

# Chimica – Lezione 1

## ❖ La chimica

La **chimica** è la scienza che descrive la **materia**, le sue **proprietà**, le **trasformazioni** che essa subisce e le **variazioni energetiche** associate ai processi di trasformazione della materia stessa.

Il termine alchimia deriva dall'arabo *al-kimiya* che è probabilmente composto dall'articolo al- e la parola greca *khymeia* (χυμεία) che significa “fondere”, “colare insieme”. Un'altra etimologia collega la parola con Al Kemi, che significa “l'arte egizia”, dato che gli antichi egizi chiamavano la loro terra Kemi. Il vocabolo potrebbe anche derivare da *kim-iyā*, termine cinese che significa “succo per fare l'oro”.

La chimica è una scienza perché utilizza un metodo specifico detto **metodo sperimentale**. Ciò significa che è completamente fondata sull'evidenza sperimentale, ossia su osservazioni scientifiche che abbiano carattere di verità universale, per le quali è necessario applicare le seguenti regole:

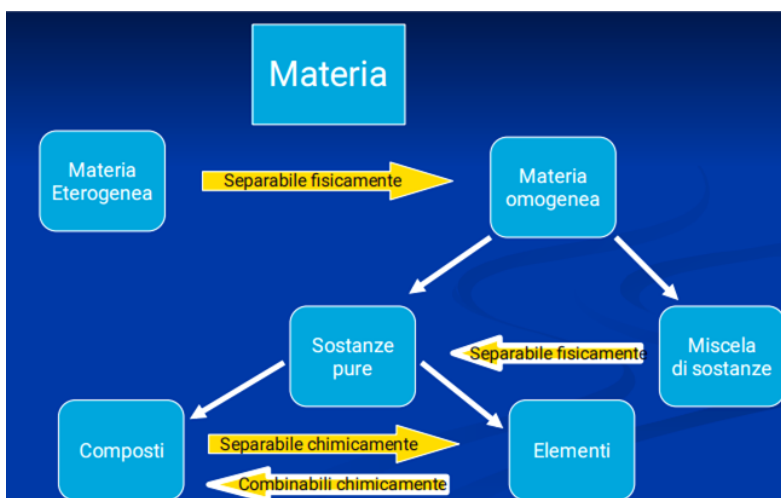
1. osservare e descrivere un dato fenomeno;
2. formulare un'ipotesi che lo possa spiegare;
3. prevedere una o più conseguenze dipendenti da quest'ipotesi;
4. verificare in modo sperimentale le conseguenze;
5. concludere (valutare): confermare o confutare l'ipotesi iniziale.

Quando le conseguenze confermano le ipotesi, si parla di oggettività delle osservazioni e si costruisce una **legge**; da un insieme di leggi, si costruisce una **teoria**.

## □ Analisi di un campione

La materia è qualsiasi cosa che occupa spazio e ha una massa. Una proprietà della materia facilmente osservabile è il suo **stato di aggregazione**, cioè se una sostanza è un solido, un liquido o un gas. Le proprietà caratteristiche dei gas, dei liquidi e dei solidi possono essere osservate utilizzando campioni abbastanza grandi per essere osservati, misurati e manipolati. Le osservazioni e le manipolazioni di solito avvengono nel **mondo macroscopico** della chimica: questo è il mondo degli esperimenti. Si immagini ora di prendere un campione macroscopico di materia e di dividerlo sempre di più, fino al punto in cui il campione non può essere visto a occhio nudo. Alla fine, si raggiunge il livello delle particelle che costituiscono tutta la materia, il cosiddetto **livello submicroscopico** o particelle degli atomi e delle molecole. I chimici studiano la struttura della materia a livello delle particelle. Dunque, gli studiosi conducono i loro esperimenti a livello macroscopico, ma i ragionamenti chimici si fanno a livello particellare.

Considerando un campione di materia possiamo cercare di definire le sue proprietà a livello macroscopico osservandolo e cercando di capire se delle operazioni fisiche o chimiche fatte su di esso possono modificarlo secondo lo schema riportato.



Prima di tutto possiamo dire se il nostro campione è **eterogeneo** o **omogeneo** a seconda se si possono osservare o meno delle superfici di separazione al suo interno. Un sistema è omogeneo se in esso non sono distinguibili fasi diverse ed eterogeneo quando, invece, è possibile distinguere due o più fasi. Per **fase** si

intende una porzione delimitata di materia fisicamente distinguibile dalle altre, caratterizzata da proprietà intensive uniformi (colore, densità ecc.). Esempi di campioni omogenei sono: l'aria pura, l'acqua corrente, il vino, l'olio, l'oro, il sale da cucina, il bicarbonato; di campioni eterogenei: il marmo, la sabbia, il legno. Nella materia eterogenea la natura mista del materiale spesso si può vedere anche a occhio nudo. Tuttavia, ci sono campioni eterogenei che possono sembrare completamente uniformi, ma a ben guardare non lo sono. Il latte, per esempio, a occhio nudo sembra avere una struttura uniforme, ma l'ingrandimento rivelerebbe globuli di grasso e proteine all'interno del liquido; dunque, nei campioni eterogenei è possibile distinguere delle superfici di separazione e le loro proprietà non sono identiche in tutti i punti. Nel caso in cui il campione sia eterogeneo possiamo in qualche modo operare mediante **tecniche fisiche** per separare le diverse fasi che potranno quindi essere considerate omogenee. Nei campioni omogenei è impossibile distinguere anche con un microscopio, le particelle che li compongono, o vi sono delle superfici che separano particelle identiche.

I **campioni omogenei** possono o meno essere separati **fisicamente**: nel primo caso siamo in presenza di una miscela di sostanze, nel secondo caso di sostanze pure. Una **miscela** è composta da due o più sostanze pure che possono essere separate mediante **tecniche fisiche**, ottenendo in questo modo **sostanze pure**. Ogni sostanza pura presenta un insieme di proprietà uniche che la caratterizza e ne permette il riconoscimento: presenta, dunque, una **composizione fissa**. Una seconda caratteristica di una sostanza pura è che essa **non può essere separata** in due o più sostanze diverse attraverso tecniche fisiche a temperature ordinarie. Se il campione in esame fosse separabile, si tratterebbe di una miscela.

Le sostanze pure si dividono in elementi e composti. Sostanze come idrogeno e ossigeno, che sono composte da un solo tipo di atomo, sono classificate come **elementi**. Gli elementi chimici sono quindi sostanze pure dalle quali non è possibile ottenere, mediante gli ordinari mezzi chimici, sostanze più semplici. Gli elementi chimici sono tutti rappresentati nella **tabella periodica** degli elementi. Dei 118 elementi conosciuti attualmente, 89 sono presenti in natura, mentre i restanti sono ottenuti artificialmente mediante reazioni nucleari. A partire da questi concetti possiamo avanzare una particolare differenza tra sostanza ed elemento:

- **sostanza**: è l'ammontare di materia che possiede proprietà chimiche e fisiche ben definite, ad esempio punto di fusione e densità (in certe condizioni), solubilità (in certi solventi);
- **elemento**: un elemento chimico è una sostanza pura costituita da un unico tipo di unità fondamentali, quelli che lo caratterizzano.

Gli elementi possono **combinarsi chimicamente** per formare composti. Anche i **composti** sono sostanze pure; ciò che li differenzia dagli elementi è il fatto che essi sono **chimicamente separabili**, mediante gli ordinari mezzi chimici, in sostanze più semplici (elementi chimici). Una sostanza pura come lo zucchero, il sale o l'acqua, è infatti composta da due o più elementi differenti tenuti insieme da legami chimici. Sebbene siano conosciuti solo 118 elementi, sembra che non ci sia limite al numero di composti che si possono ottenere a partire da questi elementi. Ogni composto ha caratteristiche proprie che lo identificano e diversificano da tutti gli altri; inoltre, le proprietà chimiche e fisiche dei composti sono diverse da quelle degli elementi che lo costituiscono. La composizione di un qualsiasi composto è rappresentata dalla sua **formula chimica**.

**Esempio di analisi del campione**: prendiamo in considerazione l'aria che respiriamo. Si tratta di una materia omogenea riconducibile ad una miscela di sostanze. Possiamo fisicamente separare tale miscela in modo tale da ottenere le singole sostanze pure da cui è composta: azoto, ossigeno, anidride carbonica e acqua allo stato gassoso. Di queste quattro sostanze, due sono elementi chimici (azoto N e ossigeno O) e due sono composti (anidride carbonica  $\text{CO}_2$  ed acqua  $\text{H}_2\text{O}$ ).

#### ❖ Separazioni fisiche

Sostanze diverse hanno proprietà fisiche diverse. Sfruttando queste differenze, possiamo separare le diverse componenti del miscuglio. Le principali proprietà fisiche della materia sono: colore, massa, densità, fase, temperatura di fusione, temperatura di evaporazione, calore specifico, conducibilità elettrica e calore, malleabilità, duttilità.

#### □ Separazioni di sistemi eterogenei

La separazione dei componenti è molto più semplice nel caso dei miscugli eterogenei, per i quali sono sufficienti metodi semplici basati sulla diversa dimensione, stato fisico e densità dei componenti.

Per esempio, per separare un miscuglio di una polvere qualsiasi non magnetica e segatura di ferro è possibile sfruttare le proprietà magnetiche del ferro: se avviciniamo al miscuglio una calamita questa attirerà la polvere di ferro, mentre la polvere non magnetica rimarrà nel recipiente.

- **Filtrazione:** si basa sulla diversa fase nelle quali si trovano i componenti della miscela. La filtrazione consente di separare da un miscuglio eterogeneo, liquido o gassoso, particelle solide presenti in sospensione. Il miscuglio viene fatto passare attraverso una membrana (filtro) provvista di pori, dei forellini di diametro molto piccolo; il liquido (o il gas) è quindi in grado di attraversare il filtro, mentre le particelle solide, che hanno un diametro maggiore di quello dei pori, vengono trattenute dal filtro.
- **Decantazione:** si basa sulla diversa densità delle fasi nelle quali si trovano i componenti della miscela. La sostanza più densa, per effetto del suo peso (sottoposta cioè all'attrazione gravitazionale), tende a depositarsi sul fondo, mentre quella meno densa rimane in superficie. Utilizzando un imbuto separatore, è quindi possibile separare rapidamente questi due liquidi immiscibili (cioè che non si possono mescolare tra loro, per esempio acqua e olio): il liquido meno denso (l'olio) si separa formando uno strato al di sopra di quello più denso (l'acqua); aprendo il rubinetto il liquido più denso (che si trova più in basso) defluisce prima di quello meno denso, che è più in alto.

#### ❑ Separazioni di sistemi omogenei

Nel caso dei miscugli omogenei è necessario utilizzare metodiche più impegnative.

- **Cristallizzazione:** si basa sulla trasformazione di una miscela omogenea in eterogenea. È necessario cristallizzare il soluto mediante tecniche specifiche in modo tale che esso precipiti sotto forma di cristalli, mentre il solvente resta liquido. I cristalli del soluto vengono poi recuperati tramite filtrazione. Passiamo quindi da un miscuglio liquido omogeneo a un miscuglio eterogeneo che è più semplice da separare.
- **Distillazione:** sfrutta la diversa temperatura di ebollizione – o, meglio, la diversa volatilità (cioè la tendenza di un liquido a evaporare, che è più elevata nei liquidi che bollono a bassa temperatura) – delle diverse sostanze presenti in un miscuglio liquido. La distillazione comprende due fasi successive: l'evaporazione del liquido e la condensazione del vapore. Nel recipiente in cui il miscuglio bolle, avviene l'evaporazione del liquido; successivamente, il vapore che si forma scorre in un tubo refrigerante, all'interno del quale condensa e ridiventa un liquido (distillato) che viene raccolto in un contenitore. La distillazione si effettua con uno strumento detto distillatore formato da un pallone (dove si pone il miscuglio da separare) al di sopra del quale viene posto un termometro. Il pallone è in collegamento, attraverso un tubo (refrigerante) all'esterno del quale scorre dell'acqua fredda, con una beuta (dove viene raccolto il distillato). Riscaldando il pallone contenente il miscuglio si avrà l'ebollizione del liquido con temperatura di ebollizione minore (che si potrà leggere sul termometro) che passerà quindi allo stato di vapore. Il vapore a contatto con il tubo refrigerato dall'acqua condenserà e passerà di nuovo allo stato liquido raccogliendosi nella beuta. Se la temperatura di ebollizione dei due liquidi è molto diversa riusciremo ad ottenere il liquido con temperatura di ebollizione minore (distillato), puro, nella beuta ed il liquido con temperatura di ebollizione maggiore (residuo), puro, nel pallone. Dunque, nella distillazione di una soluzione formata da due liquidi (per esempio, acqua e alcol) evaporano entrambi i liquidi, ma quello più volatile (l'alcol, in questo esempio) evapora più rapidamente e, una volta condensato il vapore, si ottiene un distillato che presenta una concentrazione maggiore del liquido più volatile.
- **Cromatografia:** ci consente di separare una miscela nei suoi componenti sia da un punto di vista analitico (per capire una miscela da quanti e quali componenti sia costituita), sia da un punto di vista preparativo (al fine di separare efficacemente i componenti della miscela). La cromatografia utilizza un solvente (fase mobile), che trascina i componenti del miscuglio attraverso un mezzo poroso inerte (carta, silice, allumina), che viene chiamato fase fissa. Questa tecnica sfrutta la diversa affinità dei componenti della miscela per la fase mobile e per la fase fissa a causa della loro struttura molecolare.

La cromatografia su carta, in particolare, è una tecnica nella quale la fase fissa è costituita da una striscia di carta da filtro e viene utilizzata per separare piccole quantità di miscela liquida depositata all'estremità di una striscia di carta. La striscia viene immersa all'interno di un becher nel quale è stato inserito un solvente il cui livello deve essere inferiore rispetto al punto in cui è stata depositata la miscela. Dopo un intervallo di tempo variabile, il solvente, per capillarità, risale lungo il foglio di carta trascinandosi con sé, a velocità diversa, le sostanze solubili presenti nella miscela. Nella striscia di carta, le sostanze vengono trasportate in vari punti più o meno lontani dall'origine a seconda della maggiore o minore affinità alla fase fissa: i solventi con maggiore affinità alla fase fissa (foglio) e minore affinità alla fase mobile (alcol) resteranno verso il basso, viceversa verranno trasportati verso l'altro.

#### ❖ **Leggi fondamentali della chimica o leggi ponderali**

Verso la fine del XVIII secolo e l'inizio del XIX secolo, si studiarono con particolare importanza gli aspetti quantitativi delle reazioni chimiche, arrivando a descrivere il comportamento delle sostanze attraverso leggi che ancora oggi sono chiamate **leggi fondamentali della chimica o ponderali** (=che riguardano il peso). Esse riguardano alcuni comportamenti regolari riscontrati quando le sostanze reagiscono tra loro e sono state particolarmente utili per gli studi successivi, i quali hanno portato gli studiosi a sviluppare la teoria atomica, secondo la quale tutta la materia è formata da atomi.

Le leggi ponderali sono le seguenti:

1. legge di conservazione della massa;
2. legge delle proporzioni definite;
3. legge delle proporzioni multiple.

#### □ **Legge di conservazione della massa o legge di Lavoisier**

La legge di conservazione della massa, elaborata da Antoine Laurent Lavoisier, afferma *che in una reazione chimica la somma delle masse dei reagenti è uguale alla somma delle masse dei prodotti*. Ricordiamo che i reagenti di una reazione chimica sono le sostanze di partenza, quelle che reagiscono per dare i prodotti della reazione, ovvero le sostanze che si vengono a formare. In altre parole, nel corso di una reazione chimica la materia non si crea e non si distrugge, ma semplicemente cambia le sue proprietà trasformandosi.

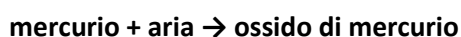
Nella sua attività laboratoriale Lavoisier condusse una serie di esperimenti sulle reazioni chimiche ponendo l'attenzione sugli aspetti quantitativi delle stesse; in particolare, se le reazioni venivano condotte in recipienti chiusi, la massa complessiva durante la reazione rimaneva invariata.

#### **Esperimento di Lavoisier:**

##### ➤ **Fase 1**

Lavoisier, utilizzando una bottiglia di vetro con il collo ricurvo (storta), dimostrò che il mercurio (Hg) a caldo si ossida a spese dell'ossigeno (O<sub>2</sub>) dell'aria contenuto nel sistema. Il fenomeno avviene a caldo oppure per effetto dei raggi del sole. Il mercurio (Hg) venne introdotto nella storta il cui lungo collo "pesca" nella campana di vetro piena d'aria e isolata dall'esterno. Dopo un lungo riscaldamento (dodici giorni), Lavoisier osservò la presenza di una polvere rossa nella storta pari a 45 grani e trovò che il volume di aria, presente nella campana di vetro, era diminuito di 8.9 pollici cubici, pari ad un sesto del volume di partenza. Si osservò quindi la diminuzione di ossigeno con il risalire del liquido nella provetta. A fine reazione il mercurio si è trasformato in ossido HgO.

Lo schema della reazione di calcinazione del mercurio è il seguente:



##### ➤ **Fase 2**

Nella seconda fase la polvere rossa venne pesata, rimessa in una storta e riscaldata energeticamente. Dopo un po' di tempo Lavoisier osservò la formazione di mercurio metallico e contemporaneamente una produzione di "aria", che andava esattamente a bilanciare la quantità consumata nella reazione precedente. Inoltre, determinò che l'ossido di mercurio aveva una massa superiore al mercurio di partenza e la differenza era di un dodicesimo.

Lo schema di questa reazione è il seguente:



#### □ Legge delle proporzioni definite o legge di Proust

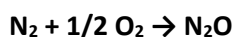
La legge delle proporzioni definite, elaborata da Joseph Louis Proust, afferma che *in un composto chimico gli elementi chimici che lo costituiscono sono presenti tra loro in proporzioni di massa definiti e costanti, indipendentemente da come esso sia stato sintetizzato*. Proust, rifugiatosi in Spagna durante la Rivoluzione Francese, notò che la composizione della **pirite**, un minerale molto abbondante in quel paese, era sempre la stessa indipendentemente dal luogo di provenienza. In particolare, trovò che la pirite conteneva ferro e zolfo e che questi due elementi erano presenti secondo un rapporto fisso e costante: per ogni grammo di ferro erano sempre presenti 0,57 grammi di zolfo: la proporzione tra ferro e zolfo nella pirite era pertanto “definita e costante”.

Altro esempio riguarda l'**acqua** che presenta la formula chimica  $\text{H}_2\text{O}$ : per ogni grammo di idrogeno (H) sono sempre presenti 8 grammi di ossigeno (O).

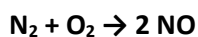
#### □ Legge delle proporzioni multiple o legge di Dalton

La legge delle proporzioni multiple, elaborata da John Dalton, afferma che se due elementi si combinano tra loro per dare due o più composti, le quantità in peso di uno, che si combinano con una quantità fissa dell'altro, stanno tra loro in rapporti esprimibili mediante numeri interi e piccoli. In altre parole, *quando due elementi formano due composti diversi, il rapporto fra le masse in un composto rispetto al rapporto fra le masse nell'altro è un numero piccolo intero*. Nel 1808 Dalton scoprì che ci sono casi in cui due elementi possono reagire tra loro secondo rapporti di combinazione diversi, portando alla formazione di composti diversi. Per comprendere l'enunciato di questa legge possiamo considerare la serie dei composti che l'azoto forma con l'ossigeno. Questi due elementi, reagendo tra loro, possono portare alla formazione di **5 composti diversi**:

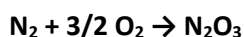
L'azoto combinato con l'ossigeno può dare i seguenti composti:



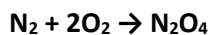
Protossido di azoto o ossido di diazoto



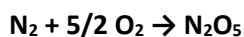
Ossido di azoto o (mono)ossido di (mono)azoto



Anidride nitrosa o triossido di diazoto



Biossido di azoto o diossido di azoto



Anidride nitrica o pentossido di diazoto

Se prendiamo quantità tali che in questi composti vi siano sempre 14 g di azoto, troviamo in essi rispettivamente 8 g, 16 g, 24 g, 32 g e 40 g di ossigeno.

#### ❖ Legge di Avogadro

La legge di Avogadro è una delle **leggi fondamentali dei gas ideali**, ipotizzata da Amedeo Avogadro, ed afferma che *nelle medesime condizioni di temperatura e pressione, volumi uguali di gas chimicamente differenti contengono lo stesso numero di particelle*. Ad esempio: