimento di questa proprietà, che pure rimaneva acquisita dalla prima rifrazione, poteva essere spiegato con il ricorso a un concetto fondamentale della filosofia naturale di Hooke, la congruità. Già nel 1661, parlando genericamente del diverso grado di rifrazione di mezzi differenti, Hooke aveva chiamato in causa la maggiore o minore congruità di questi con le vibrazioni luminose.<sup>523</sup> Nella *Micrographia* poi aveva fatto ricorso alla congruità dei corpuscoli responsabili del colore dei corpi, per spiegare la mutazione del colore di questi ultimi a seguito di processi chimici.<sup>524</sup> D'altronde solo questa proprietà poteva costituire per Hooke la base sulla quale spiegare in termini non atomistici la nuova proprietà. C'è un periodo, rappresentato dalla corrispondenza con Newton durante il 1672, in cui Hooke afferma che a ogni grado di rifrangibilità potrebbe corrispondere una vibrazione specifica che permanerebbe costante attraverso successive rifrazioni nell'etere ad essa e solo ad essa congruo:

Credo che il signor Newton non riterrà cosa difficile salvare tutti fenomeni con la mia ipotesi, non solo quelli di prisma, liquori colorati e corpi solidi, ma anche dei colori dei corpi sottili, che sembrano avere la più grande difficoltà. Se è così, in base alla mia ipotesi posso concepire il bianco o moto uniforme della luce composto di moti composti di tutti gli altri colori, così come ogni moto uniforme e rettilineo può essere composto di centinaia di moti composti.<sup>525</sup>

Questa concezione si ritrova nell'immagine, tipica della teoria vibratoria della materia, di diverse vibrazioni «dormienti» nella luce bianca e assunte a seguito della sua rifrazione.<sup>526</sup> Probabilmente la

---

<sup>523</sup> Hooke 1661: 26-7.

<sup>524</sup> Hooke 1665: 70.

<sup>525</sup> Newton 1687-89, I: 114.

<sup>526</sup> Id.: 111.

sua origine si trova nella *Physiologia* di Charleton, in cui il problema della presenza o assenza dei colori in assenza di luce veniva risolto richiamando la disposizione atomica superficiale dei corpi, considerata solo potenzialmente colorata sebbene incolore in assenza di luce:

Come le diverse pipe in un organo, che per quanto in sé stesse tutte equamente insonore, o prive di suono, hanno un'uguale disposizione, dipendente dalla loro configurazione, a emettere un suono, a seguito dell'immissione di vento dai mantici, e come i semi dei tulipani sono in inverno equamente privi di fiori, eppure contengono, nelle loro virtù seminali, una capacità o disposizione a emettere diversi fiori colorati sotto l'effetto del calore della primavera, così tutti i corpi possono allo stesso modo, nonostante li riteniamo privi attualmente incolore, mantenere nel buio la capacità da cui ognuno di essi sotto l'effetto della luce può apparire ricoperto di questo o quell'altro particolare colore, a seconda della posizione determinata delle sue particelle superficiali.<sup>527</sup>

Allo stesso modo la luce bianca di Hooke poteva disporre della capacità, acquisita solo per rifrazione, di muovere un etere congruo a vibrazioni corrispondenti a un determinato grado di rifrazione.

Newton colse immediatamente questi importanti cambiamenti presenti tra le righe delle repliche di Hooke. «Le vibrazioni dell'etere», ammette in una risposta dello stesso anno, «sono utili e necessarie in questa [ipotesi corpuscolare], come nella sua». Nella *Nuova ipotesi* del 1675 rivela perfino di credere che «egli ha cambiato la sua precedente concezione dei colori composti solo da quei due originari, prodotti dai due lati di un impulso obliquo, e ha accomodato la sua ipotesi a questa mia indicazione secondo cui i colori, come i suoni, sono diversi a seconda della diversa dimensione degli impulsi».<sup>528</sup> Che Newton si sia spinto troppo oltre lo testimoniano le parole dello stesso Hooke, che, per converso, giudica la presentazione della teoria newtoniana nella forma del 1675, una «nuova ipotesi»,<sup>529</sup> che per la sua apertura alla teoria vibratoria, viene addirittura ritenuta già contenuta nella *Micrographia*,<sup>530</sup> o comunque nella propria teoria vibratoria.<sup>531</sup>

---

<sup>527</sup> Charleton 1654: 186; cfr. Guerlac 1986: 17.

<sup>528</sup> Newton 1959-77, I: 362-3.

<sup>529</sup> Hooke 1935: 200.

<sup>530</sup> Birch 1756-7, III: 269.

Tuttavia l'effetto prodotto dall'*experimentum crucis* del 1672 si dimostrò tale solo da mettere in dubbio alcune delle convinzioni di Hooke. O meglio la disposizione di Hooke a modificare la sua teoria all'esperimento non si dimostrò sufficiente al compito che si era prefisso. I cambiamenti che erano richiesti rischiavano, infatti, di portare a una teoria vibratoria in pieno accordo agli esperimenti ma ormai incompatibile con i principi ai quali, fin dall'inizio, era stata improntata. Il postulato fondamentale della natura semplice della luce bianca non era mai stato messo in dubbio da Hooke. Anche ammettendo che i colori corrispondano a vibrazioni specifiche, non è detto che queste siano originarie. Rosso e blu, gli estremi dello spettro, rimangono le due vibrazioni principali dal cui mescolamento si producono le altre:

Quanto al fatto che vi sia un'infinita varietà di colori, tra i quali ci sono giallo, verde, viola, porpora, arancione ecc., e un numero indefinito di gradazioni intermedie, a questo non posso assentire, ritenendo interamente inutile moltiplicare gli enti senza necessità, dal momento che ho mostrato che tutte le varietà dei colori nel mondo possono essere prodotte con l'aiuto di due.<sup>532</sup>

Sviluppare la suggestione delle diverse vibrazioni colorate, caratterizzate dalla costanza del grado di rifrazione, avrebbe condotto Hooke a rivedere la natura del mezzo che trasmette la luce. Al ricorso, contro i cartesiani, a un etere specifico per la luce Hooke avrebbe dovuto far seguire una sua successiva, ulteriore differenziazione. È probabile che questo sia parso in contraddizione insanabile con il postulato fondamentale dell'omogeneità della luce bianca, vibrazione identificata irrimediabilmente con un etere composto da eteri corrispondenti ai diversi gradi di rifrazione. Il postulato di un mezzo specifico congruo a vibrazioni colorate specifiche poteva apparire agli occhi di Hooke un concetto troppo simile alle particelle colorate specifiche degli atomisti, un'aperta violazione del principio della semplicità meccanicistica. Come gli atomi coloriferi le vibrazioni colorifere non sarebbero state altro che entità teoriche né dimostrabili, né necessarie. In una lettera di Newton del 1673 si può scorgere con chiarezza ciò che Hooke

---

<sup>531</sup> Hooke 1935: 206.

<sup>532</sup> Newton 1959-77, I: 113.

considerava contrario ai principi che si esprimevano nella sua filosofia meccanica e sperimentale:

Non è più facile immaginare un'ipotesi assumendo soltanto due colori originari piuttosto che un' indefinita varietà, a meno che non sia più facile supporre che ci siano soltanto due figure, misure e gradi di velocità o di forza dei corpuscoli o degli impulsi eterei piuttosto che un' indefinita varietà.<sup>533</sup>

Negli scritti dedicati alla luce, al termine delle polemiche degli anni '70, non c'è traccia del tentativo di inserire la diversa rifrangibilità dei colori nella teoria vibratoria. Nell'abbandonare una strada che mai pienamente intraprese, Hooke apparirà convinto di quella che si configurava al contempo come una necessità e una possibilità: la spiegazione dei fenomeni dei colori senza ricorrere a postulati di entità specifiche. Era l'antiatomismo della sua immagine della natura, presente nel rifiuto della teoria globulare cartesiana e rinforzato dai nuovi fenomeni della luce (fosfori e pellicole sottili), che continuava a condizionare in modo determinante le opinioni in fatto di luce e colori. La convinzione che questo generava nei confronti della teoria vibratoria della luce era tale da portare a considerare sostanzialmente secondari i fatti emersi dall'esperimento newtoniano. Più volte Newton si era appellato a una obiezione ai suoi occhi fondamentale verso la teoria vibratoria:

A me la stessa supposizione fondamentale sembra impossibile, cioè che le onde o vibrazioni di qualunque fluido possano essere propagate in linee rette come i raggi di luce, senza un continuo e molto eccessivo (*extravagant*) allargarsi e incurvarsi in ogni direzione nel mezzo in quiete, nei luoghi in cui questo li delimita.<sup>534</sup>

«Infatti», ribadirà nei *Principia*, «poiché la luce è propagata secondo linee rette la luce non può consistere di sola azione».<sup>535</sup> Com'è noto a questa obiezione può fornire una risposta soddisfacente solo il concetto di unificazione del raggio nella normale al fronte d'onda di Huygens. Hooke, che aveva escluso la linea di luce di Hobbes a favore di un impulso obliquo ai lati del raggio, non riteneva

---

<sup>533</sup> Id.: 264.

<sup>534</sup> Id.: 175.

<sup>535</sup> Newton 1779-85, II: 446; tr. it. Newton 1965: 577.

l'obiezione newtoniana davvero fondamentale. Essendo inconciliabile con la teoria vibratoria della luce la trasmissione rettilinea della luce appariva facilmente risolvibile attraverso l'osservazione dell'esistenza di un importante fenomeno in cui la luce devia dalla sua traiettoria rettilinea:

Vorrei piuttosto rimuovere l'apparente impossibilità che egli ha posto alla supposizione fondamentale. Per prima cosa affermo che oltre alla trasmissione della luce in linea retta esiste una propagazione della luce per linee rette che deflettono nell'ombra buia o nel mezzo in quiete dalla superficie o termine del corpo opaco.<sup>536</sup>

Dopo che era stata scoperta da Francesco Maria Grimaldi nel 1666 la diffrazione entra nei dibattiti sulla luce degli anni '70, grazie al sostegno che sembra fornire alla teoria vibratoria della luce. Osservando il comportamento di un raggio di luce dopo aver attraversato un foro circolare Grimaldi vide i suoi lati incurvarsi verso il buio e produrre serie colorate. Il percorso del raggio non seguiva le regole dell'ottica geometrica e della trasmissione rettilinea. Non si trattava né di riflessione né di rifrazione. Inoltre si poteva osservare la formazione dei colori senza rifrazione. Secondo Grimaldi il fenomeno è dovuto al dividersi e scomporsi del raggio di luce ai margini, a contatto con le pareti del foro. La luce, infatti, era ritenuta, almeno nel primo libro, un «fluido straordinariamente celerissimo, e almeno talvolta anche in modo ondulatorio, diffuso per il corpo diafano».<sup>537</sup> Questo fluido materiale e continuo si propaga attraverso il mezzo diafano secondo una linea che solo all'apparenza è retta, mentre in realtà dal punto di vista matematico è flessuosa e ondulatoria. Generando una significativa ambiguità nella sua concezione della luce il pienista Grimaldi, che descrive il fluido in termini continui, la ritiene composta da corpuscoli. Nel loro attraversamento dell'etere quest'ultimi vengono continuamente deviati dalla traiettoria rettilinea, che sempre, dopo ogni urto, tendono a ristabilire.<sup>538</sup>

Quando, nel 1672, Hooke fa riferimento per la prima volta alla diffrazione, non cita mai Grimaldi, ma presenta il fenomeno come

---

<sup>536</sup> Id.: 200.

<sup>537</sup> Grimaldi 1665: 12; cfr. Ronchi 1983: 146, 157-9, 168.

<sup>538</sup> Gatto 2000: 35, 48-9.

una «nuova proprietà della luce», come se ignorasse l'esistenza della *Physico-mathesis de lumine*. È necessario tener presente che del fenomeno si aveva ancora una scarsa comprensione. Hooke, che non usa il termine diffrazione, infatti non aveva osservato la presenza di colori ai margini del raggio incurvato, ritenendo forse che questa mancata corrispondenza con la descrizione di Grimaldi potesse conferirgli una priorità nella scoperta.<sup>539</sup> Alcuni elementi fanno escludere l'ipotesi che egli non conoscesse l'opera di Grimaldi, anche se poteva non disporne direttamente. Nel 1666 sul *Journal des Scavans* alla diffrazione era stato dedicato uno spazio adeguato alla sua importanza, con la giusta enfasi posta sulla novità della nuova proprietà mostrata dalla luce.<sup>540</sup> Inoltre Honoré Fabri aveva riprodotto, con risultati migliori di Hooke, l'esperimento, che era entrato nella corrispondenza di Henry Oldenburgh, garanzia di sicura diffusione presso la Royal Society.

Alla «nuova proprietà» Hooke dedica per la prima volta una relazione alla Royal Society nel novembre del 1672, in cui il comportamento della luce viene ascritto all'abbandono della trasmissione rettilinea.<sup>541</sup> Questo appare l'elemento decisivo per fare della diffrazione un argomento fondamentale del dibattito sulla luce. Lo stesso non avviene per la doppia diffrazione, della quale pure Hooke era venuto a conoscenza prima della memoria newtoniana.<sup>542</sup> Il fenomeno, altrettanto importante, è allora considerato forse troppo oscuro e certamente poco significativo da entrambi i contendenti, Hooke e Newton. Solo a fine secolo Christiaan Huygens, dopo averlo spiegato con la formazione di due treni di onde all'interno del cristallo, arriverà a considerarlo l'*experimentum crucis* della teoria ondulatoria.<sup>543</sup> In una nuova relazione alla società del 1675, Hooke sembra ritenere la deviazione della luce effetto della ineguale densità delle parti costituenti del raggio.<sup>544</sup> Sebbene la luce bianca sia caratterizzata nella teoria vibratoria dalla perpendicolarità della pulsione ai lati del raggio, la «nuova proprietà» sembra indicare che anche nel mezzo omogeneo le differenze tra i caratteri dei lati, che nei mezzi disomogenei originano i colori, sono

---

<sup>539</sup> Hall 1990: 17-9; Dilworth-Sciuto 1984: 32-5.

<sup>540</sup> Vol. XXXV, 1666: 407-11.

<sup>541</sup> Birch 1756-7, III: 54, 63. Hooke 1935: 14.

<sup>542</sup> Birch 1756-7, II: 448-9.

<sup>543</sup> Huygens 1888-1950, X: 613; cfr. Id., XIX: 476-7; D'Elia 1985: 283.

<sup>544</sup> Hooke 1705: 190; Hooke 1935: 153; Birch 1756-7, III: 194-5.

rilevanti per la sua trasmissione. Quando ormai la polemica con Newton è terminata lasciando la teoria vibratoria nella sua sostanziale integrità, anche la diffrazione non sortisce più alcun effetto su di essa, se non quello di mostrarne, ancora una volta, i legami troppo forti con la teoria della materia vibratoria per poter essere significativamente modificata.

# Le Attrazioni

## 1. Congruità e filosofia magnetica

Nell'*Attempt* del 1661 la nuova proprietà della materia di cui si annunciava la scoperta, la congruità, era stata definita il «coefficiente nelle più importanti operazioni della Natura». <sup>545</sup> Era inevitabile pertanto che questa svolgesse un ruolo anche nel grande enigma della filosofia sperimentale rappresentato all'epoca dalla gravità. In modo analogo in cui agisce la gravità, la congruità fa tendere i corpi simili a congiungersi. Tuttavia sebbene la nuova proprietà abbia contribuito a indirizzare le ricerche di Hooke in una direzione decisamente lontana da quella del meccanicismo tradizionale, <sup>546</sup> l'identificazione tra congruità e gravità non ha mai rappresentato un'ipotesi reale per Hooke. Nell'*Attempt* la gravità è considerata un possibile fattore di alterazione dell'azione della congruità. La forma sferica che corpi simili tendono ad assumere, si legge, «è alterata da un moto naturale, qual è la gravità, o violento, come qualsiasi moto accidentale dei fluidi». <sup>547</sup>

Anche se non sempre l'unione della materia sottoposta all'azione di queste forze si realizza in una forma globulare o sferica, tra congruità e gravità esiste un'evidente similitudine nell'azione sui corpi. Se la forma sferica dei corpi congrui è l'effetto anche della pressione del fluido incongruo che li circonda, la sfericità della Terra potrebbe venir spiegata «supponendo il globo di terra, acqua e aria incluso in un fluido eterogeneo a ognuno di loro (...) che si sforza di spingere tutti i corpi terrestri più lontano possibile da esso, e in parte da questo e in parte da altre sue proprietà, di muoverli verso il centro della Terra». Allo stesso modo la forma che contraddistingue «il Sole, le stelle e i pianeti» si potrebbe ritenere l'effetto di un etere altrettanto eterogeneo alla loro materia. <sup>548</sup>

L'analogia istituita sotto l'effetto della congruità tra la Terra e tutti gli altri corpi celesti si configura come il contributo più rilevante all'indagine sulla gravità. Indica a Hooke che le forze che governano

---

<sup>545</sup> Hooke 1661: 41.

<sup>546</sup> Westfall 1982: 347-8.

<sup>547</sup> Hooke 1661: 13.

<sup>548</sup> Id.: 28-9.

pianeti, satelliti e comete sono riconducibili a principi fisici comuni. Anche quando della gravità Hooke avrà indicato una causa fisica ben distinta, quest'analogia continuerà a rappresentare il principale argomento a favore di un sistema del mondo unificato da leggi comuni. Nel 1682 il principio universale della gravità viene così descritto:

Per gravità intendo quel potere che causa il movimento l'uno verso l'altro dei corpi di natura simile o omogenea, fin quando non sono uniti; o quel potere che sempre spinge o guida, attrae o imprime in loro un moto che tende in quella direzione o li rende uniti.<sup>549</sup>

Altri argomenti contribuiranno a rafforzare quest'analogia: l'esistenza di una rotazione comune ai pianeti e presente anche nel Sole, come risulta dalle sue macchie; la presenza di corpi che ruotano intorno a pianeti primari, come Giove e Saturno, oltre che alla Terra.<sup>550</sup> Tuttavia la figura sferica continuerà a costituire per Hooke l'indice principale dell'azione su corpi diversi di un comune principio di gravità. La dimostrazione dell'ipotesi sulla gravità dell'*Attempt* si fondava sull'esistenza di un etere dotato di determinate caratteristiche. «Dell'esistenza di un tale fluido», affermava Hooke, «potrei riprodurre molti esperimenti e ragioni che la provano». Ma la mancanza di quella dimostrazione non era ascrivibile solo alla lunghezza degli esperimenti sull'esistenza dell'etere o alle possibili polemiche che questi avrebbero potuto causare. In realtà l'ipotesi sulla gravità che veniva prospettata era già allora considerata secondaria, «perché», afferma Hooke, «conosco un'ipotesi più probabile per la gravità, che posso produrre dagli esperimenti».<sup>551</sup> Nella *Micrographia*, terminata nel 1664 e in cui viene riprodotto il breve saggio del 1661, queste parole non vengono più ripetute. A partire dal 1662 Hooke era stato coinvolto, in qualità di curatore degli esperimenti, nel programma di indagini della Royal Society destinate a portare alla luce possibili variazioni degli effetti della gravità con l'altitudine.<sup>552</sup> Per Hooke si trattava della «prosecuzione dell'esperimento del mio Lord Verulamio,

---

<sup>549</sup> Hooke 1705: 176.

<sup>550</sup> Id.: 91-2.

<sup>551</sup> Hooke 1661: 28.

<sup>552</sup> Birch 1756-7, I:154; cfr. Sprat 1667: 227.

concernente la diminuzione della gravità tanto più un corpo è allontanato dalla superficie della Terra». <sup>553</sup>

Nella *Sylva* Bacone aveva ritenuto «molto probabile che l'azione della gravità agisca debolmente sia lontano dalla Terra sia all'interno». <sup>554</sup> Anche Cartesio aveva pensato a un esperimento per misurare il peso dei corpi e la loro possibile variazione, simile a quelli che saranno realizzati alla Royal Society. <sup>555</sup> Inoltre gli esperimenti di Pascal al Puy de Dome sembravano costituire un precedente assai promettente. Si decise così di confrontare peso, altezza del mercurio nel barometro e periodo di oscillazione del pendolo alla base e all'apice dei più alti edifici di Londra, l'abbazia di Westminster e la cattedrale di Saint Paul. Gli esperimenti furono condotti in diverse fasi, dalla fine del 1662 al 1665, per essere poi riproposti, senza successo, nel 1675. <sup>556</sup> Il programma sperimentale più baconiano che i baconiani avessero mai intrapreso si dimostrò, in realtà, un vicolo cieco. In un primo esperimento del 1662 Hooke aveva registrato una variazione nel peso di una sfera di metallo. Negli esperimenti successivi l'effetto non si ripresentò. «Questo», scrive Hooke, «mi confermò ulteriormente che la prima variazione dipendesse da qualche altro accidente, e non dalla diversa gravità dello stesso corpo». <sup>557</sup>

A fondamento dell'intero programma vi era l'idea che la gravità potesse consistere in una forma di attrazione di tipo magnetico. L'analogia tra la gravità e il magnetismo costituiva la «nuova ipotesi» di cui Hooke scrisse in una lettera a Boyle. <sup>558</sup> Molto probabilmente è l'ipotesi che aveva in mente già nel 1661 e che dalla fine dell'anno successivo prese a indagare. Non si trattava di qualcosa di estraneo e successivo al programma baconiano d'indagine della gravità assunto dalla Royal Society. Contrariamente a quanto è stato sostenuto, <sup>559</sup> l'interesse dei baconiani inglesi per l'opera del Lord Cancelliere non si è concentrato esclusivamente sulla sua metodologia, per quanto l'immagine della scienza di Bacone rappresenti la parte più rilevante della sua opera che influenzò la scienza inglese del XVII secolo. La

---

<sup>553</sup> Id.: 163.

<sup>554</sup> Id., II: 354.

<sup>555</sup> Dugas 1954: 152.

<sup>556</sup> Birch 1756-7, I: 454-5, 461; Id., II: 57; Hooke 1935: 159; Boyle 2001: 303-4, 312, 315-6, 324-5.

<sup>557</sup> Birch 1756-7, I: 164; Boyle 2001: 325.

<sup>558</sup> Boyle 2001: 119.

<sup>559</sup> Rees 1977: 29-30.

filosofia naturale baconiana e la sua cosmologia costituiscono un insieme complesso dai caratteri oscuri e lontani dalle nuove immagini della natura predominanti nella seconda metà del secolo. Tuttavia non si trattava di qualcosa di più lontano da meccanicismo e corpuscolarismo di quanto fosse l'immagine della natura che emerge da testi come il *De magnete*.

L'interesse che Hooke mostra verso la filosofia naturale baconiana, parimenti a quello dimostrato per l'opera di Gilbert, è dettato dall'insoddisfazione verso le soluzioni cartesiane ai problemi posti dalla nuova cosmologia eliocentrica ed ellittica. È proprio la sua immagine baconiana della scienza che porta a ritenere i vortici insufficienti e inadatti alla nuova astronomia. Il ricorso baconiano a un «appetito all'unione», sul quale si fondava la proposta d'indagine delle variazioni della gravità, era considerato parte di una più ampia concezione della materia e della gravità, della Terra e dei corpi celesti, di cui l'analogia con il magnetismo costituiva l'elemento portante:

La gravità, nonostante sia uno dei più universali principi attivi del mondo, e di conseguenza deve essere il più considerevole, ha avuto il cattivo destino di essere stata sempre finora considerata diversamente, fino ad essere ignorata e trascurata. Ma la curiosità di questa ultima età ha iniziato a trovare argomenti per formare nuovi pensieri su di essa. Gilbert ha iniziato immaginandola un potere attrattivo magnetico, inerente alle parti del globo terrestre; anche il nobile Verulamio ha, in parte, abbracciato questa opinione; e Keplero (non senza buone ragioni) ne ha fatto una proprietà inerente a tutti i corpi celesti, Sole, stelle e pianeti.<sup>560</sup>

L'analogia magnetica della gravità è presente e opera in Hooke ben prima d'intraprendere il programma baconiano della Royal Society nel 1662 e di affiancare Wren nell'importante indagine del moto cometario nel 1664.<sup>561</sup> La cosmologia baconiana è considerata «in parte», in relazione alla gravità, lo sviluppo dell'intuizione magnetica di Gilbert, che Keplero completa estendendo all'intero sistema solare.

Chi, come Hooke, volgeva la propria attenzione ai fenomeni della gravità e dei moti celesti a metà del XVII secolo, poteva trovare tra i

---

<sup>560</sup> Birch 1756-7, II: 70.

<sup>561</sup> Bennett 1981: 172; Bennett 1982: 63-4.

sostenitori della nuova scienza, due opposte tradizioni di studio. La considerazione della gravità quale effetto di un'attrazione di tipo magnetico contraddistingue la filosofia magnetica cui Hooke si richiama. Nella tradizione cartesiana della filosofia meccanica il moto dei pianeti e la gravità vengono considerati l'effetto di vortici eterei a causa della forza centrifuga.<sup>562</sup> Quella che viene genericamente definita filosofia magnetica costituisce una tradizione che non può essere identificata con l'opera di Gilbert, a differenza di quello che avviene invece per quella meccanica cartesiana. Si presenta come un'insieme vario e non ben definito di concezioni cosmologiche, provenienti da studiosi di orientamenti diversi.

Il *De magnete* costituisce l'inizio di questa tradizione, anche se per primo era stato Simone Stevino a proporre una considerazione magnetica della dinamica celeste.<sup>563</sup> All'interno della concezione animata e vivente della Terra, Gilbert aveva distinto la forza magnetica da quella elettrica. Delle due specie che compongono la materia terrestre originaria quella umida e fluida origina il magnetismo, mentre quella secca e dura l'elettricità.<sup>564</sup> La gravità, che nella filosofia magnetica verrà considerata una forza magnetica, è ritenuta da Gilbert una forza elettrica, in quanto «la calamita attrae solo i corpi magnetici, l'elettricità attrae ogni cosa». L'elettricità è una forza esclusivamente attrattiva, diretta al centro della Terra, mentre la «*coitio*» magnetica diretta ai poli è anche repulsiva. L'origine della considerazione magnetica della gravità, successiva a Gilbert, si può rintracciare nel fatto che nel *De magnete* la rotazione terrestre dipende dalla natura magnetica della Terra, e che l'azione che questa esercita nell'atmosfera circostante è delimitata da un «*orbis virtutis*» che si irraggia non dai poli ma dal centro del pianeta.<sup>565</sup> Nonostante fosse immateriale, la forza magnetica terrestre costituisce il primo significativo esempio di azione a distanza della nuova cosmologia.<sup>566</sup>

L'appartenenza della cosmologia geocentrica e semi-paracelsiana<sup>567</sup> di Bacone alla tradizione magnetica pone, di certo, interrogativi ben maggiori di quelli che possono riguardare l'opera di Gilbert. La concezione topologica scolastica della gravità costituiva

---

<sup>562</sup> Bennett 1982: 59; Aiton 1972: 90-1.

<sup>563</sup> Bedini 1969: 38.

<sup>564</sup> Heilbron 1979: 174, 177.

<sup>565</sup> Gilbert 1600: 52-3, 59-60, 75-6, 95.

<sup>566</sup> Bennett 1981: 166.

<sup>567</sup> Rees 1975: 91; Rossi 2006: 4-5.

per Bacone una soluzione solo nominale. Per ogni azione in natura è necessaria una causa efficiente. Il moto locale di ogni corpo avviene per sollecitazione di altri corpi, «adiacenti, o in contiguità, o in prossimità o almeno nell'orbita della sua attività». A Gilbert viene riconosciuto il merito di aver fornito una causa efficiente della gravità attraverso la forza magnetica, attribuendo però a essa più del dovuto, in tal modo «facendo di una piccola imbarcazione una nave».<sup>568</sup> Gilbert ha correttamente notato che la gravità varia con la distanza dalla superficie terrestre, ma è ricaduto nella concezione scolastica ritenendo che la sua azione dipenda dal centro della Terra, che è solo un luogo fisico, e non invece dall'intera massa.<sup>569</sup> L'idea che la Terra sia un grande magnete è considerata un frutto della fantasia.<sup>570</sup> A un risoluto avversario del vuoto come Bacone, il vuoto interplanetario in cui si diffonde la virtù magnetica immateriale di Gilbert risulta inaccettabile.<sup>571</sup> In quell'«unione di chimica e cinematica» che è la cosmologia baconiana gli spazi tra i pianeti sono occupati da una sostanza eterea che regola il movimento dei corpi celesti, attraverso il «consenso» con essi.<sup>572</sup> La gravità appartiene alla categoria delle «emissioni di spiriti, poteri e virtù immateriali», che operano «per la configurazione universale e simpatia del mondo, non per forme o influssi celesti (come viene inutilmente ripetuto), ma per le nature primitive della materia e i semi delle cose».<sup>573</sup> I fenomeni che in passato venivano considerati sotto i nomi di «virtù, nature, azioni, passioni e altri simili nomi di tipo logico», non sono altro che «movimenti corporei all'interno di corpi contenenti», effetti dell'azione di «spiriti» e «parti tangibili».<sup>574</sup> In tal modo le forze della dinamica celeste vengono ricondotte alla leggi universali dei corpi, all'interno della visione della materia plastica baconiana in cui le parti pneumatiche agiscono su quelle corporee per configurazioni materiali.<sup>575</sup> Alla stessa categoria della gravità appartiene l'azione magnetica, anch'essa diretta al globo terrestre.<sup>576</sup> È per questo, forse,

---

<sup>568</sup> Bacon 1857-74, I: 80.

<sup>569</sup> Id., II: 726.

<sup>570</sup> Id., III: 58.

<sup>571</sup> Id.: 757, 771.

<sup>572</sup> Rees 1975: 97.

<sup>573</sup> Bacon 1857-74, II: 644.

<sup>574</sup> Id.: 328.

<sup>575</sup> Rees 1975: 97-8.

<sup>576</sup> Bacon 1857-74, II: 644.

che al termine del *Thema Coeli* si afferma che «il movimento magnetico o aggregativo vige tra gli astri», sebbene le due forze non vengano mai identificate.<sup>577</sup> È interessante notare che nel sistema geocentrico baconiano il moto dei pianeti non è considerato perfettamente circolare, ma si allontana dal cerchio perfetto, verso cui i pianeti sono «insofferenti», in direzione di una spirale risultante dalle loro «defezioni».<sup>578</sup>

Alle questioni meccaniche poste dalla scoperta della natura ellittica delle orbite è legato il ricorso di Keplero alla filosofia magnetica. Keplero riconosce per via geometrica che le differenze dei moti di rivoluzione dei pianeti dipendono dalla diversa distanza che li separa dal Sole. «Da questa dimostrazione certissima», è scritto nell'*Astronomia Nova*, «si conclude per congettura fisica che la fonte del moto dei cinque pianeti è nel Sole stesso».<sup>579</sup> Abbandonata la fisica topologica aristotelica la gravità viene concepita come «un'affezione corporea mutua tra corpi dello stesso tipo». Nell'*Astronomia Nova* il ricorso alla filosofia magnetica si concretizza nell'analogia tra attrazione gravitazionale e magnetismo, che agiscono in funzione della distanza che li separa dai corpi. Nella rotazione intorno al suo asse il Sole diffonde delle specie immateriali che giungono a tutti i corpi celesti in misura della loro distanza.<sup>580</sup>

La virtù immateriale è costante, mentre il moto dei pianeti non è circolare ma ellittico.<sup>581</sup> Ne consegue la necessità di individuare la causa fisica che concorre all'ellitticità dell'orbita. «Dunque», conclude Keplero, «altre cause si legano alla virtù motrice del Sole».<sup>582</sup> Nella meccanica semiaristotelica di cui dispone Keplero, l'inerzia costituisce ancora la tendenza dei corpi alla quiete, in quanto quiete e moto rimangono ontologicamente distinti.<sup>583</sup> I corpi celesti oppongono una resistenza 'inerziale' all'attrazione solare, alla quale si aggiunge una loro forza insista:

La virtù irradiata dal Sole nell'universo mediante le specie è come un corso d'acqua che trascina da occidente a oriente tutti i pianeti e

---

<sup>577</sup> Id., III: 779.

<sup>578</sup> Id.: 773-5.

<sup>579</sup> Kepler 1866, III: 149.

<sup>580</sup> Id.: 156; cfr. Kuhn 1972: 274-5.

<sup>581</sup> Id.: 301-2.

<sup>582</sup> Id.: 314.

<sup>583</sup> Id.: 151; cfr. Koyré 1976: 188.

forse anche tutta l'aria eterea, ma inadatto da solo ad avvicinare o allontanare i corpi al Sole, un'opera che sarebbe infinita. Dunque è necessario che gli stessi pianeti, come le barche hanno i propri barcaioli, abbiano le proprie virtù motrici, la cui azione regola non solo l'avvicinarsi e allontanarsi dal Sole, ma anche la declinazione in latitudine (che secondo il nostro argomentare è possibile).<sup>584</sup>

Il ricorso a una forza interna dei pianeti era dettato dal carattere esclusivamente attrattivo delle specie immateriali solari. L'assimilazione tra queste e le forze magnetiche avanzata nell'*Astronomia Nova* si trasforma, col passare degli anni, nella loro identificazione.<sup>585</sup> Nell'*Epitome astronomiae copernicanae*, pubblicato tra il 1617 e il 1621, non sono presenti significative alterazioni nel sistema generale del mondo delineato da Keplero. Vi sono però importanti passi in avanti nella descrizione delle forze che agiscono in quel sistema. Le virtù motrici immateriali che avevano preso il posto delle intelligenze motrici del *Mysterium Cosmographicum*, vengono ora descritte da Keplero come forze magnetiche di natura corporea.<sup>586</sup> La virtù motrice del Sole, «è corporea, non animale o mentale»,<sup>587</sup> e agisce sui pianeti per attrazione e repulsione. La sua azione continua dipende dalla distanza, ma è ora determinata anche dalla disposizione delle fibre magnetiche dei pianeti verso il Sole. La nuova «congettura fisica», che accompagna le «dimostrazioni geometriche» delle orbite dei pianeti, vede nell'orbita ellittica la risultante della combinazione di forze attrattive e repulsive esercitate tra il pianeta e il Sole:<sup>588</sup>

Una è l'azione ossia la simpatia (*ένεργεια*) naturale, che muove il corpo del pianeta per assimilazione o riduzione al luogo originario; in realtà sembra diversa, a causa della diversità degli oggetti. Infatti il corpo del pianeta ha da una parte familiarità verso il corpo del Sole, dall'altra parte è avverso.

La forza magnetica e gravitazionale che regola il sistema del mondo kepleriano non è altro che una variazione sul tema delle simpatie e antipatie. «Del resto», conclude Keplero, «il suo operare è

---

<sup>584</sup> Id.: 314.

<sup>585</sup> Koyré 1966: 172.

<sup>586</sup> Lombardi 2008: 37; Rossi 1997: 103-4.

<sup>587</sup> Kepler 1866, VI: 344, 346.

<sup>588</sup> Id.: 345; Lombardi 2008: 59.

in realtà semplice: attirare i corpi simili e respingere i dissimili». <sup>589</sup> La natura magnetica della Terra e delle forze che ne regolano il moto viene estesa, per la prima volta e in modo compiuto, all'intero sistema solare copernicano. La natura corporea delle forze non è estranea alla possibilità di quantificare la loro azione. È in quanto virtù corporea e partecipe della quantità che essa varia in misura della distanza. <sup>590</sup> Nell'astronomia matematica di Keplero le forze magnetiche smettono di essere generiche affinità tra Terra e Luna, per diventare una forza unica, comune a tutti i corpi celesti in quanto corpi dotati di massa. <sup>591</sup>

Alla tradizione della filosofia magnetica contribuisce anche l'*Aristarchi Samij de Mundi Sistemat*e (1644) di Roberval. Nonostante in esso non si faccia menzione di una forza specificamente magnetica, è presente il principale tratto della cosmologia magnetica: una forza attrattiva solare responsabile del moto dei pianeti. L'animazione della Terra stabilita da Gilbert viene estesa da Roberval all'intero sistema solare. <sup>592</sup> L'anima del Sole si diffonde tra i corpi celesti che lo circondano attraverso il calore e la luce in un etere fluido da cui dipende il movimento dei pianeti. <sup>593</sup> Posizione e velocità dell'orbita dei pianeti dipendono dalla diversa densità che l'etere solare assume con la distanza dal centro. <sup>594</sup> Entrambi i moti dei pianeti, di rotazione e di rivoluzione, sono ascritti da Roberval all'azione del Sole. La presenza di un'anima sensibile conferisce alla Terra una facoltà attrattiva e una repulsiva. <sup>595</sup> Come la gravità magnetica di Keplero, essa opera per attrazione del simile e repulsione del dissimile. <sup>596</sup>

L'ellitticità delle orbite pone ancora una volta un'alternativa decisiva. Roberval avanza due spiegazioni possibili dello stesso fenomeno. Se si ammette che la forza attrattiva del Sole è costante, è necessario ricorrere a una causa fisica operante nei pianeti che contrasti l'azione uniforme proveniente dal Sole. L'inclinazione dell'asse terrestre rispetto all'eclittica espone all'azione attrattiva parti

---

<sup>589</sup> Id.: 374.

<sup>590</sup> Id.: 346.

<sup>591</sup> Lombardi 2008: 52.

<sup>592</sup> Roberval 1644: 141.

<sup>593</sup> Id.: 4.

<sup>594</sup> Id.: 12-3, 17; cfr. Aiton 1972: 91.

<sup>595</sup> Id.: 142, 116.

<sup>596</sup> Westfall 1982: 343-6.

diverse del pianeta nell'arco della rivoluzione. L'alternanza di parti maggiormente affini a parti meno affini determina la maggiore o minore vicinanza del pianeta al Sole nell'arco dell'orbita.<sup>597</sup> Allo stesso modo, per l'azione di simpatia e antipatia, avviene la rivoluzione della Luna intorno alla Terra.<sup>598</sup> Non si esclude, però, la possibilità di una variazione nell'attrazione stessa, che potrebbe non essere uniforme. La rotazione del Sole intorno al proprio asse, da cui dipende l'uniforme diffusione della virtù attrattiva in tutto il sistema solare, potrebbe non essere costante. Con la conseguenza di alternare fasi di maggiore e minore forza attrattiva, cui corrisponderebbe la variazione della distanza dei pianeti dal Sole nel corso dell'orbita ellittica.<sup>599</sup>

Il riconoscimento della natura magnetica della gravità non è l'unico tratto distintivo di quella eterogenea tradizione che costituisce la cosmologia magnetica. Non poteva essere altrimenti, se si pensa che questo elemento è del tutto assente dall'opera di Gilbert, considerato il fondatore di quella tradizione. Diverse concezioni della natura terrestre e delle forze convivono in essa, tutte accomunate dalla natura attrattiva e centripeta della forza gravitazionale. Così anche chi non ritiene la Terra un grande magnete, né il magnetismo coincidente con la gravità, contribuisce a una cosmologia alternativa a quella meccanica. È questo il caso di Guericke e Kircher. Quest'ultimo aveva distinto la virtù magnetica, dovuta all'«ossatura magnetica» della Terra, da quella gravitazionale, forza conservativa che tiene unito il pianeta.<sup>600</sup> Questa distinzione è alla base dell'opera di Guericke, che ritiene la forza magnetica una «virtù direttiva», responsabile della sola direzione magnetica della Terra. La gravità è invece l'effetto di una «virtù conservativa», diretta al centro e non ai poli della Terra, «incorporea» e «impulsiva».<sup>601</sup>

Nonostante sia una tesi di chiara origine ermetica, l'idea della gravità come attrazione tra corpi, per quanto spesso immateriale, non ha sempre nella cosmologia magnetica carattere animistico. Se i corpi si muovessero per inclinazione interna verso un qualsiasi punto dell'universo, si dovrebbe ammettere, secondo Kenelm

---

<sup>597</sup> Roberval 1644: 71-5.

<sup>598</sup> Id.: 65.

<sup>599</sup> Id.: 76.

<sup>600</sup> Kircher 1665: 105-8.

<sup>601</sup> Guericke 1772: 204, 209-11.

Digby, un'intelligenza inesistente nelle cose.<sup>602</sup> Si tratta di virtù naturali ma non meccaniche, che, anche quando sono considerate corporee, come in Keplero e Roberval, non agiscono per contatto. È importante sottolineare che nella cosmologia magnetica la gravità tende a configurarsi sempre più come una proprietà universale dei corpi, che opera laddove esiste materia, come afferma lo stesso Digby, seguendo Keplero.<sup>603</sup>

La prima sintesi delle idee di Gilbert, Bacone e Keplero è rappresentata dall'opera di Wilkins.<sup>604</sup> Gilbert, che è considerato un copernicano al pari di Galilei,<sup>605</sup> aveva sostenuto la natura magnetica della rotazione terrestre e l'esistenza di un *orbis virtutis* dell'attrazione magnetica. Il fatto che la gravità diminuisca con la distanza dalla superficie terrestre è per Wilkins prova dell'esistenza di una sfera di attività della forza magnetica che si diffonde dal centro della Terra.<sup>606</sup> Il moto di rotazione è definito «la rivoluzione magnetica dell'intera Terra», in quanto dipende dalla natura della materia che ne compone la struttura: «ora è molto probabile che questa sostanza rocciosa sia un magnete, piuttosto che diaspro adamantino».<sup>607</sup> La similitudine tra la rivoluzione della Luna intorno alla Terra e i satelliti di Giove permette di attribuire per analogia a tutti i pianeti del sistema solare natura magnetica.<sup>608</sup> Allo stesso modo è possibile seguire Keplero nel ritenere che il moto di tutti i pianeti intorno al Sole sia dovuto alla rotazione magnetica di quest'ultimo intorno al proprio asse:<sup>609</sup>

Così la Luna è trasportata nella rivoluzione dalla nostra Terra; i quattro più piccoli pianeti dal corpo di Giove. O meglio, tutti i pianeti allo stesso modo nelle loro rispettive orbite sono mossi dalla rivoluzione del Sole, intorno al proprio asse, come afferma Keplero.<sup>610</sup>

---

<sup>602</sup> Digby 1644: 70.

<sup>603</sup> Id.: 63.

<sup>604</sup> Bennett 1989: 223; Bennett 1981: 174.

<sup>605</sup> Wilkins 1802: 50.

<sup>606</sup> Id.: 62.

<sup>607</sup> Id.: 216.

<sup>608</sup> Id.: 96-7, 218.

<sup>609</sup> Id.: 244.

<sup>610</sup> Id.: 218-9.

L'analogia magnetica permette a Wilkins di delineare una descrizione del sistema solare governato da una forza attrattiva comune, alla quale si possono ascrivere tutti i movimenti dei corpi celesti. Questa attrazione, è bene sottolinearlo, dipende da ogni corpo celeste e agisce in una sfera di attività limitata in misura della distanza. L'*orbis virtutis* solare non è di natura diversa da quelle dei singoli corpi celesti né opera secondo principi differenti. Tuttavia è molto più estesa, tale cioè da comprenderle tutte e unirle in un unico sistema, all'interno del quale operano tanti sistemi indipendenti quanti sono i corpi celesti. Dalla sintesi di Wilkins è assente il problema dell'ellitticità dell'orbita che aveva attraversato gli scritti di Keplero e Roberval. La gravità di cui fa uso è una forza unicamente attrattiva, non più attrattiva e repulsiva come il magnetismo di Keplero, né agente per affinità e opposizioni come la virtù di Roberval.

Nonostante i significativi limiti nella dinamica celeste quello di Wilkins si configura come un contributo determinante che segna il corso della cosmologia magnetica successiva. Da esso sono più distanti gli echi delle origini ermetiche, magiche e animistiche di quella tradizione. Questo permette di rendere i risultati cui si è giunti a metà del XVII secolo non del tutto incompatibili con una concezione corpuscolare e meccanica della natura. Entrambi avversi alla concezione aristotelica, Keplero e Gassendi agli occhi di Walter Charleton condividono una concezione della gravità come «moto impresso causato da una certa attrazione magnetica della Terra».<sup>611</sup> Da atomista Charleton sostiene l'idea che in una natura attraversata dal vuoto la materia sia costituita da atomi le cui proprietà essenziali comprendono dimensione, figura e gravità.<sup>612</sup> Ciò che Gassendi e Charleton definiscono gravità o peso rappresenta la tendenza indeterminata degli atomi al moto in linea retta. La gravità dei corpi non corrisponde al peso degli atomi. Mentre quest'ultima è una tendenza naturale propria di ogni atomo, la gravità dei corpi è il risultato dell'azione esterna sui corpi. Su questo piano sussiste per Gassendi un'analogia tra gravità dei corpi e magnetismo, entrambe «*non ab intrinseco pellentem sed ab extrinseco trahentem*». L'azione magnetica della Terra si manifesta in una trazione eterea analoga a quella della

---

<sup>611</sup> Charleton 1654: 277.

<sup>612</sup> Id.: 11-2; Clericuzio 2000: 95-6.

gravità terrestre.<sup>613</sup> Nonostante avesse ben chiara la presenza in Keplero e Roberval di un'anima motrice immateriale, Gassendi non manca di considerare la forza attrattiva solare nei termini di «raggi quasi magnetici».<sup>614</sup> È assai probabile che a questa considerazione Charleton faccia riferimento quando accosta i nomi di Gassendi e Keplero a una comune concezione magnetica della gravità. Charleton, che aveva rifiutato di considerare la Terra un grande magnete, fa uso nondimeno dell'analogia tra gravità e magnetismo terrestre. L'analogia magnetica, limitata da Wilkins alla presenza di una comune sfera di attività, assume con Charleton un connotato corpuscolare sulla base della riconduzione meccanica di entrambe all'azione eterea. Così nella *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletoniana* la concezione della gravità di Keplero, a dispetto della sua natura magnetica e dei suoi aspetti animisti, finisce con essere associata a quella di Gassendi. In fondo, per Charleton, in entrambe il peso di un corpo non è che «una qualità meramente avventizia, o impressa su di esso dall'influenza attrattiva del magnete sottostante».<sup>615</sup>

Nell'*Inauguration speech* (1657) della cattedra di astronomia del Gresham College il giovane Christopher Wren rivendica il ruolo della filosofia magnetica nella nuova astronomia ellittica:

Alla fine l'astronomia ha preso per sé un altro assistente, la filosofia magnetica (*Magneticks*), una specie di astronomia terrestre, un'arte che ci parla dei moti della nostra stella sulla quale viviamo, di cui ogni parte si muove in una reale simpatia con la parte più grande.

L'opera di Gilbert appare a Wren complementare e non alternativa a quella di Galilei. «L'uno ci ha fornito l'esatta descrizione del moto della gravità sulla Terra, l'altro dei segreti e più oscuri moti di attrazione e direzione magnetica della Terra».<sup>616</sup> Non è un caso che egli si sia soffermato sulle pagine dei *Discorsi* galileiani dedicate al mito platonico del «Dio 'lanciatore' e poi convertitore del moto retto accelerato di caduta in moto circolare uniforme».<sup>617</sup> Nelle note stese a margine dell'opera galileiana tra il 1657 e il 1660 Wren

---

<sup>613</sup> Id.: 347-8.

<sup>614</sup> Id.: 635, 639.

<sup>615</sup> Charleton 1654: 289.

<sup>616</sup> Wren 1750: 203-4.

<sup>617</sup> Buccianti 2003: 115-6.

delinea un abbozzo, per quanto parziale, del moto planetario in cui è determinate la componente centripeta attrattiva. Come ha dimostrato Jim Bennett in numerosi studi dedicati su Wren, è la forza attrattiva centrale della cosmologia magnetica a convertire il moto rettilineo dei solidi galileiani nelle orbite ellittiche di Keplero.<sup>618</sup>

È l'ipotesi magnetica che rappresenta agli occhi del giovane Hooke la strada che porta alla soluzione dell'enigma della gravità, migliore di quella cartesiana dei vortici e di quella avanzata senza convinzione nel 1661. L'attenzione di Hooke non si configura però come un'adesione alle idee sul magnetismo di Gilbert, quanto piuttosto come il riconoscimento del fatto che dall'analogia con il magnetismo passa la definizione della vera natura della gravità. La difficoltà d'indagare una proprietà, i cui effetti sono difficilmente percepibili pone l'esigenza di disporre di strumenti di comparazione con fenomeni simili:<sup>619</sup>

Questa ipotesi possiamo esaminare in seguito in modo particolareggiato; ma per prima cosa sarà richiesto di considerare se questo potere di gravitazione o attrattivo sia inerente alle parti della Terra, e, se è così, se esso sia magnetico, elettrico, o di una natura distante da entrambe.<sup>620</sup>

Se è un'attrazione di tipo magnetico, i suoi effetti dovrebbero variare con all'allontanarsi dalla superficie terrestre, come Bacon aveva ipotizzato. Ma gli esperimenti di Westminster e St. Paul non permettono di disporre di «nulla di certo», tranne il fatto che «se c'era una qualche differenza nella gravità dei corpi, non era che molto piccola e scarsamente considerabile». Le relazioni, giunte alla Royal Society, di esperimenti da cui sembra possibile desumere una variazione nella gravità al di sotto della superficie terrestre, per quanto «non improbabili», sono condizionati da fattori accidentali, capaci di causare le lievi variazioni registrate:

Così questa opinione, per quanto probabile possa essere sembrata a Gilbert, Verulamio e diversi altri uomini dotti, non è affatto favorita dagli esperimenti. Se quindi una qualche differenza

---

<sup>618</sup> Bennett 1975: 36-9; Id.1982: 19, 61-2; Id. 1989: 225-6.

<sup>619</sup> Bennett 2003: 81.

<sup>620</sup> Birch, 1756-7, II: 70.

di gravità sussiste dobbiamo avere modi d'indagine molto più accurati di questo delle misurazioni.<sup>621</sup>

Fin dalle prime difficoltà, da grande sperimentatore, Hooke aveva preso atto del fatto che il programma fondato sull'analogia magnetica non passa dall'indagine delle variazioni della gravità proposte da Bacon. Le distanze di misurazione sono tali che gli effetti delle possibili alterazioni atmosferiche non permettono di disporre di dati attendibili. Questo non fece dell'analogia magnetica la strada sbagliata.

## 2. Comete e ipotesi

Le comete apparse nei cieli di Londra nel 1664 colsero la Royal Society impegnata in due attività assai vicine: il programma baconiano di misura delle variazioni della gravità e la revisione degli scritti del primo seguace inglese di Keplero, Jeremy Horrox. Wallis e Wren, incaricati dalla società, espressero parere favorevole alla pubblicazione degli scritti inediti dell'astronomo britannico, ritenuti rilevanti per la «restaurazione dell'astronomia».<sup>622</sup> In una lettera del 21 gennaio 1665 Wallis comunicava da Oxford una sintesi della teoria cometaria di Horrox desunta dai manoscritti:

Nell'esaminare il moto di alcune comete egli aggiunse al loro moto di allontanamento dal corpo del Sole alcune alterazioni curvilinee del moto precedenti da esso. A lungo sembra aver prediletto una tale ipotesi, rappresentata da una figura inclusa, facendo della cometa un prodotto del corpo del Sole, che attraverso una figura ellittica (o quasi) ritorna ad esso.<sup>623</sup>

Nella seduta successiva a quella in cui viene data lettura della comunicazione di Wallis, Wren, si legge nel registro della società, «mostrò alcune osservazioni sulla cometa, con una teoria».<sup>624</sup> A differenza di tutti gli altri che si dedicarono all'osservazione e all'indagine della cometa del 1664 Wren era l'unico con una

---

<sup>621</sup> Id.: 69-70.

<sup>622</sup> Id., I: 412.

<sup>623</sup> Id., II: 11.

<sup>624</sup> Id.: 12.

conoscenza diretta della teoria di Horrox. Tra quelli vi era Robert Hooke, che aveva presentato una memoria alla Royal Society, poco tempo prima della lettera di Wallis e delle osservazioni di Wren. Dal resoconto fornito dai registri pare che la memoria di Hooke fosse basata su due aspetti, la natura fisica delle comete e l'indagine del loro moto. Quanto al primo si tratta dell'estensione della teoria della combustione, da poco esposta nella *Micrographia*, ai fenomeni celesti. È interessante notare, invece, che lo «schema d'ipotesi» che viene attribuito a Hooke riconduce i moti irregolari delle comete al movimento della Terra, «senza ascrivere nessun moto alla cometa oppure ascrivendone uno molto lieve». <sup>625</sup>

Le sollecitazioni alla società per una pubblicazione di questa memoria furono diverse. L'8 febbraio 1665 Robert Moray propose che «la relazione del Sig. Hooke fosse perfezionata e stampata, cosa cui si acconsentì». A distanza di breve poco tempo, il primo marzo, fu decisa la pubblicazione della relazione di Hooke sull'ultima cometa, «con le necessarie illustrazioni». <sup>626</sup> Il testo doveva essere pronto quasi nello stesso anno, poiché Hooke ne parla come di «un prossimo discorso sulle ultime comete e sulla natura delle comete in genere». <sup>627</sup> Ma la pubblicazione di *Cometa* arrivò solo nel 1678, a distanza di un decennio dalla sua stesura. Dal diario di Hooke e dal registro della società non emergono fattori che spingano a credere che l'opuscolo del 1678 sia altro dallo scritto del 1664. Nel tempo che era trascorso Hooke aveva portato a compimento il proprio «sistema del mondo», che vide la luce nel 1674. Pertanto sono da ritenersi probabili delle revisioni del testo originario sulla base dei passi in avanti nella considerazione delle forze e della dinamica celeste. Tuttavia non pare che si possa trattare di una riscrittura completa, come invece il resoconto del registro spingerebbe a credere.

In *Cometa* Hooke delinea un'ipotesi del moto cometario molto diversa da quella kepleriana che gli viene attribuita nel 1664. Le teorie precedenti sulle comete sono passate sotto esame a partire da quella ticonica. Fin dall'inizio Hooke dichiara che diverse sono le ipotesi che si possono assumere per «salvare i fenomeni» delle

---

<sup>625</sup> Id., I:511.

<sup>626</sup> Id., II: 15, 19.

<sup>627</sup> Hooke 1705: 29.

comete.<sup>628</sup> L'espressione non è casuale, poiché l'approccio assunto sembra essere quello dell'astronomia matematica, tanto avversa ai baconiani. È questo che ha determinato il resoconto quanto mai insolito presente nel registro? Oppure il lungo tempo trascorso prima della pubblicazione è da ascrivere all'abbandono da parte di Hooke della teoria kepleriana alla luce delle nuove ipotesi di Horrox e Wren emerse in seguito? Sembra che la prima spiegazione sia più credibile. Nonostante l'ipotesi di Horrox, conosciuta solo in seguito alla presentazione della propria memoria, sia discussa nel testo, le valutazioni che se ne danno lasciano credere che non abbia avuto alcuna influenza.<sup>629</sup> Una concezione kepleriana del moto cometario appare difficilmente attribuibile a un allievo di Seth Ward, che aveva condotto il suo apprendistato in astronomia a Oxford sul *De cometis* e sull'*Astronomia geometrica* del maestro, in cui quell'ipotesi veniva rigettata. Inoltre per quanto rilevante potesse essere, la teoria (a noi sconosciuta) di Wren non pare fondarsi su basi estranee a quelle condivise da Hooke.

Nell'universo geocentrico di Tycho le comete si muovono di moto circolare, a causa del postulato della stabilità della Terra al centro dell'universo. Se si assume un postulato diverso, osserva Hooke, è possibile fornire un'ipotesi altrettanto plausibile che tenga conto della composizione del moto dell'osservatore terrestre nel moto apparente delle comete.<sup>630</sup> Nell'estendere alle comete le cause fisiche valide anche per i corpi terrestri Keplero le aveva considerate, al pari delle meteore, corpi celesti dotati di moto rettilineo irregolare. Aveva violato il dogma della circolarità dei moti celesti, ma era rimasto vittima di quello che è stato definito il dogma della linearità.<sup>631</sup> Il moto curvo che si osserva dalla Terra è, nella prospettiva di Keplero, l'effetto del moto dell'osservatore, così come la coda è l'effetto della rifrazione della luce da parte del corpo della cometa. Il primo a violare il dogma della linearità tra i copernicani era stato Ward. Riconoscendo alle comete un moto circolare composto con il moto dell'osservatore terrestre, si produceva l'effetto del moto curvilineo irregolare che si osserva dalla Terra.<sup>632</sup>

---

<sup>628</sup> Hooke 1679: 243-4, 250.

<sup>629</sup> Id.: 251-2.

<sup>630</sup> Id.: 242-3.

<sup>631</sup> Rufner 1971: 178; Boner 2006: 32-4.

<sup>632</sup> Ward 1653: 30-6.

Assai rilevanti per la formazione della teoria cometaria di Hooke paiono le considerazioni sulla natura fisica delle comete. La teoria di Keplero, anche nel resoconto del 1664, viene criticata per l'attribuzione della coda all'effetto ottico prodotto dai raggi di luce che essa incontra. Come ogni corpo che emette luce le comete sono per Hooke un corpo che è attraversato da un elevato moto interno di vibrazione dovuto alla dissoluzione nitro aerea delle particelle solforose terrestri che lo costituiscono. La coda non è un effetto ottico, bensì l'effetto fisico dell'azione del *menstruum* etereo attraversato dalle comete.<sup>633</sup> La disposizione della coda diviene, quindi, rilevante per stabilire il moto della cometa, di cui può indicare la direzione e l'effetto delle attrazioni delle orbite percorse. Nell'attraversare lo spazio, infatti, le comete, secondo Hooke, passano tra le diverse sfere di attrazione dei pianeti. Oltre a modificarne il movimento in misura della distanza dal centro, quest'ultime ne accelerano la dissoluzione, assorbendo nella loro atmosfera le particelle liberate nella combustione.<sup>634</sup> Nel delineare un'ipotesi alternativa del moto cometario, Hooke parte dall'ipotesi di Keplero:

Per prima cosa essa suppone soltanto un corpo solido mosso in un fluido, con un movimento quasi rettilineo. Dico quasi rettilineo perché, come ho detto in precedenza, a causa di alcune ragioni fisiche lo ritengo non esattamente rettilineo, ma inclinato in parte verso la curva di un cerchio, che cercherò di spiegare in seguito in questa *Cometa*. In seguito suppone che il corpo percorra su questa linea quasi spazi uguali in tempi uguali. Dico quasi uguali, perché alcuni di questi spazi uguali possono essere aumentati da una causa o principio accelerante, com'è quello di gravitazione verso il corpo del Sole, posto al centro del suo vortice o sistema, quando il moto della cometa la porta verso il Sole, e possono essere diminuiti da altri cause ostacolanti, com'è l'ostacolo del mezzo fluido attraverso il quale passa e l'attrazione del Sole che opera su di essa quando il suo moto la porta più lontano da esso. Tra questi non è inverosimile che l'attrazione della Terra o di qualche altro pianeta possa avere una qualche specie di influenza su di esso, specialmente quando la linea della sua direzione si avvicina a questi punti di attrazione ...<sup>635</sup>

---

<sup>633</sup> Hooke 1679: 248; Hooke 1705: 167.

<sup>634</sup> Hooke 1679: 229.

<sup>635</sup> Id.: 253-4.

Sebbene l'analisi dei dati e delle osservazioni presenti in *Cometa* possa essere stata influenzata dai risultati sul moto orbitale raggiunti nel 1666, pare che all'epoca delle osservazioni (1664) l'ipotesi hookiana si fondasse sull'attrazione centripeta dei corpi celesti sulle comete. Viene anche riconosciuto che se il moto delle comete non è uniforme come quello dei pianeti, si può avanzare l'ipotesi di «un'ellissi o di un'altra curva simile», che comporterebbe la periodicità delle comete.<sup>636</sup> La ricostruzione dei concetti impiegati da Hooke all'epoca dell'analisi della cometa del 1664 appare rilevante per individuare lo stadio delle idee sulla gravità alla vigilia dello studio del moto circolare. Anche se sono possibili dei dubbi sul possesso nel biennio 1664-65 dei due concetti fondamentali che emergeranno l'anno dopo, è presente fin da ora la consapevolezza della indispensabilità dell'attrazione centripeta nella dinamica celeste.

### 3. Forza centrifuga o vortici?

Il principio del moto, che accanto all'attrazione centripeta permetterà una spiegazione innovativa del moto circolare e della dinamica celeste, si può considerare uno dei risultati più significativi della filosofia meccanica. In uno scritto del 1687 Hooke, dopo aver dato una formula del principio d'inerzia, afferma che «non si possono dare ragioni per cui il moto [rettilineo uniforme] possa cessare, laddove non ci possono essere impedimenti». Le conseguenze di questo principio per il moto circolare sono espresse in modo chiaro:

Da questo principio seguirà che ogni corpo che si muove circolarmente con ogni grado di velocità, finché in qualche modo continua a muoversi intorno a un centro, nel momento in cui tale potere contenente è rimosso, procederà direttamente in avanti secondo la linea retta della sua tendenza, che è una tangente a quel cerchio nel quale è stata acquisita o ha avuto la sua velocità impressa. Se cessa il potere contenente, che per una continua attrazione o altro verso il centro lo ha mantenuto in questa curva, e se nessun altro corpo imprime un qualsiasi altro moto, il corpo

---

<sup>636</sup> Id.: 245-6.

continuerà a muoversi in linea retta secondo la sua direzione, senza deviazioni, ritardi o accelerazioni.

La tendenza a recedere lungo la tangente è proporzionale alla velocità di rotazione del moto circolare. Tutto questo, secondo Hooke, è stato «mostrato da Galileo e da altri», e non necessita di dimostrazione: «questo è un principio che non ammetterà nessun'altra dimostrazione che non quella per induzione da particolari osservazioni nei moti naturali, da cui tutti questi principi sono tratti».<sup>637</sup> In realtà la strada che ha portato al principio fondamentale della meccanica classica ha richiesto molto di più di alcune induzioni. Al pari di Newton e di tanti altri nel XVII secolo, Hooke attribuisce per primo a Galilei quello che è invece il risultato di un percorso lungo e per niente lineare. Consideriamo l'«*esempio*» galileiano esposto nell'*Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari*:

Una nave, per esempio, avendo una sol volta ricevuto qualche impeto per il mar tranquillo, si muoverebbe continuamente intorno al nostro globo senza cessar mai, e postavi con quiete, perpetuamente quieterebbe, se nel primo caso si potessero rimuovere tutti gli impedimenti estrinseci, e nel secondo qualche causa motrice esterna non gli sopraggiungesse.<sup>638</sup>

Per quanto pagine come queste possano aver fatto pensare al principio d'inerzia rettilinea, l'inerzia teorizzata da Galilei è di tipo diverso. La nave si muove in linea retta sul mare, ma sempre intorno al centro della Terra. Come ha dimostrato Alexandre Koyré, la gravità per Galileo non fa parte delle «cause motrici esterne» escluse dal moto, ma è essenziale al suo concetto archimedeo di grave tendente naturalmente al centro della Terra.<sup>639</sup> Per giungere dall'inerzia circolare galileiana a quella rettilinea non saranno sufficienti alcune induzioni, ma una modifica sostanziale del concetto di corpo e di gravità.

Anche per Gassendi il *pondus* era proprietà naturale degli atomi, ma privo di direzione privilegiata verso il centro della Terra. Inoltre, come abbiamo visto, la gravità dei corpi viene ormai considerata l'effetto di un'azione esterna. La gravità diventa una

---

<sup>637</sup> Hooke 1705: 355.

<sup>638</sup> Galilei 1890-1909, V: 134-5.

<sup>639</sup> Koyré 1976: 263.

forza come le altre.<sup>640</sup> L'esclusione di tutte le forze esterne, compresa la gravità, e della resistenza permette a Gassendi di ridefinire il principio d'inerzia nei termini del moto rettilineo uniforme, modo in cui sarà discusso da Hooke.<sup>641</sup> Rimossa la natura originariamente circolare dell'inerzia galileiana, il nuovo principio permette di comprendere il moto circolare in modo nuovo. Dalla seconda legge della natura di Cartesio emerge la presenza di una forza nuova, che contraddistingue tutti i corpi che si muovono intorno a un cerchio: ogni movimento tende naturalmente in linea retta, pertanto i corpi che si muovono circolarmente tendono ad allontanarsi sempre dal cerchio che stanno descrivendo.<sup>642</sup> La tendenza naturale verso il centro della Terra della nave galileiana diviene, con Cartesio, l'effetto di una forza esterna che trattiene i corpi dal proseguire in linea retta lungo la tangente alla curva che descrivono.<sup>643</sup> Nel *De vi centrifuga*, scritto intorno al 1659 ma pubblicato postumo, Huygens darà a questa tendenza il nome di forza centrifuga.<sup>644</sup> Nell'analisi del moto proposta nell'*Horologium oscillatorium* (1673), la gravità viene considerata una forza esterna che fa di ogni movimento «naturale» un moto composto.<sup>645</sup>

Hooke legge il testo di Huygens nel 1673, quando ormai ha già completato l'analisi del moto circolare in cui è presente la tendenza cartesiana dei corpi a recedere dal centro insieme alla forza attrattiva centrale. Ha anche completato il testo nel quale pubblicherà i suoi risultati, che vedrà la luce l'anno successivo.<sup>646</sup> Un'analisi degli studi dedicati da Huygens e Hooke, in anni vicini e in modo indipendente l'uno dall'altro, al moto circolare fa emergere la condivisione di un tratto di strada comune. Ma l'esito cui giungono è opposto. Huygens ritiene la forza centrifuga «*plane similis*» alla forza di gravità che costringe i corpi a recedere dalla tendenza rettilinea inerziale.<sup>647</sup> Al contrario Hooke percorre la strada di una forza attrattiva ontologicamente diversa da quella centrifuga, che anzi si combina con la tendenza radiale. La gravità, affermerà Huygens nel *Debat de*

---

<sup>640</sup> Id.: 317; Koyré 1972: 204; Dijksterhuis 1951: 573.

<sup>641</sup> Gassendi 1648: 354-5.

<sup>642</sup> Descartes 1994, II: 127.

<sup>643</sup> Westfall 1982: 84-5.

<sup>644</sup> Huygens 1888-1950, XVI: 258-62; Mormino 1993: 59-61.

<sup>645</sup> Id.: 124-5.

<sup>646</sup> Hooke 1935: 48-9, 85-6, 191, 194; Hooke 1979: IV.

<sup>647</sup> Huygens 1888-1950, XVI: 266-7.

1669 à l'Académie sur les causes de la pesanteur, consiste nell'«azione della materia fluida che gira circolarmente intorno al centro della Terra in tutte le direzioni e che tende ad allontanarsene spingendo al proprio posto corpi che non seguono tale moto».<sup>648</sup> L'ipotesi dei vortici di Huygens ha l'indubbio vantaggio rispetto a Cartesio di fornire una valutazione quantitativa di quella forza. Non se ne allontana, però, sul piano meccanico. La sua fondazione rimane l'analisi del moto circolare nei termini esclusivi della forza centrifuga. I corpi non sono trattiene nell'orbita circolare da una forza che procede dal centro, bensì dalla loro stessa tendenza a recedere. Una sola forza opera in questo moto, la forza centrifuga.<sup>649</sup> Concetti dinamici simili all'attrazione centripeta sono considerati cause non intelligibili.<sup>650</sup> L'emancipazione della gravità dallo stato di forza naturale innata grazie alla filosofia meccanica aveva permesso di definire in modo completo il principio d'inerzia, e quindi di identificare la componente centrifuga del moto circolare. La teoria dei vortici, con i suoi limiti cinematici, rappresenta il prezzo pagato alla filosofia meccanica per questo grande risultato.

I problemi che questa teoria poneva emersero subito tra i filosofi sperimentali. Chi, come Hooke, aveva partecipato di entrambi le tradizioni era nella condizione di poter comprendere l'importanza dei risultati cui ognuna era giunta, ma soprattutto di riconoscerne i limiti. Della gravità, sostiene Boyle nel 1663, gli effetti sono ovvi ma le cause ancora oscure, in quanto né vortici né effluvi magnetici permettono di fare luce.<sup>651</sup> La causa della gravità, scriverà Halley alla vigilia dei *Principia*, resta oscura, perché l'ipotesi dei vortici è «incomprensibile», mentre quella dell'«attrazione simpatetica tra la Terra e le sue parti» di fatto spiega senza spiegare.<sup>652</sup> A un vecchio Roberval la teoria dei cartesiani appare «fondata solo sui pensieri e sulla pura immaginazione dei loro autori che non dispongono di principi chiari ed evidenti». Escludere dalla natura attrazioni e repulsioni per introdurre «le sole grandezze, figure e movimenti» non permette altro che spiegare un movimento con un altro movimento.<sup>653</sup>

---

<sup>648</sup> Id., XIX: 636.

<sup>649</sup> Westfall 1972: 188; Aiton 1972: 51-2, 55.

<sup>650</sup> Huygens 1888-1950, XIX: 631, 642.

<sup>651</sup> Boyle 1772, II: 37, 39.

<sup>652</sup> Halley 1686: 3-5.

<sup>653</sup> Huygens 1888-1950, XIX: 629, 640.

Com'è noto, la decisa critica newtoniana dei vortici non era limitata al solo rifiuto di un'ipotesi, ma chiamava in causa una differente immagine della scienza. Tuttavia vi erano alcuni argomenti anticartesiani che erano condivisi anche da altri, che verso quell'immagine della scienza avevano tutt'altra posizione. Il passaggio delle comete tra i vortici dei corpi celesti non aveva avuto da parte di Cartesio molta attenzione.<sup>654</sup> Nella materia celeste, quella che secondo Huygens doveva permettere il moto dei corpi, Newton vide un ostacolo al moto delle comete. «Tutti i corpi in questi spazi devono potersi muovere liberissimamente; perciò i pianeti e le comete devono poter ruotare in perpetuo, in orbite date per specie e posizione» secondo le leggi di Keplero. Nell'universo cartesiano questo non sarebbe possibile.<sup>655</sup> Al moto delle comete, osserva Hooke, «coloro che sostengono le orbite solide non forniranno alcuno spazio, né coloro che sostengono i vortici».<sup>656</sup> È il moto cometario, che aveva costituito un'importante occasione per procedere nell'analisi del moto circolare, che evidenzia agli occhi di Hooke i limiti della teoria cartesiana. La convinzione nella rilevanza dell'attrazione centripeta porta Hooke a guardare in modo diverso alla teoria dei vortici: «nel moto circolare di tutti i pianeti, c'è un movimento diretto che li spinge a recedere dal Sole o centro, e un potere magnetico o attrattivo che li trattiene sempre dal recedere».<sup>657</sup>

La cosmologia di Hooke non si fonda, come è stato ritenuto,<sup>658</sup> sull'identificazione della gravità con il magnetismo. Nel caso di Hooke non siamo di fronte, è bene affermarlo con chiarezza, a una cosmologia magnetica. La concezione del moto circolare e della dinamica celeste che ne emerge è tanto distante da quella di Gilbert e Keplero quanto lo è da quella di Cartesio e Huygens. Dalla filosofia magnetica egli trae la ferma convinzione che esiste un'attrazione diretta al centro delle orbite. Tuttavia il discorso di Hooke si muove sul piano dell'analogia.<sup>659</sup> L'aggettivo magnetico viene quasi a indicare un sinonimo di attrattivo e centripeto. Poche pagine dopo aver definito la tendenza centripeta un «potere magnetico o attrattivo», Hooke afferma: «confesso di ritenerlo

---

<sup>654</sup> Descartes 1994, II: 239.

<sup>655</sup> Newton 1779-85, III: 170-1; tr. it. Newton 1965: 791-2.

<sup>656</sup> Hooke 1705: 167.

<sup>657</sup> Id.: 312-3.

<sup>658</sup> Cfr. Schaffer 1987: 70.

<sup>659</sup> Bennett 1989: 222.

alquanto differente da quello del magnete». <sup>660</sup> La teoria magnetica di Keplero e quella dei vortici di Cartesio sono rifiutate da Hooke con eguale fermezza e accomunate tra le «chimere» che hanno allontanato dalla retta indagine della natura. <sup>661</sup> Tra queste vi sono quelle di coloro che «hanno supposto il magnetismo, come Keplero e i suoi seguaci, che a questo fine hanno finto (*feigned*) un lato amico e uno nemico nei corpi dei pianeti sottoposti a rivoluzione», e coloro che «come Descartes e i suoi seguaci che hanno supposto un turbine di etere intorno a ogni stella o corpo planetario, e il nuotare del pianeta che si muove in circolo in questo vortice»: <sup>662</sup>

La dottrina cartesiana e quella del Sig. Hobbes sono entrambe insufficienti, perché non forniscono alcuna ragione del perché i corpi dovrebbero discendere verso il centro sotto o in prossimità dei poli. Né servirà il magnetismo di Gilbert o Keplero, in quanto, come ho già mostrato, questa è una proprietà distinta dalla gravità, e di un'altra natura. <sup>663</sup>

#### 4. Un nuovo sistema del mondo

Il rifiuto dei vortici lasciava aperta la questione della causa del moto dei pianeti. In un sistema celeste in cui erano da tempo assenti le orbite solide o le intelligenze motrici la presenza dei vortici eterei avrebbe garantito una causa fisica chiara delle traiettorie descritte dai corpi celesti. Se non sono i vortici a spingere i pianeti, alimentandosi dalla stessa forza centrifuga che producono nei moti, come possono quei corpi resistere alla loro tendenza centrifuga? Se un corpo solido che ha ricevuto un impulso in un fluido tende a proseguire il suo moto in linea retta alla direzione impressa, è necessario supporre che l'allontanarsi da quella traiettoria rettilinea sia dovuto all'intervento di una forza esterna. Ne consegue che sui corpi celesti, che si muovono all'interno del fluido etereo lungo traiettorie «circolari o ellittiche, o comunque non rettilinee», deve agire una causa fisica che contrasti la loro tendenza inerziale costringendoli continuamente nelle loro curve. È con queste considerazioni che si apre la memoria

---

<sup>660</sup> Hooke 1705: 322.

<sup>661</sup> Id.: 177.

<sup>662</sup> Id.: 179

<sup>663</sup> Id.: 183.

di Robert Hooke letta alla Royal Society il 23 maggio 1666, «riguardante l'inflessione di un moto retto in una curva ad opera di un principio attrattivo». Due sono le ipotesi che Hooke prospetta. La prima può derivare dalla diversa densità del mezzo, attraverso il quale i corpi celesti sono mossi: se supponiamo che quella parte del mezzo più lontana rispetto al Sole sia maggiormente densa verso l'esterno di quella più vicina, seguirà che il movimento rettilineo sarà sempre deflesso verso l'interno, a causa della maggiore resistenza della parte esterna del mezzo.

Gli spazi tra i pianeti sono occupati da una sostanza eterea che può subire l'effetto del calore solare che si diparte dal centro delle orbite planetarie. È questo l'argomento maggiore a favore della prima ipotesi. «Ma», afferma Hooke, «ci sono altri argomenti contrari (*improbabilities*) che riguardano questa supposizione, che non essendo il mio obiettivo presente ometterò». <sup>664</sup> Nello stesso anno in cui Hooke presenta la sua memoria viene pubblicato a Firenze un importante testo di Giovanni Alfonso Borelli, *Theoricae medicorum planetarum*. Il moto dei pianeti viene affrontato a partire dalle stesse questioni che si poneva Hooke: cosa tiene i pianeti all'interno di orbite curve? Qual è la causa fisica che contrasta la loro tendenza radiale? Nella seconda delle tre ipotesi prospettate si afferma:

Con alcuni supponiamo che si abbia un'aria eterea intorno al Sole, qualcosa come uno spazio di determinata consistenza e rarefazione, come l'acqua dell'oceano, sulla cui superficie esterna di questo etere il pianeta galleggia come una nave sulla nostra acqua. <sup>665</sup>

In questa seconda ipotesi di Borelli, come nella prima ipotesi di Hooke, i corpi celesti sono trasportati dall'etere che li circonda. La presenza di un'impostazione simile del problema della dinamica celeste, il ricorso a una concezione composta del moto planetario e infine, la similitudine tra alcune delle ipotesi discusse sono all'origine dell'idea che l'opera di Borelli fosse ben presente a Hooke nel 1666. Il primo testo in cui l'opera di Hooke a quella di Borelli in materia di meccanica celeste sono accostate fu, com'è noto, i *Principia*. Intento a respingere le pretese di Hooke sulla legge di gravitazione universale, Newton aveva già mostrato di leggere le idee di Hooke

---

<sup>664</sup> Birch 1756-7, II: 90-1.

<sup>665</sup> Borelli 1666: 46.

alla luce di quelle di Borelli.<sup>666</sup> È di Alexandre Koyrè la tesi di un'«influenza certa» di Borelli sull'opera di Hooke, che si fa «inconfondibile» nella memoria del 1666.<sup>667</sup> Altri, invece, hanno individuato in Roberval o in Cartesio la fonte comune di un'ipotesi ai loro occhi troppo simile per essere indipendente.<sup>668</sup> La coincidenza delle date, che dovrebbe completare un quadro fatto solo di similitudini e analogie, in realtà costituisce l'ostacolo maggiore a queste interpretazioni. Dal diario di Hooke e dai registri della Royal Society è assente la menzione del testo di Borelli nell'anno della sua pubblicazione. A differenza degli altri testi scientifici, come i *Saggi* del Cimento, non c'è traccia di una conoscenza da parte di Hooke o di ambienti della società a lui vicini al momento della memoria sulla dinamica celeste. La ricerca di una fonte per l'ipotesi eterea non ha riguardato i testi scritti da Hooke negli anni compresi tra il 1661 e il 1666. In questo periodo di intensa attività diverse idee e abbozzi di ipotesi sulla gravità si susseguono, a partire da quella della congruità del 1661. Come si è visto, sebbene fondata su una particolare proprietà dei fluidi, quest'ipotesi ha anch'essa carattere etereo. In una relazione del 14 gennaio 1664 dedicata all'azione del calore sui liquidi viene avanzata una possibile applicazione cosmologica:

In via ipotetica si può supporre che il vasto spazio del vortice del Sole o i cieli, in cui il Sole, la Terra e i pianeti sono continuamente mossi, possa essere pieno di un corpo fluido, le cui parti sono di differente densità, a seconda della vicinanza o lontananza dal grande fuoco del mondo, il Sole, che può essere collocato al centro di questo spazio, secondo l'ipotesi copernicana. In seguito si può supporre che i diversi corpi dei pianeti e della Terra possono essere vuoti, come grandi bolle di vetro, e nonostante appaiono di maggiore densità dell'etere che li circonda, forse, in accordo alla loro forma possono essere in *aequipondium* con il fluido. E così a seconda della loro densità assumo le loro posizioni nell'etere fluido.<sup>669</sup>

Hooke ha qui delineato un'ipotesi eterea diversa da quelle di Cartesio e di Roberval, con le quali pure condivide alcuni assunti.

---

<sup>666</sup> Gal 2002: 30-1.

<sup>667</sup> Koyré 1972: 393, 257; cfr. Mamiani 1998: 200.

<sup>668</sup> Aiton 1972: 92; Gal 2005: 532.

<sup>669</sup> Birch 1756-7, I: 176.

Tra questi, rispettivamente, l'azione esterna dell'etere che causa la gravità e la differente densità del mezzo in cui si muovono i pianeti. Non pare però si possa definirla un'ipotesi cartesiana. La memoria del 1663 fa emergere ulteriori dubbi sull'«inconfondibile» presenza delle idee di Borelli negli scritti del 1666. Anche Borelli aveva rifiutato l'ipotesi eterea, a causa delle «tante difficoltà» che l'accompagnavano. Il possibile ricorso a una «virtù quasi magnetica», destinata a far muovere i pianeti nelle orbite determinate dal rapporto della propria massa con la densità dell'etere non era estranea a quelle difficoltà.<sup>670</sup> Le ipotesi magnetiche di Keplero erano giudicate «ragioni fisiche ingegnose, ma false».<sup>671</sup> Un'attrazione centrale costante appare incompatibile con l'ellitticità delle orbite, perché dovrebbe produrre un moto uniforme. Abbandonata l'ipotesi kepleriana si volge lo sguardo verso un'ipotesi ellittica che abbia «fondamento migliore» e sia «più conforme alle ragioni fisiche».<sup>672</sup> Al galileiano Borelli l'idea di un'attrazione centrale si dimostra difficilmente accettabile. La gravità non è una forza che agisce sui corpi dall'esterno, qualunque sia la sua natura, magnetica o eterea, ma un «appetito» o «istinto naturale».<sup>673</sup> I pianeti di Borelli sono gravi galileiani che tendono naturalmente verso il Sole.<sup>674</sup> La gravità non è il risultato della composizione di due forze, centripeta e centrifuga, che agiscono sui corpi, ma solo di una delle due componenti, la tendenza diretta al centro contrastata da quella radiale propria di tutti i moti curvi. Ciò che permette a Borelli di non ricadere nella critica rivolta a Keplero è la mancanza di equilibrio tra le due tendenze, causata dal variare di quella centrifuga. All'aumento della vicinanza al Sole la velocità di rotazione cresce, comportando un incremento della forza centrifuga. Ne deriva un allontanamento del pianeta dal centro, a cui corrisponde una diminuzione di velocità che comporta la riduzione della forza centrifuga e un nuovo avvicinamento al Sole.<sup>675</sup> Nell'alternarsi periodico di apogeo e perigeo la gravità non cambia, essendo la sua tendenza al centro connaturata al pianeta.<sup>676</sup> Nell'autore del *De motu animalium* le due

---

<sup>670</sup> Borelli 1666: 46-7.

<sup>671</sup> Id.: 30-1.

<sup>672</sup> Id.: 35; cfr. Koyré 1966: 423.

<sup>673</sup> Id.: 47.

<sup>674</sup> Cfr. Koyré 1976: 250-1.

<sup>675</sup> Borelli 1666: 76-7.

<sup>676</sup> Guicciardini 1998: 69; Bertoloni Meli 2006: 196-7; Koyré 1966: 424; Shea 1974: 214.

«filosofie della natura in conflitto» presenti in Galilei continuano a convivere in modo sempre più problematico.<sup>677</sup>

Negli stessi anni in cui Borelli introduce congiuntamente nella fisica galileiana l'inerzia rettilinea e l'ellitticità delle orbite, Hooke delinea una cosmologia in cui è la forza attrattiva della filosofia magnetica a incontrarsi con l'inerzia rettilinea del meccanicismo. La seconda ipotesi che da il titolo alla memoria del 1666 si fonda sulla «proprietà attrattiva del corpo posto nel centro, da dove continuamente tenta di attrarre verso di sé». Il moto dei pianeti è la risultante di due forze che si compongono continuamente, l'attrazione centrale e la forza centrifuga radiale.<sup>678</sup> Su questa base Hooke costruisce negli anni successivi un «sistema del mondo differente in molti particolari da quelli già noti, rispondente in tutto alle comuni regole dei movimenti meccanici». Il primo dei tre principi sui quali è fondato viene esposto nel 1674 con queste parole:

Primo, che tutti i corpi celesti hanno un'attrazione o potere gravitazionale verso il proprio centro, da cui attraggono non solo le proprie parti trattenendole dal volare via, come possiamo osservare che fa la Terra, ma che essi attraggono anche tutti gli altri corpi celesti che sono nella loro sfera di attività, e di conseguenza che non solo il Sole e la Terra hanno un'influenza sul corpo e sul moto della Terra, ma che anche gli altri pianeti attraverso i loro poteri attrattivi hanno una considerevole influenza sul suo moto, come nella stessa maniera il corrispondente potere attrattivo della Terra ha una considerevole influenza su ognuno dei loro movimenti.<sup>679</sup>

«Secondo questa ipotesi», aveva scritto nel 1666, «i fenomeni delle comete così come quelli di tutti i pianeti possono essere risolti, e i moti di quelli secondari tanto quanto quelli dei pianeti primari».<sup>680</sup> L'attrazione che trattiene i pianeti nelle orbite e quella che trattiene i corpi sulla Terra non sono le sole a operare nell'universo. Il concetto di *orbis virtutis* derivato dalla cosmologia magnetica permette di riconoscere a ogni corpo celeste una forza di attrazione che agisce in forza della sua sfera d'attività. Ogni corpo è in una

---

<sup>677</sup> Cfr. Westfall 1982: 77; Koyré 1976: 70, 244-6.

<sup>678</sup> Birch 1756-7, II: 91-2.

<sup>679</sup> Hooke 1679: 27-8.

<sup>680</sup> Birch 1756-7, II: 92.

condizione di attrazione attiva e passiva con gli altri corpi, in una misura che può essere quantitativamente determinata. La forma sferica dei corpi celesti legata al concetto di congruità si è dimostrata determinante per conferire alla gravità carattere universale. La presenza delle macchie solari aveva fatto del Sole un corpo celeste che, al pari dei pianeti, ruota intorno al proprio asse.<sup>681</sup> La sfericità è per Hooke l'effetto principale della presenza di un'attrazione che tende al centro: «questo potere non è presente solo nella Terra, ma c'è uno stesso potere in ogni corpo globulare dell'universo, il Sole o le stelle fisse, pianeti primari e secondari, comete».<sup>682</sup> La forma irregolare della Luna è così simile a quella terrestre che è possibile ritenere che sulla sua superficie si siano verificati terremoti simili a quelli terrestri (*moonquakes*). La rotazione lunare lascia pensare che i pianeti secondari condividano con quelli primari, oltre a forma sferica, gravitazione specifica e comune rivoluzione intorno al Sole, anche una rotazione intorno al proprio asse.<sup>683</sup> Procedendo di analogia in analogia si arriva a supporre «tutte le stelle fisse come tanti Soli, ognuna di loro con la sua sfera di attività o espansione in proporzione alla sua solidità e attività».<sup>684</sup>

Il secondo principio sul quale si fonda il sistema del mondo hookiano è il principio d'inerzia di Cartesio e Gassendi:

La seconda supposizione è questa che tutti i corpi che si muovono di moto rettilineo continueranno a muoversi in futuro in linea retta, fino a quando da altri poteri non sono deflessi e piegati in un moto che descrive un cerchio, un'ellissi o qualsiasi altra linea curva composta.

A differenza della tendenza naturale di Borelli o dell'attrazione magnetica di Keplero, l'attrazione centripeta di Hooke non è sempre uguale. Non è una proprietà naturale costante dei corpi né dipende dall'emissione del corpo centrale. È una forza che tutti i corpi celesti esercitano in misura delle loro dimensioni e della distanza. Secondo il terzo principio «questi poteri attrattivi sono molto più forti nella loro azione quanto più vicino ai propri centri è il corpo

---

<sup>681</sup> Id.: 74.

<sup>682</sup> Hooke 1705: 178.

<sup>683</sup> Hooke 1665: 246.

<sup>684</sup> Hooke 1679: 6.

sottoposto». <sup>685</sup> Nel 1674 la determinazione della forza di gravità non va oltre uno stadio qualitativo e sostanzialmente indeterminato. <sup>686</sup>

Pochi giorni prima che Hooke presentasse la sua memoria John Wallis aveva discusso alla Royal Society la questione delle maree. Due erano per Wallis le principali ipotesi disponibili, l'attrazione magnetica e la pressione gravitazionale. La teoria di Galilei, scrive a Boyle, «dalla prima volta che l'ho letta mi è sembrata molto razionale, al punto da non poter avere altre opinioni se non che la vera spiegazione di questo grande fenomeno fosse da riferire al movimento della Terra». <sup>687</sup> Wallis non condanna le ipotesi magnetiche, ma mostra verso di esse un «certo agnosticismo», eco della ferma condanna galileiana. <sup>688</sup> La corrispondenza delle fasi lunari con le maree era stata ricondotta da Galilei all'azione perturbatrice della Luna che rende il moto terrestre non uniforme. Influenze, attrazioni, virtù, «proprietà occulte e simili fanciullezze», non sono la causa del flusso e reflusso del mare, ma il loro effetto «ne i cervelli atti più alla loquacità ed ostentazione, che alla specolazione ed investigazione dell'opere più segrete di natura». <sup>689</sup> In deroga al principio della relatività del moto da lui stesso avanzato, Galilei aveva ritenuto le maree l'effetto meccanico del moto terrestre. La «razionale» teoria galileiana era stata sviluppata da Wallis in direzione del sistema formato da Terra e Luna intorno a un comune centro di rivoluzione:

Ora supponiamo la Terra e la Luna, unite come un solo corpo, trasportate intorno al Sole nel moto della grande orbita annuale. Questo moto deve essere ritenuto, in accordo alle leggi della statica, in altri casi, come il movimento del comune centro di gravità dei due corpi. (...) E di conseguenza la linea dell'orbita annuale (se circolare o ellittica non intendo qui discutere) sarà descritta non dal centro della Terra (com'è comunemente ritenuto facendo della Terra un pianeta primario e della Luna uno secondario), né dal centro della Luna (com'è ritenuto da coloro al contrario fanno della Luna un pianeta primario e della Terra uno secondario), ma dal

---

<sup>685</sup> Id.: 28.

<sup>686</sup> Birch 1756-7, II: 188.

<sup>687</sup> Boyle 2001, III: 142.

<sup>688</sup> Bennett 1981: 172-3.

<sup>689</sup> Galilei 1890-1909, VII: 486, 478.

comune centro di gravità dei due corpi, Terra e Luna come un aggregato.<sup>690</sup>

Nonostante andasse in direzione contraria alla strada intrapresa da Hooke la teoria galileiana di Wallis ebbe un significativo effetto sulla memoria del 1666.<sup>691</sup> A una spiegazione alternativa delle maree non poneva maggiori problemi di quanto già non ce ne fossero. Al contrario, nel cosmo delineato da Hooke il sistema Terra-Luna prospettato da Wallis sembrava conciliabile con l'esistenza di sfere di influenza attrattive, il cui effetto è mutuo sui corpi. Se in teoria questo poteva costituire un'indiretta conferma dell'ipotesi di Hooke, in pratica poneva alcuni problemi alla rappresentazione del moto congiunto delle rispettive rivoluzioni della Terra intorno al Sole e della Luna intorno alla Terra. L'indagine che aveva portato alla determinazione del moto composto dei pianeti aveva visto nello studio del periodo di oscillazione dei pendoli una tappa determinante. «Chi conosce la natura del pendolo circolare e del moto circolare», scrive Hooke nel 1674, «comprenderà facilmente l'intero fondamento di questo principio».<sup>692</sup> In un pendolo circolare il «*conatus* di ritorno» è proporzionale alla distanza dal centro, così come nel caso dei pianeti la forza di attrazione è in proporzione inversa alla distanza. La traiettoria descritta risulta composta dalla tendenza rettilinea perpendicolare e dalla tendenza contraria verso il centro dell'oscillazione. L'analogia con la tendenza radiale e quella centripeta delle orbite celesti appare evidente. La determinazione della natura composta del moto orbitale da parte di Hooke non è avvenuta solo attraverso l'analisi geometrica delle orbite e della direzione delle forze. La riduzione di un problema cosmologico in una questione di meccanica applicata<sup>693</sup> si è realizzata sulla base della rappresentazione meccanica sperimentale dei fenomeni.<sup>694</sup> Le brevi note di Hooke che costituiscono la memoria erano, come viene riportato nel registro della Società, un'«introduzione» a un esperimento che doveva mostrare la composizione di attrazione centripeta e forza centrifuga nel moto dei corpi:

---

<sup>690</sup> Wallis 1666: 272-3; Wallis 1972, II:743-4.

<sup>691</sup> Birch 1756-7, II: 433.

<sup>692</sup> Hooke 1679: 28.

<sup>693</sup> Kuhn 1972: 324.

<sup>694</sup> Cfr. Gal 1996: 186-8; Gal 2002: 29-31.

Per questo scopo ci fu un pendolo che terminava con un larga sfera di *lignum vitae* appeso al soffitto della stanza. E si scoprì che se la forza della tendenza tangenziale al primo impulso era maggiore della tendenza verso il centro veniva prodotto un moto ellittico il cui diametro più lungo era parallelo alla tendenza rettilinea del corpo nel punto del primo impulso. Ma se la forza era più debole della tendenza verso il centro, era prodotto un movimento ellittico il cui diametro più breve era parallelo alla tendenza rettilinea del corpo nel punto del primo impulso. E se erano uguali, si produceva un movimento perfettamente circolare.<sup>695</sup>

A differenza del primo, l'esperimento che prevedeva il moto del pendolo a cui era stato collegata una piccola sfera non sortì l'effetto desiderato. Ripetuto più volte l'esito non fu quello che si attendeva: «l'esperimento ripetutamente realizzato di rappresentare il moto composto della Terra e della Luna attraverso due sfere sospese su un filo», si legge nel registro della Royal Society, «non avendo risposto alle aspettative, che erano di vedere se il centro di gravità è nel mezzo dell'ellissi, fu tralasciato».<sup>696</sup>

La determinazione del grado di proporzionalità dell'attrazione gravitazionale rispetto alla distanza dei corpi non era stabilita. Hooke semplicemente ammise di «non averla ancora sperimentalmente verificata».<sup>697</sup>

Il programma sperimentale che ha portato Hooke dalla cosmologia magnetica e dall'inerzia cartesiana a comprendere la natura composta del moto orbitale era fondato su analogie e rappresentazioni meccaniche dei fenomeni. I suoi risultati sono stati giustamente oscurati dall'eleganza matematica e dall'uniformità fisica che solo Isaac Newton fu in grado di conferire alla meccanica celeste. I *Principia* hanno a lungo agito anche come una lente che ha impedito di cogliere la natura complessa del programma di Hooke. Troppo vicina ai concetti ermetici di simpatia e antipatia la concezione della gravità di Hooke è stata considerata priva del carattere universale manifesto nella forza newtoniana proporzionale alla massa dei corpi. Il carattere specifico che, secondo Richard Westfall, caratterizza la gravità in Hooke viene ascritto all'«aspetto particolaristico del concetto di congruità», una delle «idee

---

<sup>695</sup> Birch 1756-7, II: 92

<sup>696</sup> Id., III: 105-6.

<sup>697</sup> Hooke 1679: 28; cfr. Bertoloni Meli 2006: 220; Nauenberg 2006: 8-9.

sostanzialmente analoghe a quelle di Roberval». <sup>698</sup> In tal modo i progressi, i ripensamenti e le revisioni presenti nelle ricerche di Hooke, che pure Koyrè non aveva mancato di sottolineare, <sup>699</sup> perdono di significato. Si può ritenere universale una forza che si definisce per passaggi di analogie in analogie? Che si colloca in un sistema in cui al posto del concetto di massa si trovano quelli, più oscuri, di densità, solidità e sfera di attività? La luce chiara del *Sistema del Mondo* di Newton non ha facilitato la distinzione dei chiaroscuri del «sistema del mondo» di Hooke.

L'*orbis virtutis* della cosmologia magnetica lascia gradualmente il posto a una sfera di attività che è comune a tutti i corpi. La forza magnetica si trasforma in una forza attrattiva mutua e reciproca. La gravità del Sole è tale da comprendere tutti i corpi del sistema solare, che verso di esso esercitano una debole attrazione. Non c'è dubbio che a questo risultato Hooke sia giunto per generalizzazione di gravità specifiche. Ma tra la gravità solare e quelle degli altri corpi celesti non esiste una distinzione netta. Non hanno nature diverse, ma solo diversa estensione. A Hooke forse non era estranea l'idea di una forza inversamente proporzionale al quadrato della distanza. Ciò che lo separa dalla determinazione della legge dell'inverso del quadrato non è solo l'assenza dei metodi matematici per dimostrarla ma il riconoscimento della necessità di ricorrere a una dimostrazione matematica, che vada nettamente oltre una rappresentazione meccanica e sperimentale delle orbite planetarie fatta di pendoli, sfere di legno e corde.

## 5. Etere e attrazione

La determinazione quantitativa della forza attrattiva da parte di Hooke ha rappresentato per lungo tempo una questione controversa tra gli storici. Presente in una lettera a Newton del 1679 la cosiddetta legge dell'inverso del quadrato era assente dal sistema del mondo del 1674. Si trattava di un concetto condiviso da diversi filosofi e per ragioni diverse a metà del XVII secolo. <sup>700</sup> Anche William Whewell

---

<sup>698</sup> Westfall 1982: 347, 351; cfr. Bertoloni Meli 2006: 220.

<sup>699</sup> Koyré 1972: 258.

<sup>700</sup> Gal 2002: 9; Lohne 1960: 13, 19; Wilson 1970: 107, 135-6.

riteneva che questa legge fosse già nota prima di Newton. Due erano le strade che nella *History of Inductives Sciences* egli attribuì rispettivamente a Hooke e Halley: la deduzione dalle leggi di Keplero alla luce della forza centrifuga e l'analogia con la legge di diffusione della luce.<sup>701</sup> Tra queste due ipotesi, con qualche variazione, si sono alternate le diverse interpretazioni seguite all'opera di Whewell. A partire da Ernst Mach, secondo cui la definizione della legge da parte di Hooke ha visto nell'analogia con la radiazione luminosa un momento determinante.<sup>702</sup>

All'origine di quest'analogia era un aspetto elementare della geometria della sfera: l'aumento del volume in proporzione al quadrato del raggio. Tuttavia era necessario concepire la gravità come un'emanazione sferica da un corpo centrale, la cui intensità è inversamente proporzionale al volume. Questo impedì a Keplero di evitare la sua errata formulazione della forza della gravità in misura lineare alla distanza.<sup>703</sup> Nell'*Astronomia Nova* solo la luce si diffonde «orbiculariter», mentre la gravità «circulariter», cioè lungo il piano che congiunge i diversi centri dei pianeti.<sup>704</sup> L'identificazione della virtù attrattiva, luminifera e calorica del Sole da parte di Roberval costituisce la premessa alla definizione della diffusione sferica della gravità da parte di Ismael Bouillaud nel 1645.<sup>705</sup> All'«equazione fisica e ottica di Bullialdus» si richiamano Borelli nel 1666 e Hooke in alcuni scritti successivi alla corrispondenza con Newton del 1679-80.<sup>706</sup> L'altra strada indicata da Whewell procedeva invece dalla sostituzione della formula della forza centrifuga indicata da Huygens ( $f = v^2/r$ ) nella terza legge di Keplero.<sup>707</sup> A Hooke sarebbe stato possibile anche applicare il suo concetto di forza, proporzionale al quadrato della velocità, all'errata concezione di Keplero secondo cui la velocità dei pianeti è inversamente proporzionale alla distanza dal Sole.<sup>708</sup>

---

<sup>701</sup> Whewell 1857, II: 114-5; cfr. Whewell 1847<sup>2</sup>, I: 255, in cui Hooke e Halley sono accomunati nel seguire Bouillaud.

<sup>702</sup> Mach 1977: 210.

<sup>703</sup> Lombardi 2008: 36, 85.

<sup>704</sup> Kepler 1866, III: 302, 307.

<sup>705</sup> Roberval 1644: 23

<sup>706</sup> Borelli 1666: 32; Hooke 1705: 114, 132; cfr. Koyré 1972: 287 n.2.

<sup>707</sup> Bennett 1989: 230.

<sup>708</sup> Westfall 1982: 270-1.

Nello schema di storia naturale delineato a partire dal 1665 luce e gravità sono considerate da Hooke tra le «prime qualità sensibili», i fenomeni che hanno maggiore generalità in natura.<sup>709</sup> Come della luce, anche della gravità percepiamo solo gli effetti ma non le cause, che dobbiamo dedurre mediante ipotesi dai fatti di cui disponiamo. La definizione della natura della luce, però, fornisce una chiave per indagare fenomeni di difficile identificazione, tra cui la gravità.<sup>710</sup> Due sono secondo Hooke le caratteristiche principali che condividono i corpi celesti: la capacità di emettere o riflettere la luce e una mutua attrazione diretta al centro.<sup>711</sup> Tra le prime qualità sensibili esse costituiscono agli occhi di Hooke i due principi «più universali e considerevoli di natura».<sup>712</sup> Hanno in comune con il magnetismo di essere «*tota in toto e tota in qualibet parte*», diffusi cioè «*orbiculariter*» a partire dalla fonte di emanazione.<sup>713</sup>

Negli stessi anni in cui andava affermando la natura centripeta della gravità, Hooke si chiedeva quale fosse il ruolo dell'etere nei fenomeni della luce, della gravità e della combustione.<sup>714</sup> Le analogie fisiche tra la luce e la gravità lasciavano credere che si trattasse di fenomeni le cui cause non fossero molto distanti. La natura vibratoria della luce e della combustione era al centro delle ipotesi sui due fenomeni descritte nella *Micrographia*. In una relazione del 1682 dopo aver rilevato che la luce si diffonde in misura inversamente proporzionale al quadrato della distanza, Hooke assume l'ipotesi vibratoria della luce come modello esplicativo dei «moti e delle operazioni a distanza», come gravità e magnetismo.<sup>715</sup> Già nel 1672, in occasione della discussione della sospensione anomala, Hooke aveva fatto ricorso all'esistenza di diversi tipi di etere, responsabili di fenomeni diversi ma dotati di caratteristiche fisiche differenti.<sup>716</sup> In *Cometa* (1678) il ricorso a una vera e propria gamma di mezzi eteri differenziati,<sup>717</sup> apre la strada alla loro teorizzazione esplicita, che avviene in una memoria del 1682:

---

<sup>709</sup> Hooke 1705: 23.

<sup>710</sup> Id.: 72.

<sup>711</sup> Id.: 176.

<sup>712</sup> Id.: 166.

<sup>713</sup> Hooke 1679: 227; Hooke 1705: 79.

<sup>714</sup> Hooke 1705: 29.

<sup>715</sup> Id.: 79.

<sup>716</sup> Rimando Interno: Sospensione anomala.

<sup>717</sup> Hooke 1679: 231.

Potrei in seguito provare anche che ognuno di questi moti interni dei corpi, come quelli della luce e del suono, hanno distinti e differenti mezzi, attraverso i quali quei moti sono comunicati dal corpo influenzante al corpo influenzato. E in tal modo concepisco anche che il mezzo della gravità possa essere distinto e differente sia da quello della luce che da quello del suono.

Ogni mezzo ha caratteristiche fisiche identificabili, che lo distinguono dagli altri e lo associano a un determinato fenomeno fisico. È suscettibile quindi solo di determinati movimenti e non di altri, verso i quali è incongruo. L'analogia geometrica che era alla base dell'«equazione fisica e ottica» di Bouillaud, si fondava sulla comune natura di emanazione immateriali dei raggi luminosi e della virtù gravitazionale. La definizione vibratoria della luce e la tendenza meccanicistica a postulare entità specifiche per fenomeni particolari permettono a Hooke di estendere alla gravità l'ipotesi vibratoria assunta per luce e combustione. Il Sole e le stelle emettono luce e producono macchie o nubi perché sono corpi in combustione. Il moto dell'etere luminifero che contraddistingue la luce è causato dalla dissoluzione delle parti superficiali sulfuree del Sole a contatto con il nitro aereo dell'atmosfera che lo circonda. Allo stesso modo la gravità deve essere originata dal moto di un etere specifico impresso dalle parti del corpo verso il quale è diretta l'attrazione:

Ritengo quindi che la gravità della Terra possa essere causata da alcuni movimenti delle parti interne o centrali della Terra. Tali moti interni e centrali possono essere causati, generati e mantenuti dal moto delle parti esterne e di tutte le parti intermedie del suo corpo.

Dopo aver rilevato l'insufficienza dell'ipotesi dei vortici l'analogia con la luce e la differenziazione eterea forniscono a Hooke gli strumenti per spiegare la nuova attrazione centripeta all'interno della concezione vibratoria della materia. La concezione della gravità di Hooke è determinata dalla ferma convinzione nel suo funzionamento secondo «normali regole della meccanica». La gravità agisce per impulsi che «comunicano continuamente la stessa forza, pressione, tendenza, impeto, sforzo, gravità, potere, moto o in qualunque altro modo la si voglia chiamare».<sup>718</sup>

---

<sup>718</sup> Hooke 1705: 184.

Il moto etereo descritto da Hooke è apparso difficilmente conciliabile con la natura centripeta della gravità. Il filosofo sperimentale autore di considerazioni illuminati sulla natura composta del moto circolare, sui limiti dei vortici e sull'emancipazione della forza attrattiva dal suo originario connotato animistico è parso distante dal filosofo meccanico che impone a idee brillanti e innovative l'ipotesi dell'etere destinata a essere superata. Solo imponendo le leggi della logica a quelle del pensiero è stato possibile delineare un'immagine delle concezioni della gravità di Hooke rispondente all'innato desiderio di coerenza presente anche negli storici. Ne sono emerse le immagini di un filosofo sperimentale che ha considerato la gravità sempre e solo in termini fenomenistici, oppure di un meccanista mai realmente compromesso con l'idea di una forza attrattiva.<sup>719</sup> La riconduzione del sistema del mondo alle ordinarie leggi della meccanica ha significato per Hooke, al contempo, la possibilità di spiegare l'azione della gravità secondo principi della geometria teorica, di rappresentarne il funzionamento attraverso la meccanica applicata e di indicarne le cause nei principi della materia e del moto. Il riconoscimento della natura attrattiva e centripeta della gravità non era ritenuto incompatibile con la sua natura di processo meccanico. La gravità agisce per «linee radiali o impulsi orbicolari invertiti».<sup>720</sup> Non spingono dall'esterno il corpo, ma esercitano dall'interno una pressione verso il centro di emissione:

Ho ritenuto questi impulsi la causa della discesa dei corpi verso la Terra. Ma può sembrare forse un po' strano come una propagazione esterna di un moto possa essere la causa del moto dei corpi pesanti verso il basso. Per rendere questo più intelligibile menzionerò un'osservazione molto comune tra gli artigiani, che è questa: lo scivolare di un martello o un'ascia lungo il manico. Per farlo nel modo più facile essi comunemente sbattono l'estremo del manico, mantenendo il martello in mano, e l'ascia o il martello all'estremità più bassa pendente verso il basso. In questo modo non solo fanno andare il martello verso l'alto lungo il manico, ma se continuano lo fanno risalire fino alle loro mani. Per applicare questa osservazione alla mia presente teoria dico che il mezzo di propagazione è il manico, e il martello o ascia è il grave che scende:

---

<sup>719</sup> Cfr. Gal 2002: 38-40; Bennett 1981: 175; Bennett 1989: 228; Ehrlich 1992: 41.

<sup>720</sup> Hooke 1705: 171.

a ogni colpo che è dato dal globo della Terra al mezzo di propagazione un grado di velocità discendente è dato al grave, che è come se fosse l'ascia. Ora, secondo la velocità di questo moto vibratorio della Terra il potere che comunica deve essere più forte o più debole.<sup>721</sup>

Per conciliare nei termini eterei e vibratorii della sua concezione della materia l'origine e la direzione centrale della forza attrattiva Hooke ricorre, ancora una volta, alla meccanica applicata. Si tratta di un'ipotesi isolata, che non verrà sviluppata, ma che trova conferma in alcune note incomplete dedicate alla gravità. In esse la gravità è associata al moto interno delle parti dei corpi verso cui è diretta.<sup>722</sup> I limiti dell'ulteriore analogia di Hooke sono evidenti. Un postulato sulla quale si basa è l'esistenza del pieno. Le vibrazioni generate dai corpi celesti nell'etere gravitazionale possono produrre l'effetto di un moto inverso solo se esiste una base su cui esercitare il contraccolpo. La forza non agisce in misura della quantità di materia dei corpi ma alla «modificazione della materia» e alla «ricettività che essa ha di un potere uniforme». Ma si afferma anche che «il *momentum* di ogni corpo diviene proporzionato alla sua mole o densità delle parti, difforme dal fluido medio che comunica gli impulsi».<sup>723</sup>

La strada percorsa da Hooke si è sovrapposta in alcuni tratti con quelle di Cartesio e Roberval, Gilbert e Gassendi, Keplero e Huygens. Ma non si è mai identificata con nessuna di esse. Si è inoltrata in un territorio intermedio tra la cosmologia magnetica e la filosofia meccanica. Ha fatto uso di concetti provenienti da entrambe, senza assumerne le rispettive concezioni generali della gravità. A coloro che insistono sul privilegio delle soluzioni semplici, delle scelte nette e dei percorsi lineari dello spirito scientifico il risultato può apparire forse un ibrido difficilmente identificabile. Il contesto da cui guardare alla forza eterea e centripeta non è solo quello della meccanica celeste newtoniana e della scienza matematica del moto, ma anche quello dell'immagine sperimentale e meccanica della scienza di Hooke, della sua teoria vibratoria della materia e della sua congruità.

---

<sup>721</sup> Id.: 185.

<sup>722</sup> Id.: 191; Pugliese 1989: 200.

<sup>723</sup> Id.: 182, 185.

## 6. Ancora attrazioni

«Non è dunque necessario aggiungerne altri». Con queste parole Cartesio aveva concluso la spiegazione meccanica dei fenomeni del magnetismo e dell'elettricità «dalla figura, dalla grandezza, dalla posizione e dal movimento delle particelle di materia». Nella nuova filosofia non è più necessario né legittimo fare appello alle «forze occulte» o ai «prodigi tanto stupefacenti» delle simpatie e antipatie. Laddove non agisce la mente o domina il pensiero bastano i principi di materia e moto. L'attrazione e la repulsione magnetica sono effetti evidenti di cause meccaniche non percepibili. In realtà il magnete non attrae il ferro ma libera delle particelle che passando all'interno dei canali del ferro producono il vortice che lo spinge verso il magnete. L'*orbis virtutis* del magnete non è il campo di un'attrazione incorporea, bensì la «sfera della forza o dell'attività» del vortice magnetico. Le particelle magnetiche hanno la forma di una vite; dalla loro corrispondenza con i canali del ferro e del magnete dipendono gli effetti di attrazione o repulsione.<sup>724</sup> L'attrazione elettrica è dovuta invece a «particelle tenui e ramificate» che si trovano «nell'ambra, nella cera, nella resina e in quasi tutte le sostanze oleose». Liberata da questi corpi si diffondono nell'aria, e a causa del legame che mantengono ritornano al luogo da cui sono partite trascinando i corpi con i quali entrano in contatto. Causa diversa ha l'elettricità prodotta dallo strofinio del vetro, che non ha natura oleosa. La materia del primo elemento che attraversa i canali del vetro assume la forma di «fascioline sottili, larghe, allungate». Liberata dallo strofinio tornano al vetro non trovando fessure simili a quelle lasciate, spingendo i corpi leggeri che incontrano nella direzione del vetro.<sup>725</sup>

Alla trazione materiale di atomi di particolare forma e dimensione era ricorso anche Gassendi.<sup>726</sup> L'idea che i fenomeni elettrici e magnetici si potessero spiegare nei termini di effluvi materiali liberati dai corpi e che l'attrazione immateriale si risolvesse in una trazione

---

<sup>724</sup> Descartes 1994, II: 337-41, 353-5.

<sup>725</sup> Id.: 375.

<sup>726</sup> Gassendi 1648, II: 125.

corporea aveva largo seguito a metà del XVII secolo. La forza magnetica era stata definita da Charleton un'«emanazione materiale insensibile»<sup>727</sup> e ricondotta da Boyle e «effluvi» materiali invisibili.<sup>728</sup> «Questi effluvi», scrive Power, «non procedono *ab intrinseco*, ma sono canalizzati attraverso i corpi magnetici come la luce attraverso un vetro».<sup>729</sup> Tra gli argomenti richiamati da Boyle a sostegno dell'esistenza di una qualche materia nella campana della pompa svuotata d'aria fa parte la libera circolazione dei «flussi della calamita» e delle «emanazioni magnetiche della Terra».<sup>730</sup> Il carattere materiale ma insensibile di questi corpi era destinato però a confrontarsi con le aspirazioni suscitate dal microscopio. Da questo strumento Hooke si attendeva il potenziamento dei sensi per indagare «i moti sottili e curiosi propagati attraverso i corpi trasparenti o perfettamente omogenei, o gli impulsi vibratorii più grossi comunicati attraverso l'aria o tutti gli altri mezzi specifici».<sup>731</sup> Gli esperimenti con la pompa ad aria avevano mostrato che l'azione di queste sostanze non era alterata dall'assenza d'aria, in quanto si diffondevano nel vuoto pneumatico senza sostanziali differenze. Questo spingeva verso i vortici di particelle striate dei cartesiani o le trazioni materiali degli atomisti. Gli esperimenti che si presero a realizzare introno ai fenomeni magnetici alla Royal Society tra la metà degli anni '60 e quella degli anni '70 avevano diversi obiettivi, che convergevano tutti nell'«esame di entrambe le ipotesi epicurea e cartesiana sulla causa della *coitio* di magnete e ferro», proposta da Boyle nel 1666.<sup>732</sup> S'immersero i magneti in fluidi diversi dall'aria. Corpi di diversa natura e consistenza vennero frapposti tra magnete e ferro. Ma nessuna alterazione venne osservata.<sup>733</sup> «Il sig. Hooke fece diverse prove con il magnete, per trovare se l'interposizione di qualsiasi corpo ostacolasse il potere dei suoi effluvi» ma, si legge sul registro della società, «nessuno di essi interposto tra il magnete e il ferro produsse variazioni della virtù attrattiva del pietra».<sup>734</sup> I risultati

---

<sup>727</sup> Charleton 1654: 281; cfr. Bennett 1981: 169-70.

<sup>728</sup> Boyle 1772, II: 12; Id., I: 516, 556; tr. it. Boyle 1977: 602, 657; cfr. Pumfrey 1987: 2-4, 7; Boas Hall 1963: 91.

<sup>729</sup> Birch 1756-7, I: 81; cfr. Webster 1967: 158.

<sup>730</sup> Boyle 1772, I: 37; tr. it. Boyle 1977: 808.

<sup>731</sup> Hooke 1665: XII.

<sup>732</sup> Birch 1756-7, II: 85.

<sup>733</sup> Id.: 85-6, 91, 100.

<sup>734</sup> Id., III: 124.

non si discostavano da quelli diffusi nei *Saggi* degli accademici del Cimento: niente sembrava alterare gli effluvi magnetici, né si facevano passi in avanti nell'individuazione della loro natura e del loro funzionamento.<sup>735</sup> Anche gli esperimenti più interessanti non facevano che confermare quanto era già noto. Ponendo una terrella di Gilbert con il proprio asse parallelo alla superficie di un piano, Hooke osservò i sottili fili di ferro posti su di esso disporsi in una circonferenza intorno alla terrella, fino a formare un anello che richiama alla mente quello di Saturno.<sup>736</sup>

Nonostante gli esperimenti alcune innovazioni nella teoria magnetica erano state tentate da Hooke. Cartesio aveva spiegato l'azione dei vortici delle particelle striate con l'espulsione dell'aria che divide ferro e magneti, «è per questo che si avvicinano l'uno all'altro esattamente come fanno due magneti».<sup>737</sup> Questa spiegazione costituisce il modello al quale è improntata una prima ipotesi di Hooke. Nel riportare il testo del saggio del 1661 all'interno della *Micrographia* Hooke apportò alcune variazioni. L'ipotesi di ricondurre le attrazioni all'azione di un fluido etereo incongruo ai corpi era stata applicata originariamente solo alla gravità. Nella *Micrographia*, invece, viene estesa anche alle attrazioni elettriche e magnetiche:

E questa congruità (che qui posso spiegare meglio) è insieme un potere attrattivo e resistente, in quanto la congruità nei movimenti vibratorii può essere la causa di tutte le specie di attrazioni, non solo elettriche, ma anche magnetiche quindi anche della viscosità e glutinosità. Da una perfetta congruità dei moti di due corpi distanti le particelle intermedie fluide sono separate e spinte lontano dallo spazio tra essi. Ne segue che questi due corpi congrui sono costretti e spinti entrambi più vicini dai mezzi che li circondano.<sup>738</sup>

Le differenze rispetto all'ipotesi gravitazionale fondata sulla congruità sono evidenti. Non si tratta più della semplice azione diretta di un etere incongruo che spinge i corpi. L'azione che i moti vibratorii dei corpi magnetici o elettrici esercitano sul fluido che li circonda causa una pressione di questo fluido in direzione dei corpi

---

<sup>735</sup> Magalotti 1947: 92, 200-4.

<sup>736</sup> Birch 1756-7, III: 128-30, 132-4.

<sup>737</sup> Descartes 1994, II: 364.

<sup>738</sup> Hooke 1665: 31.

da cui i moti hanno avuto origine. L'ipotesi, quindi, si configura come una mediazione tra l'ipotesi dei vortici cartesiana e quella della congruità utilizzata per la gravità. Le particelle striate o le fascioline sottili di Cartesio lasciano il posto a movimenti impressi dai corpi al mezzo che li circonda, che hanno l'effetto di disporlo in un moto diretto verso i corpi emittenti. Questa breve ipotesi sembra costituire, nelle parole di Hooke, un accenno di una più ampia «Teoria del Magnete». Ma passeranno molti anni prima che qualcosa del genere compaia negli scritti di Hooke, tanti erano i problemi sperimentali che si dovevano affrontare prima di tentare una simile impresa.

Uno di questi era rappresentato dalla variazione magnetica. Tra i movimenti ascritti al magnetismo terrestre Gilbert aveva collocato la «*variation*», dovuta alla mancata coincidenza dei poli magnetici con quelli geografici della Terra. La direzione magnetica non coincide con il meridiano di riferimento, ma varia nello spazio e nel tempo. Gilbert aveva indicato nell'irregolare superficie terrestre la causa principale di questo fenomeno, assente nella terrella perfettamente sferica.<sup>739</sup> A una causa simile aveva fatto ricorso Cartesio, spiegando le variazioni temporali con lo spostamento nel tempo di masse ferrose nella superficie terrestre.<sup>740</sup> Per risolvere quello che ai suoi occhi appariva un «astruso mistero» Halley aveva escluso le soluzioni prospettate da Gilbert e Cartesio, ritenute incompatibili con la struttura interna della Terra da loro supposta. Riteneva che le variazioni potessero suggerire l'esistenza di quattro poli magnetici.<sup>741</sup> Anche l'ipotesi di Hooke era stata discussa e scartata da Halley.<sup>742</sup> Nell'ambito del primo dei *Discorsi sui terremoti*, Hooke aveva discusso la possibilità che operassero sulla Terra forze che avrebbero determinato vere e proprie rivoluzioni della struttura geologica. Tra gli effetti di questi processi vi poteva essere anche la variazione magnetica e le sue alterazioni:

I poli magnetici e i meridiani della Terra sono stati alterati; che essi continuino ad esserlo al presente è ritenuto quasi da tutti, e confermato da una moltitudine di osservazioni fatte in diverse parti del mondo, e per comparazione e collezione delle osservazioni di

---

<sup>739</sup> Gilbert 1600: 46, 151-2.

<sup>740</sup> Descartes 1994, II: 362-3.

<sup>741</sup> Halley 1683: 209, 214-6.

<sup>742</sup> Gunther 1935, X: 128.

cui sono venuto a conoscenza. Ritengo che il polo del magnetismo sia a una certa distanza dal polo del suo movimento quotidiano, e che si muova intorno a questo polo a una certa distanza in un certo numero di anni, e che nel corso dell'anno proceda in questo circolo per una parte di gradi.<sup>743</sup>

A distanza di anni queste indicazioni vaghe verranno accompagnate da dati numerici. Secondo i calcoli di Hooke il circolo che i poli magnetici descrivono intorno all'asse terrestre ha un raggio di  $10^\circ$  e un periodo di rivoluzione di 370 anni.<sup>744</sup> Il contesto in cui è maturata l'ipotesi di Hooke suggerisce che si tratti di un'alterazione della sostanza magnetica presente all'interno della Terra, suscettibile delle stesse alterazioni geologiche alle quali sono sottoposte le altre componenti del pianeta.

«Non dubito che col progresso del tempo si abbia a perfezionar questa nuova scienza», aveva scritto Galilei, «con altre nuove osservazioni e più con vere e necessarie dimostrazioni».<sup>745</sup> A mezzo secolo di distanza gli studi del magnetismo non abbondavano certo né delle une né delle altre. Alcuni passi in avanti erano stati fatti, o almeno così credeva Hooke. «L'ipotesi del Dr. Gilbert», scrive nel 1684, «era molto ingegnosa, sembrava molto razionale e in molte cose si accordava con i fenomeni della terrella, eppure non è stata un argomento sufficiente per tutti gli altri per desistere dal procedere nelle indagini». Seppure non si potessero annoverare ancora esperimenti decisivi per stabilire una teoria magnetica, Hooke sembrava credere che i dati fin qui registrati fornissero «una buona ragione per esitare nella ricezione di qualsiasi ipotesi, per quanto plausibile potesse apparire». Dalla lunga lista di concetti che avevano attraversato gli scritti sul magnetismo - «corpuscoli o effluvi magnetici, o atomi, o virtù magnetica, o spirito ilarchico o anima mundi» - sembrava assente un'idea chiara dei fenomeni magnetici.<sup>746</sup> La riproposizione da parte di Martin Lister e Robert Plot della filosofia magnetica di Gilbert, alla luce di una interpretazione paracelsiana,<sup>747</sup> significava per Hooke rendere vani i piccoli passi in avanti compiuti a partire da Gilbert e Cartesio. Se era necessario

---

<sup>743</sup> Hooke 1705: 322.

<sup>744</sup> Birch 1756-7, III: 130-1.

<sup>745</sup> Galilei 1890-1909, VII: 424.

<sup>746</sup> Hooke 1705: 483-4.

<sup>747</sup> Pumfrey 1987: 9-13; Pumfrey 1991: 33-6.

dubitare degli atomi e degli effluvi magnetici era quanto mai necessario evitare che si riaffermasse l'idea di una natura originaria e primitiva della virtù magnetica, irriducibile a spiegazioni corpuscolari e fondata sull'esistenza di «virtù inerenti e naturali». Hooke comprese che l'essenzialismo della filosofia magnetica di Lister poggiava sulla convinzione, ereditata da Gilbert, della natura immateriale e in ultima analisi animata della forza magnetica. L'unico argomento che Hooke poteva opporre alla tesi di una *coitio* magnetica verso cui erano irrilevanti gli ostacoli corporei era la debole alterazione della forza magnetica con il calore.<sup>748</sup> Per quanto complesso potesse apparire il magnetismo era un fenomeno ridicibile alla nuova filosofia della natura. L'insufficienza delle soluzioni atomiste e cartesiane non significava per Hooke il venir meno della nuova filosofia di fronte all'anima magnetica di Gilbert o allo spirito ilarchico di More. Come in campi diversi, quali l'ottica e la gravità, era necessario prospettare nuove soluzioni. Tuttavia la nuova teoria prospettata nel 1665 non arrivò. In una memoria del 1687 Hooke delinea quella che ha cura di definire solo un'ipotesi:

La mia ipotesi è questa. Primo, che tutti i corpi magnetici hanno le loro parti costituenti della stessa grandezza ed eguale tono.

Secondo, che il movimento o tono di un corpo magnetico è trasferito a quello di un altro per mezzo di un medio denso.

Terzo, che il moto del medio denso è circolare e vibratorio.

Nonostante la cautela verso la questione del magnetismo la definizione di ipotesi non modifica la fiducia in quello che si delinea come il nucleo delle convinzioni di Hooke in materia di magnetismo. «Da queste tre supposizioni», afferma in seguito, «tutti i fenomeni del magnetismo saranno dedotti nel modo più evidente e chiaro, anche *a priori*».<sup>749</sup> A differenza della teoria che negli stessi anni aveva sviluppato Boyle, fedele agli effluvi,<sup>750</sup> l'ipotesi hookiana riconduce i fenomeni magnetici al moto di un etere vibrante. «Il magnetismo», si legge in alcune note incomplete, «è un certo potere nel corpo della Terra, o di qualsiasi altro corpo celeste globulare, attraverso cui un certo movimento è generato in un mezzo

---

<sup>748</sup> Birch 1756-7, IV: 261-2, 265-6, 268-71.

<sup>749</sup> Hooke 1705: 364.

<sup>750</sup> Boas 1952: 479.

appropriato, che riguarda e muove alcuni corpi capaci di ricevere le impressioni secondo determinate leggi». <sup>751</sup> Ancora una volta si ripresenta l'analogia con la gravità, ereditata dalla cosmologia magnetica. Questa volta però, è la spiegazione della gravità che permette a Hooke di ricondurre i fenomeni magnetici all'azione di un etere vibrante causata dal moto interno delle parti magnetiche della Terra. Ma, a differenza della gravità, il mancato ricorso a un meccanismo etereo invertito per dar conto dell'attrazione centripeta sembra attestare l'ipotesi hookiana all'interno di quelle fondate sull'azione centrifuga dell'etere. Non ci sono, però, accenni ai vortici. È la congruità che determina la trasmissione di un particolare moto all'etere magnetico, e che permette di trasmetterlo ai corpi congrui.

L'ipotesi della *Micrographia* costituiva nelle intenzioni di Hooke una spiegazione unitaria di fenomeni elettrici e magnetici. In essa non si parla delle repulsioni magnetiche né di quelle elettriche, anche se non è difficile immaginare un meccanismo inverso a quello attrattivo descritto per dar conto di questi fenomeni. La rigida distinzione della virtù elettrica, universale e corporea, da quella immateriale magnetica da parte di Gilbert aveva allontanato dal campo dell'elettrologia simpatie e cause occulte. Ma si era presto dimostrata troppo rigida. La pubblicazione dei *Saggi del Cimento* nel 1667 aveva favorito la diffusione della scoperta della repulsione elettrica, compiuta da Honoré Fabri. <sup>752</sup> «Credesi volgarmente», scrive Magalotti, «che l'ambra tiri a sé i corpi, ma questa è un'azione scambievole e niente più propria dell'Ambra che de' medesmi corpi da' quali anch'essa è tirata o per lo meno ella ad essi s'appiglia». <sup>753</sup> Il programma d'indagine degli effluvi elettrici nel vuoto intrapreso dagli accademici fiorentini e portato avanti alla Royal Society, però, non era destinato a ottenere significativi risultati. <sup>754</sup> Maggiori effetti ebbe la palla di zolfo di Otto van Guericke. In analogia alla terrella magnetica di Gilbert, Guericke cercò di dimostrare l'esistenza di virtù «espulsive» e «impulsive» terrestri dagli effetti dello strofinio di una sfera di zolfo. <sup>755</sup> A differenza del suo esperimento le virtù

---

<sup>751</sup> Hooke 1705: 192.

<sup>752</sup> Heilbron 1979: 176, 201.

<sup>753</sup> Magalotti 1947: 201.

<sup>754</sup> Heilbron 1984: 271.

<sup>755</sup> Guericke 1994: 207, 227-31.

mondane di Guericke, a metà strada tra il corporeo e l'incorporeo,<sup>756</sup> non ebbero significativi effetti sulla discussione dei teorici dell'elettricità.

Il percorso in direzione di un'interpretazione meccanico-effluviale della virtù elettrica di Gilbert era stato intrapreso da Digby e costituirà il modello su cui opererà Boyle.<sup>757</sup> Ben diverso fu il seguito dell'esperimento di Guericke. Non apparteneva agli esperimenti «semplici ma pertinenti realizzati con giudizio» di cui Hooke lamenterà il bisogno negli studi sperimentali dell'elettricità, dominati da «centinaia di quelli pomposi, divertenti e che suscitano ammirazione».<sup>758</sup> Tuttavia permise a Huygens di osservare la repulsione elettrostatica, spiegata non più con gli effluvi, ma con vortici della materia sottile.<sup>759</sup> L'acquisto nel 1672 degli *Experimenta nova Magdeburgica* da parte di Hooke rappresenta l'inizio della crescente attenzione rivolta all'elettricità nella Royal Society.<sup>760</sup> La relazione di Hooke sul testo pose l'attenzione quasi esclusivamente sull'esperimento di strofinio della palla di zolfo. Locke, che affermava di aver fatto esperimenti simili, s'impegnò a riprodurli di fronte alla società. Ma fu Boyle a mostrare per la prima volta alla Royal Society gli effetti attrattivi dello strofinio di una sfera di zolfo.<sup>761</sup> L'adesione all'interpretazione degli effluvi umidi di Gilbert come un vapore elastico e untuoso da parte di Digby costituì la base della teoria effluviale di Boyle. La reciprocità dell'azione elettrica venne così ricondotta all'azione di «alcune affezioni meccaniche sia dei corpi attraenti che di quelli attratti, o di entrambi».<sup>762</sup> Diversa fu la via seguita da Hooke nella traduzione della virtù elettrica in un processo fondato su principi di materia e moto. L'esperimento di Guericke ebbe ai suoi occhi importanza minore di quello comunicato in una memoria alla Royal Society da Newton nel 1675. La produzione di un'attrazione elettrica verso il lato inferiore di un pezzo di vetro per strofinio del lato superiore, deve la sua importanza agli occhi di Hooke al fatto che si concilia molto bene con la teoria della gravità e del magnetismo che andava costruendo

---

<sup>756</sup> Thorndike 1958: 219.

<sup>757</sup> Heilbron 1979: 194.

<sup>758</sup> Hooke 1705: 184.

<sup>759</sup> Heilbron 1984: 274.

<sup>760</sup> Hooke 1935: 10.

<sup>761</sup> Birch 1756-7, II: 59, 63.

<sup>762</sup> Boyle 1772, IV: 347.

negli stessi anni.<sup>763</sup> L'attrazione che mostra appare troppo simile a quella che avviene tra un magnete e il ferro per avere una natura lontana:

Se consideriamo ancora questi esperimenti troveremo che c'è in tutti la necessità di un moto interno vibratorio delle parti dei corpi elettrici, e che quando questo movimento cessa, anche l'elettricità cessa. Possiamo quindi concludere che può esserci un tale movimento interno delle parti di alcuni corpi, che possono causare in essi l'elettricità, da cui possono essere capaci di attrarre, con alcuni piccoli gradi di potere, alcuni corpi ad essi.<sup>764</sup>

Ai fenomeni elettrici vengono sostanzialmente adattati i risultati raggiunti in materia di gravità e magnetismo, applicando un modello generale di attrazione fondato sull'esistenza di eteri diversi, di proprietà di congruità e incongruità agenti tra loro e sulla riconduzione sistematica della trasmissione di materia a trasmissione di movimento.

---

<sup>763</sup> Hooke 1935: 211; Birch 1756-7, IV: 62.

<sup>764</sup> Hooke 1705: 183.

# Da Hooke a Hauksbee

## 1. Oltre la priorità

La definizione quantitativa della forza che tiene i corpi celesti nelle orbite intorno al Sole e tutti i corpi sulla superficie dei pianeti ha costituito per lungo tempo l'oggetto di una disputa sulla priorità della scoperta tra Hooke, Newton e i rispettivi difensori. Come gli stessi protagonisti hanno riconosciuto la legge dell'inverso del quadrato costituiva una nozione diffusa tra gli studiosi della meccanica celeste nella seconda metà del XVII secolo. Per molto tempo si è ritenuto di dover far luce sulla questione delle sue possibili origini in Newton in relazione all'opera di Hooke. Appare oggi ormai chiaro che diverse erano le strade che portarono a ritenere che quella forza fosse inversamente proporzionale al quadrato della distanza. «Ora se il sig. Hooke da questa proposizione generale in Bullialdus può apprendere la proporzione della gravità», si domanda Newton nel 1686, «perché questa proporzione deve passare per una sua invenzione?». «Posso affermare», continua in una lettera dello stesso anno, «che l'ho assunta dal teorema di Keplero circa 20 anni fa».<sup>765</sup> Di fronte ai malumori di Hooke per la scarsa considerazione di cui vedeva fatto oggetto il suo lavoro in meccanica celeste, Newton ricostruisce la sua formulazione della legge dell'inverso del quadrato nella seconda metà degli anni '60 del secolo. Nonostante il carattere inevitabilmente selettivo e parziale delle ricostruzioni personali non ci sono ragioni per avanzare dubbi sulla definizione di quella legge a partire dalla terza legge di Keplero.<sup>766</sup> Il percorso viene ricostruito nel sesto corollario della proposizione IV (teorema IV) dei *Principia*:

Se i tempi sono in ragione della potenza  $3/2$  dei raggi e, per conseguenza, le velocità inversamente proporzionali alla radice quadrata dei raggi, le forze centripete saranno inversamente proporzionali ai quadrati dei raggi: e viceversa.<sup>767</sup>

---

<sup>765</sup> Newton 1959-77, II: 438, 445.

<sup>766</sup> Cfr. Westfall 1989: 155-7; Westfall 1982: 449-51, Lohne 1960: 19; Gal 2002: 172; Pugliese 1989: 186,191; Guicciardini 1998: 32-3; Wilson 1970: 139; McGuire-Rattansi 1989: 81-2; Casini 1984: 2-4.

<sup>767</sup> Newton 1779-85, II: 49; tr. it. Newton 1965: 162.

Tuttavia nel 1666 Newton non riteneva ancora che la proporzione avesse a oggetto la forza centripeta che trattiene i corpi nelle orbite, bensì il loro «sforzo a recedere» dalle curve, il cartesiano *conatus recedendi*.<sup>768</sup>

Tra gli assunti della questione della priorità vi è la grande rilevanza conferita al primato temporale nella definizione di uno dei concetti fondamentali della moderna meccanica celeste. Di fronte ad esso le considerazioni fisiche, gli errori sperimentali e gli ostacoli metafisici che ne hanno accompagnato la discussione appaiono secondari. Diventano, cioè, fatti marginali che rischiano di rendere inutilmente complesso il quadro lineare delle scoperte che costituirebbe la storia di quella scienza. Non può essere altrimenti se a essi si guarda solo e soltanto a partire dal risultato finale. Da qui il tacito assunto secondo cui il solo approccio corretto possibile a quella forza inversamente proporzionale al quadrato della distanza era quello centripeto.<sup>769</sup> La definizione quantitativa di quel rapporto nei termini di una forza centrifuga che caratterizza più di un decennio di riflessioni del giovane Newton, aveva attraversato il lavoro di Hooke e sarà al centro dell'opera di Huygens. La natura fisica di quella forza non costituisce una pregiudiziale insuperabile verso la sua determinazione quantitativa. Al contrario, per un lungo periodo la sua considerazione centripeta e attrattiva ha posto un numero maggiore di problemi rispetto a quella centrifuga. Che la forza sia inversamente proporzionale al quadrato della distanza che separa il pianeta dal Sole appariva a Huygens un fatto, la cui causa, determinata nella «vera e sana filosofia», è data dalla forza centrifuga del moto curvilineo. Il ricorso a un'attrazione centripeta non appariva invece «spiegabile da alcun principio della meccanica, né dalle regole del movimento».<sup>770</sup>

Se la scoperta, o meglio la formulazione di quella legge è ottenuta da molti e per vie diverse, la sua dimostrazione nel caso del moto ellittico dei pianeti costituisce un passo in avanti che segnerà una netta discontinuità. I tentativi compiuti da Hooke, Halley e Wren nel 1684 si erano dimostrati senza successo. Hooke, come riferisce

---

<sup>768</sup> Whiteside 1991: 20.

<sup>769</sup> Bertoloni Meli 2005: 536, 538; cfr. Gal 2002: 18; Guicciardini 2005: 512; Bucciantini 2007: 38.

<sup>770</sup> Huygens 1888-1950, XXI:471; cfr. Aiton 1972: 76; D'Elia 1985: 197-8; Bertoloni Meli 2006:216-8; Mormino 1993: 59-61.

Halley, affermava che «egli stesso molti anni prima ha pensato di spiegare il moto dei pianeti dalla composizione di una tendenza verso il Sole e un moto impresso, ma che alla fine terminò senza trovare il modo di farlo».<sup>771</sup> Il fallimento di Hooke espose inevitabilmente alle giuste critiche da parte di colui che era riuscito laddove altri avevano fallito:

Ora non è questo molto curioso? I matematici che scoprono, sistemano e compiono tutto il lavoro devono accontentarsi di non essere altro che aridi calcolatori e braccianti, e un altro che non fa altro che pretendere e aggrapparsi a ogni cosa deve portar via tutte le invenzioni, tanto quelle che lo seguono che quelle che lo hanno preceduto.<sup>772</sup>

La dimostrazione matematica della natura ellittica di un moto descritto da un corpo sottoposto a una forza inversamente proporzionale al quadrato della distanza dal centro non costituisce, nella prospettiva newtoniana, l'unico merito da rivendicare. Nonostante alcune incertezze,<sup>773</sup> Newton era giunto autonomamente alla legge dell'inverso del quadrato, ma aveva concepito la forza di gravità equivalente alla forza centrifuga dei corpi mossi lungo una traiettoria curva. La natura composta di attrazione centripeta e tendenza inerziale farà la sua comparsa da «intruso estraneo» negli scritti newtoniani solo con il *De Motu* (1684).<sup>774</sup> Nelle fasi in cui si susseguono gli studi newtoniani di meccanica celeste si sintetizzano e condensano le tappe ultime del percorso che porta alla legge di gravitazione universale e al nuovo sistema del mondo.<sup>775</sup> Nella prima fase la legge dell'inverso del quadrato matura in un contesto in cui il moto dei corpi celesti è ricondotto alla loro tendenza a recedere dalla traiettoria che descrivono e la gravità all'azione esterna dell'etere.<sup>776</sup> L'autore del *Waste Book*, delle lettere alla Royal Society del 1675, a Boyle del 1678 e a Hooke del 1679-80 è stato non a caso definito da Derek Whiteside un «Newton cartesiano».<sup>777</sup> In questi scritti il privilegio

---

<sup>771</sup> Newton 1959-77, II: 441; cfr. Lohne 1960: 23; Naunberg 1994: 337.

<sup>772</sup> Id.: 438.

<sup>773</sup> Westfall 1982: 523.

<sup>774</sup> Whiteside 1991: 18.

<sup>775</sup> Lohne 1960: 18.

<sup>776</sup> Westfall 1989: 153; Wilson 1970: 147; Pugliese 1989: 189-90.

<sup>777</sup> Whiteside 1991: 18.

nell'analisi meccanica della forza centrifuga trova corrispondenza in un'ipotesi eterea della gravità che presenta i caratteri di quelle ipotesi meccaniche contro le quali Newton si era scagliato nelle discussioni sulla luce e i colori pochi anni prima. «L'attrazione gravitazionale», scrive nel 1675, «può essere causata dalla continua condensazione di qualcosa di simile allo spirito etereo, non dello stesso corpo dell'etere flemmatico ma di qualcosa di molto rarefatto e sottilmente diffuso attraverso esso». L'atmosfera è composta da una serie di «spiriti eteri», corpi elastici di diverso spessore e densità, composti da particelle di natura simile ma dimensioni diverse. La natura operando da «perpetuo operatore circolare», genera questi diversi fluidi ai quali imprime un moto circolare dalla superficie dei pianeti verso i limiti delle loro atmosfere. Coinvolti in questi veri e propri vortici eteri i corpi sono spinti verso il basso, e i pianeti sono trattiene dal recedere dalle orbite delle loro rivoluzioni «con forza proporzionale alle superfici delle parti sulle quali agisce».<sup>778</sup> Nella lettera a Boyle del 1679 anche altri fenomeni attrattivi sono ricondotti alle variazioni di densità di fluidi che circondano i corpi. L'ipotesi di fluidi diversi dall'etere lascia ora il posto a quella di un etere di infiniti gradi di densità. Costituito da particelle di diverse dimensioni, l'etere si dispone in zone concentriche a densità variabile:

Si immagini ora un qualsiasi corpo sospeso nell'aria o che giace sulla Terra. Essendo per l'ipotesi l'etere più grosso nei pori che si trovano nelle parti superiori del corpo che in quelle che sono nelle parti più basse, e poiché l'etere più grosso è meno adatto dell'etere più sottile sottostante ad aver luogo in questi pori, questo non può sussistere senza che i corpi scendano per far spazio sopra e per farlo andar fuori.<sup>779</sup>

Le variazioni rispetto all'ipotesi di qualche anno prima non alterano la natura eterea delle idee newtoniane sulla gravità. Compatibili e complementari con il privilegio dell'approccio centrifugo nell'analisi del moto circolare, le ipotesi eteri di Newton si allontanano dal modello tradizionale meccanicistico costituito dai vortici cartesiani. Il ricorso in entrambe all'azione di un fluido

---

<sup>778</sup> Newton 1959-77, I: 365-6.

<sup>779</sup> Id., II: 295.

corporeo la cui densità varia con la distanza dal centro dei corpi celesti ricorda da vicino la teoria di Borelli.<sup>780</sup> «Da questa supposta sottigliezza graduale delle parti dell'etere», conclude Newton, «alcune cose possono essere ulteriormente illustrate e rese più intelligibili, ma per quanto è stato detto potrete facilmente distinguere se in queste congetture ci sia un qualche grado di probabilità, che è tutto ciò cui aspiro».<sup>781</sup> Sembra dunque che il carattere di ipotesi meccaniche solo probabili sia ben chiaro a Newton:

La verità è che cose di questo tipo sono così confuse che non sono mai completamente soddisfatto riguardo a esse, e ciò di cui non sono soddisfatto lo posso a stento ritenere adeguato a essere comunicato ad altri, specialmente in filosofia naturale, dove non c'è fine alla fantasia.<sup>782</sup>

Negli stessi anni in cui avanzava ipotesi meccaniche sull'etere Newton aveva maturato convinzioni che si sarebbero dimostrate incompatibili con la concezione cartesiana della natura e della scienza. Sono gli anni del *De gravitatione* in cui i principi della fisica cartesiana sono sottoposti a una confutazione sistematica e si afferma una concezione della materia fondata sugli atomi e sul vuoto.<sup>783</sup> Il delinarsi di quelle che sono considerate le premesse filosofiche dei *Principia* coglie Newton intento a dare alle sue riflessioni sull'etere un carattere sempre più distante dal modello cartesiano, ma ancora prigioniero della sua concezione centrifuga del moto circolare.

Come ha scritto Alexandre Koyré «il pensiero aborre il vuoto, una teoria scientifica non scompare se non è sostituita da una altra».<sup>784</sup> A questo riguardo si è dimostrata decisivo lo scambio epistolare intercorso tra Hooke e Newton nel 1679-80. Nella prima lettera Hooke chiede l'opinione di Newton su quella che definisce «la mia ipotesi o opinione»:

---

<sup>780</sup> Gal 2002: 30-1; Whiteside 1991: 20-1.

<sup>781</sup> Newton 1959-77, II: 295.

<sup>782</sup> Id.: 288.

<sup>783</sup> Guerlac 1977: 85; Casini 1983: 16-9; Westfall 1982: 421-3.

<sup>784</sup> Koyré 1976: 183.

E in particolare se volete farmi conoscere i vostri pensieri sulla composizione dei moti celesti dei pianeti da un movimento diretto dalla tangente e un movimento attrattivo verso il corpo centrale.<sup>785</sup>

In tal modo Newton vede esposta una concezione rivoluzionaria del moto dei pianeti, radicalmente alternativa a quella cartesiana che caratterizza gli scritti degli anni precedenti.<sup>786</sup> Si trattava dell'ipotesi del sistema del mondo esposta da Hooke nel 1674, di cui Newton però afferma di non essere venuto a conoscenza in precedenza. Ma le obiezioni newtoniane non arrivarono. Newton decise invece di sottoporre una questione dinamica, «una fantasia delle mie riguardo alla scoperta del moto diurno della Terra».<sup>787</sup> Nella discussione che seguì Hooke ebbe modo di correggere Newton, che si era riferito alla gravità come a una forza costante,<sup>788</sup> per ribadire infine la sua natura variabile in misura della distanza. Le misure della variazione del periodo di oscillazione del pendolo compiute da Halley a Sant'Elena sono utilizzate da Hooke come la prova, inutilmente cercata negli esperimenti di St. Paul e Westminster, della variazione della gravità con la distanza dal centro. La corrispondenza che si era aperta con la fiducia hookiana nella possibilità di spiegare i fenomeni celesti con una nuova considerazione dinamica dei loro moti si chiude con una questione alla quale solo Newton darà risoluzione:

Rimane ora da conoscere le proprietà di una linea curva non circolare né concentrica prodotta da un potere attrattivo centrale che rende la velocità di discesa dalla linea di tangente o uguale moto retto a tutte le distanze in una proporzione inversa al quadrato della distanza. Non ho dubbi che attraverso il vostro metodo eccellente troverete facilmente quale curva debba essere, le sue proprietà e suggerirete una ragione fisica di questa proporzione.<sup>789</sup>

Ponendo fine allo scambio di idee sulla dinamica celeste queste parole pongono fine all'approccio cartesiano di Newton e prospettano quelli che saranno i maggiori risultati del sistema del mondo esposto nei *Principia*. Non si è trattato, è bene chiarirlo, di

---

<sup>785</sup> Newton 1959-77, II: 297.

<sup>786</sup> Westfall 1982: 521-3, 526, 532; Lohne 1960: 33; Nauenberg 2006: 7-8; Westfall 1972 b: 486; Patterson 1950: 33-4; Guicciardini 1998: 33.

<sup>787</sup> Newton 1959-77, II: 301.

<sup>788</sup> Id.: 307.

<sup>789</sup> Id.: 313.

una conversione dai vortici alle attrazioni. Il Newton che entrava a contatto con le nuove idee di Hooke era un filosofo naturale molto più distante dal meccanicismo cartesiano di quanto non lo fosse in realtà il suo interlocutore. La fiducia di Hooke era ben accordata. Nel giro di pochi anni Newton diede risposta in modo completo alle questioni cui Hooke si era arrestato. È l'ellisse la curva descritta da un corpo che ruota intorno a un altro sotto l'effetto di una forza inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza. Mentre è la quantità di materia la ragione fisica di questa proporzione. Hooke prese coscienza dei risultati dal manoscritto newtoniano del *De Motu*, tentando di adattare la sua concezione di impulsi periodici indefinitamente brevi alla nuova dinamica celeste, senza peraltro mutare convinzioni sul meccanismo fisico della gravità.<sup>790</sup> La nuova analisi del moto circolare permise invece a Newton una revisione dinamica dei moti celesti che allontanò definitivamente le ipotesi meccaniche dalla considerazione della gravità. Sebbene l'analisi quantitativa della forza di gravità non fosse stata incompatibile con la possibile esistenza di un meccanismo materiale che agisce in accordo alle leggi matematiche,<sup>791</sup> l'analisi di Newton s'indirizza verso l'esclusione delle cause meccaniche:

In generale assumo, qui, la parola attrazione per significare una qualsiasi tendenza dei corpi ad accostarsi l'uno all'altro; sia che questa tendenza dipenda dall'azione dei corpi, per effetto del loro mutuo cercarsi, oppure per effetto di spiriti emessi che li muovono mutualmente, sia che essa abbia origine dall'azione dell'etere, o dell'aria, o di un qualunque mezzo corporeo o incorporeo che spinge in un modo qualsiasi i corpi che vi nuotano dentro l'uno verso l'altro.<sup>792</sup>

Ma se ci si sposta dalle considerazioni matematiche e le si confrontano con i fenomeni fisici, le condizioni che rendono quei rapporti matematici possibili restringono inesorabilmente il campo delle ragioni fisiche delle forze alle forze stesse. Assunto il concetto di attrazione centripeta Newton non si domanda più quale fluido renda possibile i moti celesti ma come quei moti siano possibili in un qualsiasi fluido. La resistenza che i fluidi oppongono può essere

---

<sup>790</sup> Nauenberg 1994: 333-4; Erlichson 1997: 170-1; Nauenberg 1998: 92; Gal 2006: 47;

<sup>791</sup> Cfr. Home 1985: 108.

<sup>792</sup> Newton 1779-85, II: 218-9; tr. it. Newton 1965: 339.

diminuita dalla loro divisione, ma non la loro quantità di materia, dalla quale la resistenza dipende. «Affinché questa resistenza diminuisca, deve essere diminuita la quantità di materia negli spazi attraverso i quali i corpi vengono mossi». Gli spazi celesti, nei quali i pianeti e le comete sono mossi «liberissimamente», devono pertanto essere quasi privi di materia per non opporre resistenza all'azione quantitativamente determinata della forza di gravità.<sup>793</sup> Non c'è più alcuno spazio non solo per i vortici cartesiani, mai seriamente considerati da Newton, ma per tutti i fluidi sottili assunti dai filosofi meccanici per spiegare l'azione della gravità. «Popolare l'universo di forze», ha scritto Richard Westfall, «è la condizione per spopolarlo di materia».<sup>794</sup>

## 2. Tradizioni britanniche

La ricerca di una causa meccanica della gravità nell'azione di un fluido etereo non aveva impedito a Newton di riconoscere l'esistenza di proprietà della materia che, a differenza della gravità, non erano riconducibili a ragioni meccaniche. Nella lettera alla Royal Society del 1675 Newton aveva osservato che esistono dei fenomeni di fronte ai quali le tradizionali cause meccaniche si dimostrano insufficienti. I fluidi dovrebbero permeare le sostanze con le quali entrano a contatto in misura della loro sottigliezza, o meglio delle dimensioni e figure delle loro particelle costitutive in relazione a quelle dei pori degli altri corpi. Ma:

l'acqua e l'olio permeano il legno e la pietra, cosa che non fa il mercurio, e il mercurio permea i metalli, cosa che non fanno né l'acqua né l'olio. L'acqua e gli spiriti acidi saturano i sali, il che non fanno l'olio e lo spirito di vino; l'olio e lo spirito di vino saturano lo zolfo, il che non fanno l'acqua e gli spiriti acidi. Così alcuni fluidi (come l'olio e l'acqua), sebbene i loro pori siano abbastanza liberi per mescolarsi l'uno con l'altro, per qualche segreto principio di non affinità (*unsociableness*) stanno separati, mentre altri che sono affini (*sociable*) possono diventare non affini (*unsociable*) se a uno di essi si aggiunge un terzo elemento.<sup>795</sup>

---

<sup>793</sup> Id.: 430; tr. it. Newton 1965: 556.

<sup>794</sup> Westfall 1982: 489.

<sup>795</sup> Newton 1959-77, I: 368; tr. it. Newton 1978: 257.

Esistono quindi dei comportamenti delle sostanze non riconducibili ai principi meccanici delle particelle che li costituiscono. «I colori di qualsiasi corpo naturale», scrive a Boyle nel 1679, «sembrano dipendere da nient'altro che dalle varie dimensioni e densità delle loro particelle». Ma di fronte al mancato ingresso delle particelle dell'acqua nella struttura corpuscolare dei metalli non è possibile addurre la loro dimensione. Le particelle dell'acqua, infatti, non sono così grosse da non poter penetrare nei pori dei metalli. Non resta che concludere che l'acqua è «non associabile» ai metalli:

Esiste un certo segreto principio in natura per il quale i fluidi sono associabili ad alcune cose e non associabili ad altre. (..) Ma un liquido che per sé stesso è non-associabile a un corpo attraverso il mescolamento con un mediatore adatto può esser reso associabile.<sup>796</sup>

Il ricorso a questo segreto principio di natura era presente già dieci anni prima (1666-7), in un manoscritto giovanile in cui a una spiegazione del magnetismo condotta secondo i vortici si accompagnava la distinzione di due distinti e «non associabili» vapori magnetici.<sup>797</sup> Allo stesso periodo risalgono forse le note tratte dalla lettura della *Micrographia*. Oltre ad alcuni fenomeni della luce e dei colori l'attenzione del giovane Newton è significativamente rivolta al principio della congruità. Nonostante la centralità in questa fase dell'opera di Cartesio, testimoniata dalla fiducia in una possibile causa meccanica della gravità, la concezione della materia che Newton dimostra di far propria è quella di un atomismo cristiano distante dalla concezione della natura cartesiana. L'attenzione alla congruità hookiana è testimonianza del ruolo di primo piano che assumono fin da ora questioni come la coesione dei corpi nell'opera di Newton. In una nota a pagina 15 della *Micrographia*, in cui Hooke aveva illustrato la nuova proprietà è possibile scorgere il legame tra congruità e associabilità:

---

<sup>796</sup> Id., II: 291-2.

<sup>797</sup> Cambridge University Library MS 3970, ff.473-4; Home 1985: 107; Westfall 1982: 413; Hall 1948: 243-4.

La ragione per la quale alcuni corpi con facilità si mescolano insieme e non con altri [e] alcuni sono congregati [e] altri sono disgregati dal moto, è l'accordo o disaccordo dei loro moti (causato dalle loro varie dimensioni, densità o figure) a conformarsi o a respingersi l'uno l'altro, come i concordi o discordi in musica.<sup>798</sup>

Accordo e disaccordo sono i termini in cui viene tradotta la congruità, prima di venir ribattezzata con il termine, destinato a un lungo corso, di associabilità.<sup>799</sup> Come la congruità l'associabilità costituisce una proprietà nuova nel panorama della concezione meccanica della natura, anche se non necessariamente incompatibile con esso. Almeno nelle intenzioni di chi la richiama. La possibilità di alterare la condizione di associabilità o non associabilità tramite l'azione di un terzo «mediatore conveniente» lascia pensare che si tratti di una proprietà relativa dei corpi. Per quanto la si possa considerare in questo stadio compatibile con caratteristiche genuinamente meccaniche dei corpi, la sua stessa presenza denuncia l'insufficienza di quei principi di fronte a una serie di fenomeni. Una sua azione all'interno del meccanismo dei vortici eterei che causano il moto planetario viene ipotizzata da Newton nel 1675. E nelle note a pagina 31 della *Micrographia* l'ipotesi eterea di attrazioni e repulsioni magnetiche avanzata da Hooke con il concorso della congruità era stata considerata una possibile spiegazione dei fenomeni.<sup>800</sup> L'esempio principale dell'azione della congruità hookiana, la risalita dell'acqua nei tubi sottili, viene invece preso in considerazione nel *De gravitazione*. Anche in questo caso, il ricorso alla nuova proprietà è indice dell'insufficienza delle ipotesi meccaniche tradizionali. I dubbi che Newton avanza sul carattere materiale o immateriale della repulsione tra acqua e vetro denotano chiaramente il carattere alternativo alle spiegazioni meccaniche che il nuovo campo di fenomeni attrattivi e repulsivi assumerà.<sup>801</sup>

La trasformazione della concezione del moto orbitale e della gravità stessa dopo il 1679-80 da parte di Newton non altera il rapporto che si era istituito fin dall'inizio con la nuova proprietà. Anche quando la gravità viene riconosciuta come un'attrazione diretta al centro dei corpi e regolata da rapporti quantitativi dovuti

---

<sup>798</sup> Newton 1962: 400.

<sup>799</sup> Westfall 1982: 462-3; Westfall 1989: 229-30; Henry 1989: 156.

<sup>800</sup> Newton 1962: 401.

<sup>801</sup> Id.: 215-6.

alla distanza e alla quantità di materia, le proprietà di attrazione e repulsione restano distinte da essa. La gravità, infatti, ha carattere solo attrattivo, mentre in fenomeni come il magnetismo, l'elettricità e le dissoluzioni chimiche fanno emergere attrazioni e repulsioni.<sup>802</sup> Il campo delle forze micro-particellari non coincide con quello della gravità, ma si apre davanti ad esso. D'altra parte la natura della gravità venne a costituire per Newton motivo di significative ambiguità, protette dietro una considerazione solo matematica e fenomenica. Al di là di esse vi era la convinzione del suo carattere non meccanico.<sup>803</sup> A differenza della gravità le forze micro-particellari erano attrattive e repulsive, non universali e difficilmente quantificabili. Sebbene, al pari della gravità, si configurassero come proprietà delle particelle costitutive dei corpi, non sembravano dipendere dalla quantità di materia. Inoltre nonostante dipendessero dalla distanza tra i corpi il loro effetto non sembrava rientrare nella legge dell'inverso del quadrato.<sup>804</sup>

Dal campo dei fenomeni magnetici ed elettrici emergeranno fenomeni che agli occhi di Francis Hauksbee costituiranno «circostanze non comprese nella teoria generale» newtoniana. Il successore di Hooke nel ruolo di sperimentatore della Royal Society, grazie a importanti modifiche alla pompa ad aria,<sup>805</sup> si era dedicato alla «produzione ed emissione di certe sorte di luci da differenti corpi».<sup>806</sup> Boyle ma soprattutto Newton costituivano l'apparato concettuale di questo «buon newtoniano con l'ingegno di un Hooke».<sup>807</sup> Oltre ai nuovi fenomeni di elettroluminescenza Hauksbee analizzò l'effetto del vuoto pneumatico nel caso della risalita dei liquidi nei tubi sottili. Dall'assenza di un'alterazione nel comportamento dei liquidi concluse che «questo fenomeno è assolutamente indifferente, tanto rispetto alla presenza, e azione, o all'assenza, e non azione dell'aria».<sup>808</sup> Si tratta quindi di uno «spontaneo ascendimento» le cui cause sono diverse da quelle finora indicate. L'ipotesi hookiana della congruità è ben nota a Hauksbee, che però la rifiuta con decisione. È un'ipotesi «alquanto più

---

<sup>802</sup> Newton 1959-77, I: 368; tr. it. Newton 1978: 256-7.

<sup>803</sup> Koyré 1972: 165, 171-4; Gabbey 2002: 339.

<sup>804</sup> Newton 1779-85, II: 347-8; Id., III: 20; tr. it. Newton 1978: 479-80, 629.

<sup>805</sup> Turner 1991: 332-6; Brundtland 2008: 236; Golinski 1989: 20.

<sup>806</sup> Hauksbee 1709: III; tr. it. Hauksbee 1716: III.

<sup>807</sup> Heilbron 1979: 229; cfr. Guerlac 1977: 108-9.

<sup>808</sup> Hauksbee 1709: 101; tr. it. Hauksbee 1716: 65.

inintelligibile» di quelle meccaniche. Benché falsa come quelle «è più misteriosamente tale, lasciando alcuna incertezza se ciò possa essere o no; a causa delle parole dure di congruità e incongruità, le quali non essendo spiegate, possono forse portar con esso loro un qualche miglior senso, che esse non sembrano promettere».<sup>809</sup> La congruità non è che il prodotto di una filosofia naturale che non ha beneficiato della lezione newtoniana:

Il mondo letterario è ormai generalmente convinto, che in vece di perder tempo dietro vane ipotesi, che variano poco da' romanzi, non vi sia altro modo d'illustrare la filosofia naturale che per via di dimostrazioni e conclusioni fondate sopra esperienze giudiziosamente e diligentemente fatte.<sup>810</sup>

Le analogie tra lo «spontaneo ascendimento» dell'acqua e i fenomeni magnetici fanno emergere «alcune notabili concordie di questo fenomeno con altri, in cui l'attrazione evidentemente ha parte».<sup>811</sup> L'ambiguità della congruità sembra quindi dovuta al fatto che, se da un lato rappresenta il ricorso ad attrazioni e repulsioni, dall'altro rischia di costituire un'anomalia nell'uniformità dei fenomeni attrattivi. Secondo Hauksbee, infatti, l'ascesa spontanea dell'acqua è l'effetto dell'attrazione che si esercita a contatto col vetro, e rientra nel campo generale delle attrazioni di cui fanno parte anche la gravità e il magnetismo. Tuttavia questo non annulla le notevoli differenze tra i diversi fenomeni attrattivi che erano all'origine della diversa concezione di Newton:

Quell'attrazione di cui parlo (come causa della salita de' liquidi ne' piccoli tubi) suppongo che proceda principalmente, se non unicamente, dalla più interna e concava superficie d'un tal tubo; e non dalla solidità, o quantità della materia che egli contiene. (...) che la cosa dovrebbe star così, egli apparisce da quest'altro, che l'attrattiva potenza delle piccole particelle della materia opera solamente sopra quei tali corpicciuoli che le toccano, ovvero che sieno da loro a una infinitamente piccola distanza rimosse.<sup>812</sup>

---

<sup>809</sup> Id.: 200-1; tr. it. Hauksbee 1716: 127.

<sup>810</sup> Id.: I ; tr. it. Hauksbee 1716: I-II.

<sup>811</sup> Id.: 202; tr. it. Hauksbee 1716: 128.

<sup>812</sup> Id.: 205; Hauksbee 1716: 130.

La legge della gravitazione universale invece agisce tra i corpi in misura della quantità di materia e dell'inverso del quadrato della distanza. Quella stabilita da Newton è una legge valida solo per un particolare tipo di attrazione, quella gravitazionale, che non si estende però a tutto il campo dei fenomeni attrattivi. Mentre quella newtoniana è valida per i tutti i corpi, quella cui si trova di fronte appare ad Hauksbee relativa alle «porzioni più piccole della materia»:

Si sa unicamente che fa d'uopo che ella sia molto differente dall'altra, e che le forze attrattive in questo caso scemano in una maggior proporzione che in quello, dove i quadrati delle distanze si accrescono: ma della natura di quella proporzione quale essa sia, o quanto complicata, o quali varietà vi possano essere non è stata ancora ritenuta ragione; né meno verrà ciò agevolmente fatto a causa dell'apparenti invincibili difficoltà consecutive all'esperienze ed osservazioni che si richiedono per istabilire un punto tanto delicato.<sup>813</sup>

Il programma di Hauksbee è chiaro.<sup>814</sup> La filosofia sperimentale ha davanti a sé il vasto campo dei fenomeni attrattivi e repulsivi nei quali si stagliano con distinzione solo i risultati newtoniani sulla gravità. Le forze micro-particellari attrattive e repulsive, per quanto differenti, appartengono a quel campo comune e vanno indagate «senza ricorrere a quelli oscuri mendicanti supposti, che in altre soluzioni paiono inevitabili». Non c'è dubbio che a questa categoria Hauksbee riteneva appartenesse la congruità di Hooke. Ma Newton era di parere diverso. Sulle sue riflessioni ebbero un effetto di gran lunga più rilevante delle conclusioni gli esperimenti di Hauksbee, anche quelli sull'attrazione capillare. La risalita dei fluidi negli spazi stretti dei solidi nella seconda edizione dell'*Ottica* era stata ascritta alla repulsione tra le particelle dell'aria e del vetro. Dalla derivante maggiore rarefazione dell'aria seguiva la diminuzione della pressione sul liquido rendendo possibile l'ascesa. L'esperimento di Hauksbee escludendo l'aria dalle possibili cause mise in condizione di poter correggere l'ipotesi nella direzione di un'attrazione diretta tra liquido e vetro nell'edizione del 1717.<sup>815</sup> Ciò rappresentava per Newton una conferma dell'esistenza in natura di forze attrattive capaci di unire i

---

<sup>813</sup> Id.: 201; Hauksbee 1716: 128.

<sup>814</sup> Heilbron 1984: 133-6.

<sup>815</sup> Newton 1779-85, IV: 252; tr. it. Newton 1978: 592-3; Westfall 1982: 486.

corpi ben distinte dalla gravità, senza che questo alterasse l'uniformità della natura:

In tal modo l'universo naturale sarà strettamente conforme a se stesso e semplicissimo, producendo tutti i grandi movimenti dei corpi celesti per effetto dell'attrazione di gravità, che è scambievolmente tra quei corpi; e quasi tutti i movimenti minori delle loro particelle per effetto di un'altra forza di attrazione che è scambievolmente tra le particelle.<sup>816</sup>

Le ipotesi avanzate erano state diverse: atomi uncinati, quiete o movimenti cospiranti. Nessuna di esse però sembra sufficiente a dar conto in modo adeguato dei fenomeni in cui si osservava l'operare di quelle forze. Se questi fenomeni non dipendono dalle configurazioni meccaniche non resta che constatare, ancora una volta, l'esistenza di forze associate alla materia.<sup>817</sup> «Scoprire queste forze», conclude Newton, «è compito della filosofia sperimentale».<sup>818</sup>

Il rapporto tra i fluidi eterei e le forze nel corso delle ricerche newtoniane ha fatto registrare un «costante bilanciamento» tra il ricorso all'azione a distanza e quello a un meccanismo etereo di crescente sofisticazione.<sup>819</sup> Attraverso ripensamenti e revisioni Newton ha sempre mantenuto l'esistenza di un mezzo etereo, trasformandone di volta in volta la natura e le funzioni, al punto da rendere i diversi fluidi che si sono succeduti nei suoi scritti difficilmente identificabili. L'etere del 1675 convive con l'esistenza di proprietà specifiche della materia da cui dipendono particolari fenomeni di attrazione e repulsione dei fluidi. È descritto come un mezzo «molto simile all'aria, sebbene di gran lunga più rarefatto, più sottile e più fortemente elastico». Delle sue diverse varietà fanno parte gli effluvi elettrici e magnetici. La produzione di elettricità per strofinio del vetro è ricondotta nel 1675 da Newton all'azione di «una qualche materia sottile giacente condensata nel vetro e rarefatta dallo strofinio».<sup>820</sup> La stessa gravità sarà considerata fino al 1679 l'effetto di un fluido etereo sui corpi, fino a quando la sua natura non meccanica emergerà nei *Principia*, sottraendo all'etere una delle

---

<sup>816</sup> Id.: 258; tr. it. Newton 1978: 598.

<sup>817</sup> Id.: 251; tr. it. Newton 1978: 591; cfr. Thackray 1981: 40; Sergio 2006: 351.

<sup>818</sup> Id.: 255-6; tr. it. Newton 1978: 596.

<sup>819</sup> Hall and Boas Hall 1970: 55.

<sup>820</sup> Newton 1959-77, I: 366; tr.it. Newton 1978: 253-4.

sue funzioni tradizionali. Nella seconda edizione dell'opera una nuova versione di quel fluido fa la sua comparsa. Viene definito uno «spirito sottilissimo che pervade i grossi corpi e che in essi si nasconde». Alla sua azione sono ascritte le forze attrattive e repulsive dell'elettricità, l'azione della luce e la sensazione nei viventi.<sup>821</sup> In alcuni scritti destinati a costituire un'appendice allo *Scholium* del 1713, *De motu et sensazione animalium* e *De vita et morte vegetabili*, lo spirito elettrico assume caratteri sempre più distanti dall'originario etere newtoniano. La sua natura elettrica esclude la possibilità di identificarlo con l'etere che apparirà nelle questioni aggiunte all'edizione dell'*Ottica* di quattro anni dopo. Nonostante non apporti alla concezione dell'elettricità significative innovazioni rispetto all'ipotesi eterea originaria,<sup>822</sup> lo spirito elettrico appare lontano dall'etere altamente rarefatto del 1675. Ad esso Newton attribuisce caratteri che sembrano avvicinarlo piuttosto allo spirito della natura di Henry More: è privo di densità ma elastico, quindi capace di dilatazione e contrazione, è latente nei corpi e si manifesta in vibrazioni rapidissime, ma soprattutto ha proprietà antitetiche a quelle materiali poiché la sua azione non risente dell'impenetrabilità della materia e si presenta come sostanza intermedia tra il corporeo e l'incorporeo.<sup>823</sup> Semplifica fortemente il sistema naturale newtoniano che riconduce all'unità. Anche se le sue azioni non si identificano con la forza della gravità riproduce nell'ordine delle azioni micro-particellari l'unità costituita dalla gravità tra i corpi maggiori dei pianeti e delle comete.<sup>824</sup>

Alcuni fenomeni elettrici erano alla base di questa imponente speculazione, cui non sembrano estranei profondi convincimenti metafisici. Finalizzato a gettare un ponte tra le due parti principali della filosofia naturale newtoniana, l'ottica e la gravità, il programma sperimentale di Hauksbee aveva dato agli effluvi elettrici una nuova, inaspettata plausibilità.<sup>825</sup> La riproduzione della luce all'interno della pompa dal mercurio o dai fosfori era apparsa a Newton assai simile all'attrazione prodotta dallo sfregamento di una superficie di vetro nel 1675: in entrambi i casi si produceva elettricità per strofinio del

---

<sup>821</sup> Newton 1779-85, III: 174; tr. it. Newton 1965: 796.

<sup>822</sup> Heilbron 1979: 240.

<sup>823</sup> Mamiani-Trucco 1991: 88-9, 95; Westfall 1982: 506-7; Bondi 2001: 156-8.

<sup>824</sup> Mamiani-Trucco 1991: 93; Thackray 1981: 46.

<sup>825</sup> Heilbron 1979: 239.

vetro.<sup>826</sup> La conclusione di Hauksbee, infatti, non sembrava lasciare dubbi sull'origine di quella luce:

Si potrebbe con qualche probabilità congetturare che la luce prodotta proceda da qualche qualità nel vetro, per una tal confricazione o moto datogli, e non dal mercurio per altro conto se non solamente in quanto egli è un corpo proprio, quale battendo, o strofinando sopra il vetro produce luce.<sup>827</sup>

Hauksbee osservò la formazione di luce per strofinio da una sfera cui era stato fatto precedentemente il vuoto. Ponendo al suo interno dei fili di lana, dopo aver strofinato il vetro esterno si poteva osservare la loro disposizione radiale intorno all'asse centrale cui erano collegati. Ne derivava una concezione dell'azione elettrica diretta, non secondo vortici, che è apparsa molto simile al meccanismo di azione centripeta eterea avanzato da Hooke.<sup>828</sup> Era ferma convinzione di Hauksbee che in quei fenomeni si verificasse uno spostamento di materia nello spazio. La concezione corpuscolare della luce di Newton si incontrava con la lezione boyleana degli effluvi nell'analisi dell'elettroluminescenza di Hauksbee.<sup>829</sup> Ricondurre le attrazioni e le repulsioni elettriche a leggi determinate come quella gravitazionale si scontrava con «apparenti invincibili difficoltà» che emergevano dagli esperimenti. Era possibile però avanzare fondate opinioni sulle ragioni fisiche di quei fenomeni all'apparenza così irregolari:

Ma quantunque lo scoprimento sia pur anco acerbo, e che non sia stato fatto di tanto tempo da poter essere interamente e perfettamente discusso, contuttociò alcune cose che sono spianate e chiare, ovvero probabili, e facili a essere si possono fra tanto esporre. Ed a misura che tutte le circostanze e varietà in quelle sperienze saranno più diligentemente esaminate, si può sperare di arrivare a più positive conclusioni intorno alle ragioni di questi fenomeni.<sup>830</sup>

---

<sup>826</sup> Heilbron 1984: 278.

<sup>827</sup> Hauksbee 1709: 49-50; tr. it. Hauksbee 1716: 32

<sup>828</sup> Id.: 140-6; tr. it. Hauksbee 1716: 90-4; Heilbron 1979: 234.

<sup>829</sup> Boyle 1772, IV: 389; Home 1981: 32.

<sup>830</sup> Hauksbee 1709: 152; tr. it. Hauksbee 1716: 238.

Nell'appendice che fece seguire alla raccolta dei suoi esperimenti nel 1709 Hauksbee diede una versione della teoria effluviale dell'elettricità che costituirà la base delle più sofisticate teorie del XVIII secolo.<sup>831</sup> L'elettricità consiste di «effluvi che per quanto mai sottili si possano immaginare, sono tuttavia corpo e materia, e però debbono esser soggetti alla comune legge de i corpi, quale si è il dover trovare resistenza in qualche proporzione alla forza e densità del mezzo».<sup>832</sup> Gli effluvi di Hauksbee sono «parti attive mandate fuori dal tubo mediante la confricazione». Sebbene assai diversi dallo spirito elettrico dello *Scholio* le conclusioni di Hauksbee e gli esperimenti di elettroluminescenza spinsero Newton a rivalutare la natura e le funzioni dell'etere in relazione alle forze micro-particellari. Non un arretramento in difesa dai critici ma un nuovo sviluppo a seguito di nuovi esperimenti.<sup>833</sup> Fin dal 1675 l'etere era descritto nei termini di un fluido «fortemente elastico» caratterizzato da vibrazioni assai veloci e brevi, che nei piccoli pori si trova a un grado di rarefazione maggiore che negli spazi aperti.<sup>834</sup> Negli scritti del 1675-79 sono schizzate «le linee maestre di un sistema compiuto della natura» che ha in questo fluido elastico la sua chiave.<sup>835</sup> Sebbene non si tratti ancora di uno spirito intermedio tra il corporeo e l'incorporeo, la materia e il pensiero, è un fluido elastico che viene richiamato per dar conto di un «imbarazzante problema»:

Il modo in cui i muscoli si contraggono e si dilatano al fine di causare il moto animale, può ricevere maggiore luce da quello che da qualsiasi altro mezzo che gli uomini abbiano fin qui pensato. Infatti se l'uomo avesse il potere di condensare e dilatare a volontà l'etere che pervade il muscolo quella condensazione e quella dilatazione dovrebbero variare la compressione del muscolo causata dall'etere circostante, e di conseguenza farlo gonfiare o contrarre.<sup>836</sup>

Gli stessi spiriti animali non sono altro che corpi di natura eterea, «sottile abbastanza per pervadere i succhi animali tanto liberamente

---

<sup>831</sup> Home 1981: 11, 19, 24-5, 37-40.

<sup>832</sup> Hauksbee 1709: 56; tr. it. Hauksbee 1716: 36-7.

<sup>833</sup> Home 1985: 102; Guerlac 1967: 46-8, 53; Guerlac 1977: 115-7; Thackray 1981: 45; Westfall 1982: 499-504.

<sup>834</sup> Newton 1959-77, I: 366-7; tr. it. Newton 1978: 253-4; cfr. Newton 1959-77, II: 289.

<sup>835</sup> Westfall 1982: 457.

<sup>836</sup> Newton 1959-77, I: 367; tr. it. Newton 1978: 255.

quanto gli effluvi elettrici e forse magnetici pervadono il vetro». <sup>837</sup> La loro produzione ricade sul cuore, il cui processo di fermentazione interno cui si deve questo fluido etereo è considerato della stessa natura dello strofinio che libera fluidi eterei responsabili dell'attrazione elettrica. <sup>838</sup>

Newton distingue il suo «aereo spirito vitale necessario per la conservazione della fiamma e dei moti vitali» dal nitro aereo, «l'immaginario volatile salnitro». <sup>839</sup> Tuttavia è possibile ritenere che i fluidi eterei del 1675 e lo spirito elettrico del 1713 presentino caratteri assai simili al nitro aereo di Willis, Hooke e Mayow. <sup>840</sup> Non si intende con questo affermare l'identità dei fluidi newtoniani con il sottile spirito volatile della tradizione iatrochimica inglese, ma solo richiamare quello che potrebbe essere stato, tra i molti, un riferimento nel pensiero newtoniano. Com'è noto, l'uso dei fluidi eterei da parte di Newton presenta un carattere assai flessibile, capace di accordarsi ad hoc a ogni specifica questione. <sup>841</sup> La causa che impedisce di identificare completamente l'etere che precede i *Principia* con lo spirito elettrico dello *Scholio* o il fluido che popola le ultime questioni dell'*Ottica* è la stessa che impedisce di identificare quelle diverse sostanze, o ognuna di esse, con la materia sottile dei cartesiani, lo spirito della natura di More, il nitro aereo di Hooke e Mayow. Si tratta piuttosto di indicare la possibile funzione che concetti tra loro assai diversi abbiano potuto svolgere nella descrizione di alcuni caratteri e in relazione ad alcune funzioni determinate.

L'estrema elasticità, l'origine dalla fermentazione, e la capacità di spiegare il moto vitale sembrano indicare che alcuni caratteri dello spirito elettrico fossero presenti a Newton ben prima degli esperimenti di Hauksbee. La considerazione del moto interno dei viventi nei termini di un processo di fermentazione di spiriti avanzata da Willis aveva costituito la base delle considerazioni di Hooke e Mayow sulla respirazione. Il «pabulo igneo-aereo» costituiva secondo Mayow «la parte più attiva e sottile dell'aria». <sup>842</sup> L'elasticità dell'aria, così come quella di ogni fluido aereo veniva

---

<sup>837</sup> Id.: 368; tr. it. Newton 1978: 257.

<sup>838</sup> Id.: 369; tr. it. Newton 1978: 259; cfr. Ivi: 553-4.

<sup>839</sup> Id.: 365; tr. it. Newton 1978: 252.

<sup>840</sup> Henry 1986: 344, 348; Mckie 1953: 488; Clericuzio 1994: 70-1.

<sup>841</sup> Hall 1998: 59.

<sup>842</sup> Mayow 1674: 12-3.

ricondata alla presenta di particelle nitro-aeree mosse «da forza elastica». <sup>843</sup> Newton entrò in contatto con questa rilevante tradizione ancora una volta attraverso la *Micrographia*. Le note a questo scritto indicano l'attenzione verso la natura composta dell'aria, e l'unificazione dei processi di combustione e fermentazione in un dissoluzione nitro-solforosa. <sup>844</sup> La ridefinizione chimica del concetto di spirito, il carattere attivo ed elastico del nitro-aereo e l'ammissione in una concezione corpuscolare della natura di proprietà come la congruità costituiscono aspetti di una tradizione di pensiero inglese che hanno operato nel pensiero di Newton. <sup>845</sup>

Anche quando ciò che facevano i gradienti di densità nelle lettere del 1675-79 e lo spirito elettrico nello *Scholio* sarà realizzato dalle forze a breve raggio, alcuni caratteri dell'etere newtoniano resteranno immutati. Nelle ipotesi de facto della terza edizione dell'*Ottica*, che costituiranno la «Bibbia della scienza sperimentale del XVIII secolo», <sup>846</sup> si delinea un nuovo mondo privo dello spirito elettrico ma pieno di forze. <sup>847</sup> Anche qui, però, l'etere continuerà a svolgere alcune importanti funzioni e a mantenere alcuni inseparabili caratteri. Ora che la fermentazione viene ricondata, insieme ai fenomeni elettrici, all'azione di forze che operano tra le più piccole particelle di materia sussiste sempre un etere altamente elastico e sottile le cui vibrazioni assai brevi vengono causate dall'azione della materia e delle sue forze. <sup>848</sup>

---

<sup>843</sup> Id.: 21, 96-7.

<sup>844</sup> Newton 1962: 400, 407; Hall 1998: 56.

<sup>845</sup> Henry 1992: 202-3; Giudice 2006: 40, 49; Clericuzio 1993: 334; Clericuzio 2003: 258.

<sup>846</sup> Guerlac 1954: 253; Anstey 2004: 264.

<sup>847</sup> Westfall 1982: 483; Heilbron 1984: 82.

<sup>848</sup> Newton 1779-85, IV: 246, 259, 226; tr. it. Newton 1978: 585, 600, 564.

