

- 3.1 I diversi linguaggi della chimica
- 3.2 Il ruolo del linguaggio nell'insegnamento della chimica

## Capitolo 3

# Il ruolo del linguaggio della chimica nell'insegnamento

Il linguaggio della chimica è ricco, diversificato e complesso. È innanzitutto un linguaggio fatto di moltissimi termini. Ogni sostanza chimica, ad esempio, ha un suo nome, come si trattasse di un nome proprio, perché serve ad identificarla e distinguerla dalle altre sostanze. Questo linguaggio rientra nella cosiddetta «nomenclatura chimica». Ma il linguaggio della chimica contiene molte altre parole, parole tecniche, poco familiari e che difficilmente si incontrano nel linguaggio parlato e parole che hanno un diverso significato nel linguaggio parlato rispetto al linguaggio chimico (come soluzione, forza, corrente, ecc.). I chimici, però, non hanno sviluppato solo un linguaggio fatto di parole ed espressioni verbali. Una caratteristica distintiva della conoscenza chimica è il linguaggio dei simboli, delle strutture molecolari e in generale delle rappresentazioni grafiche che sono state ideate per dare informazioni aggiuntive a quelle contenute nelle parole e nei nomi.

Della complessità dei linguaggi della chimica, il chimico e scrittore italiano Primo Levi, scriveva ne «*L'altrui mestiere*» (LEVI 1985):

il più antico (linguaggio) è anche il più snello e pittoresco; consiste nel dare ad ogni nuovo composto scoperto un nome di fantasia, che ricordi il prodotto naturale da cui esso è stato per la prima volta isolato: nomi come geraniale, carotene, lignina, asparagina, acido acetico, esprimono abbastanza bene (per noi neolatini!) l'origine della sostanza, ma non dicono niente sulla sua costituzione... [...] un secondo linguaggio chimico, meno fantasioso ma più espressivo, è quello costituito dalle cosiddette formule gregge... non ci indica nulla sull'origine né sugli usi... non dice niente sull'ordine o sulla struttura in cui quegli atomi sono legati insieme... Insomma tutto va come se un tipografo estraesse dalla cassetta le lettere c, e, i, o, p, r, s, s, e pretendesse di scrivere la parola cipresso. [...] Il terzo linguaggio... tende a darci il ritratto, l'immagine del minuscolo edificio molecolare... è come se, invece della parola cipresso, si stampasse o disegnasse l'immagine del cipresso» (LEVI 1985).

Il primo livello del linguaggio della chimica descritto da Primo Levi corrisponde a quello dei nomi delle sostanze, ovvero il livello della nomenclatura, mentre il secondo e il terzo sono due esempi di livello simbolico con un grado diverso di informazioni: le formule grezze e le formule di struttura, che andremo di seguito ad esaminare, concentrandoci sul loro utilizzo in ambito didattico.

Il livello simbolico

### ■ 3.1 I diversi linguaggi della chimica

#### 3.1.1 La nomenclatura chimica

Come scriveva Levi, per indicare una sostanza ancora oggi possiamo utilizzare dei nomi convenzionali, piuttosto arbitrari, in quanto non contengono nessuna informazione sulla natura chimica della sostanza. Questi nomi talvolta hanno origini antiche, possono richiamare alla mente il nome dello scopritore (come il reattivo di Grignard) o il nome della pianta da cui è stata estratta la sostanza per la prima volta (come l'acido salicilico) o avere altre origini. Oggi però sappiamo che a fianco al nome convenzionale, come ad esempio al nome dell'amminoacido «asparagina», esiste un nome ufficiale, universalmente riconosciuto, nel caso particolare: «4-ammide dell'acido 2(S)-ammino-1,4-butandioico». Questo nome, definito secondo la **nomenclatura IUPAC** (dall'Unione Internazionale di Chimica Pura e Applicata, l'organizzazione non governativa internazionale dedicata al progresso della chimica) contiene precise informazioni sulla composizione chimica della sostanza e sul modo con cui gli atomi sono legati nella molecola corrispondente a questa sostanza.

I nomi convenzionali

I nomi ufficiali:  
la nomenclatura IUPAC

Da un punto di vista dell'insegnamento della chimica a scuola, la nomenclatura chimica è uno degli aspetti più ostici e probabilmente meno amati dagli studenti, ma dal punto di vista concettuale e storico, la nomenclatura è un aspetto molto rilevante.

Innanzitutto, la nomenclatura IUPAC è il risultato di un percorso molto lungo iniziato con Lavoisier con la sua opera *Méthode de Nomenclature chimique*. Prima di Lavoisier, infatti, una stessa sostanza chimica poteva essere chiamata in modi diversi, creando non poca confusione tra gli stessi scienziati. Un primo fondamentale lavoro di Lavoisier riguardò proprio l'individuazione di tutti i nomi comunemente usati per designare uno stesso composto a cui seguì un riordino della nomenclatura del tempo (vedi ad esempio lo schema riportato in **Figura 13**). Oltre a questo contributo, Lavoisier si pose l'obiettivo di dare un senso chimico alla nomenclatura, ovvero cercò di individuare dei nomi che potessero tener conto della reattività delle sostanze, della loro composizione chimica e del modo con cui varie sostanze si combinano tra loro (DAGOGNET 1987). Per far questo stabilì delle regole formali, che vengono seguite in parte ancora oggi, che corrispondevano ad un principio classificatorio delle sostanze chimiche. Come abbiamo visto nel primo capitolo, i concetti classificatori, finalizzati a classificare le sostanze, sono fondamentali nella scienza chimica. Il grande lavoro di Lavoisier portò infatti alla comprensione di molti concetti di tipo classificatorio e allo stesso tempo ad una definizione univoca e chiara dei nomi

Il lavoro classificatorio di Lavoisier

TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
<i>Substances simples qui appartiennent aux trois règnes &amp; qu'on peut regarder comme les élémens des corps.</i>	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur. Fluide igné. Feu. Matière du feu & de la chaleur. Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital. Bâse de l'air vital. Gaz phlogistique.
	Calorique.....	
	Oxygène.....	
	Azote.....	Mofete. Bâse de la mofete. Gaz inflammable. Bâse du gaz inflammable.
	Hydrogène.....	
<i>Substances simples non métalliques oxidables &amp; acidifiables.</i>	Soufre.....	Soufre.
	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur.
	Radical muriatique.	Inconnu.
	Radical fluorique.	Inconnu.
	Radical boracique.	Inconnu.
	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arsenic.....	Arsenic.
	Bismuth.....	Bismuth.
<i>Substances simples métalliques oxidables &amp; acidifiables.</i>	Cobalt.....	Cobalt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Étain.....	Étain.
	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercuré.....	Mercuré.
	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
<i>Substances simples siliceuses terreuses.</i>	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, bâse du sel d'Épsem.
	Baryte.....	Barote, terre pesante.
	Alumine.....	Argille, terre de l'alun, bâse de l'alun.
	Silice.....	Terre siliceuse, terre vitrifable.

Figura 13

Riproduzione di una tabella delle sostanze semplici ripresa dall'opera di Lavoisier (riprodotto da LAVOISIER 1789). Sono indicati nella colonna a sinistra i nomi individuati da Lavoisier per indicare una sostanza e nella colonna a destra tutti i nomi che al tempo di Lavoisier venivano utilizzati per indicare la stessa sostanza.

Le rappresentazioni  
simoliche

corrispondenti a questi concetti (LAVOISIER 1789). Lavoisier si concentrò soprattutto sulle sostanze inorganiche che rientrano nelle categorie di acido, base e sale. Nella nomenclatura degli acidi, ad esempio, gli acidi dovevano contenere il nome generico di acido seguito da un nome specifico che doveva contenere il nome dell'elemento che si combinava con l'ossigeno seguito dal suffisso -ico. Ad esempio, l'acido che è composto da carbonio e ossigeno si sarebbe chiamato acido carbonico. In casi più complessi, dove poteva esistere più di una sostanza acida, la scelta di Lavoisier spesso fu quella di conservare alcuni nomi già esistenti, ma di estendere la regola anche alle sostanze analoghe. Ad esempio, studiando il modo in cui lo zolfo si combina con l'ossigeno, Lavoisier notò che potevano esistere due acidi, uno più ricco di ossigeno e uno meno ricco di ossigeno. L'acido contenente meno ossigeno era stato chiamato da Stahl acido solforoso, quindi Lavoisier lasciò questo nome e aggiunse quello dell'acido più ricco di ossigeno, che chiamò acido solforico. Stabili, per generalizzare la regola, che, nei casi in cui si formano due acidi, quello meno ricco di ossigeno doveva avere il suffisso -oso e quello più ricco di ossigeno il suffisso -ico.

Il grande lavoro classificatorio di Lavoisier da un punto di vista della nomenclatura non riuscì del tutto (VILLANI 2002): in alcuni casi conservò i nomi comuni senza seguire sempre il criterio di rappresentare nel nome della sostanza gli elementi di cui è composta (ad esempio, conservò il nome di acido muriatico invece di introdurre il nome di acido cloridrico).

Da Lavoisier in poi il problema della scelta del nome da dare ad una sostanza si è costantemente intrecciato al linguaggio simbolico, quasi del tutto assente nella trattazione di Lavoisier, o per lo meno assai marginale. Questo aspetto è particolarmente evidente nella classificazione e nella conseguente denominazione dei composti organici. Qui, il problema della scelta del nome di una sostanza si associa al problema della scelta del modo migliore per rappresentarle usando il linguaggio simbolico. Già nel 1861, come testimoniato da una relazione del chimico Kekulé (KEKULÉ 1861) dopo il primo congresso internazionale di chimica di Karlsruhe, il problema era noto (vedi Figura 14): una stessa sostanza organica, l'acido acetico (una delle più semplici tra l'altro!), veniva rappresentata in moltissimi modi diversi. Questo problema, che limitava anche la comunicazione tra scienziati, costituì un grande impulso per i chimici a dedicarsi alla costruzione di una nomenclatura; che sfociò nella costituzione della IUPAC nel 1919.



Nella nomenclatura delle molecole organiche, pur esistendo attualmente regole e convenzioni per la scelta dei nomi delle sostanze, la realtà è piuttosto complessa per vari motivi: 1. Tutte le sostanze organiche si ottengono dalla combinazione di pochi elementi chimici (di solito carbonio, idrogeno e ossigeno); 2. La composizione in termini di elementi costituenti non è sufficiente a discriminare sostanze chimiche diverse (la stessa formula grezza può corrispondere a sostanze diverse); 3. La distinzione tra sostanze chimiche aventi la stessa composizione in termini di elementi costituenti può essere fatta tenendo conto di come questi elementi sono legati tra loro (necessità di individuare gruppi funzionali caratteristici) e come sono disposti nello spazio (problema dell'isomeria e della stereochimica); 4. La complessità delle sostanze organiche impone di scegliere quali gruppi funzionali sono più importanti o di stabilire quale è lo scheletro di una molecola per definire il nome, ma questa scelta non sempre corrisponde a proprietà chimiche definibili in modo univoco.

Se a queste difficoltà aggiungiamo il fatto che il numero di sostanze chimiche note corrisponde a svariati milioni, si comprende come la scelta del nome delle sostanze organiche sia un problema non banale ancora oggi.

### 3.1.2 Simboli, rappresentazioni molecolari e modelli

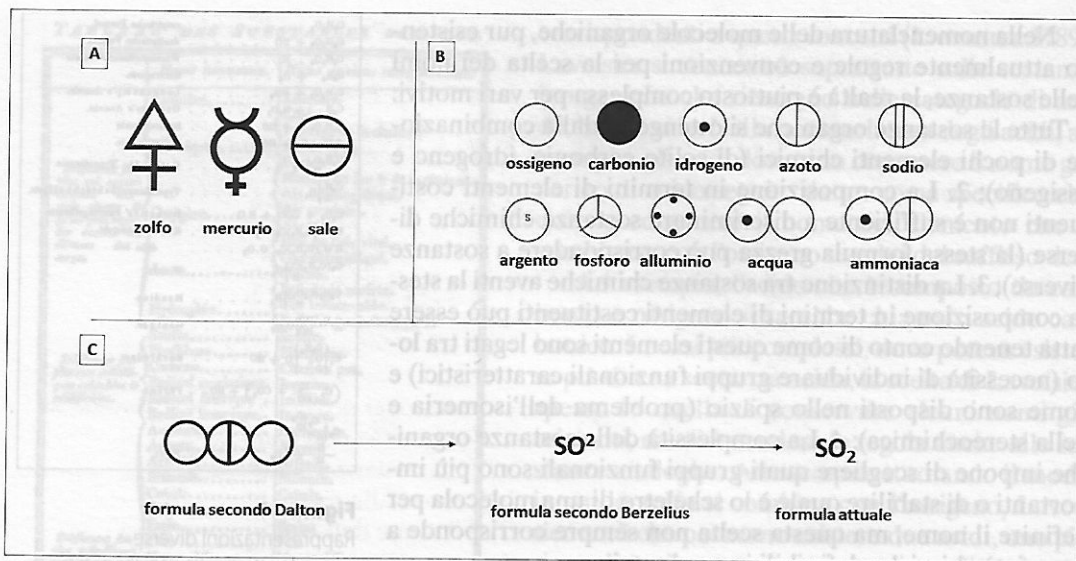
Il linguaggio dei simboli è quello che generalmente si riferisce ai simboli associati agli elementi chimici. Gli elementi oggi sono identificati dai simboli indicati nella Tavola Periodica, ma anche in questo caso, storicamente si è assistito ad una serie di cambiamenti. È difficile, pensando al linguaggio simbolico, non fare riferimento alla simbologia alchemica (**Figura 15 A**). Tuttavia, il concetto di elemento nella tradizione alchemica è molto diverso da quello della chimica moderna e corrisponde, come abbiamo visto, ad una commistione tra principio esoterico e riferimento alla natura materiale. Nel XIX secolo, la costruzione della teoria atomica e molecolare avviene grazie ad un graduale mutamento del concetto di elemento, da quello operativo di Lavoisier, associato alla sostanza elementare, a quello attuale, e del concetto di molecola. Questa evoluzione concettuale corrisponde anche ad una evoluzione dei simboli associati agli elementi chimici. John Dalton, ad esempio, nei suoi lavori utilizzò sempre simboli che in parte richiamavano una rappresentazione grafica di tipo alchemico (**Figura 15 B**), mentre Jöns Jacob Berzelius nel 1813 introdusse simboli più semplici da utilizzare, che corrispondevano alle iniziali dei nomi degli elementi (VILLANI 2002, CHILDS – MARKIC – RYAN 2015). Questi simboli cominciarono ad essere utilizzati anche per rappresentare le molecole, in particolare, per esprimere il rapporto di combinazione tra gli elementi costituenti una sostanza composta. Così, usando la simbologia di Dalton, la molecola del biossido di zolfo, o anidride solforosa, è rappresentata da due cerchi (ossigeno) ai lati di un cer-

$C_2H_4O_2$	empirische Formel.
$C_2H_4O_2 + HO$	analytische Formel.
$C_2H_4O_2$	Wasserstofftheorie
$C_2H_4 + O_2$	Kertheorie.
$C_2H_4O_2 + HO_2$	Longchamps's Ansicht.
$C_2H + H_2O_2$	Gräham's Ansicht.
$C_2H_2O, O + HO$	Radicaltheorie
$C_2H_2 + O_2 + HO$	Radicaltheorie.
$C_2H_2O_2O_2$	Gerhardi. Typentheorie.
$C_2H_2O_2$	Typentheorie(Schischkoff)etc.
$C_2O_2 + C_2H_2 + H O$	Berzelius's Faaslingtheorie.
$H O. (C_2H_2)C_2, O_2$	Kalbe's Ansicht.
$H O. (C_2H_2)C_2, O, O_2$	ditto
$C_2(C_2H_2)C_2O_2$	Wurtz.
$C_2H_2(C_2O_2)O_2$	Mendius.
$C_2H_2 \begin{matrix} HO \\ HO \end{matrix} C_2O_2$	Geuther.
$\begin{matrix} (C_2H_2) \\ O \\ O \end{matrix} O + HO$	Rochleder.
$(C_2 \frac{H_2}{CO_2}) + HO$	Perseoz.
$\begin{matrix} C_2 \\ HO \\ H \end{matrix} \begin{matrix} O \\ HO \\ H \end{matrix} O_2$	Buff.

**Figura 14**

Rappresentazioni diverse con cui vari scienziati indicavano l'acido acetico, riprese da una relazione di Adrian Kekulé (riprodotta da KÉKULÉ 1861) a seguito del congresso internazionale di Karlsruhe.

L'evoluzione dei simboli

**Figura 15**

(A) Esempio di simboli alchemici per le tre sostanze prime: zolfo, mercurio e sale.

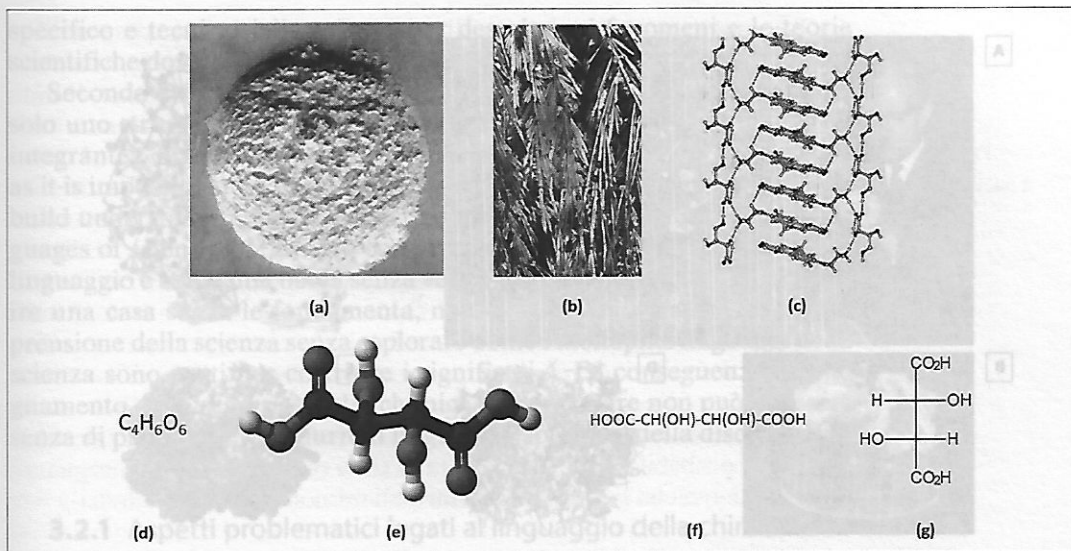
(B) Alcuni simboli associati a elementi chimici secondo Dalton.

(C) Rappresentazioni dell'anidride solforosa usando il formalismo di Dalton, Berzelius e ai giorni nostri.

chio tagliato verticalmente (zolfo), mentre usando la simbologia di Berzelius, la molecola di anidride solforosa è  $\text{SO}^2$  (**Figura 15 C**). La formula usata attualmente è molto simile a quella di Berzelius,  $\text{SO}_2$ , con l'unica differenza nella posizione del numero che indica il rapporto molare tra elementi costituenti: 2 moli di ossigeno per ogni mole di zolfo. L'uso dei numeri al pedice dei simboli e non all'apice fu introdotto da Liebig nel 1834 ed è rimasto fino ai nostri giorni (VILLANI 2002).

La formula di anidride solforosa,  $\text{SO}_2$ , di **Figura 15 C** è una formula grezza o bruta. Con le formule grezze di una sostanza si indicano i simboli relativi agli elementi costituenti e il loro rapporto molare, omettendo il numero 1. Queste formule possono essere considerate delle prime rappresentazioni molecolari. L'origine delle rappresentazioni molecolari è collocabile nel corso del XIX secolo ed ebbe un grande impulso con la nascita della chimica organica e della stereochimica.

Le rappresentazioni molecolari possono essere definite come immagini che illustrano il modo in cui gli atomi degli elementi costituenti una sostanza composta sono legati tra loro. La molecola, infatti, è un insieme ordinato di atomi e le relazioni di adiacenza degli atomi sono essenziali per comprenderne le proprietà osservate. Come scrive Leonello Paoloni però «la rappresentazione come strumento pratico di indagine ebbe un valore che prescindeva dalla effettiva realtà spaziale della struttura molecolare. [...] Il valore della rappresentazione come strumento metodologico per la conoscenza della realtà molecolare resta una gigantesca conquista cognitiva, un enorme passo avanti della epistemologia chimica» (PAOLONI 2007). Seguendo l'evoluzione storica delle rappresentazioni



**Figura 16**

Immagini e rappresentazioni riferite alla sostanza acido tartarico (alcune immagini sono state modificate da immagini sul web): (a) immagine della sostanza sotto forma di polvere (livello macroscopico), (b) visualizzazione dei cristalli osservati al microscopio (livello microscopico), (c) rappresentazione della disposizione delle molecole nello spazio in un cristallo (livello sub-microscopico); rappresentazioni molecolari dell'acido tartarico (livello molecolare): (d) formula grezza o bruta, (e) formula di struttura ball&stick, (f) formula di struttura condensata, (g) formula di struttura di Fisher.

molecolari (suggeriamo come valido approfondimento il testo di Leonello Paoloni, *Molecole, atomi e struttura delle molecole: da Dalton alla meccanica quantistica*) è possibile notare come le rappresentazioni molecolari, frutto dell'inventiva e della fantasia dei chimici erano una sorta di «ipotesi 'ad hoc', formulate per spiegare le proprietà chimiche, e diverse perciò dalle molecole dei fisici» (PAOLONI 2007).

Oggi i chimici utilizzano una moltitudine di rappresentazioni molecolari, come le formule di struttura condensate e le formule di Fisher (Figura 16). Ogni tipo di rappresentazione ha una sua origine, che si spiega in base alla funzione specifica che assolve.

Alcune rappresentazioni molecolari, ad esempio, sono state introdotte per distinguere diversi isomeri strutturali e quindi la loro comprensione non può prescindere dal contesto della scoperta della stereochimica. Alle rappresentazioni molecolari introdotte a cavallo del XIX e XX secolo vanno aggiunti i modelli tridimensionali, che furono introdotti quando la complessità molecolare delle sostanze investigate cominciava a mettere a dura prova gli scienziati. Macromolecole e molecole essenziali alla vita, come le proteine e i filamenti di DNA, costituiti da migliaia di atomi, non potevano essere più facilmente rappresentate nel piano. Verso la metà del XX secolo, alle rappresentazioni bidimensionali si affiancarono i primi modelli tridimensionali delle molecole, sia realizzati fisicamente che, molto più tardi, visualizzati attraverso la realtà virtuale (Figura 17).

Rappresentazioni bidimensionali e rappresentazioni tridimensionali



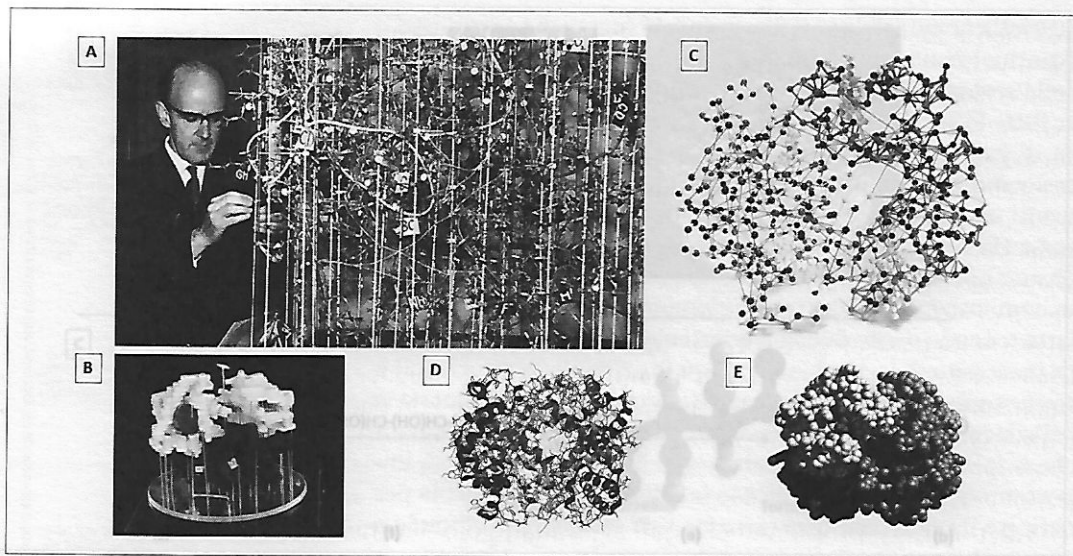


Figura 17

**Figura 17**

Modelli tridimensionali dell'emoglobina: (A) fotografia di Max Perutz con il suo primo modello tridimensionale della struttura dell'emoglobina; (B) Modello in legno dell'emoglobina costruito da Max Perutz; (C) Modello 3D virtuale dell'emoglobina: ogni pallina corrisponde ad un amminoacido; (D) Modello 3D virtuale a foglietti beta ed alfa eliche; (E) Modello 3D virtuale di tipo ball&stick.

I modelli  
nell'era digitale

Da un punto di vista didattico è molto importante soffermarsi anche sulle rappresentazioni usate dai chimici per descrivere i processi e i meccanismi delle reazioni chimiche (PAOLONI 2007) e sulle più moderne visualizzazioni rese possibili grazie ai dispositivi tecnologici e digitali, che si riferiscono non soltanto alla descrizione della struttura molecolare, ma anche alla reattività molecolare (TASKER 2014). I modelli inoltre sono usati dai chimici anche per descrivere la natura particellare della materia ad un livello microscopico e, ad un livello sub-molecolare, per descrivere il concetto di legame e la struttura elettronica delle molecole (BALL 2011).

fabbricazione  
l'uso del linguaggio

L'apprendimento  
e l'uso del linguaggio

### ■ 3.2 Il ruolo del linguaggio nell'insegnamento della chimica

Linguaggio specifico  
e tecnico

Il ruolo del linguaggio nella formazione dei concetti rappresenta un aspetto fondamentale sul quale torneremo parlando delle teorie dell'apprendimento nei prossimi capitoli. Come sostenuto da Vygotskij (VYGOTSKIJ 1986) lo sviluppo dei concetti dall'età del bambino a quella dell'adulto attraverso vari passaggi in cui il linguaggio ha un ruolo determinante. Tutti i processi di apprendimento, non solo delle scienze, avvengono attraverso l'uso del linguaggio, parlato e scritto. Le parole assumono diversi significati durante il processo di crescita e anche nell'insegnamento delle scienze occorre tener conto del ruolo del linguaggio nel passaggio dai concetti di senso comune, tipici dell'età dei bambini, ai concetti scientifici. Questo implica che la scelta di introdurre il linguaggio altamente

specifico e tecnico della scienza per descrivere i fenomeni e le teorie scientifiche dovrebbe rispettare il livello dei discenti (AQUILINI 1999).

Secondo Osborne (OSBORNE 2002), il linguaggio della scienza non è solo uno strumento nel processo di apprendimento, ma ne è una parte integrante: «Science without literacy is like a ship without a sail. So just as it is impossible to construct a house without a roof, it is impossible to build understanding of science without exploring how the multiple languages of science are used to construct meaning» («La scienza senza il linguaggio è come una barca senza vela. Così come è impossibile costruire una casa senza le fondamenta, non è possibile costruire una comprensione della scienza senza esplorare come i molteplici linguaggi della scienza sono usati per costruire i significati»). Di conseguenza, l'insegnamento della scienza e della chimica in particolare non può avvenire senza di pari passo introdurre il linguaggio specifico della disciplina.

### 3.2.1 Aspetti problematici legati al linguaggio della chimica

I problemi principali legati all'insegnamento e all'apprendimento della chimica in relazione al linguaggio specifico della chimica sono stati analizzati da diversi studiosi e possono essere qui brevemente riassunti (CHILDS – MARKIC – RYAN 2015):

- il linguaggio della chimica è estremamente ricco di parole che comprendono termini non comuni che gli studenti sentono per la prima volta a scuola. Alcuni esempi sono: catalizzatore, enzima, orbitale, lipofilo, idrofilo, anfotero, elettrolisi, ecc.;
- il linguaggio della chimica contiene anche molti termini presenti nel linguaggio comune, ma aventi un significato diverso nel contesto scientifico. Alcuni esempi sono: soluzione, sciogliere, fusione, complesso, sostituzione, ecc.;
- il linguaggio della chimica contiene molti termini simili tra loro che si differenziano per poche lettere, ma che corrispondono a significati completamente diversi. La nomenclatura è ricca di parole di questo tipo. Ad esempio: alcani, alcheni, alchini;
- il linguaggio della chimica è un linguaggio integrato tra parole, immagini, schemi, diagrammi, equazioni e formule. L'aspetto puramente linguistico è quindi integrato con quello della visualizzazione e con l'aspetto matematico;
- il linguaggio della chimica fa largo uso di simboli e rappresentazioni con un continuo richiamo tra livello macroscopico e livello microscopico, di cui il modello triangolare di Johnstone è uno dei principali riferimenti della natura concettuale della chimica (JOHNSTONE 1993).

A questi aspetti specifici del linguaggio della chimica, dobbiamo aggiungere altri tipici del linguaggio della scienza in generale, come il largo uso di connettori logici che sono alla base dell'argomentare scientifico, a cui gli studenti dovrebbero essere stimolati costantemente nello studio delle scienze.

Problemi legati  
al linguaggio chimico



Parole nuove  
e nuovi significati

Tutti questi aspetti andrebbero tenuti in grande considerazione nell'insegnamento. Soprattutto a livello di scuola secondaria superiore, quando si introducono molti termini specifici, il livello di concettualizzazione diventa più approfondito, la spiegazione dei fenomeni e dei processi chimici a livello microscopico e molecolare diventa centrale. L'introduzione di una quantità elevata di parole nuove, ad esempio nell'insegnamento della chimica organica o della nomenclatura, dovrebbe sempre essere associata ad un lavoro attivo da parte degli studenti (CHILDS – MARKIC – RYAN 2015). Ad esempio, la costruzione di glossari personali e la pratica frequente di scrittura, utilizzando le parole nuove, può rappresentare un valido aiuto. Sarebbe opportuno che l'introduzione di termini associati a concetti specifici, anche nel caso di parole di uso comune che nel contesto scientifico hanno un significato diverso, corrispondesse alla costruzione nell'allievo della consapevolezza del nuovo significato della parola già conosciuta. Quest'ultimo caso probabilmente rappresenta la sfida maggiore per gli insegnanti, in quanto è qui che si insidiano i principali misconcetti della chimica.

I problemi relativi  
all'uso dei modelli

### 3.2.2 Aspetti problematici legati all'utilizzo dei modelli e delle rappresentazioni

I problemi riscontrati nella comprensione della chimica in relazione al largo uso di modelli e rappresentazioni nel linguaggio sono stati ampiamente studiati (JUSTI – GILBERT 2002) e costituiscono una sfida per ogni insegnante di chimica della scuola secondaria.

Tra quelli più diffusi relativi all'apprendimento della chimica, ce ne sono alcuni particolarmente significativi:

- una buona percentuale di studenti crede che i modelli siano delle copie della realtà e identificano il modello con la descrizione realistica del mondo. Non è raro infatti sentire o leggere frasi del tipo: «gli atomi sono delle sfere» oppure «nelle molecole gli atomi sono collegati da dei legami»;
- molti studenti, al contrario, non comprendono l'importanza e il significato dei modelli e li considerano un optional, qualcosa di cui si può fare a meno o addirittura un gioco o una mera costruzione mentale;
- altri numerosi studenti non riescono a distinguere i modelli tra loro o fanno confusione tra i modelli. Se, ad esempio, chiediamo loro di rappresentare a livello microscopico la materia, emergono moltissime misconcezioni, che evidenziano la difficoltà degli studenti nell'utilizzo dei modelli proposti;
- gli studenti sono spesso confusi dall'abbondanza dei modelli usati per descrivere la realtà microscopica e molecolare. Tendono infatti a pensare che solo uno dei modelli proposti sia corretto, senza afferrare la specificità dei modelli per differenti obiettivi e finalità.

Bisognerebbe partire da queste considerazioni, per introdurre i modelli e le rappresentazioni molecolari, la cui comprensione comunque difficilmente può essere raggiunta a livelli di scuola inferiori a quello del-

le scuole superiori di secondo grado. Innanzitutto, occorre sempre evidenziare agli studenti che i modelli e le rappresentazioni non corrispondono alla descrizione della realtà, ma che si tratta di invenzioni dei chimici. Ogni modello andrebbe introdotto in modo funzionale, mettendo in evidenza limiti e vantaggi dell'uso di un determinato modello rispetto ad altri. A questo scopo, collocare un modello nel contesto storico/concettuale nel quale è stato concepito può essere di grande aiuto. Da un punto di vista didattico è molto utile far lavorare gli studenti non solo sull'utilizzo di un modello, ma soprattutto sulla costruzione dei modelli. Gli studenti possono infatti creare e testare dei loro modelli del mondo molecolare per apprezzarne meglio la funzione e il significato.

Quando gli studenti hanno raggiunto una buona comprensione della natura dei modelli, un secondo tipo di lavoro è rappresentato dall'uso multiplo dei modelli per descrivere un fenomeno dal punto di vista chimico. Secondo Gilbert e Treagust (GILBERT – TREAGUST 2009), è importante che gli insegnanti siano consapevoli della natura e del ruolo delle rappresentazioni nella scienza chimica e che conoscano cosa gli studenti pensano dei modelli e come gli studenti costruiscono mentalmente i loro modelli della natura molecolare. Quando si è introdotto un modello è importante anche costruire un consenso a livello di classe e favorire attività in cui il modello venga messo alla prova, verificato, discusso e criticato per ciò che non riesce a rappresentare in modo adeguato. Scrive Philip Ball parlando dei modelli e delle teorie esistenti sul concetto di legame: «We are typically faced with several theories, some overlapping, some conflicting, some just different expressions of the same thing. Our choice of theoretical framework might be determined less by the traditional criterion of consistency with experiment than by subjective reasons. According to Hoffmann, these preferences often have an aesthetic component, depending on factors such as simplicity, utility for telling a story about chemical behaviour, the social needs of the community and whether a description is productive» («Tipicamente ci troviamo di fronte a varie teorie, alcune parzialmente sovrapposte, altre in contrasto tra loro, alcune semplicemente espressioni diverse della stessa cosa. La nostra scelta del contesto teorico può essere determinata più da ragioni soggettive che da criteri tradizionali di consistenza con l'esperimento. Secondo Hoffmann, le preferenze soggettive hanno spesso una componente estetica, dipendono da fattori come la semplicità, l'utilità per raccontare una storia associata ad un comportamento chimico, una esigenza sociale della comunità e se una descrizione è più produttiva di un'altra») (BALL 2011).

La scelta di un modello quindi può rispondere anche a criteri diversi da quelli della descrizione migliore dal punto di vista scientifico di un fenomeno o di una proprietà. Anche aspetti legati alla semplicità del modello o alla sua efficacia dal punto di vista della visualizzazione possono essere rilevanti dal punto di vista didattico, purché si rendano gli studenti consapevoli dei limiti e del contesto di applicabilità del modello.

Sul tema delle rappresentazioni molecolari e dei modelli utilizzati per descrivere la realtà a livello microscopico della materia dedicheremo alcuni percorsi didattici corredati di ulteriori approfondimenti nella Parte quarta del libro.