

## *La legge della periodicità degli elementi chimici (1898)*

*Dmitrij Ivanovič Mendeleev'*

Dopo le scoperte di Lavoisier i concetti di elemento chimico e di corpo semplice si sono rafforzati a tal punto che il loro studio è stato posto alla base di tutte le concezioni chimiche e, in seguito a ciò, è penetrato anche in tutte le altre scienze della natura. Si dovette riconoscere che tutte le sostanze, accessibili allo studio, contenessero un numero assai limitato di elementi eterogenei sotto il profilo materiale, che non potevano trasformarsi l'uno nell'altro e che possedevano una sostanza indipendente ponderabile e che tutta la varietà della materia presente in natura è ottenuta esclusivamente attraverso la combinazione di questi pochi elementi e va fatta risalire alla differenza o di essi medesimi o della loro quantità relativa o ancora, a parità di qualità e quantità degli elementi, alla diversità della loro reciproca posizione, della correlazione o della distribuzione dell'uno con l'altro. La denominazione di sostanze "semplici" doveva quindi essere riservata a quelle contenenti soltanto un elemento qualunque, mentre "composte" dovevano essere chiamate quelle che ne contenevano due o più. Per un determinato elemento possono tuttavia sussistere molte varietà di sostanze semplici, a esso corrispondenti, che dipendono dalla distribuzione ("struttura") delle sue parti o atomi, cioè da quella specie di isomeria, che si chiama "allotropia". Così il carbonio, come elemento, si trova nello stato di carbone, di grafite e di diamante, i quali (presi in forma pura) danno, se bruciati, lo stesso gas carbonico e nella medesima quantità. Nulla di analogo è noto per gli stessi "elementi". Essi non vanno soggetti a varietà e a trasformazioni reciproche<sup>1</sup> e appaiono, stando almeno alle attuali risultanze, l'essenza immutabile di una sostanza che invece muta (sotto il profilo chimico, fisico e meccanico), essenza che entra a far parte sia dei corpi semplici sia di quelli composti. Questa concezione ci presenta gli elementi chimici come qualcosa di astratto, dato che noi non siamo in grado in particolare né di vederli, né di sapere alcunché relativamente a essi. A una simile posizione quasi idealistica una branca della conoscenza così realistica, come la chimica, è approdata sulla base dell'insieme delle osservazioni effettuate fino a questo momento, e anche se è lecito pensare che essa possa in futuro venir rimossa, se la si assume per quello che è, vale a dire come l'oggetto di una convinzione profondamente radicata, finora essa risulta del tutto in linea con le risultanze sperimentali e con l'osservazione. In questo senso il concetto di elemento chimico ha un fondamento solido e reale in tutta la scienza della natura, in quanto, per limitarci a un solo esempio, il carbonio mai, da nessuna parte, in nessun modo e in nessuna misura si è trasformato in un qualsiasi altro elemento, a differenza di una sostanza semplice come il carbone che si è trasformato in grafite e diamante e, magari, un domani potrà altresì venir trasformata in una sostanza liquida o gassosa, nel

---

<sup>1</sup> Testo tratto da:

Dmitrij Ivanovič Mendeleev, *Il sistema periodico degli elementi – a cura di Silvano Tagliabue*, Edizioni Teknos Roma 1994 pp 131-133 (Parte introduttiva del testo originale *Periodičeskaja zakonnost' himičeskih elementov* in *Enciklopedičeskij slovar' brokgauza i Efrona*, vol. XXIII, tomo XXIII, semitomo 45, Sankt Petersburg 1898, pp. 311-323.)

caso che si riescano a trovare le condizioni per giungere a semplificare le sue complicatissime particelle. **L'idea principale, con la quale si può giungere a spiegare la legge della periodicità, consiste proprio nella differenza radicale dei concetti di *elemento* e di *sostanza semplice*.** Il carbonio è un elemento, è qualcosa di imm modificabile, che è contenuto sia nel carbone, sia nell'anidride carbonica o nel gas illuminante, sia nel diamante, sia nella massa delle sostanze organiche mutevoli sia nel calcare e nel legno. Non si tratta di un corpo concreto, quanto piuttosto di una sostanza ponderabile (materiale) con una somma di proprietà. Come nei vapori acquei o nella neve non c'è un corpo concreto, cioè l'acqua liquida, bensì la medesima sostanza ponderabile con la somma delle sue proprietà, che appartengono soltanto a questo specifico corpo, così in tutto ciò che vi è di carbonioso è contenuto il carbonio, omogeneo sotto il profilo materiale: non il carbone, ma proprio il carbonio<sup>2</sup>. I corpi semplici sono sostanze che contengono soltanto un elemento qualunque, e il concetto relativo a essi diventerà trasparente e chiaro quando saranno definitivamente accolte le idee, che attualmente si vanno rafforzando, relative agli atomi e alle particelle o molecole, di cui sono composte le sostanze omogenee. Al concetto di elemento corrisponde l'atomo, a quello di sostanza semplice la particella. Le sostanze semplici, come tutti i corpi in natura, sono formati di particelle: tutta la loro differenza rispetto alle sostanze composte consiste unicamente nel fatto che le particelle di queste ultime contengono atomi eterogenei di due o più elementi, mentre quelle delle sostanze semplici soltanto atomi omogenei di un dato elemento<sup>3</sup>. Tutto ciò che verrà esposto in seguito si riferisce appunto agli elementi, cioè, tanto per fare alcuni esempi, al carbonio, all'idrogeno, all'ossigeno, come parti componenti dello zucchero, del legno, dell'acqua, del carbone, dell'anidride carbonica, dell'ozono e via di seguito, e non alle sostanze semplici, formate da questi elementi. Ne nasce, ovviamente, la questione seguente: come si può rinvenire una qualsiasi regolarità reale in rapporto a oggetti, quali gli elementi, che esistono soltanto quali rappresentazioni dei chimici odierni, e che cosa di realmente esistente, di realizzabile praticamente, ci si può attendere come conseguenza dell'indagine su simili entità astratte?<sup>4</sup>

La realtà effettuale risponde a simili domande con la dovuta chiarezza: le astrazioni, se sono corrette (se cioè contengono elementi di verità) e corrispondono alla realtà, possono fungere da oggetto della ricerca esattamente allo stesso titolo delle entità concrete e puramente materiali. E così gli elementi chimici, pur essendo delle astrazioni, vanno soggetti a un'indagine che non differisce minimamente da quella diretta verso le sostanze semplici o complesse, che possono essere riscaldate, pesate e in generale sottoposte all'osservazione diretta. L'essenza della questione sta qui nel fatto che negli elementi chimici, sulla base dello studio sperimentale delle sostanze semplici e composte, da essi formate, si scoprono proprietà individuali e tratti caratteristici, il cui insieme costituisce, per parte sua, un ulteriore oggetto di studio. Noi ci rivolgeremo ora all'enumerazione di *alcune* delle specificità, appartenenti agli elementi chimici, al fine di evidenziare in seguito la regolarità periodica di questi stessi elementi.

...

## Note

<sup>1</sup> Nell'antichità, e fino ai nostri giorni, ha avuto grande diffusione l'idea di una materia "unitaria o originaria", a partire dalla quale si sarebbe formata tutta la varietà delle sostanze. Questa idea non è stata confermata dall'esperienza e tutti i tentativi di trovare prove a sostegno di essa hanno invece avuto come esito una sua decisa smentita. Gli alchimisti credevano nella trasformazione reciproca dei metalli, cercano di dimostrare questo loro assunto in vari modi, ma una volta sottoposte a verifica le loro concezioni si sono dimostrate o un inganno (soprattutto per quel che concerne la produzione dell'oro da altri metalli) o punti di vista erronei e caratterizzati da mancanza o insufficienza di indagine sperimentale. Non si può tuttavia non sottolineare che se domani risultasse in qualche modo che il metallo A si trasforma, in tutto o in parte, in un altro metallo B, non per questo si deve ritenere che da questo processo segua che le sostanze semplici in generale sono in grado di trasformarsi l'una nell'altra. Così, ad esempio, dal fatto che per lungo tempo l'ossido di uranio è stato considerato una sostanza semplice, mentre in seguito è risultato che esso contiene ossigeno e uranio metallico autentico, non si può trarre alcuna conclusione generale, ma si può soltanto avanzare qualche giudizio parziale sui gradi passati e su quello attuale della conoscenza dell'uranio, come elemento indipendente. Con lo stesso spirito e atteggiamento si deve guardare anche alla trasformazione, di cui ci ha informato Stephen H. Emmens, dell'argento messicano in parte in oro (maggio-giugno 1897), *se verrà confermata la correttezza delle osservazioni effettuate* e l'Argentarium non risulterà simile agli annunci del medesimo tipo a suo tempo fatti dagli alchimisti, che più di una volta si sono rivelati nient'altro che un velo che tendeva a coprire un segreto dietro al quale c'erano specifici interessi pecuniari. Il fatto che il freddo e la pressione possano contribuire a modificare la struttura e le proprietà, è noto da tempo, perlomeno a partire dall'esempio dello stagno di Frizse, ma non ci sono fatti che consentano di supporre che queste modificazioni siano così profonde e si spingano non soltanto sino alla struttura delle particelle, ma anche oltre, fino a raggiungere quelli che oggi si chiamano atomi ed elementi. Per questo la trasformazione, di cui parla Emmens (anche se graduale) dell'argento in oro è destinata a rimanere un fatto dubbio e di poca importanza anche in rapporto all'argento e all'oro finché, in primo luogo, il "segreto" non sarà svelato, in modo da rendere possibile a tutti la ripetizione dell'esperimento, e, in secondo luogo, finché non sarà appurata la possibilità della trasformazione inversa e di ritorno (in seguito a riscaldamento e diminuzione della pressione?) dell'oro in argento, o, al contrario, finché non sarà stabilita la sua impossibilità o difficoltà sul piano pratico. Si può facilmente comprendere il fatto che la trasformazione dell'alcool e dell'anidride carbonica in zucchero sia difficile, anche se la trasformazione contraria è invece semplice, in quanto lo zucchero è indiscutibilmente più complesso dell'alcool e dell'anidride carbonica. A me sembra invece assai poco probabile la trasformazione dell'argento in oro se non avviene anche il contrario, in quanto il peso atomico e la densità dell'oro sono quasi due volte maggiori di quelli dell'argento, dal che bisogna concludere, stando a tutto ciò che è noto ai chimici, che se l'argento e l'oro sono derivati da un unico materiale, l'oro dovrebbe essere più complesso dell'argento e per questo dovrebbe essere più semplice la trasformazione dell'oro in argento che non quella contraria. Per questo io ritengo che Emmens per risultare credibile e convincente dovrebbe non soltanto svelare il "segreto", ma anche provare e mostrare, se è possibile, la trasformazione dell'oro in argento, tanto più che nel caso della trasformazione di un metallo prezioso in un altro, trenta volte più a buon mercato gli interessi pecuniari sono, ovviamente, assai lontani, mentre emergono in primo piano gli interessi della verità. A mio giudizio attualmente le cose stanno invece in senso contrario. D. Mendeleev (ott. 1897)

<sup>2</sup> Qui il termine riflette chiaramente la differenza dei concetti di carbone e di carbonio, vale a dire di sostanza semplice e di elemento, ma nel caso di molti altri elementi (anzi, per quasi tutti gli altri) non si dispone di questa differenza di termini.

**Così idrogeno è chiamato sia la sostanza semplice in stato gassoso sia l'elemento, contenuto nell'acqua e nella massa di altre sostanze composte liquide, gassose e solide. Si può pensare che col tempo questa imperfezione della lingua sarà corretta.**

<sup>3</sup> È evidente che soltanto le particelle dei corpi semplici possono contenere un atomo alla volta, mentre nel caso dei corpi complessi nella particella ci saranno sempre 2 o più atomi. Ciò è confermato dalle osservazioni sulle densità del vapore, sulla capacità termica e via di seguito, ma lo sviluppo di un simile argomento ci porterebbe molto lontano.

<sup>4</sup> Simili concezioni ascrivibili a un positivismo estremo o materialistico, che viene non di rado attribuito in modo erroneo ai ricercatori che operano nel campo delle scienze della natura, vengono confutate, tra l'altro, dalle conseguenze autenticamente realistiche, che scaturiscono dalla legge della periodicità, che si basa sugli elementi immaginari, e a questo proposito tale legge acquista un valore tanto maggiore, se si considera che tutto ciò di cui si occupa è nuovo sotto il profilo storico e concerne un oggetto tanto realistico, qual è l'intera chimica odierna, dove a ogni passo si compiono passaggi da idee puramente astratte alla capacità, indiscutibilmente pratica e reale, di ottenere sostanze con tutti gli attributi della concretezza materiale. Qui si ripete in definitiva ciò che si verifica anche nell'ambito della geometria o della matematica in generale: un oggetto, ad esempio un cerchio, un'ellisse o una serie di numeri, puramente astratto, che è però il risultato senza ombra di dubbio materiale e concreto di un lavoro su tali astrazioni, ottiene a un certo punto una conferma che non può essere messa in discussione dalle ricerche su fenomeni astronomici, meccanici e via di seguito. Proprio in questa combinazione dell'ideale-astratto con il reale-materiale bisogna cercare la spiegazione del fatto che il campo fisico-matematico delle conoscenze impegna oggi le intelligenze più profonde e abbraccia campi e orizzonti sempre più ampi. Qui per la prima volta si realizza una piena convergenza, senza ombra di artificioso eclettismo, tra idealismo e materialismo, tra astratto e concreto, tra il generale di stampo monarchico e il particolare di stile democratico, tra lo stoicismo e l'epicureismo, e tutto ciò che è avvenuto dimostra che proseguendo in questa direzione si riuscirà a ottenere un ulteriore sviluppo praticamente illimitato. Le recriminazioni degli idealisti estremi nei confronti del materialismo della scienza della natura vengono di fatto vanificate e neutralizzate dalle critiche di segno contrario alla stessa scienza della natura da parte dei materialisti estremi, che le rinfacciano, viceversa, l'astrattezza di tutti i punti di partenza delle nostre conoscenze sulla natura. Ma gli indubbi successi conseguiti nella conoscenza e nella conquista della natura, unitamente alla laboriosità, intessuta di modestia e discrezione, di coloro che sono impegnati nella ricerca della verità e alla loro schietta esposizione di tutte le strade, battute a tal scopo, conducono a un sempre più generale riconoscimento e all'ampliamento progressivo del campo di applicazione dei metodi, di cui fa attualmente uso l'odierna scienza della natura.