

le quantità di essi che contengono uguali quantità di elettricità e sono dotati di identiche forze elettriche, l'elettricità essendo ciò che determina il numero equivalente, *in quanto* determina la forza di combinazione. Ancora, se adottiamo la fraseologia e la teoria atomica, gli atomi dei corpi che sono mutuamente equivalenti nella loro ordinaria azione chimica dispongono di uguali quantità di elettricità associate naturalmente a essi. Devo però confessare di provare diffidenza verso il termine *atomo*; infatti, sebbene sia molto semplice parlare di atomo, è molta difficile farsi un'idea chiara della sua natura, specialmente quando si ha a che fare con corpi complessi. [...]

Tutti questi fatti ci mostrano che la corrente elettrica è solo un'altra forma assunta dalle forze che regolano l'affinità chimica; che la sua intensità è proporzionale all'affinità chimica che l'ha prodotta; che quando [la corrente] non è di sufficiente intensità [per produrre la decomposizione elettrolitica], tale difetto di intensità può essere ovviato da un'addizione equivalente di forze provenienti dall'affinità chimica; che, in altre parole, le *forze chiamate affinità chimica e elettricità sono una e una sola*.

**Faraday: la materia è composta di centri di forza privi di dimensioni fisiche circondati da forze diffuse in tutto lo spazio\***

A Richard Taylor

Caro Signore,

venerdì scorso tenni qui [presso la Royal Institution] il convegno settimanale affrontando l'argomento citato nel titolo, e non avevo intenzione di pubblicare in seguito la conferenza ma, dal momento che in essa ho trattato argomenti che riguardano l'analisi e l'utilizzazione di una parte di quegli elementi fondamentali su cui si struttura la conoscenza della natura, i fatti, ritengo che un resoconto delle considerazioni svolte e degli intenti perseguiti non sia per voi inaccettabile, e

\* M. Faraday, *A Speulation Touching Electric Conduction and the Nature of Matter*, in *Experimental Researches in Electricity*, II, pp. 284-93.

potrebbe allo stesso tempo essere utile come registrazione delle mie opinioni e concezioni, così come oggi si articolano.

Secondo il punto di vista oggi più diffuso sulla costituzione atomica della materia, l'atomo è un elemento materiale di volume finito su cui sono impresse, dalla creazione, quelle forze che gli consentono, da allora fino ai nostri giorni, di costituire, attraverso l'aggregazione in gruppi, le differenti sostanze di cui osserviamo gli effetti e le proprietà. Questi atomi, sebbene raggruppati e tenuti insieme dalle loro forze, non si toccano ma sono divisi l'uno dall'altro da uno spazio intermedio, altrimenti la pressione o il freddo non potrebbero consentire a un corpo di contrarsi in un volume più ristretto, e il calore o la tensione non gli permetterebbero di espandersi; nei liquidi questi atomi a particelle sono liberi di mutare la posizione reciproca, e nei vapori o nei gas sono sempre presenti, ma molta più distanti, anche se sempre tenuti insieme dalle loro forze.

Oggi la dottrina atomica viene ampiamente utilizzata, in diverse maniere, nell'interpretazione dei fenomeni, in particolar modo nella cristallografia e nella chimica, e non viene accuratamente distinta dai fatti: avviene anzi spesso che gli studiosi la considerino come una descrizione dei fatti stessi, sebbene essa non sia altro che un'ipotesi, sulla cui verità non possiamo asserire nulla cheché si dica o si pensi sulla sua probabilità. Il termine atomo, che non può essere usato senza che questo comporti immediatamente l'assunzione di un punto di vista fortemente ipotetico, è spesso associato al concetto di fatto semplice, per buona che sia l'intenzione non ha ancora trovato chi riesca a prescindere senza difficoltà dalle tentazioni che questo termine trascina con sé; ed è fuori dubbio che i termini proporzioni definite equivalenti, ecc., che esprimevano e tuttora esprimono gli stessi *fatti* espressi da quella che oggi è chiamata la teoria atomica, sono stati abbandonati perché considerati non sufficientemente significativi e perché non suggerivano tutto quanto viene in mente a chi utilizzi il termine atomo al loro posto; questi termini in breve non collocavano l'ipotesi allo stesso livello dei fatti.

Ma è sempre sano e filosofico distinguere, per quanto è nelle nostre possibilità, i fatti dalla teoria; l'esperienza del passato ci indica la validità di questa operazione; e se si considera la costante tendenza, propria della nostra mente, di rimanere legata a un'ipotesi e di nascondere

se essa risponde a tutte le esigenze correnti, il fatto che si tratti appunto di un'ipotesi, dobbiamo ricordare che quest'ultima diventa, in simili casi, un pregiudizio e come tale interferisce inevitabilmente, in misura maggiore o minore, con ogni opinione illuminata. È indubbio che chi, da filosofo consapevole, abbia una grande possibilità di penetrare i segreti della natura e di proporre congetture sui suoi meccanismi, dovrà anche agire con la massima cautela – per non compromettere la validità della sua indagine e di quella di altri – nel distinguere quella conoscenza che consiste di assunzioni, e cioè di teoria e di ipotesi, da quella che è conoscenza di fatti e di leggi; evitando di portare la prima forma di conoscenza al livello della seconda o di confondere la seconda con la prima più di quanto non sia necessario.

La luce e l'elettricità sono due ottimi e minuziosi investigatori della struttura molecolare dei corpi, e fu proprio mentre riflettevo su quale fosse la probabile natura della conduzione e dell'isolamento nei corpi non soggetti a decomposizione elettrolitica e sui legami tra l'elettricità e lo spazio considerato come vuoto di ciò che gli atomisti chiamano materia, che considerazioni del tipo di quelle che seguono si affacciarono alla mia mente.

Se si ammette la concezione della costituzione della materia poc'anzi riportata e si parla quindi di particelle di materia e di spazio interposto tra di esse (nell'acqua, ad esempio, o nel vapore acqueo) come di due cose differenti, allora lo spazio diventa l'unica entità continua, in quanto le particelle vengono considerate come separate l'una dall'altra dallo spazio intermedio. Lo spazio penetrerà in tutti gli aggregati di materia da ogni direzione a formare una sorta di rete, solo che invece di essere composto di maglie presenterà al suo interno delle celle isolanti ciascun atomo dagli atomi vicini, e manterrà soltanto per sé la proprietà della continuità.

Si consideri ora il caso di un pezzo di ceralacca, un materiale non-conduttore: da questa visione della sua struttura atomica discenderà immediatamente il fatto che lo spazio è un isolante, perché se fosse un conduttore la ceralacca non isolerebbe, qualunque fosse la relazione intercorrente tra lo spazio e le proprietà di conducibilità degli atomi materiali che la costituiscono; lo spazio potrebbe assumere le caratteristiche di una sottile struttura metallica che penetra in ogni direzione, e la situazione sarebbe allora da accostare mentalmente a quella che si

produce in un aggregato di sabbia silicea riempito di acqua in tutti i suoi pori; ma si potrebbe anche accostare mentalmente la situazione a quanto avviene in un pezzo di pece che, sebbene contenga una quantità infinita di particelle conduttrici di carbone diffuse al suo interno, non conduce, in quanto un corpo non-conduttore (una resina) è diffuso tra una particella e l'altra e le separa come lo spazio che si suppone esista nella ceralacca.

Si consideri infine il caso di un metallo, platino o potassio, strutturato, secondo la teoria atomica, nella maniera di cui sopra. Il metallo è un conduttore; ma come può esser tale se lo spazio non viene anch'esso considerato come un conduttore? Lo spazio è infatti l'unica parte continua del metallo e gli atomi non solo non si toccano (secondo la teoria) ma, come abbiamo appena visto, devono essere considerati notevolmente distanti l'uno dall'altro. Lo spazio deve quindi essere un conduttore, altrimenti il metallo non potrebbe condurre e ci si troverebbe nella situazione descritta poc'anzi utilizzando l'esempio della pece.

Ma se lo spazio è un conduttore perché allora la ceralacca, lo zolfo, ecc. isolano? Lo spazio è infatti presente in essi dappertutto. E se d'altra parte lo spazio è un isolante, come può un metallo o un altro corpo di proprietà simili, condurre?

Sembrirebbe dunque che, accettando la teoria atomica ordinaria, lo spazio possa essere considerato non-conduttore nei corpi non-conduttori conduttore nei corpi conduttori, ma in questo modo viene contraddetto un presupposto della teoria; in quanto se lo spazio è un isolante non può esistere nei corpi conduttori; e se è un conduttore non può esistere nei corpi isolanti. Ogni ipotesi che conduca a queste conclusioni mostra un'intrinseca falsità. [...]

Sono consapevole del fatto che la nostra mente è spinta molto efficacemente dai fenomeni di cristallizzazione e in generale dai fenomeni chimici e fisici ad ammettere l'esistenza di centri di forza. Io stesso avverto la necessità di accettare questa opinione, anche se in via ipotetica, e non potrei farne a meno: avverto comunque grandi difficoltà a concepire l'esistenza di atomi di materia più a meno distinti l'uno dall'altro nei solidi, nei fluidi e nei vapori e separati da uno spazio intermedio non occupato da atomi, e rilevo notevoli contraddizioni nelle conclusioni che discendono da questa ipotesi.

Se è assolutamente necessario avanzare ipotesi, e per la verità in un ramo della conoscenza come quello che stiamo esaminando sarebbe difficile evitarle, allora la strada più sicura può essere quella di avanzare le ipotesi meno compromettenti, e in questa prospettiva gli atomi proposti da Boscovich mi sembra che abbiano un grande vantaggio sulle concezioni correnti. I suoi atomi, se ho ben capito, sono semplici centri di forza o di azione, e non particelle di materia in cui risiederebbero le azioni stesse. Se, avendo in mente la corrente nozione di atomo, chiamiamo  $a$  la particella di materia presa a prescindere dalle forze che da essa scaturiscono e  $m$  il sistema di azioni o di forze presenti in essa e intorno a essa, allora quello che succede nella teoria di Boscovich è che  $a$  scompare o è considerato come un semplice punto matematico – laddove seguendo il punto di vista corrente esso è un pezzo di materia indeformabile, impenetrabile – e  $m$  è un'atmosfera di forza raccolta intorno a questo punto.

In molti dei casi in cui viene proposto un uso ipotetico del concetto di atomo, come nella cristallografia, nella chimica, nel magnetismo, ecc., questo cambiamento di prospettiva comporta differenze piccole o addirittura inesistenti, ma negli altri casi, come in quella della conduzione elettrica o in quelli che riguardano la natura della luce, il modo in cui i corpi si combinano per produrre composti, gli effetti di forze quali il calore o l'elettricità sulla materia, la differenza diventa molto grande.

E così, considerando il caso del potassio che dovrebbe esser composto, seguendo le concezioni correnti, di atomi molto distanti l'uno dall'altro, come sarebbe possibile descrivere le sue proprietà di conducibilità senza ammettere che esse conseguano dalle proprietà dello spazio, o meglio di  $m$  come l'ho chiamato sopra? Allo stesso spazio dovranno anche appartenere le altre proprietà del potassio, che riguardano i fenomeni luminosi o di magnetismo, la solidità o rigidità, o la gravità specifica, e questa in conseguenza delle proprietà delle forze distribuite in  $m$ , e non di quelle che scaturiscono da  $a$ , che del resto, senza le forze, non potrebbe agire all'esterno. Si può dunque affermare con sicurezza che  $m$  è la materia del potassio; come giustificare infatti (a patto di non voler accettare assunzioni gratuite) l'esistenza di una differenza sostanziale tra la natura di quello spazio che è esattamente a metà della distanza tra due centri di forza contigui e quello spazio che si trova in qualsiasi altro punto compreso tra questi centri?

Posso ammettere una differenza di grado o anche di natura nella forza che si esercita tra i due punti a patto che vi sia consistenza con la legge di continuità, ma non posso immaginare che si sia di fronte a quella drastica differenza tra un'ipotetica particella rigida e le forze distribuite intorno a essa.

A mio parere, dunque, il nucleo, cioè  $a$ , scompare e la sostanza consiste nelle azioni che essa esercita, e cioè di  $m$ ; del resto come potremmo pensare al nucleo indipendentemente dalle sue azioni? Tutta la nostra conoscenza e percezione dell'atomo, e anche la nostra immaginazione, è definita dalle idee che possiamo farci delle forze che da esso scaturiscono: a quale altra nozione potremmo legare l'immagine di un elemento  $a$  che sia indipendente dalle forze che si ammette esistano nello spazio circostante? Per chi affronti ex novo l'argomento può sembrare difficile pensare ad azioni che si sviluppano in una materia indipendente da quel qualcosa di privilegiato che viene usualmente chiamato la materia, ma è senz'altro più difficile ancora, se non addirittura impossibile, pensare o immaginare questa materia indipendentemente dalle azioni da essa esercitate. Individuiamo e riconosciamo oggi le forze che si sviluppano in ogni fenomeno naturale, in nessuno di essi cogliamo la materia come concetto astratto; perché dobbiamo allora assumere l'esistenza di qualcosa che non conosciamo, che non possiamo concepire, e di cui non c'è necessità filosofica?

Prima di chiudere con queste riflessioni vorrei rilevare alcune importanti differenze tra le ipotesi di Boscovich, secondo cui gli atomi sono semplici centri di forza, e l'ipotesi che assegna alle molecole una qualche materialità speciale, che produce forze al suo interno e nello spazio circostante.

Secondo quest'ultima concezione dell'atomo una massa di materia è composta di atomi e di spazio intermedio, secondo la prima concezione la materia è presente ovunque e non c'è spazio senza materia. Nei gas così come in un solido gli atomi si toccano. Seguendo questa prospettiva gli atomi di acqua non sono separati gli uni dagli altri sia che questa sostanza assuma la forma di ghiaccio, di acqua o di vapore; in nessun caso tra un atomo e l'altro c'è solo lo spazio vuoto. Indubbiamente nei diversi casi i centri di forza si troveranno a una diversa distanza relativa, ma ciò che deve essere effettivamente considerato come materia di un atomo è in contatto con la materia degli atomi vicini.

Dunque la materia è *continua* ovunque, e se si esamina una massa di materia non devono essere introdotte distinzioni tra gli atomi che la compongono e l'ipotetico spazio intermedio. Le forze distribuite intorno ai centri fanno loro assumere le proprietà di atomi di materia; queste forze, quando molti centri sono uniti insieme dalle loro azioni reciproche a formare un'unica massa, assegnano a ogni porzione di questa massa le proprietà della materia. In questo modo scompaiono tutte le contraddizioni cui può dar luogo l'analisi della conduzione e dell'isolamento elettrico.

Si può supporre che l'atomo sia fortemente elastico, invece di introdurre un'eccessiva rigidità e inalterabilità nella sua forma; la semplice compressione di una vescica d'aria tra le mani può alterare di un po' la forma degli atomi; e negli esperimenti di Cagniard de la Tour questo cambiamento di forma è spinto a un punto tale che il rapporto di dimensioni da un istante all'altro può essere dell'ordine di molte migliaia di volte. Proprio questo avviene quando un solido o un liquido si trasformano in vapore. Anche per quanto concerne il problema della forma degli atomi e l'ipotesi, proposta dalla teoria corrente, che essa abbia un carattere definito ed inalterabile, è necessario assumere un diverso punto di vista. Un atomo può essere in astratto considerato sferico, o ellissoidale, oppure, quando molti atomi si toccano in tutte le direzioni, lo si può pensare come un dodicaedro circondato e limitato da dodici altri atomi, disposti ciascuno su una delle sue facce. Ma se un atomo è pensato come un centro di forza, tutto quanto è correntemente riferito alla sua forma diventa un attributo applicato alla disposizione e all'intensità relativa delle forze intorno a esso. La forza distribuita intorno a un centro può essere uniforme per disposizione e intensità in ogni direzione a partire da questo centro, e allora la sezione che attraversa i raggi e raccoglie le forze di uguale intensità sarà una sfera; oppure, la legge che regola la diminuzione della forza con la distanza dal centro può variare secondo le direzioni, e allora tale sezione assumerà la forma di un ellissoide oblato o oblungo, o qualche altra forma qualsiasi; oppure le forze potranno esser disposte in modo tale da rendere l'atomo polare; o circoleranno intorno al suo equatore o da qualche altra parte alla stregua degli atomi magnetici. Del resto sulla disposizione di queste forze all'interno di un nucleo di materia e nello spazio circostante non si può dire nulla di più di quanto non si possa ugualmente sostenere sulle forze disposte intorno a un centro.

Nella concezione della materia che abbiamo or ora proposto in quanto sorretta da un minor numero di ipotesi, la materia e gli atomi di materia diverrebbero reciprocamente penetrabili. Per quanto concerne la mutua penetrabilità della materia si potrebbe pensare che quanto si è poc'anzi detto del potassio e dei suoi composti costituisca una prova sufficiente di questa proprietà per chi accetti un fatto come tale, e non sia ostacolato nel giudizio da nozioni preconcepite. Per quanto riguarda poi la mutua penetrabilità degli atomi, mi sembra che quest'ipotesi conduca a un'idea della costituzione dei corpi da molti punti di vista più affascinante, anche se ugualmente probabile e teoreticamente compromessa dell'altra, specialmente se si affronta in quest'attica il problema della combinazione chimica.

Se immaginiamo un atomo di ossigeno e un atomo di potassio sul punto di combinarsi e di formare una molecola di potassa, allora l'ipotesi degli atomi solidi indeformabili ed impenetrabili assegna a ciascuna di queste particelle una posizione facilmente individuabile utilizzando la meccanica, e infatti spesso rappresentata; ma se questi due atomi sono considerati come centri di forza allora essi si compenetreranno l'un l'altro fino ai centri stessi, formando un atomo o una molecola intorno a cui le forze sono distribuite uniformemente secondo la risultante delle forze dei due atomi costituenti; e il modo in cui due o più atomi possono combinarsi e quindi separarsi di nuovo sotto l'azione di forze più intense, può essere in un certo senso esemplificato dal fenomeno della congiunzione di due onde del mare di diversa velocità, della loro unione perfetta per un istante e della separazione finale delle onde costituenti. Naturalmente da questa concezione non segue che i centri dovranno sempre coincidere, questo dipenderà dalla disposizione relativa delle forze di ciascun atomo.

La concezione della costituzione della materia, appena stabilita sembrerebbe implicare necessariamente la conclusione che la materia riempia tutto lo spazio o, perlomeno, tutto quello spazio su cui si esercita la gravitazione (includendovi il Sole e il suo sistema); infatti la gravitazione è una proprietà della materia che dipende da una certa forza, ed è proprio questa forza che costituisce la materia. Secondo questo punto di vista la materia non è solo penetrabile, ma si può in un certo senso affermare che ogni atomo si estende in tutto il sistema solare, conservando però sempre il suo centro di forza. Tutto ciò sembra

accordarsi molto armoniosamente con le indagini matematiche di Massotti e col tentativo di ricondurre i fenomeni elettrici, di coesione, gravitazionali, ecc. a un'unica forza presente nella materia, in accordo col vecchio adagio «la materia non può agire dove non c'è». Non ho comunque intenzione di addentrarmi in discussioni di questo tipo, o di affrontare il problema del rapporto di quest'ipotesi con la teoria della luce o con l'ipotesi dell'etere. Il mio intento era piuttosto quello di stabilire uno stretto rapporto tra alcuni aspetti della conduzione elettrica e della combinazione chimica e le idee correnti sulla natura degli atomi e della materia, contribuendo così a distinguere all'interno della filosofia naturale, quanto può definirsi conoscenza reale, e cioè conoscenza di fatti e di leggi, da quanto può diventare esattamente il contrario, sebbene abbia ancora la forma di conoscenza, per il fatto di accettare in sé così tanti elementi ipotetici.

**Michael Faraday: La realtà fisica delle linee di forza elettriche e magnetiche. Verso una teoria unitaria «di campo» di tutti i fenomeni naturali\***

In una precedente occasione avevo introdotto e descritto certe linee che si dispongono intorno a una sbarra magnetica (sono quelle che divengono visibili quando si cosparge limatura di ferro in prossimità del magnete) e le avevo proposte come espressione appropriata della natura, della direzione e intensità della forza in qualsiasi zona dello spazio, sia all'interno che all'esterno della sbarra. In quell'occasione le linee erano state considerate in astratto. Ora, invece, senza discostarmi da quanto detto o introdurrevi modificazioni, ho intenzione di indagare sulla possibilità *dell'esistenza fisica* di queste linee. Esistono evidentemente molte forze che agiscono a distanza, la loro natura fisica è per noi incomprensibile tuttavia possiamo ottenere molte informazioni su di esse, per esempio, possiamo sapere qualcosa sulla condizione dello spazio che si trova tra il corpo agente e il corpo che subisce l'azione o tra due corpi agenti mutuamente. Queste forze si manifestano nei fe-

\* M. Faraday, *On the Physical Lines of Magnetic Force*, in *Experimental Researches in Electricity*, III, pp. 438-43.