

6. TRASFORMAZIONI CHIMICHE: ATOMI E MOLECOLE

I sistemi possono essere soggetti a cambiamenti, detti *trasformazioni*, che implicano il passaggio del sistema da uno stato iniziale a uno stato finale (diverso da quello iniziale); implicano cioè un'*evoluzione* del sistema. Nel corso di una trasformazione vi è sempre qualcosa che cambia, detto *variante*, e qualcosa che non cambia, detto *invariante*. L'invariante assicura la continuità tra ciò che vi è prima e ciò che vi è dopo la trasformazione. Infatti, se così non fosse, come potremmo dire che qualcosa è cambiato? Se del sistema cambiasse tutto, dopo la trasformazione ci troveremmo di fronte a un altro sistema completamente diverso da prima, e non allo stesso sistema di prima dopo che ha subito una trasformazione di qualche tipo.

TRASFORMAZIONI FISICHE

Il modello particellare che conosciamo postula l'indivisibilità delle particelle: i corpi sono costituiti di particelle indivisibili. Con questo modello, come abbiamo visto, è possibile spiegare a livello microscopico tutte le **trasformazioni fisiche** delle sostanze, ossia quelle trasformazioni della materia in cui le sostanze conservano la propria identità. Nel caso delle trasformazioni fisiche, il variante del sistema può essere di volta in volta lo stato fisico dei corpi (se avviene un passaggio di stato), l'unione delle sostanze presenti nel sistema (se avviene una miscelazione), la granulometria dei corpi (se avviene ad esempio uno sminuzzamento), ecc.

L'evoluzione di un sistema in cui si conservano l'identità delle sostanze coinvolte e la loro massa totale prende il nome di trasformazione fisica

TRASFORMAZIONI CHIMICHE

Esistono però trasformazioni della materia nelle quali le sostanze non conservano la propria identità ma, combinandosi fra di loro, si trasformano dando origine a nuove sostanze. Per esempio, questo è quanto avviene quando si fa interagire il nitrato di piombo con lo ioduro di potassio, due sostanze in polvere di colore bianco (Figura 1a); se le due polveri vengono mescolate in un mortaio e triturate mediante un pestello, si sviluppa gradualmente una colorazione gialla (Figura 1b).



Figura 1 – Il nitrato di piombo e lo ioduro di potassio prima (a) e dopo (b) il mescolamento

Un colore non può esistere da solo ma deve sempre essere associato a un corpo: quindi la colorazione gialla è un indizio che fa pensare che si sia formato un nuovo corpo. Tale eventualità è

confermata da quanto avviene quando la polvere di colore giallo viene fatta interagire con l'acqua (Figura 2).



Figura 2 – Interazione con l'acqua della polvere gialla

Si forma una miscela eterogenea costituita di acqua e un corpo solido giallo che gradualmente si deposita sul fondo del recipiente. Il corpo solido non può essere una miscela delle due sostanze di partenza per due motivi:

- perché le sostanze di partenza sono di colore bianco;
- perché le sostanze di partenza sono solubili in acqua mentre il corpo giallo non lo è.

Si può dunque ritenere che il colore giallo sia dovuto alla presenza di una nuova sostanza, formatasi in seguito alla interazione delle due sostanze iniziali.

Questa supposizione è corroborata da quanto avviene quando le due sostanze di partenza vengono fatte interagire dopo averle disciolte in acqua. In effetti, quando il nitrato di piombo viene disciolto in acqua si forma una soluzione incolore; lo stesso avviene quando si scioglie in acqua lo ioduro di potassio (Figura 3). Se si immette gradualmente una soluzione nell'altra, si nota la comparsa di un corpo solido giallo che si deposita sul fondo del tubo da saggio. (Figura 4)

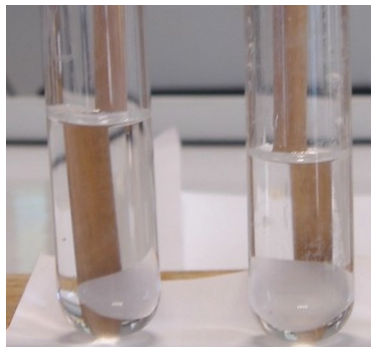
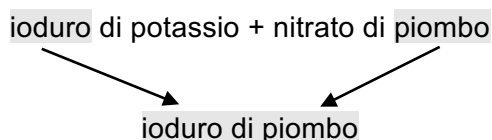


Figura 3 – Soluzioni acquose di nitrato di piombo (sinistra) e di ioduro di potassio (destra)



Figura 4 - Interazione tra la soluzione acquosa di ioduro di potassio e la soluzione acquosa di nitrato di piombo

Questo corpo non era presente prima che le due soluzioni fossero miscelate e quindi si tratta di un corpo nuovo che deve essersi formato in seguito all'interazione delle due sostanze di partenza. In effetti, il corpo solido risulta essere la sostanza **ioduro di piombo** costituita dalla combinazione di una parte che proviene dallo ioduro di potassio e di una parte che proviene dal nitrato di piombo. Possiamo schematizzare ciò che avviene usando il nome delle sostanze chimiche.



A loro volta, le parti potassio e nitrato si combinano formando la sostanza **nitrato di potassio** che si scioglie in acqua formando una soluzione incolore, ragion per cui non si ha nessuna percezione sensoriale della sua formazione.

Un fenomeno analogo si produce quando si fanno interagire due soluzioni costituite l'una di acqua e solfato di sodio e l'altra di acqua e cloruro di bario. La soluzione di solfato di sodio e quella di cloruro di bario sono entrambe incolore; quando alcune gocce di una soluzione vengono immesse nell'altra, si percepisce la formazione di un corpo solido bianco che lentamente si deposita sul fondo del tubo da saggio. (Figura 5).

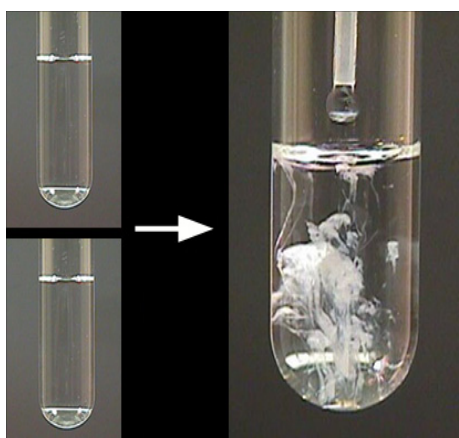
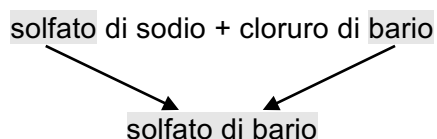


Figura 5 - Interazione della soluzione acquosa di solfato di sodio con la soluzione acquosa di cloruro di bario per dare solfato di bario

Si tratta del **solfato di bario**, una nuova sostanza costituita dalla combinazione di una parte che proviene dal solfato di sodio e di una parte che proviene dal cloruro di bario. A loro volta le parti cloruro e sodio si combinano formando la sostanza **cloruro di sodio**, che si scioglie in acqua per dare una soluzione incolore.



Le due trasformazioni prese in considerazione non sono catalogabili come trasformazioni fisiche, perché le sostanze iniziali non conservano la propria identità. Al contrario, nei due sistemi chimici ioduro di potassio/nitrato di piombo e solfato di sodio/cloruro di bario, le sostanze di partenza si

trasformano (interagiscono) dando origine a nuove sostanze. Siamo dunque in presenza di un nuovo tipo di trasformazione: la **trasformazione chimica**.

Un **sistema chimico** è un insieme di specie chimiche suscettibili di interagire fra di loro.

Un sistema chimico può evolvere con una **trasformazione chimica** nel corso della quale il sistema passa dallo stato iniziale allo stato finale.

Si chiama **stato iniziale** di un sistema chimico, lo stato di questo sistema **prima della trasformazione**.

Si chiama **stato finale** di un sistema chimico, lo stato di questo sistema **dopo la trasformazione**.

Le specie chimiche che costituiscono lo stato iniziale sono chiamate **reagenti** perché reagiscono insieme; le specie che costituiscono lo stato finale sono chiamate **prodotti** perché si formano in seguito alla trasformazione chimica.

La trasformazione chimica: il livello macroscopico

La trasformazione chimica appartiene al mondo percepibile, al campo del concreto ed è l'evoluzione, a livello macroscopico, di un sistema chimico dallo stato iniziale allo stato finale. Le sostanze che costituiscono lo stato iniziale sono chiamate **reagenti** (perché reagiscono insieme); le sostanze che costituiscono lo stato finale sono chiamate **prodotti** (perché sostanze prodotte a seguito della trasformazione chimica).

A questo livello, esistono diverse evidenze empiriche che possono indicare se stia avvenendo una trasformazione chimica. Nel caso dello ioduro di potassio e del nitrato di piombo mescolati a secco, si tratta di un *cambiamento di colore*; nel caso delle soluzioni di solfato di sodio e di cloruro di bario che vengono unite si tratta della *formazione di un solido insolubile* (un *precipitato*). Un altro segnale di una trasformazione chimica in atto è la scomparsa di un corpo solido e lo sviluppo di un gas. Questo è quanto avviene, per esempio, quando si mette in contatto del carbonato di sodio (Na_2CO_3) con dell'acido cloridrico (HCl). Il carbonato di sodio sparisce e si ha sviluppo di un gas e precisamente di diossido di carbonio o anidride carbonica (CO_2) (Figura 6). Anche lo *sviluppo di un gas* (*effervescenza*) e la *scomparsa di un solido* sono indizi di una possibile trasformazione chimica.



Figura 6 – Effervescenza dovuta alla formazione di un gas durante una trasformazione chimica

Vi sono sei indicatori che possono indurci a ipotizzare di essere in presenza di una trasformazione chimica:

- cambiamento di colore (di un solido o di una soluzione)

nonèunamela - Storia ed Epistemologia per una Nuova Didattica delle Scienze (SENDS)

- formazione di un solido insolubile (precipitato)
- formazione di un gas (effervescenza)
- scomparsa di un solido
- riscaldamento o raffreddamento del recipiente
- emissione di luce

Nel corso di una trasformazione chimica si ha **conservazione della quantità di materia**, ossia della massa:

In una trasformazione chimica, la massa totale del sistema è costante

Si tratta di un'idea che caratterizza molto bene le ricerche di Antoine Laurent Lavoisier, ma sicuramente non è Lavoisier che l'ha inventata; infatti è un'idea che affonda le sue radici nel pensiero dei filosofi più antichi. Tuttavia Lavoisier¹ ha un grande merito: egli l'ha resa un principio tassativo e inderogabile, dando così avvio alla chimica come scienza quantitativa della materia e delle sue trasformazioni. Infatti se consideriamo un sistema chiuso, nulla viene aggiunto né tolto durante la trasformazione (Figura 7).

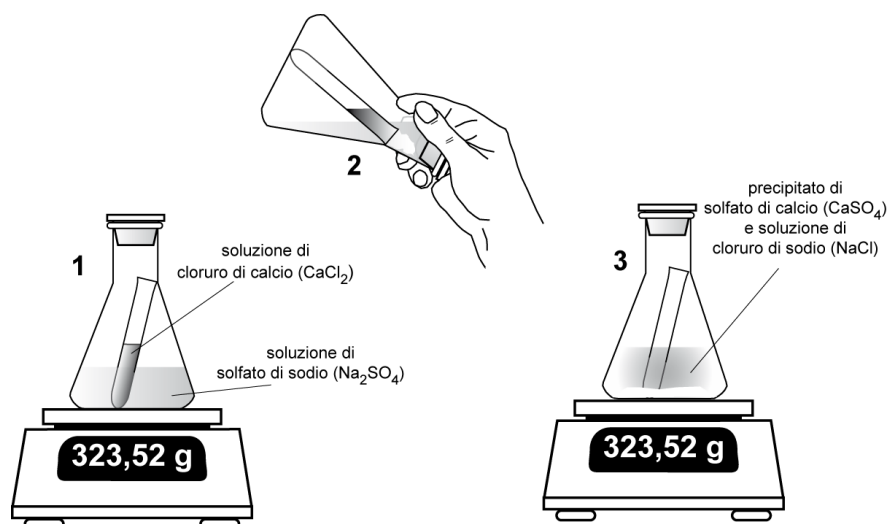


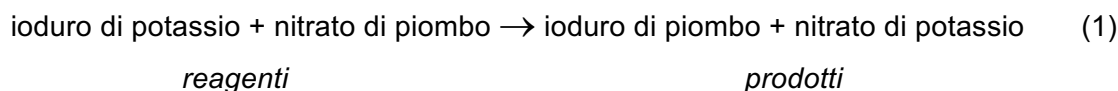
Figura 7 - Conservazione della massa in una trasformazione chimica

A livello macroscopico, è possibile rappresentare le trasformazioni chimiche mediante il **linguaggio verbale**, che fornisce una descrizione qualitativa delle sostanze presenti inizialmente e di quelle presenti dopo che si è prodotto il cambiamento.

Esempio – Nitrato di piombo e ioduro di potassio sono i reagenti che costituiscono lo stato iniziale del sistema chimico che evolve con una trasformazione chimica, generando ioduro di piombo e nitrato di potassio che sono i prodotti che costituiscono lo stato finale del sistema chimico. Tale trasformazione chimica può essere rappresentata mediante il linguaggio verbale con il seguente **schema nominativo**:

¹ "perché niente si crea, nelle operazioni dell'arte, né in quelle della natura e si può porre come principio che in ogni operazione vi è una quantità uguale di materia prima e dopo l'operazione, che la qualità e la quantità dei principi è la stessa e che non si verificano che cambiamenti e modificazioni"

Antoine Laurent Lavoisier (1743 - 1794) - Traité élémentaire de chimie 1789



In uno schema nominativo:

- I nomi dei reagenti sono scritti a sinistra e sono separati dal segno +.
- I nomi dei prodotti sono scritti a destra e sono separati dal segno +.
- I nomi dei reagenti e dei prodotti sono separati da una freccia che va dai reagenti verso i prodotti.
- Il segno + posto fra i reagenti significa «reagisce con»; la freccia (\rightarrow) significa «per dare».

Quindi lo schema (1) si legge: *lo ioduro di potassio reagisce con il nitrato di piombo per dare ioduro di piombo e nitrato di potassio.*

- **A livello macroscopico, la trasformazione chimica può essere definita come il passaggio di un sistema chimico dal suo stato iniziale al suo stato finale.**
- **Le sostanze che costituiscono lo stato iniziale (i reagenti) si combinano e si formano delle nuove sostanze (i prodotti) che costituiscono lo stato finale.**
- **Durante una trasformazione chimica la massa si conserva.**

Quindi la trasformazione chimica è un processo nel corso del quale le sostanze non conservano la propria identità. Questa è la caratteristica che distingue le trasformazioni chimiche da quelle fisiche: in queste ultime, infatti, le sostanze conservano la propria identità.

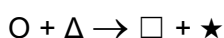
La trasformazione chimica: Il livello microscopico

Finora abbiamo ragionato a livello macroscopico parlando di sostanze che interagiscono fra di loro in una trasformazione chimica. Inoltre, abbiamo rappresentato la trasformazione chimica che avviene fra ioduro di potassio e nitrato di piombo con uno schema nominativo nel quale reagenti e prodotti sono indicati con i loro nomi. In particolare abbiamo rimarcato che i prodotti della trasformazione chimica – lo ioduro di piombo e il nitrato di potassio – sono entrambi costituiti da una parte che proviene da uno dei reagenti e da una parte che proviene dall'altro. Se si trasferisce questa constatazione a livello microscopico, cosa si deve concludere? A livello microscopico si parla di particelle e quindi dobbiamo fare riferimento alle particelle dei reagenti e dei prodotti che possiamo indicare con segni iconici.

Ammettiamo di scegliere i seguenti abbinamenti:

O =: ioduro di potassio Δ = nitrato di piombo
 □ = ioduro di piombo ★ = nitrato di potassio

Usando i segni iconici è quindi possibile modellizzare la trasformazione chimica con il seguente schema iconico:

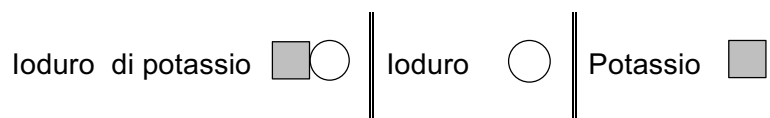


Lo schema indica chiaramente che ci troviamo di fronte a una trasformazione chimica: i segni iconici che rappresentano le sostanze finali sono diversi dai segni iconici che rappresentano le sostanze iniziali; però, questo schema ci dice solamente che le sostanze iniziali (i reagenti) “spariscono” e “compaiono” delle sostanze finali (i prodotti).

Questo schema iconico è stato scritto tenendo presente il modello particellare usato per le trasformazioni fisiche, il cui primo assunto recita:

- Una particella non si può dividere, è indivisibile

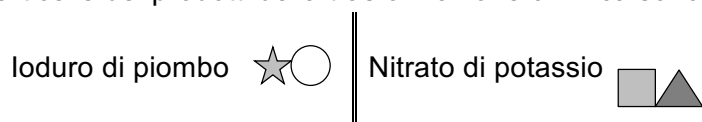
Però nelle trasformazioni chimiche i prodotti risultano costituiti da parti provenienti dalle sostanze reagenti. Questo significa che le particelle non possono più essere ritenute indivisibili ma, al contrario, devono essere ritenute divisibili, in quanto costituite da due o più parti che si assemblano in modo diverso dando origine ai prodotti della trasformazione. Si deve dunque ipotizzare che la particella di ioduro di potassio sia costituita da due particelle più piccole, una di ioduro e una di potassio, per cui lo ioduro di potassio può essere rappresentato in questo modo:



Analogamente, il nitrato di piombo può essere rappresentato in questo modo:



Di conseguenza, le particelle dei prodotti della trasformazione chimica sono così rappresentati:



Lo schema verbale

Ioduro di potassio + Nitrato di piombo → Nitrato di potassio + Ioduro di piombo
Viene tradotto nei simboli iconici



Molecole e atomi

I chimici del 1800 affrontarono il problema della divisibilità delle particelle disponendo dei risultati sperimentali ottenuti dal chimico francese Joseph-Louis Gay-Lussac (1778-1850) studiando le combinazioni fra diversi gas: idrogeno e ossigeno con produzione di acqua, idrogeno e azoto con produzione di ammoniaca, idrogeno e cloro con produzione di cloruro d'idrogeno, ecc.

Riflettendo sui dati sperimentali, Gay-Lussac propose una legge, nota come legge dei volumi, la quale recita:

Legge dei volumi²

Le combinazioni delle sostanze gassose le une con le altre avvengono sempre nei rapporti più semplici, di modo che indicando uno dei termini con l'unità, l'altro è 1 o 2 o tutt'al più 3.

² J.L. Gay-Lussac, *Sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres*, Mémoires de physique et de chimie, la Société d'Arcueil, Tome II, 1809, p. 207-234

Questa è una legge empirica, valida a livello macroscopico, che può essere spiegata a livello microscopico. A questo fine, consideriamo un caso specifico: la combinazione di gas idrogeno con gas cloro con formazione di cloruro d'idrogeno gassoso. A livello macroscopico si può accertare sperimentalmente che, a una determinata temperatura e pressione, 1 dm^3 di gas idrogeno reagisce completamente con 1 dm^3 di gas cloro dando 2 dm^3 di gas cloruro d'idrogeno. Cosa significa «reagisce completamente»? Significa che, al termine del processo, non rimane più gas idrogeno e non rimane più gas cloro: i due reagenti sono spariti ed è presente soltanto cloruro d'idrogeno. Come spiegare questo dato sperimentale a livello microscopico usando il modello particellare? Il problema fu affrontato e risolto dal chimico italiano Amedeo Avogadro (1776-1856) il quale mise in relazione i dati sperimentali di Gay-Lussac, ossia il livello macroscopico, con la struttura particellare delle sostanze, ossia il livello microscopico. Oggi possiamo formulare in questo modo la

Prima ipotesi di Avogadro³:

Volumi eguali di gas diversi, nelle stesse condizioni di temperatura e di pressione, contengono lo stesso numero di molecole.

Seguendo questa ipotesi, prendiamo come esempio la reazione fra gas idrogeno e gas cloro. A livello macroscopico risulta che 1 dm^3 di gas idrogeno reagisce completamente con 1 dm^3 di gas cloro. A livello microscopico ciò significa che in 1 dm^3 di gas idrogeno vi è lo stesso numero di particelle che contiene 1 dm^3 di gas cloro. Infatti una particella di cloro si combina con una particella d'idrogeno formando una particella di cloruro d'idrogeno.

Vi era però una difficoltà. Ragionando in questo modo, se 1 dm^3 di gas idrogeno reagisce con 1 dm^3 di gas cloro, si dovrebbe ottenere 1 dm^3 di gas cloruro d'idrogeno. Il ragionamento è semplice. Ammettiamo che 1 dm^3 di gas idrogeno contenga 100 particelle d'idrogeno. In base alla prima ipotesi di Avogadro, anche 1 dm^3 di gas cloro contiene 100 particelle di cloro. Poiché le particelle dei due gas si combinano una a una formando cloruro d'idrogeno, ne segue che si formeranno 100 particelle di cloruro d'idrogeno. Dal momento che 100 particelle di gas idrogeno e 100 particelle di gas cloro occupano entrambe il volume di 1 dm^3 , secondo l'ipotesi di Avogadro anche 100 particelle di cloruro d'idrogeno occuperanno questo volume. Tuttavia, in base ai dati sperimentali di Gay-Lussac, facendo reagire 1 dm^3 di gas idrogeno con 1 dm^3 di gas cloro si ottenevano 2 dm^3 di gas cloruro d'idrogeno. Per spiegare questa apparente anomalia, Avogadro avanzò una seconda ipotesi.

³ Così si esprimeva Avogadro: "Gay- Lussac ha mostrato in una interessante memoria (*Mémoires de la Société d'Arcueil*, tomo II) che le combinazioni dei gas tra loro avvengono sempre secondo rapporti molto semplici in volume, e quando il risultato della loro combinazione è allo stato gassoso, il suo volume è anch'esso in rapporto molto semplice con quello dei suoi componenti; ma i rapporti della quantità delle sostanze nelle combinazioni non possono che dipendere dal relativo numero di molecole che si combinano e di quello delle molecole composte che si ottengono. Bisogna dunque ammettere che esistono anche dei rapporti molto semplici tra i volumi delle sostanze gassose e il numero di molecole semplici o composte che li costituiscono. La prima ipotesi che si presenta a questo proposito, e che sembra la sola ammissibile, è quella di supporre che il numero di molecole integranti (ndt: quelle che oggi chiamiamo molecole) di qualunque gas, è sempre lo stesso a uguale volume, o è sempre proporzionale ai volumi."

A. Avogadro, *D'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons*,

Journal de physique de chimie et d'histoire naturelle et des arts, Tome LXXIII luglio 1811, p. 58-76

nonèunamela - Storia ed Epistemologia per una Nuova Didattica delle Scienze (SENDS)

Seconda ipotesi di Avogadro⁴:

Le particelle dei gas sono complesse, ossia formate da particelle più piccole che interagendo si ricombinano in modo tale da produrre i volumi che si ottengono sperimentalmente (Figura 8).

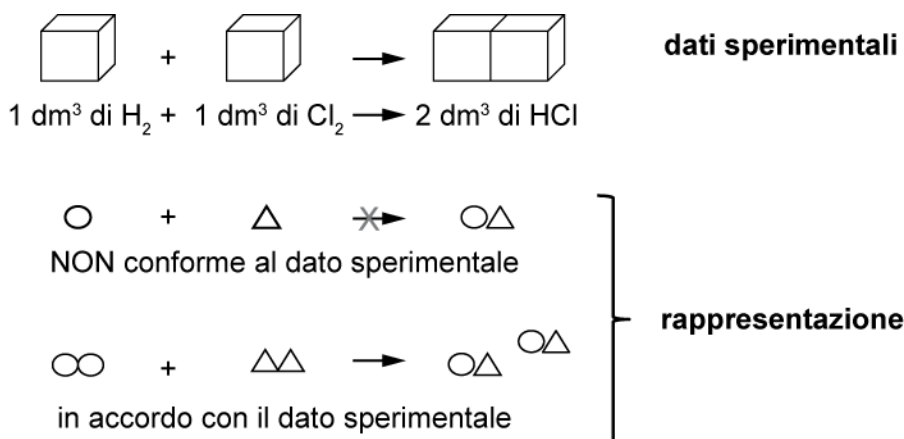


Figura 8 – I risultati sperimentali alla luce delle ipotesi di Avogadro

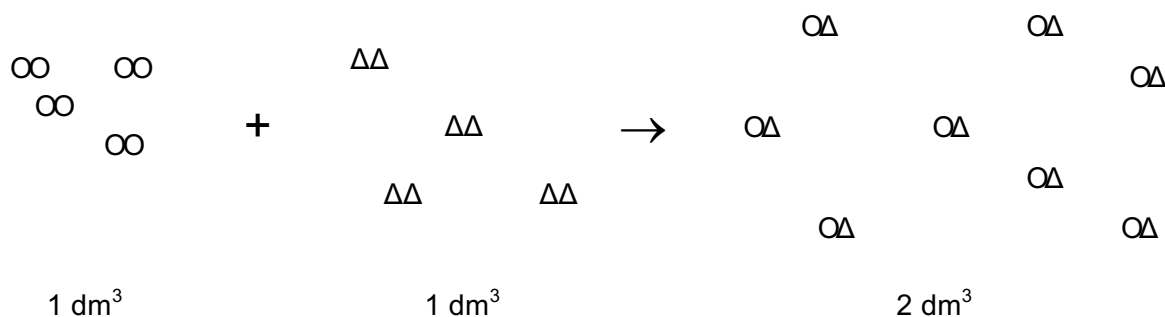
Per indicare le diverse particelle (“più grandi” e “più piccole”), il chimico italiano Stanislao Cannizzaro (1826-1910) propose di usare il termine **molecola** per le particelle più grandi e il termine **atomo** per le particelle più piccole.

Ora siamo in grado di rappresentare con il modello particellare la combinazione fra gas idrogeno e gas cloro con formazione di cloruro d'idrogeno, usando i seguenti segni iconici:

- O = atomo d'idrogeno Δ = atomo di cloro
 OO = molecola d'idrogeno ΔΔ = molecola di cloro
 OΔ = molecola di cloruro d'idrogeno

⁴ Così si esprimeva Avogadro nel caso dei gas idrogeno e ossigeno per dare gas acqua: ... il volume di acqua gassosa è, come mostrato da Gay-Lussac, doppio di quello del gas ossigeno e uguale a quello dell'idrogeno al posto di essere uguale a quello dell'ossigeno; però, si pone del tutto naturale un modo di spiegare questo fatto in conformità con la nostra ipotesi: occorre supporre che le molecole (quelle che oggi chiamiamo atomi-ndt) costituenti un gas semplice qualunque.....non siano formate da una sola molecola elementare (atomo-ndt), ma siano costituiti da un certo numero di queste molecole (atomi) riuniti in una sola (molecola-ndt) per attrazione e che quando delle molecole (degli atomi-ndt) di un'altra sostanza debbono unirsi a quelle là per formare delle molecole composte (quelle che oggi chiamiamo molecole-ndt), la molecola integrante (quella che oggi chiamiamo molecola-ndt) che dovrebbe formarsi si suddivida in due o più parti o molecole integranti (molecole-ndt) ciascuna formata dalla metà, da un quarto, ecc. del numero di molecole elementari (atomi-ndt) di cui era formata la molecola costituente la prima sostanza, combinata con la metà, il quarto, ecc.. del numero di molecole costituenti l'altra sostanza che dovrebbe combinarsi con la molecola totale.....; cosicchè il numero di molecole integranti (molecole-ndt) del composto diventano il doppio, quadruplo, ecc. di quelle che dovrebbero essere senza questa divisione in più parti, e tale per giustificare il volume di gas che ne risulta. **Così la molecola integrante dell'acqua, per esempio, sarà formata da una mezza molecola di ossigeno con una molecola, o, ciò che è la stessa cosa, due mezza molecole d'idrogeno.**

Avogadro A., *D'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons*, Journal de physique de chimie et d'histoire naturelle et des arts, Tome LXXIII luglio 1811, p. 58-76



La spiegazione è la seguente:

- le molecole di diidrogeno si dividono in atomi di idrogeno. Il gas idrogeno è costituito da molecole biatomiche (ogni molecola di gas idrogeno è formata da due atomi di idrogeno: il gas idrogeno è una **sostanza semplice**);
- le molecole di dicloro si dividono in atomi di cloro. Il gas cloro è costituito da molecole biatomiche (ogni molecola di gas cloro è formata da due atomi di cloro: il gas cloro è una **sostanza semplice**);
- Un atomo di cloro e un atomo di idrogeno si combinano formando una molecola di cloruro d'idrogeno. Il gas cloruro di idrogeno è costituito da molecole biatomiche (ogni molecola di gas cloruro di idrogeno contiene un atomo di idrogeno e un atomo di cloro: il gas cloruro di idrogeno è **una sostanza composta**).

Dato che la sostanza cloro è costituita di molecole diatomiche (o biatomiche), ci si riferisce a essa con il termine dicloro; la stessa regola vale per la sostanza idrogeno, che quindi viene denominata diidrogeno. Analogamente, si usano i termini diossigeno, diazoto, dibromo, difluoro, ecc. per indicare le sostanze semplici le cui molecole sono diatomiche.⁵

In generale, le particelle più grandi, le molecole, sono quelle che costituiscono le sostanze⁶. A livello macroscopico, le sostanze conservano la propria identità, ossia sono gli invarianti, nelle trasformazioni fisiche. A livello microscopico sono le molecole che conservano la propria identità, ossia le molecole sono gli **invarianti** di tali processi. Nelle trasformazioni chimiche, a livello macroscopico le sostanze non conservano la propria identità; questo significa che, a livello microscopico, le molecole non conservano la propria identità. D'altra parte, in una trasformazione chimica si ha conservazione della massa, ossia la massa totale dei prodotti che si sono formati è uguale alla massa totale dei reagenti che sono spariti. A livello microscopico, questa conservazione della massa viene spiegata ammettendo che si abbia conservazione del tipo e del numero degli atomi che costituiscono le molecole dei reagenti e che, alla fine della reazione, si ritrovano nelle molecole dei prodotti. L'interpretazione particellare conferma dunque la legge delle proporzioni

⁵ "Io credo che i progressi della scienza, fatti in questi ultimi anni, abbiano confermato l'ipotesi di Avogadro, di Ampère e di Dumas sulla simile costituzione dei corpi allo stato aeriforme, cioè che volumi eguali di essi, sieno semplici, sieno composti, contengono l'egual numero di molecole; non però l'egual numero di atomi, potendo le molecole dei vari corpi o quelle dello stesso corpo nei suoi vari stati, contenere un vario numero di atomi, sia della medesima natura, sia di natura diversa"

S. Cannizzaro, *Sunto di un corso di filosofia chimica, fatto nella R. Università di Genova*
Genova, 12 marzo 1858, p. 1

⁶ Alcune sostanze sono costituite di molecole monoatomiche ossia formate da un solo atomo. Si tratta delle sostanze chiamate gas rari.

definite e costanti che, secondo Proust⁷, regola la composizione delle sostanze.

La conclusione è quindi la seguente:

- ❖ Una sostanza è una porzione di materia dalla composizione chimica definita e costante (Proust) caratterizzata da proprietà definite (punto di fusione, punto di ebollizione, densità, ecc..)
- ❖ Le sostanze sono costituite di molecole le quali, a loro volta, sono costituite di atomi.
- ❖ Le molecole restano inalterate nelle trasformazioni fisiche, ma si dividono nelle trasformazioni chimiche.
- ❖ Durante le trasformazioni chimiche, gli atomi che costituiscono le molecole di partenza si ricombinano per formare nuove molecole; a livello microscopico questo spiega come, a livello macroscopico, le sostanze iniziali si trasformino in quelle finali.
- ❖ Il numero degli atomi si conserva nelle trasformazioni chimiche; a livello microscopico questo spiega come mai, a livello macroscopico, la massa totale del sistema non cambi.

Tenendo conto delle nozioni di molecola e di atomo, gli asserti del modello particellare vengono modificati nel modo seguente:

1. Le particelle di cui è costituita una sostanza (molecole) sono divisibili, poiché sono formate da altre particelle (atomi)
2. Una molecola non può cambiare forma
3. Una molecola ha sempre le stesse dimensioni
4. Una molecola di una certa sostanza ha sempre la stessa quantità di materia (massa), che cambia al cambiare della sostanza
5. Un solo tipo di molecola individua una sostanza
6. Un determinato numero di molecole dello stesso tipo equivale sempre alla stessa quantità di sostanza
7. Tra le molecole esistono spazi vuoti più o meno grandi secondo lo stato fisico della sostanza
8. Le molecole sono più o meno stipate tra loro e più o meno vincolate l'una all'altra secondo lo stato fisico della sostanza
9. Le molecole sono più o meno libere di muoversi e/o spostarsi secondo lo stato fisico della sostanza
10. Le molecole sono disposte in modo più o meno ordinato secondo lo stato fisico della sostanza

⁷ Queste sono le parole di Proust: *“Il composto ... è un prodotto privilegiato, a cui la natura ha assegnato una composizione fissa. La natura, anche quando si serve della mano dell'uomo, non produce mai un composto sbilanciato. La composizione delle sostanze è sempre costante, da un polo all'altro. L'aspetto esterno dei composti può variare al variare della loro struttura di aggregazione, ma le loro proprietà restano invariate. Non si sono osservate differenze tra l'ossido di ferro delle miniere del Nord e quello delle miniere del Sud; l'argento della Siberia è uguale in tutto e per tutto all'argento del Perù. In tutto il mondo esiste un unico cloruro di sodio, un unico solfato di bario. Infine, tutte le altre sostanze composte possiedono la stessa composizione in tutto il mondo.”*

J.L. Proust, *Sur les mines de cobalt, nickel et autres*, Journal de physique de chimie et d'histoire naturelle, Tome LXIII novembre 1806, p. 364-377

DALLA TRASFORMAZIONE CHIMICA ALLA REAZIONE CHIMICA

Come già sappiamo, la trasformazione chimica appartiene al mondo del concreto, al livello macroscopico: in essa si parla di fenomeni, di fatti empirici (cambiamento di colore, formazione di precipitato, sviluppo di gas, ecc.) che avvengono in un sistema chimico.

- Un **sistema chimico** è un insieme di specie chimiche che possono interagire fra di loro dando origine a nuove specie chimiche.
- Una **trasformazione chimica** è la modificazione di un sistema chimico che evolve da uno *stato iniziale* (stato del sistema prima della trasformazione) a uno *stato finale* (stato del sistema dopo la trasformazione) di composizione differente.



Durante l'evoluzione del sistema chimico, una o più specie chimiche sono consumate parzialmente o totalmente: si tratta dei **reagenti**; una o più altre specie chimiche sono formate: si tratta dei **prodotti**.

- Un **reagente** è una specie chimica che viene consumata nel corso di una trasformazione chimica.
- Un **prodotto** è una specie chimica che viene formata nel corso di una trasformazione chimica.

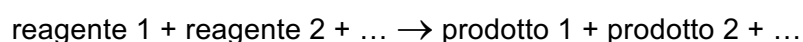
Per esempio, facendo interagire il diidrogeno con il dicloro si ottiene cloruro di idrogeno. Il sistema chimico iniziale è costituito dal gas diidrogeno e dal gas dicloro; i reagenti sono il diidrogeno e il dicloro; il prodotto è il gas cloruro d'idrogeno. Nel corso della trasformazione chimica il diidrogeno e il dicloro (i reagenti) si combinano dando origine a un prodotto (il cloruro di idrogeno).

LA REAZIONE CHIMICA

La trasformazione chimica viene modellizzata associandola a una **reazione chimica** che rende conto delle interazioni che hanno luogo fra le entità chimiche a **livello microscopico**.

La reazione chimica:

- modellizza la trasformazione chimica subita da un sistema chimico;
- indica in quali **proporzioni** i reagenti sono **consumati** e i prodotti sono **formati**;
- la sua scrittura simbolica si chiama **schema di reazione**:



Il senso della freccia indica il senso in cui evolve il sistema chimico

Per scrivere lo schema di reazione (o equazione di reazione) si ricorre:

- ai *simboli chimici* e alle formule chimiche per indicare i reagenti e i prodotti;
- ai *coefficienti stechiometrici* per precisare le proporzioni in cui i reagenti sono consumati e i prodotti sono formati;
- alla freccia (\rightarrow) per significare il passaggio dai reagenti ai prodotti (quindi uno schema di reazione descrive l'evoluzione di un sistema in cui avviene una reazione chimica);

In conclusione possiamo dire che **una trasformazione chimica è ciò che si vede**: la realtà.

Poiché è troppo complicato esprimere a parole le trasformazioni che avvengono in un sistema chimico, il chimico deve ricorrere a un modello. Questo modello si chiama **reazione chimica**.

Diremo quindi che **una reazione chimica è la modellizzazione di una trasformazione chimica**

I simboli chimici

Per modellizzare la trasformazione chimica delle sostanze semplici diidrogeno e dicloro in cloruro d'idrogeno, si ricorre alla reazione chimica e quindi si chiamano in gioco le molecole: una molecola di diidrogeno reagisce con una molecola di dicloro dando due molecole di cloruro d'idrogeno.

Per rappresentare questa reazione chimica si può ricorrere ai segni iconici:

O = atomo d'idrogeno

Δ = atomo di cloro

OO = molecola d'idrogeno

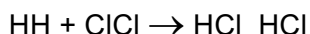
ΔΔ = molecola di cloro

OΔ = molecola di cloruro d'idrogeno

Lo schema di reazione è il seguente:



I chimici però non utilizzano i segni iconici ma specifici simboli chimici che sono costituiti da una o due lettere dell'alfabeto.⁸ Per l'atomo di idrogeno utilizzano il simbolo H, per l'atomo di cloro utilizzano il simbolo Cl, e per la molecola di cloruro d'idrogeno il simbolo HCl. Passando dai segni iconici ai simboli chimici, lo schema di reazione diventa:



schema 1

Gli indici

Anziché scrivere ClCl per indicare una molecola biatomica di dicloro, i chimici hanno deciso di scrivere una sola volta il simbolo chimico dell'atomo di cloro (Cl) e di indicare con un numero scritto a pedice il numero degli atomi presenti nella molecola (in questo caso due): **Cl₂**. La stessa convenzione vale per la molecola di diidrogeno che quindi viene indicata con il simbolo **H₂**. Quindi il simbolo di un atomo seguito da un indice scritto a pedice indica *quanti atomi di un determinato tipo*

⁸ "Quando ci sforziamo di esprimere le proporzioni chimiche, abbiamo la necessità di simboli chimici. La chimica li ha sempre posseduti, ma finora sono stati di scarsa utilità. Senza alcun dubbio, devono la loro origine alla presunta relazione misteriosa che gli alchimisti ritenevano esistesse tra i metalli e i pianeti, e dal desiderio che essi avevano di esprimersi in una maniera incomprensibile per il pubblico. Proponendo dei nuovi simboli chimici, cercherò di evitare gli inconvenienti che rendevano gli antichi segni di scarsa utilità. Io prenderò dunque, per i simboli chimici, la prima lettera del nome latino di ciascuna sostanza elementare (sostanza semplice, n.d.t): ma, dato che parecchie hanno la stessa lettera iniziale, le distinguerò nella seguente maniera: 1. nella classe che io ho chiamato metalloidi, conservo solamente la lettera iniziale anche se è comune sia al metalloide sia a certi metalli. 2. Nella categoria dei metalli, distinguerò quelli che hanno la stessa iniziale di un altro metallo o di un metalloide, scrivendo le due prime lettere della parola. 3. Se le prime due lettere sono comuni a due metalli, aggiungerò alla lettera iniziale la prima consonante che non hanno in comune: per esempio, S = solfo (zolfo), Si = Silicium, St = Stibium (antimonio, avente ora simbolo Sb), Sn = stannum (stagno), C = carbonicum (carbonio), Co = cobaltum, Cu = cuprum (rame), O = ossigeno, Os = osmium, ecc."

J. J. Berzelius, *Essay on the Cause of Chemical Proportions, and on Some Circumstances Relating to Them: Together with a Short and Easy Method of Expressing Them*, *Annals of Philosophy* 2, 443-454 (1813), 3, 51-2, 93-106, 244-255, 353-364 (1814) [from Henry M. Leicester & Herbert S. Klickstein, eds., *A Source Book in Chemistry, 1400-1900* (Cambridge, MA:Harvard, 1952)]

sono presenti in una molecola. Gli indici sono numeri interi, generalmente piccoli; l'indice "1" è sempre sottointeso.

Esempio – Lo schema 1 diventa



Le formule chimiche

Il simbolo H_2 indica che due atomi di idrogeno costituiscono una molecola di diidrogeno; quindi H_2 è il simbolo di una molecola di diidrogeno. Analogamente Cl_2 è il simbolo di una molecola di dicloro. Però il simbolo H_2 ha anche un altro significato: è la *formula chimica* della sostanza diidrogeno; analogamente Cl_2 è la *formula chimica* della sostanza dicloro e HCl è la *formula chimica* della sostanza cloruro d'idrogeno.

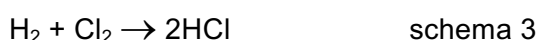
La formula chimica è una rappresentazione sintetica che usa i simboli chimici per indicare quanti atomi di un certo tipo sono presenti nella molecola di una sostanza.

Ad esempio, H_2O è la formula chimica della sostanza *acqua* e indica che in ciascuna molecola di acqua sono presenti due atomi di idrogeno e un atomo di ossigeno. NH_3 è la formula chimica dell'*ammoniaca* e indica che in ciascuna molecola di ammoniaca sono presenti un atomo di azoto e tre atomi d'idrogeno.

I coefficienti

Anziché scrivere (schema 2) $\text{HCl} \quad \text{HCl}$ per indicare due molecole di cloruro di idrogeno, i chimici scrivono il simbolo della molecola e poi lo fanno precedere da un numero che indica quante sono le molecole: **2 HCl**. Tale numero è detto *coefficiente*, e indica la *quantità relativa di particelle* (atomi o molecole) coinvolte nella reazione. Mediante i coefficienti è dunque possibile indicare in quali proporzioni i reagenti sono consumati e i prodotti sono formati. I coefficienti sono sempre numeri interi. Anche in questo caso il numero "1" è sempre sottointeso.

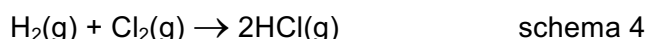
Esempio – Lo schema 2 diventa



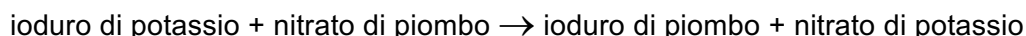
Per stabilire se uno schema di reazione è corretto, occorre tenere presente che in una reazione chimica il numero degli atomi si conserva. Quindi il numero di atomi di una determinata specie chimica deve essere lo stesso nei reagenti e nei prodotti.

Simboli particolari

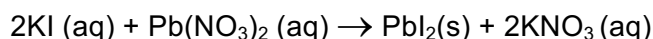
Nella scrittura di uno schema di reazione possono essere aggiunti particolari simboli o abbreviazioni per precisare determinate caratteristiche dei reagenti e dei prodotti. Per esempio, abbreviazioni che indicano lo stato fisico della sostanza nelle condizioni sperimentali della trasformazione chimica considerata. In questo caso, lo schema 3 viene scritto



La notazione (g) indica che la sostanza che partecipa alla trasformazione chimica si trova allo stato di gas. La trasformazione chimica che abbiamo schematizzato con il linguaggio verbale, cioè con uno **schema nominativo** in questo modo



possiamo scriverla



La presenza della notazione (aq) vicino alle formule chimiche delle sostanze specifica che esse si trovano in soluzione acquosa, mentre la notazione (s) accanto alla formula chimica PbI_2 indica che questo prodotto della trasformazione precipita allo stato solido.

Simbolo	Significato
+	reagisce con
→	per dare
(s)	solido
(l)	liquido
(g)	gassoso
(aq)	in soluzione acquosa

CONCLUSIONI

Le trasformazioni chimiche possono essere rappresentate utilizzando diversi tipi di **linguaggio**:

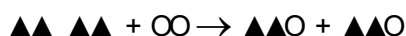
- ✓ linguaggio verbale (*schema nominativo*): diidrogeno + dicloro → cloruro di idrogeno
- ✓ linguaggio iconico: OO + ΔΔ → OΔ OΔ
- ✓ linguaggio simbolico chimico (*schema di reazione*): $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$

Come si scrive uno schema di reazione?

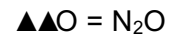
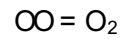
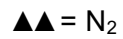
Per scrivere uno schema di reazione si seguono le seguenti regole generali.

1. Scrivere le formule chimiche dei reagenti e dei prodotti.
2. Collocare i simboli dei reagenti a sinistra e separare due reagenti con il segno (+). Collocare i simboli dei prodotti a destra e separare due prodotti con il segno (+).
3. Separare i reagenti dai prodotti con una freccia (→) la quale significa «per dare» e indica che i prodotti si formano a partire dai reagenti.
4. Bilanciare lo schema di reazione piazzando opportuni coefficienti davanti ai simboli dei reagenti e dei prodotti in modo che si abbia conservazione del numero degli atomi. Quando il coefficiente è 1, esso viene omissso.
5. Spesso si indica lo stato fisico dei reagenti e dei prodotti con opportuni simboli collocati immediatamente dopo il simbolo di ogni reagente e di ogni prodotto.

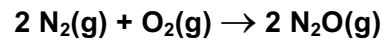
Esempio – Facendo reagire il diazoto con il diossigeno si ottiene una sostanza composta gassosa chiamata monossido di diazoto. Usando i segni iconici, la reazione viene rappresentata con il seguente schema: (▲ = atomo di azoto O = atomo di ossigeno)



Sapendo che il simbolo chimico dell'azoto è **N** e quello dell'ossigeno è **O** come si scrive lo schema di reazione usando i simboli chimici?



e quindi



Questo schema di reazione si legge in questo modo: due molecole di diazoto *reagiscono con* (segno +) una molecola di diossigeno *per dare* (segno →) due molecole di monossido di diazoto.

ESERCIZI E PROBLEMI

1. Nei seguenti fenomeni, distingui le trasformazioni fisiche da quelle chimiche. Inoltre, indica quando si ha formazione di una miscela. Giustifica le tue scelte.

Fatti	Tipo di Trasformazione		formazione di una miscela	Giustificazione
	chimica	fisica		
una goccia di candeggina cade sui blue-jeans che vengono decolorati				
una goccia d'inchiostro cade in un bicchiere d'acqua; il colore diffonde				
un pezzo di cera viene scaldato e fonde				
Una candela viene accesa e si consuma				
Si versa dell'aceto sul carbonato di sodio; si formano delle bollicine				
Si zucchera il caffè				
una mela viene dimenticata nel forno acceso e carbonizza				
Si versa qualche goccia di succo di limone nel latte; il latte caglia				
Si brucia della legna per il barbecue				
Si scalda dell'acqua che si mette a bollire				
Si mette una compressa d'aspirina in un bicchiere d'acqua; si ha effervescenza				
Si aggiunge all'acqua dello sciroppo di menta				
Una fetta di mela viene dimenticata in un piatto e marcisce				
In primavera la neve fonde				

2. Nel laboratorio di chimica disponi delle seguenti sostanze:

- acqua distillata
- zolfo (polvere)
- ferro (limatura)
- alcol (etanolo)
- esano
- cloruro di sodio
- nitrato di potassio
- ioduro di piombo

Scrivi quali di queste sostanze potresti utilizzare per ottenere:

- a. una miscela omogenea solido-liquido
- b. una miscela eterogenea solido-solido
- c. una miscela eterogenea liquido-liquido
- d. una miscela eterogenea solido-liquido
- e. una miscela omogenea liquido-liquido

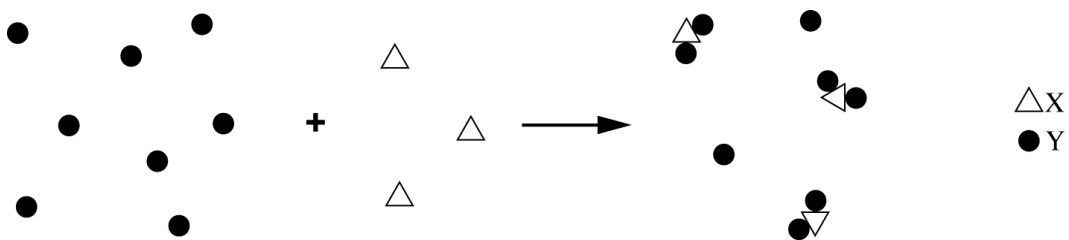
Per ciascun caso:

- giustifica la tua scelta
 - rappresenta con simboli iconici ciò che otterresti
3. Utilizzando le informazioni che i seguenti schemi ti forniscono su due trasformazioni chimiche, descrivi brevemente ciò che avviene nel sistema.
 - a. carbonato di calcio (s) + acido acetico (aq) → acetato di calcio (aq) + anidride carbonica (g)
 - b. bromuro di sodio (aq) + nitrato d'argento (aq) → bromuro d'argento (s) + nitrato di sodio (aq)
 4. Per ciascuna delle trasformazioni chimiche descritte sotto, scrivi lo schema nominativo utilizzando il linguaggio verbale.
 - a. Una piccola quantità di solfato ferroso, un solido granulare di colore verde-azzurro, viene sciolto in 50 mL di acqua: la soluzione risultante è limpida, anch'essa di colore verde-azzurro. In un altro becher, si scioglie sempre in 50 mL di acqua una piccola quantità di idrossido di sodio, ottenendo una soluzione trasparente e incolore. Quando si uniscono le due soluzioni, sul fondo del becher si deposita un solido di colore verde scuro, l'idrossido di ferro. La parte acquosa della soluzione eterogenea risultante viene analizzata e risulta essere costituita da acqua e da una sostanza solida disciolta in essa, il solfato di sodio.
 - b. A una piccola quantità di polvere di alluminio posta su un vetrino da orologio si aggiunge goccia a goccia con una pipetta una soluzione di cloruro di idrogeno. Lentamente la polvere di alluminio scompare, mentre nella soluzione incolore che rimane sul vetrino (costituito da acqua e da cloruro di alluminio disciolto in essa) si sviluppa effervescenza, dovuta al gas idrogeno.
 5. In una caldaia a gas brucia del propano che reagisce con il diossigeno dell'aria producendo diossido di carbonio e acqua. Quali sono i reagenti? Quali sono i prodotti?
 6. Il nitrato di argento (AgNO_3) e il cloruro di sodio (NaCl) sono due sostanze pulverulente di colore bianco. Interagendo con l'acqua, entrambe le sostanze si sciolgono formando una soluzione incolore. Se si immettono alcune gocce di una soluzione nell'altra, si forma un corpo solido bianco: il cloruro di argento (figura 9).



Figura 9 – Formazione del precipitato di cloruro d'argento

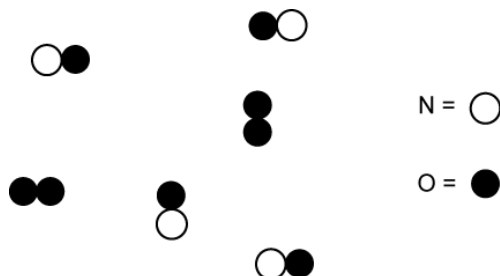
- Scrivi lo schema nominativo della reazione chimica
 - Quali sono i prodotti che si formano?
 - Scrivi lo schema della reazione usando i simboli chimici.
 - Qualcuno potrebbe affermare che il corpo solido bianco che si forma mescolando le due soluzioni è una delle sostanze di partenza che sono entrambe di colore bianco. Su quali evidenze sperimentali puoi basarti per escludere una simile eventualità?
7. Il metano (CH_4) si combina con il diossigeno formando diossido di carbonio (CO_2) e acqua (H_2O).
Scrivi la schema di reazione con opportuni segni iconici e con i simboli chimici.
- Quante molecole di diossigeno figurano fra i reagenti nello schema di reazione?
 - Quanti atomi di idrogeno contiene la molecola di metano?
 - Quante molecole di diossido di carbonio e di acqua si formano nella reazione?
8. La reazione della sostanza semplice X (Δ) con la sostanza semplice Y (\bullet) è rappresentata in questo modo con i segni iconici:



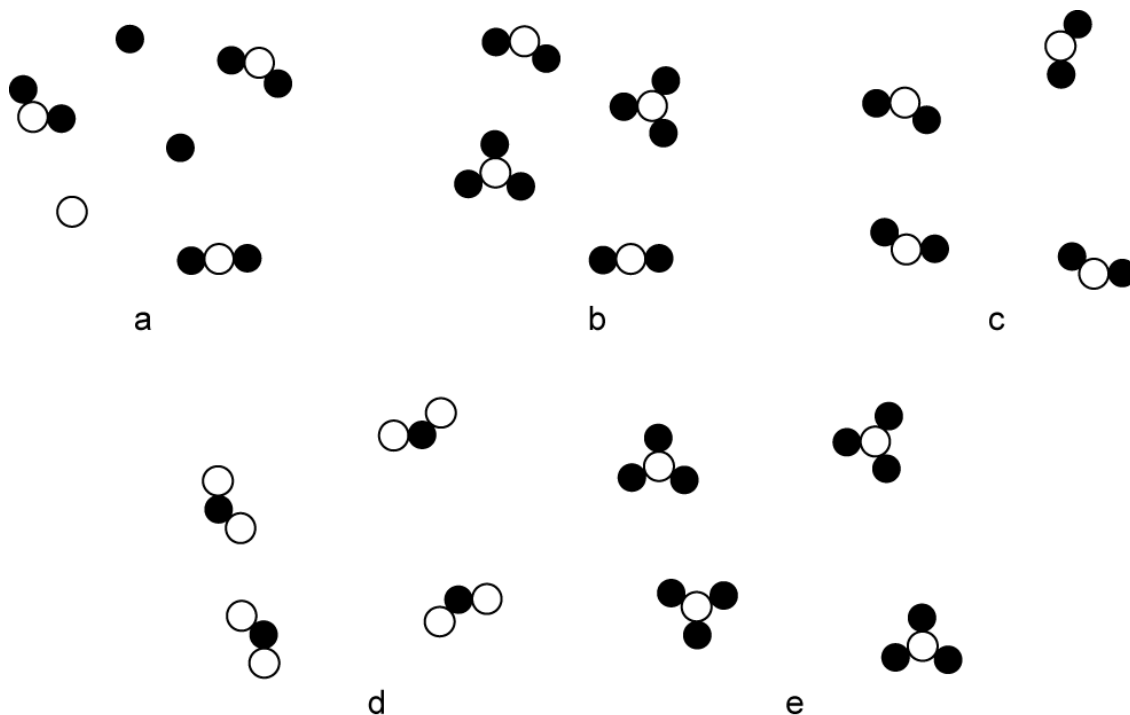
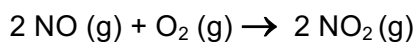
Fra i seguenti schemi di reazione, quale è corretto?

- $3X + 8Y \rightarrow X_3Y_8$
- $3X + 6Y \rightarrow X_3Y_6$
- $X + 2Y \rightarrow XY_2$
- $3X + 8Y \rightarrow 3XY_2 + 2Y$
- $X + 4Y \rightarrow XY_2$

9. Nel disegno è rappresentato lo stato iniziale di un sistema chimico costituito di due sostanze allo stato gassoso in un contenitore a tenuta.



Fra i seguenti disegni, indica quello che rappresenta il sistema allo stato finale dopo che le sostanze hanno reagito completamente secondo lo schema di reazione:

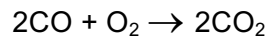


10. Esaminiamo la trasformazione chimica che coinvolge la sostanza *A* e la sostanza *diossigeno*. Essendo entrambe allo stato gassoso, ammettiamo di operare a temperatura e pressioni costanti. La situazione sperimentale è la seguente:

- un cilindro è chiuso alle due estremità da due pistoni mobili;
- un diaframma rimovibile divide il cilindro in due compartimenti a tenuta;
- un compartimento contiene la sostanza *A*, l'altro contiene *diossigeno*.

- Si rimuove il diaframma e si fa avvenire la trasformazione completa dei due gas ottenendo una nuova sostanza gassosa.

Usando la rappresentazione simbolico-chimica, un tuo compagno ha scritto le sostanze prima della trasformazione (reagenti) e dopo la trasformazione (prodotti) nel modo seguente:



- a. Questo schema di reazione indica che reagiscono rispettivamente i seguenti volumi di gas:
- 2 dm³ della sostanza A e 0,5 dm³ di diossigeno
 - 2 dm³ della sostanza A e 1 dm³ di diossigeno
 - 2 dm³ della sostanza A e 2 dm³ di diossigeno
 - 1 dm³ della sostanza A e 2 dm³ di diossigeno
 - 0,5 dm³ della sostanza A e 1 dm³ di diossigeno

Giustifica la tua scelta

.....

- b. Usando il Modello Particellare, rappresenta iconicamente le sostanze prima e dopo la trasformazione.

SOSTANZA A	DIOSSIGENO	NUOVA SOSTANZA
------------	------------	----------------

11. Prendiamo in considerazione la trasformazione chimica che coinvolge le sostanze gassose *diossido di zolfo (SO₂)* e *diossigeno (O₂)*. Dato che si tratta di sostanze allo stato gassoso, ammettiamo di operare a temperatura e pressione costanti. La situazione sperimentale è la seguente:

- un cilindro è chiuso alle due estremità da due pistoni mobili;
- un diaframma rimovibile divide il cilindro in due comparti a tenuta;
- il comparto A contiene 2 dm³ di *diossido di zolfo (3,20 g)*; il comparto B contiene 1 dm³ di *diossigeno (0,80 g)*.
- Si rimuove il diaframma e si fa avvenire la trasformazione *completa* dei due gas ottenendo 2 dm³ di una nuova sostanza gassosa.

- a. Usando il Modello Particellare, rappresenta iconicamente le sostanze prima e dopo la trasformazione.

DIOSSIDO DI ZOLFO	DIOSSIGENO	NUOVA SOSTANZA
-------------------	------------	----------------

- b. Scrivi lo schema della reazione chimica.

- c. Denomina la nuova sostanza

- d. Calcola la massa di diossido di zolfo necessaria per preparare 2,0 kg della nuova sostanza

12. Scrivi lo schema di reazione relativo alle trasformazioni chimiche descritte. Per ciascuno schema fai anche una rappresentazione utilizzando il modello particellare.

- a. Una piccola quantità di ioduro di potassio (KI), un solido bianco, viene sciolto in 5 mL di acqua deionizzata: la soluzione risultante è limpida e trasparente. In un'altra provetta si scioglie, sempre in 5 mL di acqua deionizzata, una piccola quantità di nitrato di argento (AgNO₃), un altro solido bianco, ottenendo di nuovo una soluzione trasparente e incolore. Quando si uniscono le due soluzioni, sul fondo della provetta si deposita un solido di colore giallo, lo ioduro di argento (AgI). La parte acquosa della soluzione eterogenea risultante viene analizzata e risulta essere costituita da acqua e da un solido disciolto in essa, il nitrato di potassio (KNO₃).
- b. Una piccola quantità di bromuro di sodio (NaBr), un solido bianco, viene sciolto in 5 mL di acqua deionizzata: la soluzione risultante è limpida e trasparente. In un'altra provetta si scioglie, sempre in 5 mL di acqua deionizzata, una piccola quantità di nitrato di argento (AgNO₃), un altro solido bianco, ottenendo di nuovo una soluzione trasparente e incolore. Quando si uniscono le due soluzioni, sul fondo della provetta si deposita un solido di colore giallo chiaro, il bromuro di argento (AgBr). La parte acquosa della soluzione eterogenea risultante viene analizzata e risulta essere costituita da acqua e da un solido disciolto in essa, il nitrato di sodio (NaNO₃).
- c. Una piccola quantità di cloruro di zinco (ZnCl₂), un solido bianco, viene sciolto in 5 mL di acqua deionizzata: la soluzione risultante è limpida e trasparente. In un'altra provetta si scioglie, sempre in 5 mL di acqua deionizzata, una piccola quantità di idrossido di sodio (NaOH), un altro solido bianco, ottenendo di nuovo una soluzione trasparente e incolore. Quando si uniscono le due soluzioni, sul fondo della provetta si deposita un solido di colore bianco, l'idrossido di zinco [Zn(OH)₂]. La parte acquosa della soluzione eterogenea risultante viene analizzata e risulta essere costituita da acqua e da un solido disciolto in essa, il cloruro di sodio (NaCl).
- d. Una piccola quantità di carbonato di sodio (Na₂CO₃), un solido bianco, viene sciolto in 5 mL di acqua deionizzata: la soluzione risultante è limpida e trasparente. In un'altra provetta si scioglie, sempre in 5 mL di acqua deionizzata, una piccola quantità di cloruro di bario (BaCl₂), un altro solido bianco, ottenendo di nuovo una soluzione trasparente e incolore. Quando si uniscono le due soluzioni, sul fondo della provetta si deposita un solido di colore bianco, il carbonato di bario [BaCO₃]. La parte acquosa della soluzione eterogenea risultante viene analizzata e risulta essere costituita da acqua e da un solido disciolto in essa, il cloruro di sodio (NaCl).

13. Rappresenta con il modello particellare i seguenti schemi di reazione. Utilizzando le informazioni che ciascuno schema di reazione ti fornisce su una trasformazione chimica, descrivi brevemente ciò che avviene nel sistema.

