



## Elementi e atomi nel pensiero dei filosofi greci



Isaac Asimov

Talete deve essersi posto queste domande: se una sostanza può trasformarsi in un'altra, come le pietre azzurrognole che si trasformano in rame rossiccio, qual è la vera natura della sostanza? È pietra o rame? Oppure si tratta di qualche cosa di completamente diverso? È possibile trasformare qualsiasi sostanza in qualsiasi altra sostanza, magari per fasi successive, in modo che tutte le sostanze risultino aspetti diversi di una sola materia fondamentale?

(Isaac Asimov, *Breve storia della chimica*, 1965, trad. it. Zanichelli, 1968)

Anche se molte persone conoscono Isaac Asimov solo come scrittore di fantascienza (è notissima la serie *Io robot*), occorre ricordare le sue grandi capacità come divulgatore di scienza, ancora oggi insuperate. Egli stesso afferma: «Ardo dal desiderio di spiegare, e la mia massima soddisfazione è prendere qualcosa di ragionevolmente intricato e renderlo chiaro passo dopo passo. È il modo più facile per chiarire le cose a me stesso.» Il fattore che lo ha reso ineguagliato come divulgatore è l'essere stato un vero scienziato. Asimov nasce nel 1920 in Russia e dopo tre anni la sua famiglia si trasferisce a New York. Si laurea a 20 anni in chimica e biologia presso la Columbia University e nel 1948 inizia a insegnare come professore di biochimica presso la stessa università.

Riportiamo di seguito un brano tratto da *Breve storia della chimica*.

### ■ Gli «elementi» dei Greci

«Verso il 600 a.C. l'estrosa intelligenza dei Greci cominciava ad attirare la loro attenzione sulla natura dell'Universo e sulla struttura delle sostanze che lo compongono. Gli studiosi greci, o «filosofi» (amanti della saggezza) si preoccupavano non tanto della tecnologia o della possibilità di applicazioni pratiche, quanto del «perché» dei vari fenomeni. In breve, furono i primi di cui si possa dire che abbiano studiato quella che oggi chiameremmo *chimica teorica*.

Questa teoria ebbe origine con Talete (ca. 640-546 a.C.). Può darsi che altri

Greci prima di Talete, e magari altri uomini prima dei Greci, abbiano meditato profondamente, e a ragion veduta, sul significato delle trasformazioni della natura della materia, ma in ogni caso i loro nomi e le loro meditazioni sono andati perduti.

Talete era un filosofo greco che viveva a Mileto, nella Ionia, territorio sulla costa occidentale, bagnata dall'Egeo, della moderna Turchia. Talete deve essersi posto queste domande: se una sostanza può trasformarsi in un'altra, come le pietre azzurrognole che si trasformano in rame rossiccio, qual è la vera natura della sostanza? È pietra o rame? Oppure si tratta di qualche cosa di completamente diverso? È possibile

trasformare qualsiasi sostanza in qualsiasi altra sostanza, magari per fasi successive, in modo che tutte le sostanze risultino aspetti diversi di una sola materia fondamentale?

A Talete sembrava che la risposta all'ultima domanda dovesse essere positiva, se non altro perché così si sarebbe potuto introdurre nell'Universo un ordine e una semplicità basilari. Rimaneva quindi da stabilire quale potesse essere la sostanza, o *elemento\**, di base. Talete decise che l'elemento in questione era l'acqua. Tra le sostanze, l'acqua sembrava essere quella presente in maggiore quantità. L'acqua circondava la Terra, permeava l'atmosfera sotto forma di vapore, gocciolava attraverso

\***Elemento** è parola latina di origine incerta. I Greci non si servivano di questo termine, il quale però è talmente importante per la chimica moderna, che non è possibile evitarne l'uso, anche trattando del periodo greco.

il sottosuolo e senza di essa la vita era impossibile. Talete immaginava che la Terra fosse un disco piatto, sormontato da un emisfero di cielo e galleggiante su un oceano infinito di acqua.

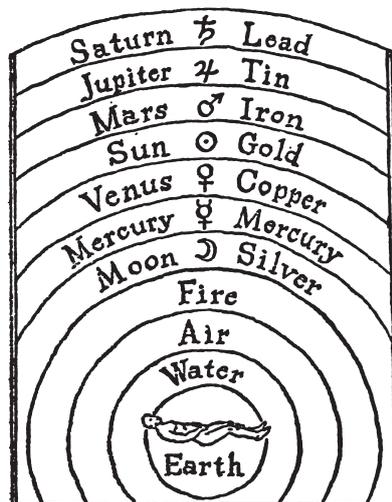
La congettura di Talete sull'esistenza di un elemento base che costituisse tutte le sostanze fu accolta con notevole favore da vari filosofi di epoche posteriori. La sua affermazione, secondo cui l'elemento base sarebbe stato l'acqua, venne invece contestata.

Nel secolo dopo Talete il pensiero astronomico arrivò, poco per volta, alla conclusione che il cielo non era un emisfero, ma una sfera completa. La Terra, sferica anch'essa, era sospesa al centro della sfera cava del cielo.

I Greci respingevano l'idea che potesse esistere il vuoto assoluto, o *vacuo*, e ritenevano di conseguenza che lo spazio compreso tra la terra sospesa e il firmamento lontano non potesse essere vuoto. Dato che la porzione di spazio tra Terra e cielo direttamente accessibile all'esperienza umana conteneva aria, sembrava ragionevole supporre che tutto lo spazio contenesse aria.

Può darsi che sia stato un ragionamento di questo genere a convincere il filosofo greco Anassimene, anch'egli di Mileto, ad affermare verso il 570 a.C. che l'elemento dell'Universo era l'aria. Secondo lui, al centro dell'Universo l'aria veniva compressa, trasformandosi in sostanze di tipo più denso e duro, come l'acqua e la terra (figura ► A).

D'altra parte, il filosofo Eraclito (ca. 540-ca.475 a.C.), nella vicina città di Efeso, faceva un ragionamento diverso. Se la caratteristica dell'Universo era la trasformazione, si doveva scegliere come elemento una sostanza in cui la trasformazione avesse le caratteristiche più salienti. Questa sostanza, secondo Eraclito, era il fuoco, sempre mutevole e sempre in movimento. Era il principio del fuoco, presente in ogni cosa, a rendere così inevitabile la trasformazione.\*\*



▲ **Figura A** La cosmologia degli alchimisti comprendeva i "quattro elementi" di Aristotele e presentava un parallelo tra regno celeste e regno terrestre: gli stessi simboli rappresentano sia i metalli che i pianeti. Questa mappa è tratta da un lavoro di Robert Fludd (1574-1637), il quale volse le spalle allo spirito scientifico dei suoi tempi e si dedicò alle scienze occulte.

Al tempo di Anassimene i Persiani avevano conquistato la costa ionica. Dopo il fallimento di una rivolta ionica, la dominazione persiana divenne rigida, e sotto l'oppressione le tradizioni scientifiche si estinsero, non prima tuttavia che l'emigrazione ionica avesse trapiantato in Occidente queste tradizioni. Pitagora di Samo (ca. 582-ca.497 a.C.), nato su un'isola al largo della Ionia, lasciò Samo nel 529 a.C. e si trasferì nell'Italia meridionale, dove il suo insegnamento diede vita a una importante scuola di pensiero.

Il più importante tra i seguaci dell'insegnamento di Pitagora fu il filosofo greco Empedocle (ca. 490-ca.430 a.C.), nato in Sicilia. Anch'egli affrontò il problema dell'elemento che doveva essere alla base della costituzione dell'Universo. Di fronte all'impossibilità di scegliere tra le alternative proposte dai filosofi ionici, Empedocle trovò una soluzione di compromesso.

Perché doveva esistere un solo elemento? Perché non quattro? Poteva es-

serci il fuoco di Eraclito, l'aria di Anassimene, l'acqua di Talete e la Terra, aggiunta dallo stesso Empedocle.

La dottrina dei *quattro elementi* fu accettata dal più grande dei filosofi greci, Aristotele (384-322 a.C.). Aristotele non credeva che gli elementi fossero letteralmente le quattro sostanze citate. Egli non pensava, cioè, che l'acqua che possiamo toccare e sentire fosse effettivamente l'elemento «acqua»: era semplicemente la sostanza reale più somigliante a esso. Aristotele considerava gli elementi come combinazioni di due coppie di caratteri opposti: caldo e freddo, asciutto e bagnato. Non riteneva che un carattere potesse combinarsi con il proprio opposto, cosicché nel suo schema erano possibili quattro combinazioni, ciascuna delle quali rappresentava un diverso elemento. Caldo-e-asciutto era il fuoco, caldo-e-bagnato l'aria, freddo-e-asciutto la terra, freddo-e-bagnato l'acqua.

Aristotele fece ancora un passo avanti. Ciascun elemento possedeva una serie di proprietà congenite. Così, per esempio, era naturale che la Terra cadesse e che il fuoco salisse. I corpi celesti tuttavia possedevano proprietà che sembravano differire da quelle di qualsiasi sostanza terrestre. Invece di cadere o di salire, i corpi celesti sembravano descrivere attorno alla terra orbite circolari costanti.

Pertanto Aristotele argomentò che il firmamento doveva essere composto di un quinto elemento, che chiamò *etere* (da una parola che significa *brillare*, dato che la proprietà più caratteristica dei corpi celesti era quella di essere luminosi). Poiché il firmamento sembrava immutabile, Aristotele giudicò l'etere perfetto, eterno e incorruttibile, a differenza dei quattro elementi imperfetti della Terra stessa.

Il concetto dei quattro elementi dominò le menti dell'Umanità per duemila anni. Anche se ora è morto per quan-

\*\*È facile sorridere di questi concetti primitivi, ma in realtà le intuizioni dei Greci erano molto profonde. Immaginiamo di sostituire ad «aria», «acqua», «terra» e «fuoco» le espressioni molto simili «gas», «liquido», «solido» ed «energia». È vero che, se raffreddati, alcuni gas si condensano, trasformandosi in liquidi e in solidi, se raffreddati ulteriormente. La situazione assomiglia molto a quella descritta da Anassimene. E le opinioni di Eraclito sul fuoco sono molto simili alle teorie moderne sull'energia, concepita, nello stesso tempo, come causa e come effetto delle trasformazioni chimiche.

to riguarda la scienza, il concetto vive ancora nelle nostre espressioni comuni. Parliamo, per esempio, dello «scatenarsi degli elementi», quando vogliamo dire che il vento (aria) e le onde (acqua) infuriano sul mare in burrasca. Per quanto riguarda il quinto elemento (l'etere), questa espressione diventa *quinta essentia* in latino, e poi ne riconosciamo ancora la perfezione aristotelica quando parliamo della «quintessenza» di qualsiasi cosa, per indicare che si tratta della forma più pura e concentrata della sostanza in questione.

### ■ Gli «atomi» dei Greci

Tra i filosofi greci sorse un'altra questione importante, quella relativa alla divisibilità della materia. I frammenti di una pietra spaccata in due, o anche ridotta in polvere, erano sempre pietra, e ciascun frammento poteva venire ulteriormente suddiviso. Era possibile prolungare all'infinito questa divisione e suddivisione della materia?

Sembra che il filosofo ionico Leucippo (ca. 450 a.C.) sia stato il primo a mettere in dubbio la convinzione, a prima vista naturale, che qualsiasi pezzo di materia, per quanto piccolo, potesse venire suddiviso in parti ancora più piccole. Leucippo affermò che si sarebbe ottenuto, a lungo andare, un frammento di dimensioni minime, non suscettibile di ulteriori divisioni.

Il suo discepolo Democrito (ca. 470-ca. 380 a.C.) di Abdera, città dell'Egeo settentrionale, continuò il ragionamento nella medesima direzione, e chiamò *atomos* (cioè indivisibili) le particelle

minime della materia; noi abbiamo ereditato questa parola sotto forma di *atomo*. La dottrina secondo la quale la materia è costituita, in ultima analisi, da particelle piccolissime e indivisibili, prende il nome di *atomismo*.

Democrito riteneva che gli atomi di ciascun elemento fossero diversi per forma e dimensione, e che proprio questa diversità spiegasse le differenti proprietà dei vari elementi. Le sostanze reali che siamo in grado di vedere e di toccare devono essere composte, secondo Democrito, di miscugli di atomi dei vari elementi, e si poteva trasformare una sostanza in un'altra modificando la natura del miscuglio.

Tutto questo ci sembra straordinariamente moderno, ma Democrito non aveva la possibilità di ricorrere agli esperimenti per dimostrare la validità delle sue teorie. (I filosofi greci non effettuavano esperimenti, ma giungevano alle loro conclusioni con il ragionamento, partendo da premesse fondamentali.)

Per la maggior parte dei filosofi, e specialmente per Aristotele, il concetto che un pezzetto di materia non si potesse dividere in frammenti ancora più piccoli era talmente paradossale che essi si rifiutarono di accettarlo. Quindi la teoria atomistica rimase impopolare e, per i duemila anni successivi al periodo di Democrito, ben pochi ne sentirono parlare.

L'atomismo non morì completamente, tuttavia. Il filosofo greco Epicuro (ca. 342-270 a.C.) accolse l'atomismo nel suo modo di pensare, e nei secoli successivi l'epicureismo ebbe molti segua-



▲ **Figura B** Frontespizio del *De Rerum Natura* di Lucrezio in un manoscritto del 1483.

ci. Uno di essi fu il poeta romano Tito Lucrezio Caro (ca. 95-ca. 55 a.C.), noto semplicemente con il nome Lucrezio. Egli espose la dottrina atomistica di Democrito e di Epicuro in una lunga composizione poetica intitolata *De Rerum Natura* («Sulla natura delle cose»), che molti considerano il più bel poema didascalico che sia mai stato scritto (figura ► B).

In ogni caso, mentre le opere di Democrito e di Epicuro sono andate perdute e di esse rimangono soltanto frammenti e citazioni, il poema di Lucrezio è arrivato intero fino a noi, conservando la teoria atomistica fino all'epoca moderna, la quale ha visto entrare in lizza nuovi metodi scientifici che hanno permesso il definitivo trionfo dell'atomismo.»