

Nascita ed evoluzione del linguaggio chimico

Roberto Zingales

Dipartimento di Chimica Inorganica e Analitica *Stanislao Cannizzaro*
Università di Palermo - Italy

E-mail: zinko@unipa.it

Riassunto. Il linguaggio chimico è nato e si è sviluppato come linguaggio simbolico, in parallelo con quello esteso. Il primitivo simbolismo chimico si basava su significati magici e criptici, per poi evolvere fino ad assumere il valore di linguaggio compatto, molto simile a quello algebrico. Sebbene convenzionale, il linguaggio chimico può essere considerato *naturale*, perché, nei suoi termini e nei suoi simboli, esso cerca di dar conto della natura e delle proprietà degli oggetti. Per questo, la storia della sua origine e del suo sviluppo può essere presa a modello dello sviluppo degli altri linguaggi delle scienze naturali.

Abstract. Chemical language was originated and has developed almost simultaneously as symbolical and extended language. Chemical symbols had initially a magic and cryptic value, but they have then changed to short language, very close to the algebraic one. Although artificial (conventional), chemical language can be considered natural, as its terms and its symbols explain the properties and the behavior of substances. For these reasons, its history and its developments can be taken as a model to understand other scientific languages developments.

Quello che segue è il testo di alcune lezioni tenute, tra gennaio e marzo 2008, agli allievi del Master in Insegnamento delle Scienze nella Scuola di Base, a cura della Facoltà di Scienze MM. FF. e NN. dell'Università di Palermo. Esso viene qui riproposto nel tentativo di dar vita a un dibattito quanto più ampio è possibile tra ricercatori di diversa formazione culturale, allo scopo di chiarire ed evidenziare somiglianze e differenze tra il linguaggio comune e quello scientifico, con particolare riferimento al linguaggio simbolico.

1. Il linguaggio come espressione del pensiero

E' indubbio che l'acquisizione della capacità di formulare e utilizzare un linguaggio abbia costituito un passaggio fondamentale nel processo evolutivo dell'uomo. La creazione e l'uso delle *parole*, che costituiscono un doppio dei diversi oggetti naturali, ha consentito all'uomo di mettersi in relazione con i suoi simili, non solo trasmettendo messaggi direttamente collegati all'istinto e agli aspetti più primitivi della sua esistenza, ma anche esprimendo significati di ordine superiore [1].

Nella sua accezione più generale, per linguaggio si intende un *sistema di comunicazione*, nel quale l'*informazione* che passa tra un emittente e un destinatario è codificata in modo *simbolico* [2]. Perciò, il linguaggio è un complesso sistema di simboli convenzionali e di relazioni che li legano, adottato e utilizzato da un gruppo sociale, più o meno ristretto, per comunicare e interagire reciprocamente e con altri al di fuori del gruppo [3]. Sebbene esistano differenti tipi di linguaggio, in funzione delle possibili combinazioni emittente - destinatario, delle condizioni di comunicazione e della varietà delle strutture simboliche impiegate [2], qui si prenderanno in combinazione soltanto il linguaggio umano, parlato e scritto, e quello scientifico, sia esteso che simbolico.

Sebbene molti animali interagiscano reciprocamente attraverso suoni e gesti, nessuna altra specie vivente è riuscita, come l'uomo, a ordinare sistematicamente un insieme di suoni ed espressioni, in sequenze grammaticalmente significative, fino a costruire un linguaggio [4]. Una comunità si può pertanto riconoscere dal fatto che condivide, piuttosto che una cultura, un linguaggio specifico, un *sistema convenzionale* di simboli vocali chiamato *microlingua*, che è parte essenziale di quella cultura, ed è trasmessa da un individuo all'altro [3]. All'interno della comunità, il linguaggio consente lo scambio, non solo di informazioni immediate e di

rette, ma anche di conoscenze ed esperienze; questo scambio costituisce la base per sviluppare quell' insieme di schemi comportamentali che vanno sotto il nome di cultura, che è un carattere distintivo degli esseri umani. Si può quindi affermare che ogni lingua è il prodotto di una cultura, ma anche che ogni cultura è prodotta e si sviluppa su una lingua, che rende possibile la socializzazione.

L'interazione degli esseri umani con i loro simili e con l'ambiente è resa sistematica a differenti i livelli: al primo livello, c'è l'**attività cerebrale**, che predispone l'uomo a interpretare in termini simbolici tutto ciò che lo riguarda, attraverso un processo di **codificazione**, con il quale, separando i dettagli l'uno dall'altro, è possibile differenziare ogni oggetto da tutti gli altri, fino a fornire una chiave di lettura per ogni aspetto della vita sociale.

La codificazione consente di realizzare l'**attività di comunicazione** che fa uso della voce e della gestualità, attraverso una specializzazione di comportamenti simbolici, che esiste contestualmente a ogni cultura. Il comportamento simbolico, condiviso all'interno di una comunità, coinvolge la vocalizzazione, la gestualità e il linguaggio ed è proprio anche di altri animali, limitatamente alle loro capacità, anche se solo l'uomo l'ha reso sistematico.

La **vocalizzazione** è la produzione di vari tipi di suoni (che non possono considerarsi un linguaggio vero e proprio), che differenziano, sulla base delle qualità della voce, varie situazioni comunicative determinate emotivamente, prime fra tutte il riso e il pianto, ma anche bisbigli o urla, nasalizzazioni, gesti e grugniti. Entro ciascuna di queste vocalizzazioni si distinguono i **qualificatori vocali**, come il tono (alto, basso o stridente) della voce, le intonazioni (con allargamento di quelle estreme o riduzione delle differenze), il mangiarsi le parole o strascicarle. Il neonato utilizza istintivamente il riso e il pianto per comunicare angustia, fame o piacere, e, per il resto, soltanto un balbettio disarticolato e ripetitivo; solo quando impara a selezionare alcuni dei possibili suoni e ad arrangerli in modo da costituire un sistema ordinato, si può dire che il bambino ha imparato a parlare.

La **gestualità** è costituita da un insieme di movimenti del corpo, come un dito teso, la strizzatina d'occhio o il sollevarsi di una palpebra, che possono costituire le parti singole di un sistema coordinato, come lo scuotere la testa con un dito sollevato. Nelle diverse parti del mondo, la comunicazione gestuale è molto più simile di quanto non sia quella vocale, anche se si possono riscontrare differenze evidenti in un'unica area linguistica.

Il **linguaggio** è il sistema di comunicazione principale e più complesso: è costituito da suoni sistematicamente differenziati, arrangiati in sequenze grammaticali significative, accompagnato da elementi di gestualità o vocalizzazione [4].

1a. La struttura del linguaggio

Parole e forme grammaticali. Tutti i linguaggi hanno parti che ricorrono nelle diverse espressioni (**morfi**) e un limitato (anche se piuttosto ampio) numero di schemi per organizzare e raggruppare queste parti in **morfemi**. Il morfema è la più piccola unità significativa, portatrice di un contenuto semantico (signifié) e di una forma fonica (signifiant). Sono morfemi autonomi le preposizioni, le congiunzioni, ma anche quelle parti della parola, come desinenze, prefissi, suffissi, che ne indicano il significato o la funzione grammaticale.

I morfemi si trovano raggruppati nelle parole secondo schemi stabiliti e le parole sono raggruppate in **locuzioni** o altre costruzioni (clausole o frasi). La disposizione dei morfemi deve seguire sempre un ordine stabilito (per esempio tenera-mente e non mente-tenera) così come quella delle parole nella. La definizione di una parola differisce in linguaggi differenti, come differiscono le disposizioni delle parole in un costrutto. Ma tutte le lingue hanno queste parole e queste regole.

L'analisi dei morfi che sostituiscono i morfemi è la morfemica, mentre lo studio della disposizione dei morfemi è suddiviso in **morfologia** (lo studio della suddivisione della parola) e **sintassi** (lo studio dell'uso e dell'ordine delle parole nel costrutto). Oltre che la disposizione dei morfemi, la linguistica studia le loro forme, cioè quale tipo di suoni entra in esse e in quale combinazione.

I suoni. Il linguista distingue i suoni in vari tipi: ci sono vocali e consonanti, gradi di sonorità (accento tonico), varie altezze di picco (tono), fenomeni di transizione tra i suoni (articolazione). I suoni sono caratterizzati secondo le regole della fonologia. I suoni (o foni) reali che sono uditi sono descritti nella fonetica, e raggruppati in **fonemi** con il processo di **fonemica**.

Le **vocali** sono suoni che hanno la massima sonorità e sono emessi con la minima quantità di ostruzione dei passaggi vocali. Nei diversi linguaggi si possono trovare da 2-3 fino a 9 o 10 o persino 12 fonemi vocali [4]. Le **consonanti** hanno una sonorità minore di quella della vocali e sono emesse con vari tipi di ostruzioni, in tutto o in parte, nei passaggi, per esempio, con le labbra o con qualche parte della lingua: tutti i linguaggi hanno consonanti, in numero variabile da una dozzina a una cinquantina.

Testo. Il testo di una espressione è fatto di frasi, costituite da **clausole** e **locuzioni**, organizzate secondo le regole strutturali del linguaggio. Ogni clausola o locuzione consiste di una disposizione organizzata di parole: ogni parola consiste di morfemi (forme grammaticalmente significative), in ordini e disposizioni prestabilite. Ogni morfema consiste di un gruppo di fonemi, ciascuno dei quali ricorre come un suono, la cui forma particolare è stabilita dallo schema di sequenze nel quale è inserito. Nel linguaggio parlato, ogni espressione è accompagnata da gesti e vocalizzazioni, che insieme formano il contesto di comunicazione che è collocato in una situazione simbolica. Tutti i linguaggi possiedono questa struttura globale, malgrado differiscano nei dettagli degli schemi.

Significato. Il significato delle forme linguistiche, per come questo termine è generalmente inteso, deriva dal contesto totale; infatti, il significato di una espressione è il risultato dei riferimenti intercorrelati di tutte le parti che la compongono con il resto del comportamento culturale di chi parla e di chi ascolta. La maniera usuale di attribuire il significato a un termine è la **traduzione**, la descrizione dell’oggetto o della situazione, utilizzando termini diversi o equivalenti. Dove le culture non linguistiche sono simili, la traduzione è spesso esatta (horse = cheval = cavallo; mother in law = belle-mère = suocera), se le culture sono diverse, essa è spesso difficile: per esempio, dove è significativa la differenza culturale tra fratello maggiore e fratello minore, la parola *fratello* va tradotta in modo differente nei diversi casi. All’interno di un linguaggio, è facile stabilire il significato delle forme linguistiche che si riferiscono a un limitato numero di fenomeni extralinguistici chiaramente identificati (ragazzo, casa, andare, cavalcare), ma difficile per quelli che si riferiscono a concetti estensivi e ampiamente differenziati dal punto di vista culturale (democrazia, libertà, privacy). Per di più, nella maggior parte dei casi, i significati dei morfemi e delle regole di arrangiamento possono essere dati solo in termini generali.

In genere, si ritiene che le lingue delle cosiddette civiltà evolute sono più precise nei loro significati di quelle delle società primitive. I moderni linguaggi tecnici e scientifici hanno una grande precisione di riferimento, ma anche nei linguaggi comuni, dove la cultura specifica lo richieda, per esempio nel rituale, c’è un’esattezza e una precisione paragonabile a quelle dei linguaggi scientifici. D’altro canto, come si è detto, ampie parti di tutti i linguaggi hanno riferimenti extralinguistici soltanto generalizzati o vaghi. Questo fatto rende impossibile valutare i linguaggi come migliori o peggiori, dal punto di vista dell’attività di comunicazione, dato che le differenze di precisione in parti differenti della struttura si cancellano a vicenda [4].

1b. Le tipologie dei linguaggi

I diversi modi attraverso i quali i linguaggi convogliano significati e l’efficienza con cui lo fanno sono spesso valutati in termini delle differenze di struttura, indicate come differenze nel **tipo** del linguaggio, secondo una classificazione tradizionale in quattro tipi predominanti (isolante, agglutinante, fusionale (sintetico) e polisintetico), anche se la maggior parte dei linguaggi ha caratteristiche proprie di tutti questi modelli, come pure di altri.

Il cinese è un esempio di linguaggio **isolante**, perché le sue parole sono considerate non flesse, cioè non hanno terminazioni grammaticali che cambiano al variare della funzione della parola nel costrutto complessivo. Invece, il turco è il tipico linguaggio **agglutinante**, perché i vari morfemi si succedono l’un l’altro, spesso in sequenze di mezza dozzina o più, ma ciascuna mantenendo la sua forma, così da render facile la segmentazione. I linguaggi **fusionali** (o inflessi) sono quelli della tradizione europea classica, come il latino e il greco, nei quali si hanno numerose terminazioni grammaticali, ma non è facile isolare le funzioni distinte, fuse in ciascuna di esse. Certi linguaggi **polisintetici** (o incorporativi) dell’America latina includono morfemi che, per esempio nella lingua inglese, sono equivalenti a un’intera frase.

Un’analisi dei generi di struttura presenti nelle diverse parti di un sistema linguistico può aiutare a chiarire il grosso problema di come i linguaggi analizzino l’universo culturale che li circonda. Nel campo della fonologia, ci sono linguaggi con molti fonemi e altri con pochi; alcuni linguaggi usano estesamente le vocali, con poche consonanti, mentre altri hanno massicce combinazioni di consonanti. Alcuni usano l’accento toni-

co, dal punto di vista fonetico, e anche l' intonazione, altri né l'uno né l'altro, ma nessuno di essi sembra avere alcuna associazione con altri aspetti della struttura. In morfemica ci sono lingue con pochissime inflessioni, altre che ne hanno molte; il cinese non ha affatto inflessioni, ma fa uso di accenti tonici e modelli di congiunzione, per formare gruppi lessicali complessi, proprio come l'inglese. Il turco mostra molti esempi di terminazione di inflessioni, che sono fuse l'un l'altra.

1c. Analisi linguistica

L'analisi linguistica dell'Universo fisico è materia propria dei linguisti, ma soprattutto dei filosofi. Prima di essere affrontata, essa richiede un'elaborata e approfondita analisi della struttura di un linguaggio e una corrispondente analisi di altri aspetti della cultura. La speculazione può, al più, suggerire le linee di ricerca.

Nei linguaggi del mondo occidentale c'è una grossa quantità di dicotomizzazioni, che riflettono le dicotomie che ricorrono costantemente nei comportamenti: i termini vanno a coppie, e i termini di ciascuna coppia hanno significato opposto. Occorre allora stabilire se la dicotomizzazione è un'abitudine culturale generale, che si riflette accuratamente nel linguaggio, o è l'abitudine linguistica a costituire uno stimolo primario per il restante comportamento. Per esempio, nella cultura cinese ci sono molto meno dicotomizzazioni e anche il linguaggio ha un numero di opposti molto inferiore.

Come già stabilito, ogni sistema culturale è intimamente collegato a qualche parte del linguaggio. Se si sapesse di più su queste connessioni, sarebbe possibile identificare modelli di relazioni significative, che indicherebbero effettivamente in che modo i linguaggi colorano l'analisi dell'universo di ciascuno.

La questione è particolarmente importante per la scienza, nella quale si presume che ogni linguaggio o cultura individuale siano superati o messi da parte, per rendere la terminologia scientifica equivalente su scala internazionale. Ma, se dovesse verificarsi che certi linguaggi non sono in condizione di descrivere in termini semplici, per esempio, lo scorrere del tempo, certi aspetti della scienza potrebbero non essere accuratamente tradotti in quel linguaggio, e coloro che lo parlano potrebbero trovarsi in condizioni di svantaggio. Questo è stato portato come prova a sfavore di alcuni linguaggi orientali, ma non esiste un'evidenza certa. A metà del XX secolo, il problema dell'influenza del linguaggio su come uno vede l'Universo era ancora aperto a ulteriori indagini [4].

1d. Scrittura e registrazione dei linguaggi

I primi sistemi di scrittura (Egitto, Mesopotamia, valle dell'Indo) risalgono a non più di 6000 anni a.C. e le loro vere origini sono sconosciute, anche se è verosimile che discendano da un unico ceppo. La scrittura ebbe inizio come rappresentazione pittorica degli eventi; poi si passò a rappresentare specifiche voci linguistiche (di solito parole), utilizzando disegni o simboli arbitrari per parole che non potevano essere facilmente indicate con un disegno. Ben presto i simboli arbitrari furono usati in funzione del loro valore sonoro, e quindi estesi ad altre parole che avevano un suono uguale o simile. Fatto questo passo, fu possibile formulare un vero e proprio alfabeto, con un piccolo numero di simboli che rappresentassero un numero sufficiente di fonemi di quel linguaggio, così da ridurre al minimo ogni ambiguità nell'identificazione delle voci linguistiche.

Fino a tempi recenti, dove esisteva, la scrittura era nota e usata da un limitato numero di persone. Dove gli uomini letterati scrivevano cronache o poemi o altre produzioni letterarie, questo materiale cominciò ad assumere un valore specifico, e a essere considerato stabilito e immutabile e di maggior valore della parlata effimera. Nacque così confusione tra lingua parlata e scritta. Poiché la lingua scritta rimase relativamente inalterata, venne considerata il linguaggio reale e quella parlata una sua forma corrotta. La maggior parte dell'insegnamento della lingua straniera e di quella nativa è ancora basato su questa nozione errata. Di conseguenza, la maggior parte della gente coltiva idee fantasiose su linguaggio *puro*, linguaggio *vecchio*, significati *reali* delle parole, e così via. La linguistica moderna ha mostrato che il linguaggio è ciò che è parlato (la maggior parte delle persone nel mondo sono analfabete) e che la scrittura dovrebbe seguire l'uso, piuttosto che controllarlo. La registrazione meccanica e elettrica del linguaggio ha consentito di studiare il linguaggio più approfonditamente e ne ha reso possibile la preservazione, nella forma nella quale sono pronunziati, e la loro diffusione nella forma parlata su vaste aree, in maniera più efficace persino della stampa, che di per sé ha reso possibile un'ampia copertura da parte del linguaggio letterario. La comunicazione tra i popoli così si realizza su una scala prima non immaginata.

La comunicazione di massa, inclusa la propaganda, è il risultato dell'esistenza di un linguaggio scritto, stampato e registrato. L'istruzione generalizzata, le pressioni politiche e sociali, e l'accelerazione dei cambiamenti culturali sono diventate realtà, ma la molteplicità dei linguaggi ancora ritarda questo processo. Tuttavia, poiché la gente impara un numero sempre maggiore di standard dominanti e linguaggi ufficiali, diversi da quello nativo, il mondo evolve verso la possibilità che molti linguaggi si estinguano nel giro di poche generazioni. Con un numero minore di linguaggi, ci saranno necessariamente minori differenze culturali. Inoltre, i linguaggi dominanti, qualunque sia la loro famiglia linguistica, diventano sempre più traducibili l'uno nell'altro, quanto più le persone adottano sistemi culturali in comune. E' perciò possibile che il futuro porti importanti cambiamenti nelle relazioni di linguaggio con l'altro sistema culturale, cambiamenti che possono servire soltanto a rendere la funzione del linguaggio e la comprensione della sua struttura più importanti che mai [4].

1e. Origine del linguaggio

L'origine del linguaggio è stata oggetto di dispute filosofiche tra chi ne sostiene la naturalità e chi lo vede come il risultato di situazioni sociali e ambientali. Abbiamo visto come il linguaggio non sia altro che un insieme di simboli vocali, e dunque è bene fermarsi a chiarire cosa si intende con il termine simbolo ed il valore dei simboli vocali. Il concetto di simbolo risale ad Aristotele che, nel *De Interpretazione*, affermava: *i suoni emessi dalla voce sono i simboli degli stati dell'anima e le parole scritte sono i simboli delle parole emesse dalla voce*. Il termine deriva da **συν βαλλω** (metto insieme) e definisce la congiunzione di due parti interdipendenti, legate da una funzione [2].

La relazione che intercorre tra la parola e l'oggetto o il concetto designato ha subito un'evoluzione nel corso dei millenni. In molte culture primitive, si riteneva che il nome e l'essenza fossero legate da una relazione necessaria ed interna, che il nome non si limitasse a denotare l'oggetto, ma ne fosse l'essenza, che la potenzialità della cosa reale fosse contenuta nel suo nome [5]: scoprire il nome del nemico equivaleva a catturarne l'essenza, ad averlo magicamente in proprio potere. Gli Ebrei consideravano il linguaggio come una forma di predominio sulla natura: *Il signore Iddio formò dalla terra tutti gli animali della campagna e tutti gli uccelli del cielo e li condusse ad Adamo per vedere con quale nome li avrebbe chiamati, poiché il nome che egli avrebbe loro imposto sarebbe stato il loro nome* (Gen, 2,19). Libero di muoversi nel giardino dell'Eden, Adamo attribuì un nome a tutti gli oggetti del Creato, ma il suo non era un semplice collegare suoni a cose o animali, perchè la sua vista, non ancora offuscata dal peccato, gli consentiva di percepire l'essenza delle cose e attribuire loro un nome, in accordo con la loro natura, capacità che perse a causa del peccato originale [6]. Questo linguaggio naturale andò perso al tempo della torre di Babele, ma possiamo presumere che l'ebraico antico gli fosse più vicino di quanto non lo fossero le altre lingue. Mentre nelle lingue moderne i nomi sono semplici suoni usati per distinguere gli oggetti tra di loro, i nomi ebrei, in qualche modo, si avvicinarono a scoprire l'essenza delle cose, dando, per esempio, un potere magico su di esse [7].

Democrito, invece, riteneva che il nesso tra la parola e l'oggetto designato fosse sancito dagli uomini per la necessità di intendersi. Gorgia, partendo dal presupposto che la verità fosse non conoscibile e non comunicabile, riteneva che le parole non potevano avere un significato univoco, per cui elaborò una vera e propria tecnica nell'uso del linguaggio che gli consentiva di persuadere l'interlocutore, a prescindere dalla veridicità dei contenuti. L'argomento è dibattuto nel *Cratilo* di Platone: Cratilo sostiene che i nomi sono adeguati alla natura delle cose, Ermogene che essi sono dovuti a una regola o al costume. Socrate prima argomenta contro Ermogene sostenendo che le parole non sono arbitrarie, poi contro Cratilo, sostenendo che studiare il linguaggio non serve a conoscere il mondo. Platone è l'autore del dialogo, ma non è chiara la sua posizione sull'argomento: da altri dialoghi si può dedurre che egli sia più vicino a posizioni naturaliste che convenzionaliste, ritenendo che ogni parola riproduca in modo univoco un'idea, che è copia di una realtà empirica. Invece, i megarici (suoi contemporanei) sostenevano che i codici linguistici nascono per convenzione ed evolvono in funzione delle esigenze sociali, mentre per i cinici le sensazioni e le emozioni suggeriscono agli uomini determinate immagini cui corrispondono specifici suoni e segni [8].

Aristotele analizzò il rapporto tra oggetto designato e segno linguistico, introducendo un terzo elemento semantico, il **concetto**, isomorfo alla sostanza di cui è immagine, mentre i segni linguistici sono riferiti al concetto in modo indiretto. Gli stoici individuarono tre elementi della relazione semantica, la cosa

(l'oggetto), la voce (la parola) e un elemento astratto, il significato. Il concetto e l'oggetto sono speculari, mentre tra segno e oggetto vi è una relazione convenzionale [8].

Bacone sosteneva che le parole hanno, in contesti diversi, connotazioni differenti, perché il loro senso scaturisce dall'uso che gli uomini ne fanno. Hobbes formulò una concezione nominalistico - genetica del linguaggio, che consta di segni convenzionali, mediante i quali gli uomini organizzano, conservano, richiamano e comunicano le esperienze. Le particelle corporee in movimento producono immagini che la mente umana traduce in suoni e segni convenzionali, i quali rendono possibile il ragionamento come calcolo (somma e sottrazione). Per Locke, gli uomini posseggono la facoltà di porre un'*idea* tra l'oggetto designato e il segno: il rapporto tra segno e idea è convenzionale.

Secondo Rousseau, il linguaggio degli uomini primitivi si articolava in suoni e gesti, espressi istintivamente per chiedere aiuto o a seguito di forti emozioni. Questa origine naturale è testimoniata dalle radici etimologiche comuni delle differenti lingue. Successivamente, i linguaggi verbali furono arricchiti convenzionalmente, in modo differente, da popolo a popolo. Secondo Vico, gli uomini cominciarono a comunicare attraverso forme gutturali inarticolate e l'espressione poetica fu il linguaggio caratteristico dell'epoca barbarica. Questo linguaggio creativo ha carattere simbolico - metaforico. Nel '900, questa concezione fu ripresa da Croce, il quale sosteneva che la lingua poetica trasfigura gli elementi fantastici e le invenzioni in rappresentazioni universali [8].

Uno degli iniziatori della *semeiotica*, la disciplina specifica che si occupa delle strutture simboliche, il linguista ginevrino **Ferdinand de Saussure** (1857-1913), definiva il *segno linguistico* come un'entità mentale a due facce, che unisce, non una cosa a un nome, ma un concetto a un'immagine acustica, per cui esso risulta una struttura astratta, distinta da concreti atti linguistici. Distingueva tra *langue* (una struttura, una grammatica astratta, arbitraria e convenzionale) e *parole*, una produzione, un atto linguistico, concreto, materiale e contingente [2].

La contrapposizione tra piano astratto (mentale) e piano concreto (materiale) si comprende meglio considerando altre due caratteristiche fondamentali, tra loro strettamente legate, del segno linguistico e della struttura: *arbitrarietà* e *convenzionalità*. Che il significante sia arbitrario è evidenziato dal fatto che nelle diverse lingue lo stesso concetto è espresso in modo diverso. Ma anche i significati (i concetti) sono arbitrari, perché spesso non esiste corrispondenza biunivoca tra due o più concetti in lingue diverse. Infine, per ciascuna lingua, è arbitrario anche quali siano le classi di morfemi e come essi si costituiscano in parole.

Nella visione saussuriana, arbitrarietà non indica qualcosa di casuale, aleatorio, ma qualcosa di *non causato*, cioè non determinato da relazioni di causa ed effetto, e di *non motivato*, che non presenta motivazioni, cioè non è determinato da alcuna relazione di somiglianza. Questo non significa che non debbano esistere *segni motivati* (come le *icone*, nelle quali il *significante* ha con il *significato* un rapporto di somiglianza), ma solo che i segni linguistici, di norma, non lo sono. Eccezioni a questa norma sono l'onomatopea (il sibillare del vento o l'ululare del lupo) e il lessico espressivo (mamma, bua, ecc) [2].

La convenzionalità è legata al fatto che, perché un determinato segno arbitrario diventi effettivamente *linguistico*, deve esserci il consenso ideale (convenzione) di una comunità di parlanti circa il suo uso. La *langue*, che è il livello specifico al quale si esercita la convenzionalità di Saussure, è una creazione storica ed antropologica ed è il risultato dell'uso del linguaggio da parte di una determinata società di parlanti, in un determinato momento della storia. La convenzione non è circoscritta ad un momento iniziale istitutivo, ma è sempre in atto, nell'uso che una comunità fa della lingua [2].

Nel 1921 Wittgenstein ha enunciato una teoria fenomenologica del linguaggio, secondo la quale esiste una corrispondenza biunivoca tra le parole (o i suoni) dei codici linguistici e le *realtà fattuali*: i *segni* sono la raffigurazione dei *fatti* e le strutture grammaticali e sintattiche sono l'*immagine logica* di connessioni oggettive della *situazione-mondo*; perciò, il linguaggio è la totalità delle proposizioni che significano i fatti stessi, e le proposizioni molecolari dicono *come* essi sono e non *che cosa* essi sono. Dopo alcuni anni, ha però abbandonato ogni velleità di creare una linguistica generale e ha elaborato una teoria dei giochi linguistici, nei quali, venendo meno l'unicità del rapporto significante - significato, una pluralità di parole, inserite in contesti diversi, può assumere significati sempre diversi. Come nel gioco, anche nel linguaggio il significato delle parole è comprensibile (e muta) in funzione di regole convenzionali. I linguaggi comuni, anche se meno coerenti di quelli scientifici, sono vivi, lessicalmente ricchi di riferimenti connotativi, e quindi idonei a rappresentare il quadro delle esperienze umane. In questi sistemi in continua evoluzione, le parole vengono utilizzate in riferimento a realtà sempre nuove, dando luogo a nuovi significati [8].

Gramsci considera il linguaggio un luogo di conoscenza, espressione, interazione, il terreno sul quale da alcune decine di millenni si gioca la grande partita che, una volta vinta, rende gli uomini esseri pienamente capaci di senso e di storia [9].

Gli stadi relativi alla nascita e allo sviluppo del linguaggio sono visti come un'organizzazione sempre migliore dei contenuti percettivi, fino alla formazione dei concetti. Questi passaggi si articolano attraverso un uso della parola che assume un significato sempre più astratto, cioè diventa un **concetto**. Questo meccanismo di *generalizzazione* ci aiuta a capire la distinzione tra le concezioni di *senso comune* e i *concetti scientifici* veri e propri. Prima che emerga il concetto scientifico, si formano i concetti spontanei o quotidiani, che sono carichi di esperienze e orientano, perché costituiscono degli schemi mentali [1]. Il concetto si forma quando le caratteristiche concrete, nella loro totalità, sono astratte e poi sintetizzate di nuovo. Per esempio, il concetto scientifico di **fiore** costituisce una generalizzazione rispetto a **rosa** [10].

Le discipline scientifiche si caratterizzano per il loro approccio allo studio dei fenomeni, alle leggi macroscopiche che li governano e ai modelli microscopici che ne derivano, e per il linguaggio. Il linguaggio di una disciplina rispecchia e contiene la conoscenza dei suoi fondamenti epistemologici e della loro storia. Prendere in considerazione il linguaggio scientifico significa, allora, prendere in esame, contemporaneamente, l'organizzazione dei concetti disciplinari [1].

2. Il linguaggio esoterico: l'alchimia

Pur avendo definito il linguaggio un sistema di comunicazione finalizzato alla trasmissione delle informazioni, il primo linguaggio che prenderemo in considerazione è quello alchemico, pensato e sviluppato per **non** trasmettere informazioni. L'alchimia è stato un fenomeno internazionale e interculturale che, iniziato in Cina e nell'Egitto ellenistico, fu trasformato dagli Arabi, che poi lo trasmisero all'Occidente. L'alchimia ellenistica nacque e fu codificata tra il I e il IV secolo d.C. ad Alessandria d'Egitto, e, alla fine del IV secolo, era ormai una disciplina con caratteristiche proprie e un campo di indagine ben individuato. Pur essendo nata dalla convergenza di differenti forme di artigianato, come arte finalizzata alla manipolazione della materia, essa fu, sin dalle origini, associata a un complesso di idee filosofiche sulla materia e sul mondo, che ne costituì, non solo il fondamento teorico, ma anche la base sulla quale sarebbe stato elaborato il suo linguaggio. Le idee arcaiche sull'unità primordiale della materia e sulla sua successiva diversificazione, sull'imperfezione del mondo e sul miglioramento cui esso tende, sulla sacralità della Natura e degli interventi che si compiono su di essa, guidarono gli alchimisti nella ricerca di una sintesi tra pitagorismo, platonismo, stoicismo e gnosticismo ermetico, che meglio si adattasse al loro mondo, fino a costruire quella filosofia alchemica, che sarà presente in modo sempre molto evidente in testi di epoche diverse. Il mondo era considerato un organismo vivente e sano, le cui parti erano come organi in reciproca interazione, regolato da una fitta rete di corrispondenze, di relazioni miracolose, che legavano uomini, animali, pietre e minerali.

Il carattere sacro, proprio di operazioni che manipolano le varie parti della Natura per perfezionarle, la necessità di proteggere i segreti di produzione, l'associazione con riti magici e movimenti astrali, fecero sì che l'alchimia si esprimesse, sin dalle origini, con un linguaggio oscuro, di difficilissima comprensione, basato su immagini allegoriche, derivate dalla letteratura e dal mito greco, dalle tradizioni religiose, greche, egizie e orientali, come per impreziosire il contenuto delle ricette con le più nobili forme di espressione della cultura dominante. Le oscure rappresentazioni del procedimento della Grande Opera nascondevano i metodi e le procedure utilizzati per preparare qualcosa di così prezioso da potersi assimilare alla Creazione e che andavano velate con le allegorie più belle e più sacre. La Creazione stessa era considerata un processo chimico, nel quale Dio traeva ordine dal Caos, e, piuttosto che limitare il proprio interesse alle trasformazioni della materia, gli alchimisti guardavano ad esse anche come segno dei mutamenti degli individui, quando Dio li convertiva [6].

Le conoscenze acquisite e i metodi messi a punto non dovevano essere resi pubblici, ma trascritti in versi o prose di significato oscuro, pienamente accessibili soltanto agli iniziati. La scienza non era conoscenza pubblica e la chimica occulta era una ricca fonte di metafore che, però, gli adepti comprendevano. Per esempio, il termine **sangue del dragone** denotava, sia il cinabro che la resina rossa del *Pterocarpus draco*. Con gli Arabi, a un linguaggio già di per sé oscuro, si aggiunsero nuove complicazioni dovute ad errori di traduzione nella nuova lingua, prima dal greco all'arabo, e poi dall'arabo al latino, o alla mancanza di termini corrispondenti. Indicavano spesso l'oro, l'argento, il ferro e il rame con i nomi di padre, madre, fratello e sorella,

l'oro era il giorno, l'argento la notte. Realgar e orpimento erano i due fratelli o i due re, i metalli erano spesso indicati in un ordine gerarchico. Le ricette erano riportate in maniera prolissa, secondo il *principio di dispersione*, per scoraggiare deliberatamente il lettore ordinario; come dice Geber, “il solo enigma nei miei libri è la dispersione” [11].

Nel XII secolo, con le traduzioni e la produzione di nuovi lavori originali, si costituì il vocabolario chimico latino, pieno di traslitterazioni di parole arabe, che ancora resistono nel linguaggio moderno. L'alchimia accolse gli stili letterari del tempo e dei luoghi, diventando *quaestio*, preghiera, poesia, soggetto di satira, fiaba, racconto e, dal XIV secolo, rappresentazione iconografica. Mentre i suoi contenuti teorici non sembravano subire grandi mutamenti, il suo apparato espressivo subì una notevole evoluzione, soprattutto a seguito dell'impatto con il cristianesimo. La condanna dell'alchimia da parte della Chiesa fu netta, motivata soprattutto dal suo paganesimo intrinseco e dalla sua provenienza dal mondo islamico, ma sostanziata dai sospetti sui contenuti magici e le finalità truffaldine delle sue operazioni. Come conseguenza, per non incorrere nei rigori della legge, per difendere la loro attività, e restituirle la dignità che la Chiesa avrebbe voluto negarle, i pochi alchimisti seriamente interessati ad un uso onesto delle conoscenze, non solo furono costretti a criptare i loro scritti, ma ad attuare una progressiva cristianizzazione del linguaggio alchemico, attribuendo alle loro operazioni improbabili contenuti cristiani e arricchendole di uno spirito di devozione: la passione di Cristo diventò l'immagine della Grande Opera, e Cristo risorto nel suo corpo trionfante il prodotto finale della trasmutazione. Lo studio della scienza divenne parte dei doveri religiosi e la lettura del libro della Natura equivalse alla lettura della Bibbia [6].

Così, a partire dal XIV secolo, nel quale si ebbe un vigoroso sviluppo della iconografia alchemica, accanto alle proprie rappresentazioni tradizionali più antiche e a quelle derivanti dal patrimonio della mitologia greca, l'alchimia si arricchì di immagini cristiane, sempre più numerose, che rappresentavano fasi o simboli dell'Opera.

Umanesimo e Rinascimento favorirono un progressivo distacco dell'alchimia dalle sue radici arabe e alessandrine; i nomi vennero usati in maniera sempre più impropria, le allegorie divennero sempre meno facilmente interpretabili, i testi scollati dalle immagini e i simboli dai loro significati originari. Alla concezione originaria della Grande Opera come trasmutazione dei metalli in oro, si aggiunse quella della preparazione di una panacea universale, dell'elisir di lunga vita. Cominciava a crollare l'idea di un unico mondo possibile e quella dell'uomo necessariamente proiettato verso un miglioramento continuo: la sostituzione dei testi latini con quelli nelle lingue vernacolari si accompagnò alla rivoluzione portata dalla introduzione della stampa. Nonostante le critiche sempre più insistenti che le rivolgevano i filosofi naturali più attenti, come Leonardo e Pico della Mirandola, all'inizio del XVI secolo, l'alchimia si avviava verso un'epoca di apparente splendore che avrebbe preceduto il suo crollo finale. L'alchimista, da artista, *artifex*, umile discepolo, si trasformava in mago rinascimentale, che, dalla conoscenza della struttura segreta e matematica della Natura, traeva il potere di operare sulle cose. La magia di **Cornelio Agrippa** (1486-1553) faceva ancora un uso ostinato del latino (forse proprio perché risultava sempre più oscuro all'uomo della strada), degli alfabeti fantastici, della letteratura in codice. Aumentava sempre di più la distanza tra gli alchimisti esoterici e quelli che, sulla scia di Leonardo, ritenevano che la segretezza e la capacità di stupire non aggiungessero nulla di essenziale alla nobiltà e alla serietà di un'arte.

Paracelso scrisse in tedesco numerose opere, costellate da strani neologismi e da innovazioni nei significati dei vecchi termini, ma fu il suo tentativo di spostare l'interesse dell'alchimia verso la medicina e la ricerca di rimedi efficaci per le malattie, che spinse i suoi seguaci e successori a fare un uso sempre più generalizzato di un linguaggio chiaro e comprensibile.

La segretezza era ormai mantenuta soprattutto per salvaguardare gli interessi commerciali: nel descrivere la preparazione del *sale mirabile* (dalla cui produzione e commercializzazione sperava di ottenere lauti guadagni), Glauber preferì non scendere nei dettagli, anche se temeva che i suoi avversari lo avrebbero accusato di non conoscere la ricetta. Adottò una soluzione di compromesso, tipica della letteratura alchemica: non citò mai insieme, in modo chiaro, i due costituenti, sale marino e olio di vetriolo, ma, quando ne citava uno, il nome dell'altro era nascosto sotto metafore ingannevoli.

Un altro modo usato da Glauber per depistare il lettore fu l'uso di simboli arbitrari al posto di quello di una sostanza, o di spazi bianchi al posto del nome di una sostanza o dei recipienti usati. Nella *Epistola de Secretis Operibus Artis et Naturae*, Bacone descrisse almeno sette metodi diversi per nascondere i segreti dell'alchimia; uno consisteva nell'usare a caso alfabeti diversi, come l'ebraico, il greco e il latino, un altro

nell'inventare arbitrariamente un proprio alfabeto. Nella ricetta della polvere da sparo, zolfo e nitro sono chiaramente identificati, mentre il terzo componente indispensabile per l'esplosione, il carbone vegetale, è sostituito da un gruppo di lettere senza significato. Bacone utilizzò il principio di dispersione quando dovette riferire a Papa Clemente IV le conoscenze alchemiche degli inglesi: le disperse in quattro scritti, in modo che, essendo quasi impossibile che venissero intercettati tutti e quattro, nessuno avrebbe potuto ricostruirne il contenuto.

Giovanni Battista della Porta nel *De Occultis Literarum Notis*, descrive numerosi esempi di alfabeti segreti, molti dei quali sono sopravvissuti fino a noi, anche se non si può dire che il loro uso fosse comune nella letteratura alchemica. Raimondo Lullo usava le lettere O, P, Q, R per rappresentare la composizione presunta dell'oro in termini dei quattro elementi; in un altro lavoro, le lettere sono usate con un significato diverso. Nel *Liber Laureatus*, l'autore fa un uso più sistematico delle lettere iniziali dei nomi latini dei quattro elementi. Nel manoscritto italiano *Libellus aureus*, c'è una lista di numeri, da 1 a 16, a ciascuno dei quali è attribuito un significato speciale (14 = oleum, 11 = sulphur naturae). Nella *Mappae clavicula*, nei nomi delle sostanze chimiche o dei processi, ciascuna lettera è sostituita da quella che la precede nell'alfabeto. Nel XVI e XVII secolo, si nascondevano le parole scrivendole al contrario (Xidar invece di radix), o anagrammandole o troncandole drasticamente: per esempio il solvente universale alkahest potrebbe corrispondere a *alkali est* [11].

D'altro canto, il linguaggio sviluppato nel corso dei secoli conteneva qualche elemento che forniva informazioni, anche se spesso non corrette: per esempio, si attribuivano nomi generici che indicavano le proprietà apparenti delle sostanze, così che *acqua* indicava tutti i liquidi e le soluzioni acquose, *spirito* le sostanze volatili, che, come l'anima, si allontanano dal corpo morto, *olio* i liquidi viscosi, *mercurio* le sostanze liquide, pesanti e lucenti, *vetriolo* i cristalli lucenti e trasparenti, simili a frammenti di vetro. I termini usati più spesso facevano riferimento allo stato di aggregazione, ai colori, al luogo di provenienza, alle proprietà farmaceutiche, o a nessuna proprietà specifica [12].

3. Il linguaggio delle immagini

La rinascita economica che iniziò a manifestarsi in Europa nel XIII secolo, dopo il buio medievale, fu caratterizzata da un accresciuto interesse verso le questioni terrene e un'accresciuta necessità di libri e persone istruite, che resero avida di conoscenze secolo l'Europa del XV. Quando fu inventata la stampa a caratteri mobili, che rese disponibili libri popolari, a un prezzo relativamente basso, si verificò una vera e propria esplosione dell'informazione, un'enorme produzione libraria. Nella storia europea comparvero, per la prima volta, lo scrittore e l'editore professionisti, e la marea di informazioni coinvolse tutte le aree della conoscenza e raggiunse tutte le classi della società, favorendo anche la diffusione dell'alfabetismo. I testi classici, latini e greci, furono i primi ad essere stampati, nelle loro versioni originali, piuttosto che nelle traduzioni mediate attraverso l'arabo. Dal 1480 in poi cominciarono a essere pubblicati gli autori contemporanei: in campo scientifico, grossa attenzione fu dedicata ai manuali tecnici, e ai testi di medicina, e a quelli di botanica e zoologia, ad essa collegate [13].

Rispetto alla zoologia, nella quale sopravviveva il gusto dell'esotico e del meraviglioso, se non del fantastico, la botanica ebbe un maggiore sviluppo, sia per il suo legame di subordinazione con la medicina, che per la maggiore facilità di osservazione, raccolta e conservazione dei campioni. Infatti, la principale difficoltà cui andava incontro lo studioso di scienze naturali stava nel fatto che, mentre l'alchimia era stata trasmessa da iniziato a iniziato, e quindi aveva paradossalmente mantenuto, in qualche modo, una certa uniformità di linguaggio, lo studio e l'osservazione delle piante erano accessibili a tutti, per cui, in tempi e luoghi diversi, erano stati assegnati nomi diversi alle stesse piante. In mancanza di un linguaggio comune uniforme, e, peggio ancora, in assenza di un linguaggio tecnico consolidato e universalmente accettato, le descrizioni verbali, non sempre consentivano la chiara individuazione delle specie cui ci si riferiva. Per questo sorsero numerosi orti botanici, sia a cura di privati che in collegamento con le varie scuole di medicina; chi non poteva accedere, dovette contentarsi di testi scritti.

Le pubblicazioni di storia naturale erano, di solito, bestiari o erbari (questi ultimi ricavati dalle opere del greco Dioscoride), il cui scopo era descrivere gli animali e riconoscere le piante utili per curare le malattie o insaporire i cibi. Questo era un sistema di classificazione naturale e non richiedeva competenze botaniche per essere applicato. Risultando spesso insufficiente la semplice descrizione delle parti delle piante, per il loro ri-

conoscimento erano indispensabili le illustrazioni, che costituirono una sorta di linguaggio visuale per tutta la storia naturale; tuttavia, le riproduzioni che gli amanuensi avevano fatto delle illustrazioni di Dioscoride non sempre erano fedeli, e spesso mancavano di dettagli, tanto che le diverse piante sembravano tutte eguali, per cui rimasero poco attendibili fino all'introduzione della stampa.

Le cose si complicarono ulteriormente quando, alle specie mediterranee riportate da Dioscoride, che era già difficile individuare nelle differenti aree geografiche, si aggiunse un cospicuo numero di nuovi esemplari provenienti dal Nord Europa, o importate dalle Americhe, dall'Asia o dall'Africa. Questa improvvisa invasione di nuove specie, unita alla mancanza di una nomenclatura univoca e rigorosa, agli errori di copiatura da un'edizione all'altra dei testi classici, all'impossibilità di reperire nei paesi del Nord Europa molte piante descritte dai Greci, e in presenza di tecniche di conservazione rudimentali, rese le rappresentazioni iconografiche indispensabili e conferì loro un ruolo da protagoniste in questa prima fase della botanica moderna. Per questo, la collaborazione di grandi artisti, pittori e incisori, ebbe, dal tardo '400 al '600, effetti rivoluzionari sulle scienze descrittive, pari a quelli che telescopio e microscopio ebbero su astronomia e scienze della vita [14]. Paradossalmente, non erano gli artisti migliori a realizzare le immagini più adatte, ma gli illustratori professionisti, le cui immagini presentavano i vantaggi della tipizzazione, anche se non erano di grande valore artistico, né riproducevano fedelmente il particolare esemplare posseduto dal naturalista [15].

4. Il linguaggio universale

Nel XVII secolo, la lingua ufficiale per le pubblicazioni erudite era ancora il latino: i *Principia* di Newton (1687) furono scritti in latino, sia perché solo una diffusione internazionale ne avrebbe giustificato economicamente la pubblicazione, sia perché la trattazione matematica era così astrusa da risultare accessibile solo agli intellettuali, in grado di capire il latino. Invece, le opere di Boyle e Hooke, che avevano un maggior carattere sperimentale, furono pubblicate in inglese perché così risultavano più accessibili al grande pubblico. Il fenomeno era abbastanza generale e cresceva il numero delle pubblicazioni scientifiche in francese, inglese, o altre lingue vernacolari. Con la caduta in disuso del latino venne meno, però, la sua funzione di lingua erudita a carattere internazionale e la comunità scientifica si trovò a parlare lingue differenti, rendendo indispensabili le traduzioni scientifiche [7].

Dai resoconti dei missionari gesuiti, gli Europei sapevano che lo stesso problema si era presentato altrove: nelle diverse parti della Cina si parlavano lingue incomprensibili tra di loro, ma anche che esisteva un linguaggio scritto comune a tutte le persone istruite, costituiti da ideogrammi, che esprimevano pensieri e idee, piuttosto che parole e suoni. Negli ideogrammi cinesi o nei geroglifici egizi, l'immagine rinvia direttamente all'oggetto, e risulta comprensibile, indipendentemente dalla lingua che effettivamente si parla: viene letta in modi diversi, ma è compresa allo stesso modo da tutti, anche se parlano lingue diverse. Queste lingue suscitarono l'interesse di Bacone e Leibniz, i quali ritenevano che, costruendo, su queste basi, prima una forma di scrittura e poi una vera e propria lingua, si sarebbe potuto porre rimedio alla confusione di lingue che rendeva difficile la comunicazione tra i popoli.

Per questo, dalla seconda metà del '600, sorsero in tutta Europa diversi tentativi di superare la confusione generata dalla diversità delle lingue nazionali. La *lingua filosofica*, chiamata anche artificiale o perfetta, doveva essere costituita da simboli che facessero riferimento, non ai suoni, ma direttamente alle cose. Le regole precise sulle quali doveva essere costruita la lingua filosofica, furono formulate, senza grosso successo, da Dalgarno e Wilkins, ma i criteri cui essi si ispirarono costituiscono un punto di riferimento per tutti i classificatori di piante e animali dei secoli XVII e XVIII [14]. I punti caratterizzanti della lingua universale erano:

1. il sistema di segni che la compongono deve essere comprensibile, indipendentemente dalla lingua che si parla, e le sue regole devono essere diverse da quelle delle lingue naturali;
2. il suo scopo fondamentale è la creazione di *segni* che corrispondano, piuttosto che ai nomi correnti delle cose, alle loro immagini mentali, che sono condivise da tutti gli esseri umani;
3. i suoi segni devono essere *metodici*, cioè in grado di mostrare le relazioni e i rapporti che eventualmente intercorrono tra le cose;
4. tra i segni e le cose deve esistere una *relazione univoca*, e a ogni segno deve corrispondere una sola cosa o una singola nozione;

5. il progetto di una lingua universale implica quello di una *enciclopedia universale*, cioè una completa e ordinata *enumerazione* e l’accurata *classificazione* di tutte le cose e nozioni, alle quali deve essere applicato un segno convenzionale (*mark*);
6. la costruzione dell’enciclopedia, essenziale per il funzionamento della lingua, passa attraverso la formulazione di tabelle (le *tabulae* baconiane);
7. la difficoltà di classificare tutte le cose che esistono pone dei limiti alla lingua filosofica, ma l’enciclopedia assicura che ogni segno costituisca anche una *definizione* precisa della cosa o nozione, purché ne indichi il *posto* esatto, nell’insieme ordinato degli oggetti naturali, che le tavole dell’enciclopedia riflettono e rispecchiano.

George Dalgarno (1626-1687) era un insegnante scozzese che trascorse la maggior parte della sua vita a Oxford, insegnando grammatica in una scuola privata. Nel 1661 pubblicò l’*Ars signorum*, scritta in un linguaggio estremamente criptico, talvolta contraddittorio, e quasi sempre straordinariamente allusivo. Il testo contiene anche molti errori di stampa, a testimonianza di quanto difficile fosse riprodurre i simboli di questi linguaggi artificiali. Per lui, la lingua universale doveva risultare dalla collaborazione dei filosofi, che avevano il compito di classificare tutte le conoscenze, e dei grammatici, che intervenivano a livello espressivo, organizzando i caratteri con i quali costruire gli elementi del linguaggio, sia parlato che scritto [16].

Il lavoro di Dalgarno ispirò, fino al punto di essere accusato di plagio, **John Wilkins** (1614-1672) un pastore puritano che, come molti altri nel XVII secolo, soffriva la frattura che la nascita degli stati nazionali e il diffondersi delle lingue vernacolari stavano causando nel mondo della cultura. Nel 1641 Wilkins aveva pubblicato anonimamente *Mercury or the Secret and Swift Messenger*, un piccolo ma esauriente trattato di crittografia che, nell’imminenza della guerra civile inglese, risultò uno strumento estremamente utile sia per i diplomatici che per gli uomini di governo. Questa esperienza gli suggerì che il problema della comprensione dei testi scientifici potesse essere risolto formulando un linguaggio artificiale internazionale e, nel 1668, pubblicò *Essays towards a Real Character and Philosophical Language*, nel quale tentava di costruire un linguaggio artificiale, per sostituire il latino come lingua assolutamente non ambigua, con la quale gli eruditi e i filosofi potessero comunicare [17].

Partì dalla considerazione che, sebbene i numeri avessero un nome diverso nelle differenti lingue, le cifre arabe erano simboli internazionali che rappresentavano il valore del numero, piuttosto che la parola che lo esprimeva. Wilkins si propose di elaborare un linguaggio simile a quello adottato in Cina, nel quale i simboli rappresentassero le cose piuttosto che le parole e ciascuno potesse leggerlo: un inglese o un francese, leggendolo a voce alta, avrebbe emesso suoni diversi, ma entrambi gli avrebbero attribuito lo stesso significato. Questo linguaggio, non solo avrebbe assolto la funzione che il latino non riusciva più ad assolvere, ma, per la scienza esso sarebbe stato meglio di qualunque lingua naturale, perché avrebbe reso impossibili le dispute esclusivamente verbali [7]. I simboli cinesi erano forse nati come pittogrammi, ma erano ben presto passati a simboleggiare le cose, per convenzione. Wilkins voleva basare il suo linguaggio su una classificazione *naturale*, così che ci fosse una connessione reale tra simboli e oggetti.

Nella concezione di Wilkins, i caratteri reali avrebbero dovuto avere le seguenti caratteristiche qualificanti [18]:

- 1) le parole che li rappresentano dovrebbero essere *brevi*, di non più di due o tre sillabe;
- 2) dovrebbero essere *semplici e facili* da insegnare e imparare;
- 3) dovrebbero essere facilmente *distinguibili* l’una dall’altra, per evitare errori o equivoci;
- 4) dovrebbero essere *piene di significato* e abbondanti, in grado di esprimere correttamente i concetti che la nostra mente formula;
- 5) dovrebbero essere *eufoniche*, con un suono piacevole e melodioso;
- 6) dovrebbero essere *metodiche* e quelle che hanno significati simili o opposti dovrebbero avere suoni in qualche modo corrispondenti.

Wilkins, dunque, riteneva che, per poter risultare facile ed utile, il linguaggio universale doveva fondarsi su un sistema logico di classificazione. Anticipando il progetto di Linneo, Wilkins compilò delle Tavole

classificatorie, che enumeravano tutti gli oggetti cui si doveva attribuire un nome, in modo che ogni nome fosse in relazione con il posto che l’oggetto occupava in tali Tabelle, nelle quali ogni posto aiutava a individuare le caratteristiche e le proprietà dell’oggetto.

Così, la costruzione del linguaggio e quella delle tabelle di classificazione procede di pari passo, e se questo può risultare problematico per il linguaggio comune, nei linguaggi scientifici diventa un passaggio indispensabile.

Pertanto, da Wilkins in poi, l’elaborazione e la formulazione di linguaggi scientifici divenne parte integrante di una problematica più ampia, relativa alla classificazione degli oggetti, nell’ambito delle diverse scienze naturali.

5. Il linguaggio algebrico

Tuttavia, il più serio tentativo di dare corpo a un linguaggio scientifico e a codificarne le regole fu portato avanti dall’abate **Etienne Bonnot de Condillac** (1715-1780) che, nel 1780, pubblicò la *Logica*, nella quale mostrava come il linguaggio algebrico potesse essere tradotto in quello volgare e quest’ultimo in quello algebrico, in modo che il processo mentale fosse lo stesso in entrambi i casi e che l’arte di ragionare fosse quella di analizzare.

Per Condillac, le lingue non sono soltanto lo strumento per esprimere idee e immagini mediante segni, ma costituiscono veri e propri metodi analitici per procedere, allo stesso modo dei matematici, dal noto all’ignoto. L’algebra è il metodo analitico per eccellenza, immaginata per facilitare l’attività mentale, per abbreviare il cammino del ragionamento, per riunire in poche righe la trattazione di questioni molto complesse che richiederebbero molte pagine. L’algebra è una vera lingua, con i suoi segni rappresentativi, il suo metodo, la sua grammatica: un metodo analitico è perciò una lingua e una lingua è un metodo analitico.

Nel caso dei linguaggi scientifici è importante che siano disponibili termini esatti per esprimere le idee che rappresentano i fatti dai quali ogni scienza è costituita. Poiché sono le parole che fanno sorgere le idee che rappresentano i fatti, se non si disponesse delle parole corrette, si correrebbe il rischio di trasmettere impressioni false, per quanto veri siano i fatti e giuste le idee da esse derivate. Una lingua ben fatta, in grado di cogliere l’ordine naturale e successivo delle idee, eviterà al ricercatore di allontanarsi da una corretta indagine della Natura.

Perfezionare la nomenclatura significa rendere le idee e i fatti nella loro esatta verità, senza sopprimere niente di ciò che rappresentano, e, soprattutto, senza aggiungere niente; la nomenclatura deve essere uno specchio fedele, perché non è la Natura che ci inganna, ma il nostro ragionamento. La perfezione del linguaggio scientifico è importante soprattutto per coloro che ne iniziano lo studio. Come per il bambino l’idea è una conseguenza della sensazione, perché è la sensazione che fa nascere le idee, per colui che inizia lo studio delle scienze fisiche, le idee devono essere una conseguenza immediata di un’esperienza o un’osservazione.

6. Il linguaggio scientifico

Ogni branca del sapere ha i propri termini tecnici che sono, o parole coniate per un uso particolare, o parole prese dal linguaggio quotidiano, che, quando usate tecnicamente, sono comprese con un significato particolare: in elettrologia, il termine *ione* è un esempio del primo caso, il termine *corrente*, del secondo [11]. Il linguaggio scientifico moderno è il risultato dell’attenzione che gli illuministi rivolsero alla chiarezza di pensiero, all’organizzazione delle conoscenze e alla classificazione degli oggetti.

La prima riforma sistematica della nomenclatura, che si ispirò a questi criteri fu quella dei termini della **botanica**, disciplina nella quale regnava una confusione lessicale molto simile a quella che l’alchimia aveva trasmesso alla chimica.

Sin dai tempi di **Teofrasto** (300 a.C.), il numero dei termini botanici era andato aumentando con regolarità, così che, nel ‘600, gli studiosi rischiavano di essere sopraffatti dalla terminologia. Né i tentativi messi in atto per risolvere il problema riuscirono a migliorare la situazione. Nel 1623, il botanico svizzero **Gaspard Bauhin** (1560-1624), nel *Pinax theatri botanici*, raccolse i nomi che, in tutto il mondo e in tutte le epoche, erano stati usati per identificare particolari piante e, per ciascuna di esse, costruì una lunga frase descrittiva; questa procedura di denominazione e identificazione fu accettata e adottata, per esempio, dal francese Tournefort.

Alla fine del XVII secolo, era in atto un conflitto interno nella comunità internazionale botanica, retta da un triumvirato costituito da Ray, Tournefort e Rivinus; questi ultimi due davano nomi diversi a ciascun genere, ma, alla fine, la terminologia proposta dal francese fu quella più generalmente accettata.

La storia naturale settecentesca è invece caratterizzata dalla figura del medico e naturalista svedese **Carl von Linné** (1707-1778) [11]. Nato a Småland, la madre avrebbe voluto che intraprendesse la carriera ecclesiastica del padre, ma, con suo disappunto, il figlio non riuscì ad essere ammesso al corso di teologia; perciò, scelse di studiare medicina, prima a Lund, e, dopo un anno, a Uppsala, dove le facoltà mediche erano molto piccole, e alcuni professori non erano molto attivi. Linneo lavorò da solo nel giardino botanico e nelle biblioteche di Uppsala, e fu notato da Olof Rudbeck, professore di botanica, che lo assunse temporaneamente come assistente, con l’incarico di descrivere le piante agli studenti di medicina. Nel 1731, Rudbeck lo persuase a organizzare un viaggio in Lapponia, sponsorizzato dalla Società Scientifica Reale di Uppsala; durante il viaggio, Linneo accumulò molte informazioni e cominciò a riflettere su come organizzare i dati di una scienza naturale.

Nel 1735 si trasferì in Olanda, per completare la propria formazione medica, portando con sé i manoscritti sui quali si sarebbe basata la sua produzione futura. Visitò Amsterdam e Leida, ma scelse di laurearsi a Handerwijk. Dopo la laurea, si recò a Leida, dove conobbe Boerhaave e Gronovius, i quali, impressionati dalla sua abilità e dai suoi manoscritti, divennero suoi mecenati. Gronovius curò la pubblicazione del *Systema Naturae* (dicembre 1735), mentre Boerhaave fece in modo che diventasse medico personale del banchiere George Clifford, che, nella sua casa di campagna presso Haarlem, aveva costruito un magnifico giardino, con ogni sorta di piante esotiche. Linneo catalogò queste piante in uno splendido volume, pubblicando in Olanda anche *Genera Plantarum*, *Flora Lapponica* e *Critica Botanica*. Nella *Critica Botanica*, pubblicata all’età di 30 anni, iniziò a stabilire i principi sui quali sarebbe stato possibile fondare una nomenclatura botanica soddisfacente. Dopo aver visitato anche Inghilterra e Francia, incontrandovi eminenti storici naturali, nel 1738 tornò in Svezia, stabilendosi a Stoccolma, dove esercitò la professione medica. Fu socio fondatore e primo presidente dell’Accademia Reale Svedese delle Scienze; nel 1741 ottenne la cattedra ad Uppsala, dove, a parte qualche breve viaggio, rimase fino alla morte, nel 1778 [7].

Linneo non fu né uno sperimentatore né uno scopritore di tecniche e fatti sconvolgenti, ma il riformatore e il legislatore della storia naturale. Spirito profondamente sistematico, portò ordine e rigore in una nomenclatura arbitraria e caotica. Le piante erano indicate da intere frasi descrittive, con termini, ora popolari, ora troppo lunghi, dotti o complicati, e mancava una distinzione netta tra denominazione e descrizione. Per la prima volta in maniera sistematica, la nomenclatura da lui elaborata era basata sulle *caratteristiche osservabili* delle piante (il numero delle parti sessuali dei fiori). Certamente, egli non aveva ancora l’autorità scientifica necessaria per imporre una riforma di così vasta portata, ma è pur vero che da qualche parte si doveva cominciare.

Sviluppando sistematicamente i tentativi dei naturalisti precedenti, fissò, pur senza inventarla, la nomenclatura binomia tuttora in uso, in virtù della quale il nome di ogni pianta era composto di due parti, una che indicava il *genere* o la classe, l’altra che identificava ciascuna *specie*, distinguendola da tutte le altre dello stesso genere. A differenza, però, dei precedenti tentativi di costruire una nomenclatura binomia, i termini di Linneo non volevano essere definizioni sintetiche delle piante, in sostituzione delle lunghe frasi descrittive, ma *chiavi* per leggere e interpretare l’intero sistema botanico, e quindi preludio essenziale alla successiva opera di classificazione. Il suo punto di partenza fu quello di stabilire un principio che, sorprendentemente per noi, non era affatto ovvio per i suoi contemporanei: *tutte le piante dello stesso genere dovrebbero avere lo stesso nome generico*. Nella scelta dei termini, preferì quelli di origine latina e greca, ma non osò cancellare dai nomi generici quelli dei botanici più famosi, come si usava nelle terminologie di geografia, medicina, farmacia e chimica. Coniò lui stesso un grande numero di termini, sia per i raggruppamenti sistematici che per le parti degli organismi, stabilì definitivamente una rigorosa distinzione tra i concetti di varietà, specie, genere, ordine e classe, che prima erano spesso usati in modo equivoco. Esprimendosi in latino, la lingua comune agli eruditi di tutto il mondo, Linneo creò un linguaggio internazionale e questo costituì un ulteriore vantaggio del sistema linneo sulle precedenti classificazioni botaniche.

Oltre che della nomenclatura, Linneo iniziò anche una riforma degli stili descrittivi, facendo piazza pulita degli elementi soggettivi, arbitrari, ambigui: “*ogni nota caratteristica deve essere tratta dal numero, dalla figura, dalla proporzione e dalla posizione delle diverse parti della fruttificazione*”.

I botanici si accorsero subito che questo sistema costituiva un grande miglioramento, soprattutto perché faceva uso di termini specifici senza altro significato: come disse Lamarck, *in questo modo si riesce a nominare ogni pianta, senza essere costretti a recitare una frase lunga, ingombrante e ridicola* [19]. Di conseguenza, Linneo acquisì rilevanza scientifica internazionale, come si può evidenziare dalle personalità con le quali intrattenne corrispondenze scientifiche, e dalla sua elezione a membro di numerose società scientifiche, nella maggior parte dei paesi europei. Il suo sistema di nomenclatura influenzò certamente quello di altre scienze, prime fra tutte la chimica; i suoi punti qualificanti possono essere riassunti come [11]:

- 1) la nomenclatura botanica deve essere espressa nella lingua latina;
- 2) la nomenclatura deve essere essenzialmente binomiale, con terminazione eguali per piante simili;
- 3) il nome del genere deve essere espresso da **un solo termine**, e precedere quello della specie;
- 4) le piante vanno denominate e classificate sulla base delle loro **parti**, escludendo da questo metodo analitico ogni considerazione legata a colore, proprietà medicinali o paese di origine;
- 5) sostanze simili devono essere caratterizzate dalla stessa **terminazione** del nome;
- 6) soprattutto nel caso dei nomi specifici, sono mantenuti i nomi popolari, stabiliti dall'uso o che indicano una caratteristica importante della pianta;
- 7) occorre fare piazza pulita delle lunghe frasi descrittive, prima usate in botanica e in altre scienze.

Sebbene l'interesse principale di Linneo fosse per la botanica, ed effettivamente il sistema meglio si adatta alla nomenclatura e alla classificazione delle piante, egli cercò di estendere anche agli animali, ma questa classificazione zoologica dovette poi essere estesamente rivista.

7. Il linguaggio chimico

La nomenclatura chimica è il linguaggio parlato della chimica e la notazione simbolica è il suo linguaggio scritto. Essendo, al tempo stesso, il prodotto e lo strumento del pensiero chimico, essa ha, necessariamente, in ogni periodo della storia, riflettuto i caratteri intellettuali generali dell'epoca, come pure il livello di maturazione raggiunto dalla Chimica [20]. L'importanza che viene attribuita al linguaggio nella Storia della Chimica non è un'idea concepita nel XX secolo, sotto l'influenza della scuola filosofica di analisi del linguaggio, ma un'esigenza su cui hanno sempre insistito gli stessi chimici, come Boyle, Bergman, Lavoisier, Berzelius [11]. La riforma del linguaggio chimico avviata a fine '700 risentì del fascino delle teorie meccanicistiche della Natura, rafforzata dalla recente riscoperta dell'atomismo.

Ancora a inizio secolo, la terminologia, vecchia e nuova, non aveva ancora alcuna relazione con la composizione chimica delle sostanze, che erano indicate, in maniera assolutamente acritica, sulla base di colori, forme cristalline, qualità organolettiche, nomi degli scopritori, proprietà curative, modalità di preparazione, tecniche alchemiche [21]. Inoltre, la mancanza di criteri di nomenclatura chiari e accettati da tutti i filosofi naturali portava a una enorme confusione linguistica: i nomi delle sostanze erano complicati e privi di significato, se non addirittura fuorvianti, come **burro di antimonio**, **zucchero di piombo** e **fiori di zolfo**. Già nel XVI secolo Agricola aveva fatto notare che l'ossido di piombo era chiamato **litargirio** (in greco, pietra d'argento), ma non conteneva argento. In un manoscritto seicentesco di Antonio Neri, il mercurio era rappresentato da almeno venti simboli e trentacinque nomi diversi, anche perché non sempre con questo termine si indicava il metallo che noi conosciamo; in un altro libro, il piombo era indicato con quattordici simboli e sedici nomi.

Al contrario degli alchimisti, che avevano nascosto le loro presunte conoscenze nei segreti di geroglifici confusi, i chimici moderni, come Boyle, Newton, Kunkel, Lémery e Boerhaave ritenevano che la chimica dovesse essere comprensibile a tutti e avevano criticato alcuni termini non appropriati [22], sottolineando la necessità di una nomenclatura più aderente alla realtà evidenziata dagli esperimenti.

A metà '700, non appena si ebbero le idee un po' più chiare sulla composizione di certe sostanze, per esempio, che i sali si formano da un acido e un alcali, Macquer e Baumé attribuirono il nome di vetrioli ai sali ottenuti sciogliendo i metalli nell'acido vetriolico, di nitri a quelli derivanti dall'acido nitrico. Contemporaneamente, il chimico svedese **Torbern Bergman** (1735-1784), allievo di Linneo, propose di applicare anche

alla Chimica il sistema di nomenclatura botanica, che usava termini binomi e terminazioni uguali per sostanze simili, e che stava riscuotendo grande successo.

La Chimica, però, aveva bisogno di una drastica rivoluzione, che si compì in Francia, alla fine del XVIII secolo. L'editore Joseph Panckouke aveva assegnato a un chimico di Digione, **Louis Bernard Guyton de Morveau** (1736-1816), il compito di redigere le voci Chimica e Affinità nell'*Encyclopédie Méthodique*. Nell'occasione, De Morveau si fece interprete della diffusa esigenza di chiarezza e della necessità di fare piazza pulita dei nomi pittoreschi ereditati dall'alchimia, e di sostituirli con nomi nuovi che rispecchiassero la natura delle sostanze: *la denominazione di un composto chimico non è chiara né esatta fintanto che non si chiamano le parti componenti con dei nomi conformi alla loro natura*. Nel 1782, nella *Mémoire sur les déterminations Chimique*, formulò la sua proposta semplificante, basata sui seguenti criteri:

- 1) per indicare le sostanze chimiche, non si possono usare frasi descrittive, ma solo nomi specifici;
- 2) finché è possibile, i nomi devono rispecchiare la natura delle cose; a) i corpi semplici devono avere un solo nome, b) i nomi dei composti devono richiamare le parti che li costituiscono, c) non si devono più usare i nomi degli scopritori;
- 3) alle sostanze poco note è meglio attribuire un nome che non significhi nulla, piuttosto che uno che faccia sorgere idee false;
- 4) per questo, i nuovi termini da coniare devono essere derivati dalle lingue morte, latino e greco;
- 5) i nomi scelti devono poi essere adattati alle varie lingue nazionali [21].

Nel suo articolo sull'Affinità, pubblicato nel 1786 sull'*Encyclopédie Méthodique*, sostituì i termini di Bergman con la nuova nomenclatura che voleva promuovere; questo tentativo costituirà un deciso progresso, anche se era fondato sulla teoria flogistica, che stava cominciando a mostrare le sue incongruenze. Dato che, perché i nomi nuovi fossero adottati universalmente, occorre il consenso della comunità scientifica, de Morveau presentò la sua proposta all'Accademia di Parigi, dove fu persuaso a proseguire nella riforma, in collaborazione con altri tre grandi chimici: Lavoisier, Berthollet e de Fourcroy. I quattro tennero un gran numero di riunioni, consultandosi con parecchi altri chimici e con i geometri dell'Accademia, esaminarono criticamente tutti gli aspetti della Chimica, meditando sulla metafisica del linguaggio e sul rapporto tra idee e parole, per redigere un piano di lavoro.

Secondo Lavoisier, la Chimica settecentesca poteva essere liberata dai pregiudizi sui quali si basava solo semplificando il ragionamento e mettendolo continuamente alla prova degli esperimenti, ricercando la verità nel concatenamento di esperienze e osservazioni, nello stesso ordine nel quale si presentano, così come i matematici arrivano alla soluzione di un problema attraverso la sistemazione dei dati, riducendo il ragionamento a semplici operazioni, in modo da non perdere di vista l'esperienza che li deve guidare. Questo nuovo approccio era strettamente legato a una riforma della nomenclatura, per cui Lavoisier si dedicò con alacrità ai lavori della commissione, che guidò con piglio deciso. Nella nuova nomenclatura chimica si incontrano perciò due diverse linee di pensiero sul linguaggio della scienza, una direttamente riconducibile al lavoro di Linneo, l'altra alla forma che il pensiero illuminista prese nel lavoro di Condillac.

Certamente, la Chimica non aveva ancora completato il processo di trasformazione da arte empirica a scienza sperimentale quantitativa, ma era chiaro che un linguaggio ben strutturato, basato su un metodo sistematico di attribuzione dei nomi, avrebbe saputo adattarsi ai futuri progressi, o, addirittura, indirizzarli. Piuttosto che una nomenclatura, si proponeva di formulare un *metodo di denominare* che si adattasse naturalmente ai progressi futuri nelle conoscenze, indicando anticipatamente il posto e il nome delle nuove sostanze, richiedendo soltanto qualche riforma locale e particolare.

La procedura di attribuzione di nomi partiva dalla distinzione tra le sostanze semplici (elementi), indicati da termini singoli, e sostanze composte, indicate da nomi composti. Questo dimostra come un linguaggio ben strutturato e non transitorio non possa prescindere dalla conoscenza approfondita degli oggetti che si vogliono nominare; se Lavoisier non avesse chiarito la differenza tra corpi semplici e corpi composti, non si sarebbe potuto razionalizzare la nomenclatura. Alle sostanze semplici, già note sin dall'antichità, si decise di mantenere i nomi di uso comune, ben consolidati dalla tradizione, ma, nei casi in cui essi implicavano idee completamente sbagliate, che potevano indurre in errore o generare confusione, la commissione fu *costretta* a sostituirli con nomi nuovi, spesso derivati dal greco, che indicassero le proprietà più generali e caratteristi-

che degli elementi. In questo modo, si aiutava la memoria dei principianti, che hanno difficoltà a ricordare nomi privi di senso, e li si abituava a usare solo parole collegate alle idee definite. Naturalmente, Lavoisier diede un'impronta personale alla realizzazione del progetto, e utilizzò la riforma della nomenclatura come un'arma contro la teoria flogistica, proponendo per gli elementi nomi basati sulla teoria della combustione (idrogeno, ossigeno, azoto).

Per quanto riguarda i corpi composti da due sostanze semplici, la necessità di razionalizzarne i nomi era resa impellente dal loro numero sempre crescente: Lavoisier si rifecce al metodo linneano, appreso alle lezioni di botanica frequentate al *Jardin du Roi*. Nell'ordine naturale delle idee, il nome di classe o di genere è quello che richiama le proprietà comuni a un gran numero di individui, mentre quello di specie riporta l'idea alle proprietà particolari dei singoli individui. Questa logica naturale appartiene a tutte le scienze e la commissione cercò di applicarla alla Chimica. Per esempio, secondo la teoria di Lavoisier, gli acidi sono costituiti da due sostanze semplici: una, comune a tutti, portatrice delle proprietà acide, da cui deriva il nome di classe o genere, l'altra, specifica e diversa in ogni acido, dalla quale deriva il nome specifico. Inoltre, per tenere conto del fatto che, nella maggior parte dei casi, i due principi costituenti (il principio acidificante e il principio acidificato) possono combinarsi in proporzioni diverse, come nell'acido vitriolico e in quello solforoso, questi due stati dello stesso acido sono stati espressi variando la terminazione del nome specifico. Così, se i corpi contengono ossigeno, il suffisso (oso o ico) indica il grado di ossigenazione: per esempio, l'olio di vetriolo diventa acido solforico o solforoso, a seconda della quantità di ossigeno legata alla stessa quantità di zolfo e, di conseguenza, i vetrioli furono chiamati solfati o solfiti.

Anche le calci metalliche sono composte da un principio generico comune a tutte, cui si attribuì il nome di ossido, e di un principio specifico indicato con il nome particolare del metallo cui appartengono: per esempio, il *fiore di zinco* diventò ossido di zinco. Le sostanze combustibili, che negli acidi e nelle calci sono un principio specifico, possono diventare principio comune in un gran numero di combinazioni, che vennero riunite sotto nomi generici, derivati da quello della sostanza comune, con una terminazione che richiamasse questa analogia, specificandola con un nome derivato dalla sostanza propria. La classe di composti binari privi di ossigeno è caratterizzata dal suffisso *uro*.

Per i corpi composti da tre sostanze, la determinazione del nome risultò più complicata; per esempio, nei sali neutri, occorre considerare: i) il principio acidificante comune a tutti; ii) il principio acidificato che costituisce l'acido specifico; iii) la base salina che determina il tipo particolare di sale. Il nome di ogni classe di sale è stato derivato dal principio acidificato comune a tutti gli individui della classe, distinguendo ogni specie con il nome della base salina, terrosa o metallica, specifica. Anche nei sali, gli stessi tre principi possono combinarsi in diverse proporzioni, per cui si formano sostanze diverse, alle quali occorre assegnare nomi con differenti terminazioni.

Per il modo con il quale è stata costruita, sostituendo i nomi ereditati dal passato con altri nuovi, anche se, inizialmente, difficili da accettare, la terminologia consente di individuare subito, dal solo nome, la composizione di una sostanza, quale è la sostanza combustibile che entra nella combinazione, se è combinata (e in quale proporzione) con il principio acidificante, a quale base è unita, se la saturazione è esatta, o l'acido o la base sono in eccesso.

Come si vede, esso è concepito come un linguaggio convenzionale (artificiale), ma, alla fine, esso risulta *naturale*, perché i nomi riflettono la natura delle cose (le sostanze chimiche), implicando (e richiedendo) una conoscenza approfondita della loro costituzione.

Il gruppo terminò il suo lavoro nel 1787, pubblicando il *Méthode de nomenclature chimique*, nel quale è riportato un alfabeto di 33 nomi semplici, ciascuno riferito a uno dei corpi semplici allora noti. Le sostanze familiari, come rame o zolfo, mantenevano i loro nomi, mentre quelle di recente scoperta, particolarmente i gas, ricevettero un nome che riflettesse le loro proprietà accertate. Così ossigeno vuol dire generatore di acidi, idrogeno, generatore di acqua, azoto inadatto alla vita animale. Per i composti, il nome generico, per esempio **acido**, designava le proprietà comuni a un'intera classe ed era specificato da un aggettivo, per esempio carbonico. Quando le sostanze si combinano per formare nuovi prodotti, deve cambiare anche il suffisso che li identifica: così, l'acido solforoso si trasforma in solfito, l'acido solforico in solfato. Questo esempio mostra anche come, quando esistono due o più composti tra gli stessi elementi, occorre aggiungere dei prefissi o dei suffissi che indicano le quantità relative dei componenti. Così, il suffisso *ato* indica che ci sono più ossigeni che nel composto con il suffisso *ito*, mentre il prefisso *per* indica ancora più ossigeni, e il prefisso *ipo* che sono presenti meno ossigeni che nel composto il cui nome termina in *ito*.

Occorre, a questo punto, sottolineare come la chiarezza e la semplicità di questo sistema di nomenclatura e, conseguentemente, anche del linguaggio utilizzato da Lavoisier, abbia dato un contributo determinante alla diffusione in tutta Europa della sua teoria e alla sua conseguente accettazione generalizzata. La nomenclatura così congegnata non subì sostanziali modifiche per tutto l’ottocento; nel 1809 Thenard e Gay-Lussac individuarono gli acidi non ossigenati, che furono inseriti nella classe degli idracidi. Berzelius introdusse qualche semplificazione, come solfato ferroso al posto di solfato di protossido di ferro e solfato ferrico al posto di solfato di sesquiossido di ferro. Dalla nomenclatura dell’Accademia restarono esclusi quasi tutti i composti organici, a parte gli acidi e i loro sali, sia per le difficoltà di conoscerne la composizione, sia per il fatto che contengono pochi elementi in molteplici rapporti differenti [23].

8. Il linguaggio della sistematica

Come categorie sistematiche, Linneo aveva usato soltanto classe, ordine, genere e specie (la varietà aveva un’importanza molto scarsa), ma, già prima di lui, era stata avvertita l’esigenza di istituire categorie intermedie per rendere più flessibile il linguaggio tassonomico. Tuttavia, ancora regnava una grande confusione e non era raro che la stessa categoria fosse indicata con nomi diversi da autori diversi, e talvolta, se un autore riteneva di dover spostare una specie in un genere diverso, ne cambiava la parte specifica del nome, per cui una pianta poteva avere tanti nomi quanti erano gli autori che l’avevano classificata in maniera diversa.

A inizio ‘800, lo stato della nomenclatura zoologica e botanica restava molto inferiore a quello di altre scienze, in particolare della chimica, nella quale molti vedevano il modello di una nomenclatura rigorosa, fondata sull’uso di radicali e desinenze fisse. D’altro canto, era vivo il timore che estendere una simile nomenclatura alla storia naturale ne avrebbe allontanato l’interesse del grande pubblico.

Tentativi di riformare e standardizzare la nomenclatura furono compiuti individualmente da vari autori, per cui, fino ai primi decenni dell’800 non è raro che i trattati di storia naturale si aprissero con una parte dedicata a questi problemi (per esempio la stessa *Philosophia botanica* di Linneo, 1751). Il primo codice particolareggiato di regole, grazie alla quali la nomenclatura zoologica poté essere stabilita su una base uniforme e duratura, fu promulgato nel 1842 dalla British Association for the Advancement of Sciences, a seguito dell’impulso decisivo di **Hugh Edwins Strickland** (1811-1853). Ornitologo e geologo, Strickland era a capo di un comitato del quale facevano parte anche R. Owen e C. Darwin. Il **codice Strickland** si basava sulla legge della priorità: *il nome legittimo di una specie è il binomio più antico (a partire dalla riforma linneana), anche se risulta insoddisfacente per vari motivi*. Il codice non fu accettato universalmente e le discussioni continuarono fino al Primo Congresso Zoologico Internazionale (Parigi, 1889), nel corso del quale, per merito soprattutto di **Raphaël Blanchard** (1857-1919), furono poste le basi dell’attuale Codice Internazionale di nomenclatura zoologica.

In botanica, gli usi si erano consolidati prima che in zoologia, anche perché Linneo era stato, soprattutto, un botanico; il primo congresso internazionale dei botanici (Parigi, 1867) si tenne molto prima di quello degli zoologi. Durante il congresso, furono approvate le leggi di nomenclatura proposte da **Alphonse de Candolle** (1806-1893), ma, alla fine dell’800, le polemiche su questioni particolari di nomenclatura erano più accese tra i botanici che non tra gli zoologi [15].

9. Il linguaggio simbolico della Chimica.

Il linguaggio simbolico ha sempre costituito un aspetto caratteristico della Chimica: nato come scrittura criptica, è passato poi a scrittura sintetica e infine a strumento per comprendere ed esprimere i concetti di legame, struttura, interazione. Come già detto, la scelta del linguaggio, sia esteso che simbolico, è strettamente legata alla comprensione della realtà e ai messaggi che si vogliono inviare. In particolare, nel caso della Chimica, occorre stabilire se la maniera di rappresentare la materia e le sue trasformazioni debba far riferimento ai fenomeni macroscopici osservabili, o invece a un modello microscopico che, immaginando attraverso quali meccanismi le particelle si muovano e si combinino, rappresenti la fenomenologia macroscopica.

Platone elaborò una concezione meccanicista, secondo la quale la diversità degli oggetti materiali era causata dalle diverse forme e dimensioni dei principi materiali; questo lo portò a geometrizzare i quattro elementi di Empedocle, rappresentandoli come poliedri regolari, che giustificasse anche le loro trasformazioni: per esempio, l’ottaedro, che simboleggia l’aria, può dissociarsi in due tetraedri che simboleggiano il fuoco. Questo approccio sarà radicalizzato dagli atomisti, che associarono, epistemologicamente e etimologicamente, il

concetto di indivisibilità al termine atomo. Al contrario, la concezione sostanzialista di Aristotele rifiutava il ricorso alle particelle, ma attribuiva un ruolo essenziale alle qualità, che costituiscono ciò che i nostri sensi percepiscono dei fenomeni macroscopici. I simboli iconici che rappresentano gli elementi - principi (aria, acqua, terra, fuoco) servivano più a illustrare un concetto che a rappresentare un meccanismo di trasformazione: essi costituiranno la base del simbolismo chimico che sarà utilizzato, ancora nel XVIII secolo, nelle tavole di affinità. Simboli di enti macroscopici, costituiranno un ostacolo per quei chimici che, come Bergman e Geoffroy, cercheranno di utilizzarli, a fini esplicativi, per rappresentare le reazioni chimiche.

9a. I simboli alchemici

Sebbene la loro precisa origine sia oscura, è verosimile che i primi simboli alchemici siano stati costituiti da pittogrammi, in qualche modo simili ai caratteri geroglifici egizi; successivamente, quando l'alchimia istituì un rapporto simbolico tra metalli e pianeti, i simboli astrologici utilizzati per rappresentare i corpi celesti passarono ad indicare anche i metalli ad essi associati. Il fatto che sia i metalli che i pianeti fossero sette non sembrò affatto casuale, anzi rafforzò il significato magico e mistico di questo numero: erano sette anche i giorni della settimana, i colori, le zone celesti, le note musicali, le vocali dell'alfabeto greco, le stelle dell'orsa, le porte di Tebe e i loro regnanti, i saggi della Grecia [12].

Tuttavia, oltre che denotazioni mistiche e filosofiche, la primitiva simbologia alchemica conteneva anche informazioni pratiche che mettevano in evidenza analogie nelle proprietà. Oro e argento avevano lo stesso simbolo di sole e luna, sia per la coincidenza dei rispettivi colori, sia perché i metalli sono preziosi quanto i corpi celesti sono importanti per la vita dell'uomo. Il piombo, per la sua pesantezza, era associato a Saturno, che si muove lentamente nel cielo. Il ferro era associato, da alcuni a Mercurio, dio del commercio, perché era un metallo ampiamente commerciato, da altri a Marte, dio della guerra, e quindi delle armi in ferro, ma anche perché il colore rosso del pianeta ricordava quello di molti ossidi di ferro. Il rame era associato a pianeta azzurro (Venere) a causa del colore di molti suoi sali, lo stagno a Giove e, solo in epoche relativamente più recenti, il mercurio è stato associato al pianeta e alla divinità, rapida e sfuggente come l'argento liquido (hydrargyrium).

Con il moltiplicarsi delle conoscenze derivate dalle esperienze pratiche, i significati dei simboli si complicarono ulteriormente: la parola piombo e il simbolo di Saturno passarono a indicare i metalli in genere e le leghe grigio-bianche, bassofondenti, tra le quali qualche volta era incluso anche lo stagno. Con il sovrapporsi di tanti significati aumentava la confusione. La criptografia alchimistica era molto varia: alcuni nascondevano i nomi con dei numeri, altri invertivano le lettere delle parole. I primi ad usare simboli particolari per metalli e sostanze coloranti sono stati certamente gli egizi, che usavano i geroglifici, probabilmente come abbreviazioni.

Gli alchimisti, perseguendo la finalità di purificare l'anima attraverso una purificazione della materia, svilupparono un simbolismo e un linguaggio chimico dal registro macroscopico che, piuttosto che i meccanismi di reazione, permetteva di rappresentare i processi e le operazioni che si eseguono sulle sostanze, per cambiarne le proprietà. I loro simboli rappresentavano, non solo sostanze (i quattro elementi, metalli, acidi, alcali), ma anche strumenti (crogioli, cucurbite), tecniche (coagulazione, cristallizzazione, riscaldamento, sigillatura) o durata (ore, giorni, notti). Spesso due o più simboli si sovrapponevano, per esempio per indicare lo stato fisico o l'aspetto della sostanza.

Il simbolismo alchemico sopravvisse al fallimento dei tentativi di trasmutazione e rimase, per molti secoli, l'unico disponibile per rappresentare le trasformazioni della materia. Concepito per la comunicazione iniziatica e esoterica, ristretta entro una piccola schiera di adepti, questo linguaggio misterioso ostacolerà la trasmissione delle conoscenze chimiche a scopo didattico e divulgativo.

Diversi tentativi sono stati fatti per classificare i simboli alchemici; Gessmann li ha divisi in cinque gruppi, anche se questa classificazione mal si adatta ad un approccio storico:

- i) simboli basati su lettere;
- ii) simboli basati sui segni dei sette corpi celesti;
- iii) simboli connessi con i dodici segni dello zodiaco;
- iv) simboli correlati a quelli delle scienze occulte;

v) simboli basati su semplici figure geometriche.

Più accettabile appare la classificazione di Bolton:

i) abbreviazioni;

ii) segni pittorici;

iii) segni simbolici;

iv) segni arbitrari

v) segni complessi ottenuti dall'unione di due o più dei segni precedenti.

Partendo dalla dottrina medievale delle *signature*, secondo la quale ogni pianta o minerale portava qualche indicazione del suo scopo o uso, fino al settecento si cercò di analizzare i simboli per individuare in ciascuno di essi la presenza di quelli legati ai tre principi, zolfo, mercurio e sale. Ancora alla fine del settecento, Hassenfratz e Adet credevano ancora che i simboli alchemici dei metalli erano stati costruiti per mostrare il loro grado di perfezione o imperfezione [11].

Nuovi simboli furono aggiunti di volta in volta, specie nel Medio Evo, quando gli alchimisti li inventavano per uso personale, senza preoccuparsi di comunicare agli altri il loro significato, anzi cercando di nascondere. Questa pratica generò enorme confusione, tanto che nel 1701 J. C. Sommerhoff poteva elencare 37 simboli diversi, usati per rappresentare l'oro.

Quando Boyle stabilì che la validità di una teoria non dovesse basarsi solo sull'autorità di chi l'aveva enunciata, ma doveva essere sistematicamente confrontata con i dati di fatto, e vagliata attentamente attraverso la critica razionale degli altri uomini di scienza, i chimici furono costretti a scambiarsi notizie e idee attraverso il solo linguaggio che avevano a disposizione, cioè quello occulto, elaborato per descrivere le pratiche alchemiche e ormai inadatto a supportare un'indagine sulle reazioni. Tuttavia, gli unici dati a disposizione dell'alchimista per caratterizzare le sostanze erano quelli derivati dall'osservazione diretta, come colore, forma, stato di aggregazione, provenienza o operazioni chimiche o mistiche necessarie per ottenerle. I simboli avevano il compito di trasmettere queste informazioni [12]: i metalli avevano uno o più simboli caratteristici, mentre i loro derivati erano rappresentati dal simbolo del metallo e da quelli delle operazioni fatte sul metallo o sul minerale per ottenere il derivato in questione. Questa tendenza si andò accentuando al crescere delle conoscenze sulla composizione delle sostanze. Gli altri composti erano in genere designati indicando lo stato di aggregazione, o raggruppandoli in famiglie, e associando al nome indicazioni su colore, luogo di provenienza, proprietà farmaceutiche, eccetera.

Sulle tabelle di affinità di Geoffroy, come in tutte le altre pubblicate nel XVIII secolo, si ritrovano le rappresentazioni simboliche utilizzate dagli alchimisti nella loro classificazione originale dei metalli: un cerchio per i metalli solari colorati (oro, rame, ferro, antimonio), un semicerchio per i metalli lunari argentati (argento, stagno, piombo), mentre la freccia, il dardo e la croce distinguevano questi metalli, secondo il grado di imperfezione che era loro attribuito.

Persino Lavoisier non ebbe a disposizione che i simboli ereditati dall'alchimia, eventualmente migliorati, secondo i bisogni di ciascuno dei chimici che l'avevano preceduto; lui stesso, mentre rappresentava aria e ossido nitrico con i simboli alchemici tradizionali, fu costretto a inventare, sullo stesso modello, un simbolo per il principio ossigeno. Ancora, poiché riteneva che i simboli dei composti dovessero dare qualche indizio sulla sua composizione, sostituì il simbolo alchemico dell'acido nitrico con una *formula*, costituita da tre simboli, che rappresentavano, rispettivamente, acqua, ossigeno e aria nitrosa, dai quali esso era costituito [11].

Ma, oltre a essere difficili da memorizzare e utilizzare, questi simboli restavano macroscopici, perché indicavano sostanze (acqua, acido nitrico), e non particelle; non riuscivano, cioè, a esprimere l'organizzazione delle particelle a livello microscopico, necessaria per rappresentare e spiegare una reazione chimica. Ad ogni modo, Lavoisier non dava a questi simboli particolare importanza, ritenendoli delle semplici annotazioni, destinate a fissare con immagini le idee del chimico [24], da considerare in maniera differente dai simboli algebrici. Eppure, egli sperava che l'uso dei simboli chimici potesse aiutare il lavoro dell'intelletto; per lui i simboli e le equazioni di reazione erano “descrizione schematica dell'osservazione sperimentale e visione globale del fenomeno, considerato nella sua essenzialità”, e quindi modello formale cui applicare il calcolo, e stimolo per l'elaborazione mentale di ipotesi e di loro possibili verifiche [23].

9b. I simboli dell'Accademia

Tuttavia, si rese conto di quanta confusione producessero i simboli utilizzati fino a quel momento e quanto fossero inadeguati alla nuova Chimica e alla nuova nomenclatura; il 7 giugno 1787, in occasione della prima edizione della *Nouvelle Nomenclature*, presentò favorevolmente all'Accademia un rapporto redatto da **Jean Henry Hassenfratz** (1755-1827) e **Pierre-Auguste Adet** (1763-1834), su un sistema semplificato di simboli chimici, che consentisse, come accadeva per la nomenclatura, di distinguere tra sostanze semplici e composti, rappresentando i composti con gruppi di simboli e cifre, che indicassero il numero, la natura e le relazioni quantitative tra le sostanze semplici dalle quali erano composti.

Il sistema si basava su sei simboli grafici principali, associati, ciascuno, a una famiglia di corpi semplici: un trattino per le sostanze che compaiono nel maggior numero di corpi (verticale per il calorico, orizzontale per l'ossigeno, obliquo per l'azoto); un semicerchio diversamente orientato, per le sostanze combustibili (idrogeno, carbonio, zolfo, fosforo); un triangolo con il vertice in alto per gli alcali e con il vertice in basso per le terre; per i metalli un cerchio (l'oro era rappresentato da un cerchio con un puntino al centro), per i radicali acidi un quadrato e, per le sostanze di cui si ignoravano i componenti, un rombo. Per differenziare i singoli componenti dei diversi gruppi, proposero di inserire, entro ciascun simbolo, l'iniziale del suo nome latino; è questa la prima volta che l'iniziale di un elemento è usata nel suo simbolo. I composti erano indicati affiancando i simboli dei loro componenti, se questi intervenivano in quantità eguali, o sovrapponendo verticalmente all'altro il simbolo del componente predominante [25]; in questo modo, si dava conto della natura degli elementi che li compongono. Un altro vantaggio di questo simbolismo stava nel fatto che la posizione e la lunghezza del trattino verticale, associata al contenuto in calorico di ciascun corpo, ne precisava lo stato fisico [24]. Questo sistema evidentemente era in grado di introdurre ordine e semplicità notevoli, ma non diventò mai popolare, sia perché non consentiva di esprimere i rapporti quantitativi di combinazione, che per le difficoltà di riproduzione tipografica. Questo dimostra quale importante ruolo abbia rivestito la **stampa** nella storia del simbolismo chimico: Berzelius, alla cui influenza dobbiamo l'uso del moderno sistema di simboli, fornì, come uno dei motivi che lo avevano spinto a scegliere le lettere, la considerazione tipografica che, a differenza di quelli di Hassenfratz e Adet, esse potevano essere stampate, senza sfigurare il testo [26]. Inoltre, nella seconda metà del settecento, in certi ambienti si faceva resistenza all'accettazione e all'uso dei simboli, perché ritenuti retaggio dell'alchimia e dei suoi misteri, per cui gli errori che potevano sorgere dalla loro cattiva interpretazione ne avrebbero annullato i vantaggi [11].

9c. I simboli di Dalton

Nel collegare le realtà microscopica e macroscopica, Dalton riprese questo simbolismo utilizzando cerchi per rappresentare gli elementi. L'ossigeno era rappresentato da un cerchio vuoto, altri da cerchi che racchiudevano un segno convenzionale: un punto per l'idrogeno, una linea verticale per l'azoto, una croce per lo zolfo. Alcuni esprimevano anche la natura degli elementi che rappresentavano: l'atomo di carbonio era un cerchio nero, quello d'oro, insolitamente elaborato, forse voleva rappresentare i raggi solari, quello di mercurio le goccioline in cui si fraziona. Circa la metà dei 36 simboli elementari riportati nel *New System of Chemical Philosophy* (1810) è costituita da cerchi nei quali è inserita l'iniziale maiuscola del nome inglese, lasciando supporre che Dalton sia passato all'uso delle lettere quando ebbe esaurito la possibilità di semplici disegni schematici.

Mentre i simboli alchemici indicavano semplicemente una sostanza, senza specificarne la quantità, per Dalton ciascuno di essi rappresentava una quantità misurabile, il peso atomico dell'elemento, e questo ne cambiava lo status epistemologico. La scelta dei cerchi da parte di Dalton non fu casuale, ma, piuttosto, costituì un tentativo ben deliberato di rappresentare gli atomi esattamente come egli pensava che fossero: a prescindere dalla loro forma, l'atmosfera di calorico che circonda un atomo gli conferisce aspetto globulare [27].

I composti erano rappresentati, non usando simboli differenti, ma semplicemente avvicinando i simboli degli elementi costituenti, secondo una successione ordinata che tenesse conto dell'atmosfera di calorico degli altri: la formula consentiva di esprimere anche le proporzioni delle masse di ciascun elemento, attraverso il numero di volte che la quantità elementare di materia, il peso atomico, vi partecipa. Era la prima volta che si cercava di dar conto, attraverso la rappresentazione simbolica, anche della geometria molecolare. Intorno al 1810, Dalton costruì dei modelli atomici in legno, di forma sferica, nei quali erano praticati dei fori a di-

stanze eguali. Inserendo dei bastoncini nei fori, Dalton era in grado di assemblare gli atomi e costruire dei modelli molecolari [28].

Nonostante tutto ciò, i suoi modelli grafici risultarono poco pratici e non ebbero molto seguito, perché, come quelli di Hassenfratz e Adet, mal si adattavano ad essere inseriti in un testo stampato, anche se le difficoltà erano meno gravi. Tuttavia, con l'introduzione di questi simboli, Dalton riuscì a *far vedere* agli uomini di scienza la maniera in cui si realizza la combinazione chimica e questo spianò la strada all'accettazione della teoria atomica.

9d. I simboli letterali

Nel 1811 Berzelius, incaricato dal governo svedese di compilare la nuova Farmacopea, suggerì un sistema di simboli semplice e memorizzabile. Ritenendo che fosse più facile scrivere una parola abbreviata che non disegnare una figura, propose di rappresentare ogni elemento soltanto con l'iniziale maiuscola del suo nome latino. In caso di coincidenza delle iniziali, propose le seguenti regole: i) i non metalli (carbono, ossigeno, zolfo) sono rappresentati con la sola lettera iniziale; quando furono scoperti altri non metalli la cui iniziale era già stata assegnata (cloro) si aggiunse la lettera successiva o la seconda consonante; ii) i metalli sono indicati con le prime due lettere del nome; anche in questo caso, per gli elementi con le due lettere iniziali eguali, alla prima si fa seguire la prima consonante che non hanno in comune (Sb e Sn).

Fermamente convinto della fondatezza della teoria atomica di Dalton, Berzelius rappresentava con i nuovi simboli i pesi atomici relativi degli elementi. Anche i composti potevano essere rappresentati con simboli: come i nomi proposti da Lavoisier rappresentavano la composizione delle sostanze, così la formula dei composti andava scritta unendo i simboli degli elementi costituenti. Poiché ogni simbolo rappresentava anche una precisa quantità di sostanza, cioè un atomo, la composizione atomica del composto era ottenuta affiancando al simbolo dell'elemento il numero dei suoi atomi che costituivano il composto. Il numero era posto in alto, a destra del simbolo dell'elemento, del quale moltiplicava il peso atomico. Per rendere ancora più snelle le formule, Berzelius propose di rappresentare gli atomi di ossigeno con dei puntini posti sopra il simbolo dell'elemento con cui si combina, lo zolfo con delle virgole, e di barrare con una linea orizzontale il simbolo dell'elemento che è presente nel composto con due atomi. Ovviamente, in accordo con la teoria dualistica, Berzelius rappresentava i sali come unione di un acido con un alcali, per esempio K^2O,SO^3 per il solfato di potassio.

Sebbene a Dalton fossero sembrati orribili [22], i simboli proposti da Berzelius ebbero ampia diffusione internazionale, anche se trovarono qualche opposizione nazionalistica in Francia ed in Inghilterra [23]. Nel 1836 Thenard sostituì il puntino con la lettera O e Liebig e Poggendorf proposero di spostare i numeri da apice a pedice, per evitare confusione con il simbolo della potenza, ma la proposta entrò in uso solo parecchi decenni più tardi; non fu accettata invece la proposta di Mitscherlich di usare semplici coefficienti, perché questi furono preferiti per indicare il numero di molecole che partecipano alle reazioni chimiche. Infatti, trovata la maniera efficace per simbolizzare le specie chimiche, fu ancora più facile scrivere le equazioni di reazione che entrarono in uso dal 1826 in poi ad opera di Dumas. Lo stesso Dumas, dimostrata la non correttezza della teoria dualistica, scriveva il solfato di potassio come K^2SO^4 , mostrando, ancora una volta, come anche il linguaggio sintetico delle formule è legato al livello di conoscenza che si ha degli oggetti che si vogliono rappresentare.

Ovviamente, l'introduzione di questa simbologia incontrò qualche resistenza: William Brande, successore di Davy alla Royal Institution, accolse di tutto cuore la proposta di evitare l'uso dei simboli, perché riteneva che il linguaggio comune fosse più che sufficiente per ogni scopo al quale essi potevano essere applicati; inoltre, il loro uso come abbreviazioni non poteva non creare difficoltà non necessarie, e causare confusione. Altri, al contrario, ritennero che, laddove le parole e i termini scientifici disponibili si rivelassero insufficienti a descrivere i fenomeni chimici, i simboli potessero introdurre chiarezza: così, Edward Turner trovò difficile descrivere le ricerche di Liebig e Wöhler sull'acido cianico senza ricorrere ai simboli, mentre Thomas Graham vi fu spinto dalle deficienze della nomenclatura della chimica inorganica e non sarebbe stato in grado di esprimere i risultati delle sue ricerche sugli acidi del fosforo e sui loro sali con la nomenclatura in uso ai suoi tempi [11].

10. Il linguaggio della Chimica Organica.

Gli autori del *Methode de nomenclature chimique*, che avevano così brillantemente concepito una nomenclatura per i composti di origine minerale, furono capaci di far ben poco per le sostanze di origine vegetale e animale, ben più complesse. In appendice, aggiunsero qualche suggerimento per i composti organici, soprattutto per gli *eteri*, nome generico con il quale indicavano i composti ottenuti per reazione di un acido con un alcol, cui poi aggiungevano un nome specifico che indicasse l'acido di provenienza.

Nel *Traité*, Lavoisier cercò di estendere i principi della nomenclatura della chimica minerale ai composti vegetali che aveva dimostrato contenere carbonio, idrogeno e ossigeno. Le difficoltà nascevano dal fatto che, a differenza dei composti inorganici, che potevano essere descritti semplicemente per mezzo dei nomi dei loro costituenti, quasi tutti i composti organici contenevano gli stessi elementi di base. Ad ogni modo, Lavoisier tentò di coniare una serie di termini nuovi dai nomi degli elementi costituenti, ma si rese ben presto conto che si sarebbe semplicemente giocato con i nomi, fino a quando non si fossero correttamente stabilite le relazioni quantitative fra questi elementi.

All'inizio dell'ottocento, l'elevato numero di composti organici conosciuti rese auspicabile una classificazione e una nomenclatura di vasta portata, ma solo nell'ultimo decennio del XIX secolo fu formulata una nomenclatura paragonabile, per scopo e influenza, alla riforma francese del 1787. Tra l'altro, nell'evoluzione della chimica organica non sempre si è realizzata quella corrispondenza biunivoca tra i nomi e le sostanze cui si riferiscono, sempre auspicabile in una nomenclatura scientifica ideale, perché, per esempio, spesso uno stesso composto era scoperto più volte, assegnandogli ogni volta un nome diverso. Per soddisfare l'esigenza, particolarmente pressante in una scienza agli inizi, di avere termini ragionevolmente brevi che non tentassero di dire degli oggetti più di quanto effettivamente non si sapesse, la chimica organica adottò un metodo di nomenclatura basato sulla contrazione dei nomi dei composti considerati. Questo dovrebbe essere considerato come un espediente temporaneo, piuttosto che un metodo di nomenclatura, ma molti dei termini coniatosi seguendo questa regola siano tuttora in uso [11].

Un primo segnale di evoluzione della nomenclatura della Chimica organica fu lo sviluppo di nomi con suffissi scelti deliberatamente, in modo che, composti che reagivano in maniera simile, fossero assegnati non solo alla stessa classe, ma che il loro stesso nome fosse un costante promemoria di qualcuna delle loro proprietà caratteristiche. Se il metodo di nomenclatura basato sulla contrazione delle parole fu un punto fermo nella Chimica Organica prescientifica, il metodo delle terminazioni sistematiche, basato sulla conoscenza delle proprietà chimiche dei composti in questione, può essere considerato il primo tentativo riuscito di fornirle nomi di valore permanente.

La prima classe di composti a essere distinta in questo modo fu quella degli *alcaloidi*, cui fu attribuita la finale in *ina*, come morfina, brucina, veratrina, chinina, cinchonina. L'uso non era, però, esclusivo, dato che alcune sostanze come asparagina, glicerina e naftalina, avevano già questa terminazione, senza essere alcaloidi. Un altro gruppo di composti ad avere una nomenclatura uniforme fu quella dei *chetoni*, cui fu attribuita la finale *one*, mentre, quando cominciarono a pubblicare i loro lavori, sui radicali, Liebig e Wöler scelsero di indicarli con la finale in *ile*, per evitare confusione.

La Conferenza di Ginevra (1892) assegnò definitivamente ad alcoli e fenoli la finale in *olo*, che, però, era già stata usata, nella versione tedesca e inglese *ol*, per indicare anche gli idrocarburi, per i quali Gerhardt nel 1845 propose la terminazione in *ene*, come benzene, naftalene, antracene. La teoria dei radicali, nata per dar conto delle reazioni organiche e, più tardi, della struttura delle molecole, fu di grande importanza dal punto di vista linguistico, perché fornì la base per una nomenclatura sistematica dei composti organici. Malgrado alcuni contrasti iniziali, le due principali scuole di chimica organica, quella tedesca di Liebig e quella francese di Dumas, nel 1837 si accordarono per cercare di stabilire una classificazione *naturale* dei composti organici, basata su uno studio dei radicali che li compongono. Credevano, infatti, che i radicali giocassero, nella chimica organica, lo stesso ruolo che gli elementi giocano in quella inorganica, e che quindi fosse possibile coniare una nomenclatura binomiale anche per la chimica organica. Ad esempio, cloruro di benzoile aveva il vantaggio di essere breve, senza tuttavia contenere informazioni complete sulla natura degli atomi che lo costituiscono [11].

Purtroppo, non tutti i composti potevano essere ridotti a radicali e la teoria dei radicali non riusciva a interpretare questo nutrito numero di composti. Negli anni '30, fu sviluppata una nuova teoria che interpretava molte reazioni come la sostituzione di un elemento con un altro in un composto chiamato nucleo, che poteva essere posto alla base di una nuova nomenclatura. Questa fu messa a punto da Gmelin in occasione del suo monumentale *Handbuch*. Ogni nucleo primario doveva avere un nome diverso e, nel formare questi nomi,

Gmelin pose la brevità come considerazione predominante. Nell'accettare la teoria dei tipi come base per una nomenclatura binomiale, Gerhardt sottolineò la somiglianza tra il tipo chimico e il genere nella storia naturale.

Uno dei principali risultati del Congresso di Karlsruhe (1860) era stato quello di stabilire una nomenclatura e un simbolismo, specialmente per la chimica organica; purtroppo, non si raggiunse alcun accordo, ma almeno il carattere internazionale del Congresso stabilì un recedente inestimabile per le future discussioni tra i chimici di tutto il mondo [11]. Il primo passo verso un accordo internazionale sulla nomenclatura dei composti organici fu fatto nel 1889, l'anno della grande esposizione di Parigi. Nell'estate di quell'anno si tenne anche un Congresso Internazionale di Chimica, una sezione del quale fu dedicata all'unificazione della nomenclatura; tuttavia, nel limitato tempo a disposizione, i congressisti non poterono far altro che nominare una Commissione Internazionale per studiare più approfonditamente l'argomento.

La commissione, della quale facevano parte anche due chimici che si erano formati alla scuola di Cannizzaro, l'italiano Paternò e l'austriaco Lieben, insediò una sottocommissione permanente costituita dai sette membri che risiedevano a Parigi, presieduta da Charles Friedel: ogni membro doveva inviare un rapporto dettagliato alla sottocommissione che si riunì 45 volte per riassumere questi rapporti e preparare uno schema provvisorio e standardizzare la nomenclatura. Questo rapporto fu presentato e discusso in un successivo Congresso, tenuto a Ginevra nel 1892, cui prese parte anche Cannizzaro. I Francesi suggerirono che molti composti potevano essere indicati con differenti nomi, in dipendenza del particolare aspetto del loro chimismo cui si voleva dare enfasi, e per questo suggerivano di accordarsi sulle regole che disciplinassero i nomi che si potevano attribuire a un particolare composto. Invece, i tedeschi, capeggiati da Adolph von Baeyer, suggerivano di stabilire di comune accordo il nome ufficiale di ciascun composto. Dopo lunga discussione, prevalse quest'ultimo punto di vista e si decise di attribuire un nome ufficiale a ciascun composto che doveva essere riportato tra parentesi dopo quello scelto dall'autore. Ogni membro di un gruppo doveva avere un nome che doveva denotare la sua classe di appartenenza, insieme a prefissi e suffissi che dovevano indicare quali gruppi fossero presenti nella molecola.

Si decise che gli idrocarburi saturi dovessero avere nomi che terminavano in *ano*; i primi quattro della serie (metano, etano, propano e butano) avrebbero mantenuto i nomi tradizionali, agli altri sarebbe stato attribuito un nome derivato dal numero greco corrispondente al numero di atomi di carbonio nella catena principale (pentano, esano, ecc.). Nel caso di catene laterali, si poteva adottare un nome che indicasse che esso era un isomero dell'idrocarburo a catena lineare (isobutano) o, come suggerito da Lieben, un nome basato sulla lunghezza della catena principale, con un gruppo sostituito (metilpropano). Fu accettata quest'ultima proposta perché poteva applicarsi anche agli idrocarburi insaturi costituiti da un nucleo e una catena laterale.

Per gli idrocarburi insaturi furono scelte le terminazioni in *ene* e *ino*, per indicare rispettivamente la presenza di un doppio o di un triplo legame. Per gli idrocarburi la cui catena era chiusa ad anello, fu adottato il prefisso *ciclo*. Per quanto riguarda gli acidi, a parte il mantenimento di nomi come acido formico, acetico, propionico e butirrico, si stabilirono le terminazioni *oico* e *dioico* per indicare gli acidi mono e bicarbossilici, da attaccare al nome corrispondente alla lunghezza della catena lineare principale. Le terminazioni *ale*, *one* e *olo* furono utilizzate, rispettivamente per aldeidi, chetoni e alcoli; gli idrocarburi alifatici contenenti il gruppo CN furono caratterizzati dalla terminazione *nitrile*, quelli aromatici dal prefisso *ciano*.

Per quanto riguarda i composti aromatici polisostituiti, si mantennero i prefissi *orto*, *meta* e *para* per quelli con due gruppi sostituenti, per quelli con tre si adottarono i numeri da 1 a 6, in senso orario, attribuendo il numero 1 al sostituito di minor peso atomico legato direttamente a un atomo di carbonio dell'anello.

Nonostante le imperfezioni, il congresso di Ginevra era riuscito a gettare le fondamenta della nomenclatura organica, anche se il lavoro andava completato specie se si considera che, all'inizio del novecento, in chimica organica era tanto aumentato il numero dei composti noti e persino delle classi, da rendere insufficiente il sistema messo a punto a Ginevra. Si rendeva necessario un nuovo congresso: nel 1922 i delegati degli staff editoriali delle principali riviste di chimica si incontrarono con i membri della Unione Internazionale di Chimica Pura e Applicata (IUPAC), appena fondata. Il nuovo schema di nomenclatura concordato fu approvato a Liegi nel 1930: sebbene esso abbia dato un notevole contributo alla standardizzazione del linguaggio, il tentativo fu compromesso dalla prima regola adottata, che era quella di cambiare il meno possibile e dalla decisione di escludere dal sistema composti come le vitamine, le proteine e gli ormoni [11].

11. Conclusioni

Il problema della nomenclatura dei composti organici è oggi risolto adottando la normativa imposta dalla Unione Internazionale di Chimica Pura e Applicata (IUPAC), adottata universalmente. Nel campo della chimica inorganica, i chimici professionisti sembrano più restii ad adottare un linguaggio così rigidamente codificato su basi numeriche; è verosimile che questa resistenza sia originata dall'eccessivo formalismo del linguaggio ufficiale, più aritmetico che chimico, formulato per rendere la nomenclatura chimica chiara ed accessibile anche ai cultori di altre discipline. I chimici restano invece culturalmente più legati alla nomenclatura binomiale, costituitasi tra la fine del XVII e l'inizio del XX secolo, perché essa è, in qualche modo, *naturale*, in quanto tiene conto della natura e delle proprietà delle sostanze, delle loro differenze e delle loro similitudini, contribuendo alla soluzione dei problemi di classificazione. Essendo basata su un limitato numero di oggetti elementari (circa un centinaio di *elementi*), la chimica risulta avvantaggiata rispetto ad altre scienze naturali, come la mineralogia, la botanica, la zoologia, ed è riuscita a costruire un sistema di classificazione naturale ed oggettivo, che rimane strettamente connesso alle regole di nomenclatura. E, da questo punto di vista, può forse servire da modello per le altre scienze naturali.

Bibliografia

- [1] Aquilini, E. (12 ottobre 2002). *Il mondo del linguaggio nella formazione scientifica*, DiDi.
- [2] Barbera, M. *Introduzione alla linguistica generale*,
<http://www.bmanuel.org/corling/corling1-1.html>.
- [3] Michelon, G. *Il linguaggio della chimica: qualche idea*,
http://www.univirtual.it/corsi/fino2001_I/fondamenti/04.htm.
- [4] *Encyclopedia Britannica*, (1962). vol XIII (pp 696-703).
- [5] Cassirer, E. (1946). *Language and Myth*. Harper & Brothers NY, Dover Publications.
- [6] Knight, D. (1995). *Ideas in Chemistry*. New Brunswick: Rutgers University Press.
- [7] D. Knight, (1981). *Ordering the World*. London: Burnett Books.
- [8] Maiorca, L. (2001). *Dizionario di filosofia, Scienze sociali e della Formazione*. (pp. 161-4). Napoli: Loffredo;
- [9] De Mauro, T. (1998). *Prima persona singolare passato prossimo indicativo*. (p 58). Balzarini Editore.
- [10] Vygotskij, L. S. (1969). *Pensiero e linguaggio*. Firenze: Giunti-Barberi.
- [11] Crosland, M. P. (1978). *Historical Studies in the Language of Chemistry*, Dover Publication Inc..
- [12] Borsese, A. Dolcetto, V. (1981). *Chimica nella Scuola*. 1, 10-16.
- [13] Salzberg, H. W. (1991). *From Caveman to Chemist*. Washington: American Chemical Society (pp 124-5).
- [14] Rossi, P. (1997). *La nascita della scienza moderna in Europa*. Bari: Editori Laterza (p 60).
- [15] La Vergata, A. (1997). *La storia naturale e le classificazioni*, in rif [17] Volume primo (pp 779-839).
- [16] Eco, U. (1993). *La ricerca della lingua perfetta*. Roma – Bari: Edizioni Laterza.
- [17] http://en.wikipedia.org/wiki/John_Wilkins;
- [18] Wilkins, J. (1668). *Essays towards a Real Character and Philosophical Language*. London, citato da Emery, C. (1948). *Isis*, 38, 174-85.
- [19] Lamarck, J. B. (1789). *Encyclopédie Méthodique, Botanique* Parigi. vol I, XXIV.
- [20] Watts, H. (1866). *A Dictionary of Chemistry*, Longmans, Londra. vol. IV, 118;.
- [21] Abbri, F. (2000). *La rivoluzione chimica*, in P. Rossi ed. *Storia della Scienza moderna e contemporanea*. Milano: TEA, vol. I, 722-3.
- [22] Jaffe, B. (1948). *Crucibles: the Story of Chemistry*. New York: Dover Publications, Inc. IV ed., 101.
- [23] A Borsese, A. Dolcetto, V. (1981). *Chimica nella Scuola*. 4/5, 14-26.
- [24] Laugier, A. e Dumon, A. *D'Aristotele a Mendeleev. Plus de 2000 ans de symbolisme pour représenter la matière et ses transformations*, <http://gfev.univ-tln.fr/H21/HistEpistemologie/Ecriture.html>;
- [25] Solov'ev, J. (1976). *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri*. Milano: Mondadori EST, 98.
- [26] Berzelius, J. J. (1819). *Essai sur la théorie des proportions chimiques*, Parigi. 111, citato da [11] 251;
- [27] Dalton, J. (1805). *Memories of the Philosophical Society of Manchester*, Second series, 1 284, citato da [11], p 256.
- [28] Rouvray, D. (1999). *Chemistry in Britain*. (pp 30-2).