



6. LE TRASFORMAZIONI CHIMICHE: GLI ATOMI E LE MOLECOLE

Introduzione

Questa sequenza ha lo scopo di portare l'allievo a distinguere le trasformazioni fisiche da quelle chimiche e a concettualizzarle a due livelli, macroscopico e microscopico. A livello macroscopico, l'allievo dovrebbe concettualizzare la trasformazione fisica come un processo nel quale le sostanze conservano la propria identità; a livello microscopico, come un processo nel quale il tipo delle particelle che costituiscono le sostanze resta inalterato. Nel caso della trasformazione chimica, a livello macroscopico l'allievo dovrebbe concettualizzarla come un processo nel quale le sostanze che reagiscono non conservano la propria identità; a livello microscopico, come un processo nel quale il tipo delle particelle che costituiscono le sostanze non resta inalterato. In questo modo, gli allievi si trovano nella necessità di ammettere che le unità costitutive delle sostanze non possono essere ritenute indivisibili (assioma di partenza del modello particellare). Se si ammette che le unità costitutive (particelle) delle sostanze siano divisibili, si deve pure ammettere che dovrebbero esistere altre particelle che, combinandosi, danno origine alle prime. Si giunge così ad ammettere l'esistenza di due tipi di particelle che i chimici hanno denominato *molecola* (particella costitutiva delle sostanze) e *atomo* (particella costitutiva delle molecole). In questo modo, l'esistenza degli atomi e delle molecole non è più un atto di fede, ma una congettura plausibile proposta da alcuni scienziati per rispondere a interrogativi problematici e poi accettata dalla comunità scientifica come "programma di ricerca" che si è rivelato estremamente fecondo.

In questa sequenza si porta pure l'allievo a distinguere fra *trasformazione chimica* e *reazione chimica*. Tale distinzione è funzionale all'esistenza dei due livelli di descrizione e interpretazione del mondo, quello macroscopico e quello microscopico; essa tornerà particolarmente utile nel caso dei sistemi chimici all'equilibrio. La trasformazione chimica è il processo a livello macroscopico nel quale sono coinvolte le sostanze: in una trasformazione chimica il sistema passa dalle sostanze iniziali (reagenti) alle sostanze che da queste prendono origine (prodotti). Per modellizzare la trasformazione chimica si ricorre al *modello della reazione chimica* che permette di rappresentare la trasformazione chimica mediante uno *schema di reazione*¹, utilizzando il linguaggio simbolico chimico.

È un principio generale delle scienze della natura che là ove qualcosa cambia (variante), vi è sempre qualcosa che non cambia (invariante). Se nelle trasformazioni chimiche le molecole cambiano (si passa dalle molecole dei reagenti a quelle dei prodotti) ciò che non cambia sono gli atomi, almeno nell'ambito del modello atomico/molecolare. In seguito, si arriverà a costruire l'idea più corretta che ciò che conserva la propria identità nelle trasformazioni chimiche è l'elemento².

A conclusione della sequenza, gli allievi dovrebbero essere in grado di:

1. distinguere fra sostanza semplice e sostanza composta;
2. distinguere fra sostanza composta e miscela di più sostanze;
3. distinguere tra trasformazione fisica e trasformazione chimica;
4. precisare gli attributi essenziali delle trasformazioni fisiche e di quelle chimiche a livello macroscopico e a livello microscopico;
5. distinguere le molecole dagli atomi;
6. distinguere i tipi di atomi che costituiscono una molecola;

¹ Abitualmente viene denominato "equazione chimica" o "equazione di reazione".

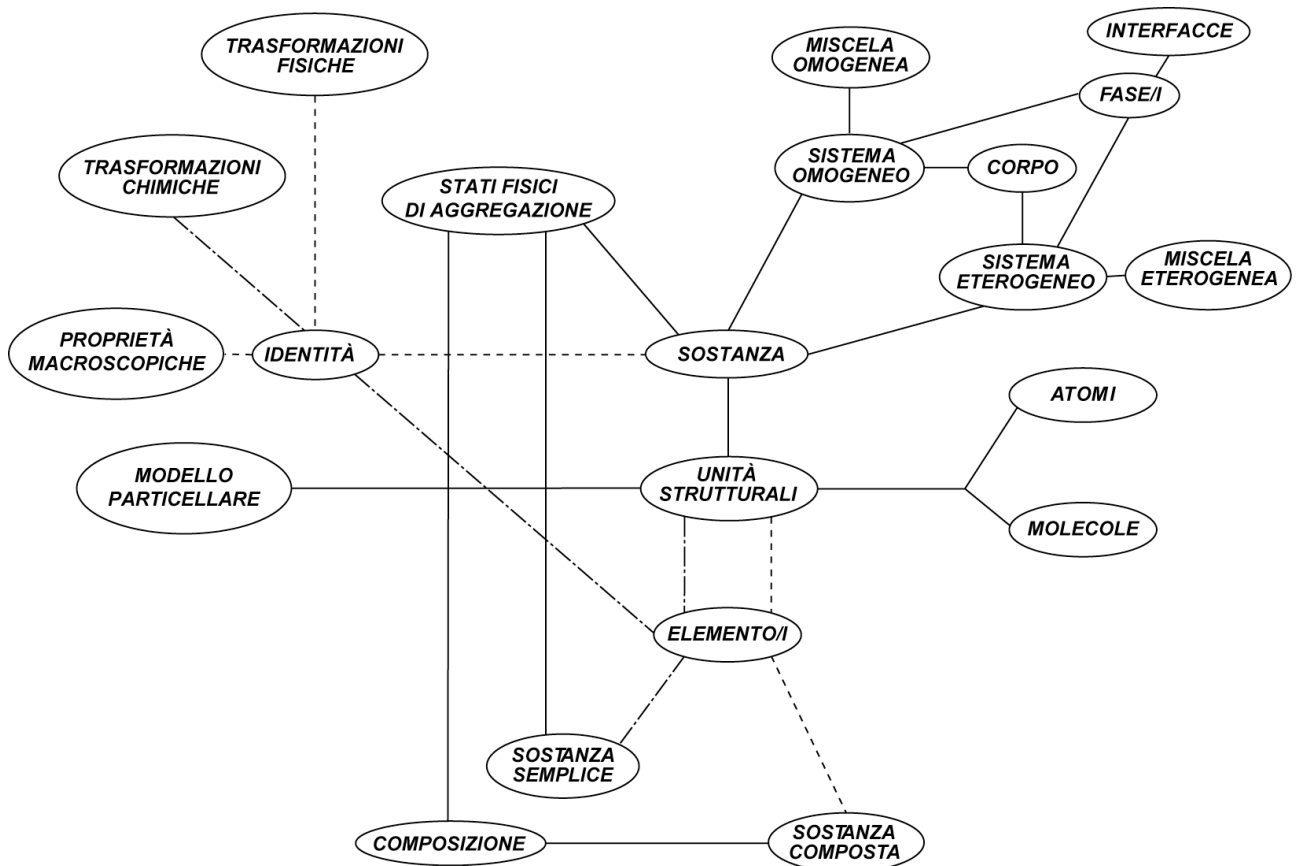
² È importante non confondere il concetto di elemento con quello di sostanza semplice e con quello di atomo.

7. rappresentare la trasformazione chimica a livello microscopico sia usando il linguaggio iconico sia utilizzando il linguaggio simbolico della chimica, ricorrendo al *modello della reazione chimica* che permette di rappresentare la trasformazione chimica mediante uno *schema di reazione*;
8. bilanciare semplici reazioni chimiche;

Formulazioni di riferimento (livello macroscopico-microscopico)

- un corpo può essere un sistema omogeneo o eterogeneo
- un sistema omogeneo è costituito da una sola fase; non sono riconoscibili interfacce
- un sistema eterogeneo è costituito da due o più fasi; sono riconoscibili una o più interfacce
- un corpo può essere costituito da una o più sostanze
- un corpo costituito da più sostanze è una miscela di sostanze
- una miscela è omogenea se costituita da una fase, è eterogenea se costituita da due o più fasi
- la sostanza mantiene la propria identità nelle trasformazioni fisiche, ma non in quelle chimiche
- una sostanza è formata da un solo tipo di unità strutturali (unità chimiche)
- le unità strutturali (unità chimiche) che costituiscono una sostanza mantengono la propria identità nelle trasformazioni fisiche, ma non in quelle chimiche
- le unità strutturali (unità chimiche) che costituiscono una sostanza assumono le proprietà definite dal modello particellare
- le unità strutturali (unità chimiche) possono essere atomi e molecole
- le unità strutturali (unità chimiche) costituite da un solo elemento sono caratteristiche di una sostanza semplice;
- le unità strutturali (unità chimiche) costituite da due o più elementi sono caratteristiche di una sostanza composta;
- l'elemento mantiene la propria identità nelle trasformazioni chimiche, ossia l'invariante delle trasformazioni chimiche è l'elemento

Reticolo di concetti (livello macroscopico-microscopico)



Si ricorda che il reticolo di concetti e le relative formulazioni di riferimento che vengono proposte all'insegnante all'inizio delle sequenze didattiche costituiscono una guida progettuale e non devono **mai** essere fornite agli allievi. A ciascuno di questi verrà richiesto di costruire il proprio reticolo di concetti al termine di ogni sequenza o di una serie di sequenze. Questo reticolo rappresenta una tappa verso la costruzione del reticolo generale riportato all'inizio del capitolo 2 e permetterà a ogni studente di rappresentare con questo strumento l'evoluzione della propria rete concettuale. L'insegnante avrà così modo di confrontare i reticoli costruiti dagli allievi con quelli forniti nel testo. Sarà quindi possibile, come già detto, sia verificare la significatività dell'apprendimento e valutare la qualità delle attività di insegnamento/apprendimento, sia ricavare informazioni sulle concezioni degli studenti e scoprire la presenza di concezioni difformi.

Sequenza didattica

Questa sequenza viene messa in atto dopo che gli allievi sono stati impegnati in attività di modellizzazione che li hanno portati a costruire un modello particellare (potrebbe essere chiamato “di primo livello”) con il quale è possibile interpretare a livello microscopico gli stati fisici della materia, i passaggi di stato e altri fenomeni fisici (dilatazione, dissoluzione, miscelazione, ecc.). Inoltre si è costruito il concetto di sostanza sia a livello macroscopico sia a livello microscopico. Ora si tratta di proseguire l'indagine sulla materia abordando il problema della trasformazione chimica e alcuni concetti a questa collegati, come quelli di atomo, molecola e peso atomico (massa atomica relativa). Con un approccio di tipo storico, si porteranno gli allievi ad acquisire tali conoscenze affrontando interrogativi problematici analoghi a quelli cui dovettero dare risposta gli scienziati tra l'inizio del 1800 e il 1860 (Congresso di Karlsruhe). In questo modo, gli allievi avranno la possibilità di dare un senso alle conoscenze acquisite e l'opportunità di collocarle in un contesto adeguato dal punto di vista epistemologico.

ATTIVITÀ 1: DALLE TRASFORMAZIONI FISICHE A QUELLE CHIMICHE

L'insegnante ricorda agli allievi che in precedenza la classe ha costruito un modello particellare con il quale è possibile rappresentare le sostanze e le miscele (omogenee ed eterogenee), gli stati fisici dei corpi e i cambiamenti di stato. Ricorda inoltre che si è costruito il concetto di corpo puro o sostanza i cui attributi fondamentali sono:

- A livello macroscopico – Una sostanza è caratterizzata da alcune proprietà caratteristiche, ben determinate e peculiari (temperatura di fusione, temperatura di ebollizione, densità, ecc.)
- A livello microscopico (modello particellare) – Una sostanza è costituita da particelle che sono tutte dello stesso tipo

Il livello macroscopico

1. FOL 6.1 – Si fanno interagire due sostanze, nitrato di sodio e ioduro di potassio, sia a secco (usando mortaio e pestello) sia in soluzione.

1. Preleva una punta di spatola di nitrato di sodio (NaNO_3) e versala in un mortaio; tritura i granelli con un pestello. Descrivi brevemente ciò che avviene:
2. Preleva una punta di spatola di ioduro di potassio (KI) e versala in un altro mortaio; tritura i granelli con un altro pestello. Descrivi brevemente ciò che avviene:
3. Aggiungi lo ioduro di potassio che hai triturato al nitrato di sodio contenuto nel primo mortaio; tritura entrambi con un pestello mischiandoli con cura. Descrivi brevemente ciò che avviene:
4.
 - a. In un becher da 100 mL metti una punta di spatola di nitrato di sodio. Aggiungi 25 cm^3 di acqua distillata; agita accuratamente con una bacchetta di vetro.
 - b. In un becher da 100 mL metti una punta di spatola di ioduro di potassio. Aggiungi 25 cm^3 di acqua distillata; agita accuratamente con una bacchetta di vetro.

N.B. – La bacchetta di vetro deve essere accuratamente lavata quando si cambia di becher.

5. Versa il contenuto del becher A nel becher B. Agita accuratamente con la bacchetta di vetro. Lascia riposare per alcuni minuti. Prendi nota di ciò che avviene e indica cosa cambia e che cosa non cambia tra la situazione iniziale e quella finale.
.....
.....
.....

Completa la Tabella con le opportune informazioni:

	stato fisico	colore	n° sostanze	n° fasi
nitrato di sodio				
ioduro di potassio				
nitrato di sodio + acqua (becker A)				
ioduro di potassio + acqua (becker B)				
nitrato di sodio + ioduro di potassio				
nitrato di sodio + acqua + ioduro di potassio + acqua				

La discussione in classe dei dati sperimentali dovrebbe portare gli allievi a concludere che:

- a. Quando si mescolano a secco le sostanze, triturandole con il pestello, non si produce alcun fenomeno percettibile. Si forma un miscuglio eterogeneo nel quale forse è ancora possibile (lente di ingrandimento) distinguere i due costituenti.
- b. Quando si fa interagire ognuna delle due sostanze con acqua, si ha un fenomeno di dissoluzione con formazione di due miscele omogenee trasparenti incolori.
- c. Quando si uniscono le due miscele, si ottiene ancora una miscela omogenea trasparente e incolore costituita di acqua, nitrato di sodio e ioduro di potassio.

Nel foglio di lavoro FOL 6.1 è previsto che gli allievi riassumano i dati nel modo seguente:

	stato fisico	colore	n° sostanze	n° fasi
nitrato di sodio	solido granulare	bianco	1	1
ioduro di potassio	solido granulare	bianco	1	1
nitrato di sodio + acqua (becker A)	liquido	incolore trasparente	2	1 miscela omogenea
ioduro di potassio + acqua (becker B)	liquido	incolore trasparente	2	1 miscela omogenea
nitrato di sodio + ioduro di potassio	solido polverulento	bianco	2	2 miscela eterogenea
nitrato di sodio + acqua + ioduro di potassio + acqua	liquido	incolore trasparente	3	1 miscela omogenea

Raccogliere i dati in questa tabella consente di individuare con maggiore efficacia cosa cambia e cosa non cambia nei sistemi presi in considerazione. Per esempio, alcuni allievi ritengono che le polveri bianche, quando vengono unite a secco, non possano più essere distinte, pertanto sono del parere che si sia formata una miscela omogenea. L'insegnante, essendo ben consapevole che le nozioni di *sostanza*, *miscela* e *fase* necessitano di un paziente lavoro di messa a punto, può sfruttare la tabella per richiamare le attività svolte in precedenza e invitare gli studenti a riflettere su questi concetti. Il foglio di lavoro 6.2 introduce una differenza che aiuta a far evolvere la discussione.

2. FOL 6.2 – Si fanno interagire due sostanze, nitrato di potassio e ioduro di piombo, sia a secco (usando mortaio e pestello), sia in soluzione.

1. Preleva una punta di spatola di nitrato di potassio (KNO_3) e versala in un mortaio; tritura i granelli con un pestello. Descrivi brevemente ciò che avviene:
2. Preleva una punta di spatola di ioduro di piombo (PbI_2) e versala in un altro mortaio; tritura i granelli con un altro pestello. Descrivi brevemente ciò che avviene:
3. Aggiungi lo ioduro di piombo che hai triturato al nitrato di potassio contenuto nel primo mortaio; tritura entrambi con un pestello mischiandoli con cura. Descrivi brevemente ciò che avviene:
4.
 - a. In un becher da 100 mL metti una punta di spatola di nitrato di potassio. Aggiungi 25 cm^3 di acqua distillata; agita accuratamente con una bacchetta di vetro.
 - b. In un becher da 100 mL metti una punta di spatola di ioduro di piombo. Aggiungi 25 cm^3 di acqua distillata; agita accuratamente con una bacchetta di vetro.

N.B. – La bacchetta di vetro deve essere accuratamente lavata quando si cambia di becher.

5. Versa il contenuto del becher A nel becher B. Agita accuratamente con la bacchetta di vetro. Lascia riposare per alcuni minuti. Prendi nota di ciò che avviene e indica cosa cambia e che cosa non cambia tra la situazione iniziale e quella finale.

Completa la Tabella con le opportune informazioni:

	stato fisico	colore	n° sostanze	n° fasi
nitrato di potassio				
ioduro di piombo				
nitrato di potassio + acqua (becker A)				
ioduro di piombo + acqua (becker B)				
nitrato di potassio + ioduro di piombo				
nitrato di potassio + acqua + ioduro di piombo + acqua				

La discussione in classe dei dati sperimentali dovrebbe portare gli allievi a concludere che:

- a. Quando si mescolano a secco le sostanze, tritrandole con il pestello, non si produce alcun fenomeno percettibile. Si forma un miscuglio eterogeneo nel quale è ancora possibile (lente di ingrandimento) distinguere i due costituenti.
- b. Quando si fa interagire con acqua la sostanza composta nitrato di potassio, si ottiene una miscela omogenea incolore e trasparente.
- c. Quando si fa interagire con acqua la sostanza composta ioduro di piombo, si ottiene una miscela eterogenea costituita da una fase solida di colore giallo e una fase liquida incolore e trasparente.

- d. Quando si mescolano le due miscele così ottenute, si ottiene una miscela eterogenea costituita da una fase solida di colore giallo e una fase liquida incolore e trasparente.

Nel foglio di lavoro FOL 6.2 è previsto che gli allievi riassumano i dati nel modo seguente:

	stato fisico	colore	n° sostanze	n° fasi
nitrato di potassio	solido granulare	bianco	1	1
ioduro di piombo	solido granulare	giallo	1	1
nitrato di potassio + acqua (becker A)	liquido	incolore trasparente	2	1 miscela omogenea
ioduro di piombo + acqua (becker B)	liquido solido	incolore trasparente giallo	2	2 miscela eterogenea
nitrato di potassio + ioduro di piombo	solido polverulento	Bianco giallo	2	2 miscela eterogenea
nitrato di potassio + acqua + ioduro di piombo + acqua	liquido solido	incolore trasparente giallo	3	2 miscela eterogenea

In questo caso, una delle sostanze presenta colorazione gialla e non si scioglie in acqua. Comunque, i fenomeni presi in considerazione nei FOL 6.1 e 6.2 possono essere rappresentati mediante il modello particellare costruito e utilizzato nelle sequenze precedenti. Gli allievi condividono l'idea che si tratti di fenomeni fisici nei quali le sostanze conservano la propria identità. L'insegnante propone un nuovo foglio di lavoro che ha lo scopo di introdurre un'importante differenza, la comparsa di una sostanza che all'inizio non era presente.

3. FOL 6.3 – Si fanno interagire due sostanze, nitrato di piombo e ioduro di potassio, sia a secco (usando mortaio e pestello), sia in soluzione.

1. Preleva una punta di spatola di ioduro di potassio (KI) e versala in un mortaio; tritura i granelli con un pestello. Descrivi brevemente ciò che avviene:
2. Preleva una punta di spatola di nitrato di piombo ($Pb(NO_3)_2$) e versala in un altro mortaio; tritura i granelli con un altro pestello. Descrivi brevemente ciò che avviene:
3. Aggiungi lo ioduro di potassio che hai triturato al nitrato di piombo contenuto nel secondo mortaio; tritura entrambi con un pestello mischiandoli con cura. Descrivi brevemente ciò che avviene:
4.
 - a. In un becher da 100 mL metti una punta di spatola di nitrato di piombo. Aggiungi 25 cm³ di acqua distillata; agita accuratamente con una bacchetta di vetro.
 - b. In un becher da 100 mL metti una punta di spatola di ioduro di potassio. Aggiungi 25 cm³ di acqua distillata; agita accuratamente con una bacchetta di vetro.

N.B. – La bacchetta di vetro deve essere accuratamente lavata quando si cambia di becher.

5. Versa il contenuto del becher A nel becher B. Agita accuratamente con la bacchetta di vetro. Lascia riposare per alcuni minuti. Prendi nota di ciò che avviene e indica cosa cambia e che cosa non cambia tra la situazione iniziale e quella finale.
.....
.....
.....

Completa la Tabella con le opportune informazioni:

	stato fisico	colore	n° sostanze	n° fasi
nitrate di piombo				
ioduro di potassio				
nitrate di piombo + acqua (becker A)				
ioduro di potassio + acqua (becker B)				
nitrate di piombo + ioduro di potassio				
nitrate di piombo + acqua + ioduro di potassio + acqua				

La discussione in classe dei dati sperimentali dovrebbe portare gli allievi a concludere che:

- a. Quando si mescolano a secco le due sostanze, triturandole bene con il pestello, compare una colorazione gialla che prima non c'era.
- b. Quando si fa interagire ognuna delle due sostanze con acqua, si ha un fenomeno di dissoluzione con formazione di due miscele omogenee e incolori.
- c. Unendo le due soluzioni, si deposita un precipitato giallo sul fondo del becker: si è in presenza di una miscela eterogenea.

Nel foglio di lavoro FOL 6.3 è previsto che gli allievi riassumano i dati nel modo seguente

	stato fisico	colore	n° sostanze	n° fasi
nitrato di piombo	solido granulare	bianco	1	1
ioduro di potassio	solido granulare	bianco	1	1
nitrato di piombo + acqua (becker A)	liquido	incolore trasparente	2	1 miscela omogenea
ioduro di potassio + acqua (becker B)	liquido	incolore trasparente	2	1 miscela omogenea
nitrato di piombo + ioduro di potassio	solido polverulento	bianco e giallo dopo aver ben pestato	2	2 miscela eterogenea
nitrato di piombo + acqua + ioduro di potassio + acqua	liquido solido	incolore trasparente giallo	3	2 miscela eterogenea

Durante la discussione, può succedere che qualche allievo suggerisca di far interagire con acqua la miscela contenuta nel mortaio dopo la triturazione. Si ottiene una miscela eterogenea analoga a quella ottenuta mescolando le due soluzioni: si deposita un precipitato giallo sul fondo del becker.

Sia che si operi con le sostanze di partenza a secco (mortaio e pestello) sia che si operi con le stesse sostanze in soluzione, tra la situazione iniziale e quella finale vi è una notevole differenza: alla fine è sempre presente un corpo di colore giallo che prima non c'era.

Tuttavia, in genere, il prodotto della trasformazione a secco tra nitrato di piombo e ioduro di potassio è di difficile interpretazione: dopo aver intensamente pestato i reagenti nel mortaio, il colore giallo dello ioduro di piombo "copre" il colore bianco dei cristalli di nitrato di potassio. Alcuni allievi fanno notare che nei loro mortai si nota chiaramente la presenza di granelli bianchi, ma altri ribattono asserendo che il colore bianco è dovuto a un eccesso di ioduro di potassio, di colore bianco (...*hai messo troppo ioduro di potassio*, viene detto abitualmente).

L'esperimento condotto in soluzione acquosa, fornisce altri dati che sono di aiuto per interpretare il fenomeno: sembra probabile che il prodotto ottenuto nella reazione tra nitrato di piombo e ioduro di potassio sia ioduro di piombo, di colore giallo e insolubile in acqua. Infatti, la miscela eterogenea ottenuta mescolando le soluzioni di nitrato di piombo e di ioduro di potassio, presenta caratteristiche analoghe alla miscela finale ottenuta mescolando acqua, nitrato di potassio e ioduro di piombo (FOL 6.2).

Dunque, la discussione dei risultati sperimentali ottenuti con le varie manipolazioni ha lo scopo di permettere agli allievi di pervenire a un'ipotesi esplicativa: facendo interagire nitrato di piombo e ioduro di potassio si ha produzione di una sostanza diversa da quelle di partenza. Infatti, è una sostanza di colore giallo, insolubile in acqua. Si è dunque prodotto un fenomeno diverso da quelli di natura fisica: si tratta di una **trasformazione chimica**.

La trasformazione chimica è un processo nel corso del quale le sostanze di partenza si trasformano. Anche nei cambiamenti di stato (trasformazioni fisiche) le sostanze si trasformano.

In che cosa si differenziano questi due tipi di trasformazione?

Questo è l'interrogativo problematico che l'insegnante pone alla classe. La discussione che segue dovrebbe consentire agli allievi di condividere l'idea che, mentre nelle trasformazioni fisiche le sostanze conservano la propria identità (conclusione già raggiunta in precedenza), nelle trasformazioni chimiche le sostanze **non** conservano la propria identità: infatti le sostanze di partenza (i **reagenti**) interagiscono producendo una o più nuove sostanze (i **prodotti** della trasformazione).

A questo punto, può essere necessario che l'insegnante metta in atto un'attività di strutturazione, invitando gli allievi a riconsiderare il lavoro svolto.

Nel primo caso (FOL 6.1), operando a secco si ha **miscelazione** delle due sostanze di partenza; si ottiene una *miscela eterogenea* nella quale è possibile distinguere le due sostanze iniziali (lente di ingrandimento). Operando in soluzione, si ottengono sempre *miscele omogenee*, incolori e trasparenti. Si tratta di fenomeni fisici, nei quali le sostanze di partenza non subiscono alcuna trasformazione e conservano la propria identità.

Nel secondo caso (FOL 6.2), facendo interagire ogni sostanza di partenza con acqua, si ottiene o una miscela omogenea (acqua e nitrato di potassio) o una miscela eterogenea (acqua e ioduro di piombo). Combinando le due miscele, si ottiene una miscela eterogenea la cui fase solida è lo ioduro di piombo. In ogni caso, si tratta di fenomeni fisici, nei quali le sostanze di partenza conservano la propria identità.

Nel terzo caso (FOL 6.3), operando a secco (mortaio e pestello) si ha comparsa di una colorazione gialla che prima non era presente e che segnala un fenomeno nuovo. Facendo interagire ognuna delle sostanze di partenza con acqua, si ottengono miscele omogenee, incolori e trasparenti: si tratta dunque di un fenomeno fisico. Quando poi si mescolano le soluzioni delle sostanze di partenza si ha formazione di una sostanza gialla che non si scioglie in acqua e si deposita sul fondo del becker. Si tratta di un fenomeno chimico, nel quale le sostanze di partenza subiscono una trasformazione che muta la loro identità.

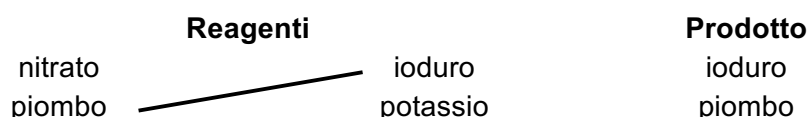
Il livello microscopico

Fino a questo momento, la classe è stata impegnata a descrivere e spiegare a livello macroscopico i fenomeni presi in considerazione: si tratta del primo livello di comprensione. Però i chimici non si arrestano al livello macroscopico: cercano sempre di descrivere e spiegare i fenomeni a livello microscopico. Si tratta quindi di centrare l'attenzione degli allievi sul fenomeno nuovo, la trasformazione chimica, per pervenire a descriverlo e spiegarlo a livello microscopico, utilizzando il modello particellare.

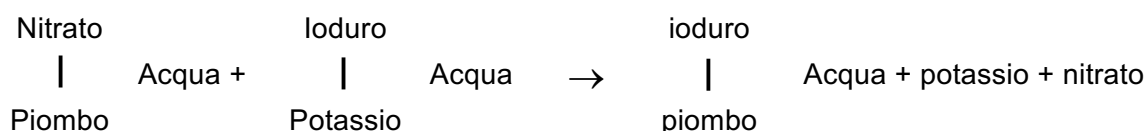
Prima però, è particolarmente utile impegnare gli allievi in un'attività di descrizione e interpretazione dei fenomeni considerati mediante il linguaggio verbale. L'insegnante propone agli allievi di procedere a un confronto tra le due situazioni: trasformazione fisica e trasformazione chimica. Questo riepilogo può essere fatto per mezzo di una tabella.

Foglio di lavoro	Evoluzione del sistema	Prima del mescolamento	Dopo il mescolamento
FOL 6.1	Trasformazione fisica	Becker A: nitrato di sodio + acqua	nitrato di sodio + ioduro di potassio + acqua
		Becker B: ioduro di potassio + acqua	
FOL 6.2	Trasformazione fisica	Becker A: nitrato di potassio + acqua	nitrato di potassio + ioduro di piombo + acqua
		Becker B: ioduro di piombo + acqua	
FOL 6.3	Trasformazione chimica	Becker A: nitrato di piombo + acqua	nuova sostanza di colore giallo + acqua
		Becker B: ioduro di potassio + acqua	

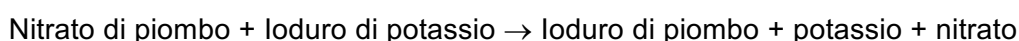
È ipotizzabile che la nuova sostanza di colore giallo sia **ioduro di piombo**? Si scrivono le sostanze di partenza (i reagenti) e la sostanza nuova (il prodotto) che si forma, accettando l'ipotesi che si tratti di ioduro di piombo.



Se è accettabile l'ipotesi formulata, il prodotto della trasformazione ha un nome (ioduro di piombo) che viene per metà dal nome di uno dei reagenti e per metà dal nome dell'altro reagente. Potrebbe essere un'ipotesi sensata. L'insegnante propone allora agli allievi di rappresentare con il linguaggio verbale la situazione sperimentale che si verifica quando si combinano le soluzioni di nitrato di piombo e ioduro di potassio:

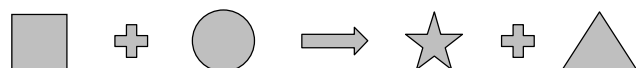


Grazie a queste attività, viene messo in risalto che il prodotto ottenuto nella trasformazione chimica non può essere solamente lo ioduro di piombo, poiché la ricombinazione delle parole che compongono i nomi delle sostanze suggerisce la presenza anche del nitrato di potassio, che, come si è visto in precedenza, si scioglie in acqua producendo una soluzione incolore. Con il linguaggio verbale è possibile comprendere che una parte di un reagente e una parte dell'altro si combinano dando origine a una nuova sostanza. L'insegnante chiede allora come possa essere confermata la presenza, nel liquido incolore, della sostanza ipotizzata; alcuni allievi suggeriscono di filtrare il sistema ottenuto come prodotto della trasformazione per separare il solido giallo dalla fase liquida. In seguito per evaporazione si elimina l'acqua dalla soluzione ottenendo i cristalli di nitrato di potassio. A questo punto, l'insegnante formula la seguente consegna: **Ogni allievo provi a rappresentare con il modello particellare la situazione sperimentale tralasciando l'acqua.**



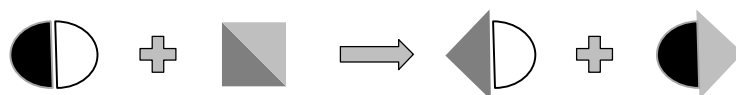
In genere, le rappresentazioni degli studenti sono riassumibili nelle seguenti tre proposte. Nella prima (figura 1), viene utilizzato un simbolo per ciascuna delle sostanze: in questo modo si dà conto del fatto che le sostanze non conservano la propria identità, ma non viene avanzata alcuna ipotesi a proposito del modo in cui avvenga la trasformazione.

Figura 1 – Rappresentazione di una trasformazione chimica – proposta 1



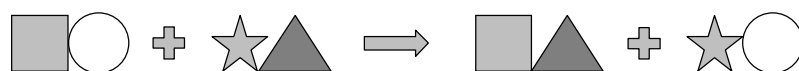
Nella seconda proposta (figura 2), la rappresentazione, oltre a dar conto della non conservazione della identità delle sostanze, mette in evidenza che la particella di ogni sostanza è costituita di due parti che possono separarsi (l'idea è quella che la particella si spezzi). La ricombinazione dei vari pezzi conduce alla formazione di particelle differenti e quindi alla comparsa di nuove sostanze.

Figura 2 – Rappresentazione di una trasformazione chimica – proposta 2



La terza proposta (figura 3) sembra simile alla seconda, ma introduce un'idea innovativa. La particella costituente di ciascuna sostanza è formata da particelle più piccole, che separandosi e ricombinandosi originano nuove particelle che corrispondono a nuove sostanze.

Figura 3 – Rappresentazione di una trasformazione chimica – proposta 3



Si discutono le rappresentazioni proposte dagli allievi e si riconosce che l'unica soluzione possibile è ammettere che le particelle delle sostanze nitrato di piombo e ioduro di potassio siano divisibili. Questo significa che se si vuole utilizzare il modello particellare per rappresentare le trasformazioni chimiche, occorre intervenire sugli assiomi del modello e precisamente sull'assioma che postula l'indivisibilità delle particelle. Come si è ipotizzato con la rappresentazione che usa il linguaggio verbale, una parte di una sostanza iniziale si combina con una parte dell'altra sostanza iniziale per formare una nuova sostanza. Resta da stabilire se sia più plausibile ipotizzare la rappresentazione della proposta due oppure la rappresentazione della proposta tre. L'analogia con lo schema verbale condiviso in precedenza suggerisce di ricorrere ai seguenti abbinamenti:

Ioduro di potassio		Ioduro		Potassio	
Nitrato di piombo		Nitrato ³		Piombo	

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

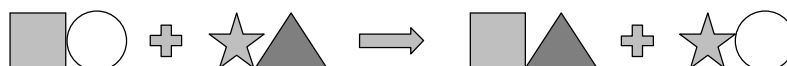
³ La complessità della specie nitrato verrà esplicitata in un momento successivo. Per ora, è sufficiente che gli studenti comprendano che le particelle di cui sono formate le sostanze non sono indivisibili, ma costituite di altre particelle.



Lo schema verbale

Ioduro di potassio + Nitrato di piombo → Nitrato di potassio + Ioduro di piombo

Viene tradotto nei simboli iconici



La conservazione della massa

Durante la discussione, alcuni allievi pongono il problema della conservazione della massa del sistema: alcuni affermano che la rappresentazione con i simboli iconici suggerisce che nella trasformazione chimica la massa si conserva, altri fanno notare che la scrittura dello schema verbale non chiarisce niente a questo proposito. L'insegnante propone a ogni allievo il foglio di lavoro FOL 6.4 al fine di avviare una riflessione sulla conservazione della massa nel corso delle trasformazioni chimiche.

FOL 6.4

In un recipiente A è contenuta una soluzione di nitrato di piombo la cui massa è 15 g. Nel recipiente A si versano 10 g di una soluzione di ioduro di potassio e si mescola bene.

1. Secondo te, cosa avviene?

2. Secondo te, la massa di ciò che è contenuto nel recipiente A dopo aver mescolato le due soluzioni è:

- 10 g 15 g 20 g 25 g
 30 g 40 g Non si può rispondere

Giustifica la tua scelta

3. Progetta il procedimento che seguiresti per poter sostenere con evidenza sperimentale la tua scelta, avendo a disposizione una bilancia da laboratorio per misurare le masse.

.....
.....
.....

Il foglio di lavoro contiene due interrogativi problematici: il primo, di natura qualitativa, serve a richiamare la trasformazione chimica considerata in precedenza; il secondo, di natura quantitativa, richiede di riflettere sul fenomeno e sul sistema nel quale si produce (nulla entra, nulla esce). Infine viene chiesto a ogni allievo di mettere a punto un procedimento sperimentale che permetta di provare che la risposta fornita all'interrogativo n. 2 è accettabile. Quasi tutti gli studenti propongono

di procedere pesando prima il recipiente A vuoto, poi il recipiente A contenente la soluzione di nitrato di piombo; separatamente, pesano un secondo recipiente, in un primo tempo vuoto e in seguito contenente la soluzione di ioduro di potassio. Dopo aver versato la soluzione di ioduro di potassio nel recipiente A contenente la soluzione di nitrato di piombo, pesano il sistema così ottenuto. A questo punto, effettuano tutti i calcoli che ritengono utili per verificare se la massa si è conservata. È necessario che l'insegnante consenta agli allievi di procedere sperimentalmente dando seguito al loro progetto. Immancabilmente, la sequenza di pesate e di travasi comporta una differenza tra le masse iniziali e la massa finale del sistema. Gli studenti si rendono conto che questo modo di procedere impedisce di trasferire in modo completo da un recipiente all'altro le sostanze da pesare. Inizia così una vivace discussione su come si possa porre rimedio alle difficoltà operative. Spesso accade che la discussione conduca gli studenti a condividere l'idea che è necessario che tutto il processo avvenga in un unico recipiente; l'insegnante deve mediare tra le varie proposte per condurre gli allievi a sperimentare il procedimento schematizzato in figura 4. La conservazione della massa del sistema che si trova sulla bilancia, recipienti + sostanze contenute, ci permette di affermare che

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

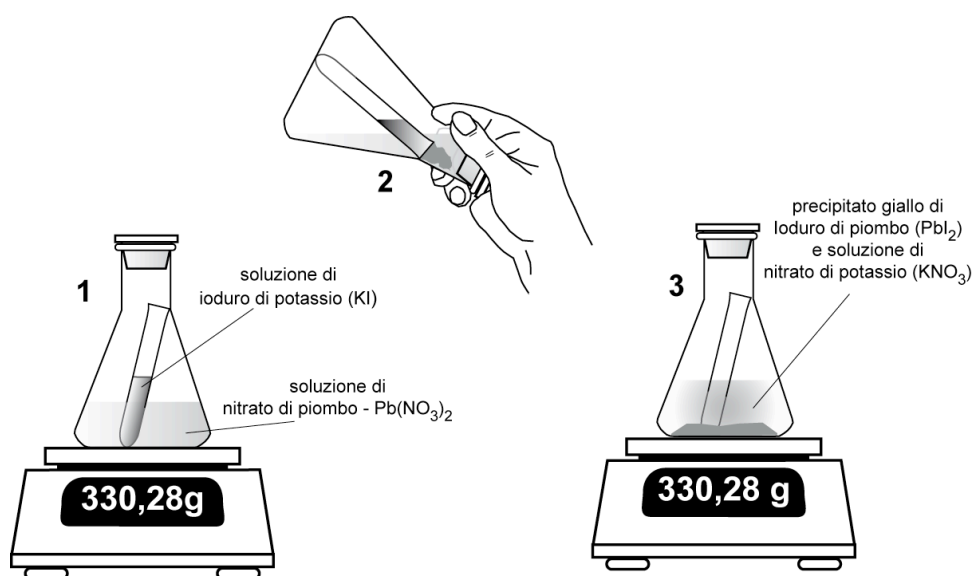


Figura 4 - Conservazione della massa in una trasformazione chimica

Vale la pena di segnalare che, troppo spesso, si attribuisce a Lavoisier la *legge della conservazione della materia*⁴ che viene enunciata spesso nella forma: *Nulla si crea, nulla si distrugge* con ciò volendo affermare che nelle trasformazioni chimiche la massa totale dei corpi che hanno reagito è uguale alla massa dei prodotti della reazione. Si tratta di un'idea che caratterizza molto bene le ricerche di Lavoisier, ma sicuramente non è Lavoisier che l'ha inventata;

⁴ Questa è un'espressione da evitare perché non è la "materia" che si conserva, ma la "quantità di materia" ossia la massa.

infatti è un'idea che affonda le sue radici nel pensiero dei filosofi più antichi. Tuttavia Lavoisier⁵ ha un grande merito: estendendo quest'idea all'ossigeno e alle sue trasformazioni, egli l'ha resa un principio tassativo e inderogabile, dando così avvio alla chimica come scienza quantitativa della materia e delle sue trasformazioni.

Il lavoro individuale e collettivo dovrebbe permettere alla classe di arrivare alle seguenti conclusioni:

1. Nelle trasformazioni chimiche, le sostanze reagenti interagiscono producendo nuove sostanze.
2. Nelle trasformazioni chimiche, la massa totale dei prodotti è uguale alla massa totale dei reagenti.

Atomi e molecole

L'insegnante richiama i due interrogativi che hanno caratterizzato la prima attività di questa sequenza:

- *In che cosa si differenziano le trasformazioni fisiche e quelle chimiche?*
- *È possibile rappresentare le trasformazioni chimiche mediante il modello particellare?*

Le riflessioni degli allievi sui risultati delle attività svolte, dovrebbero portare la classe alle seguenti conclusioni:

1. Le trasformazioni chimiche si differenziano da quelle fisiche. Nelle trasformazioni fisiche le sostanze conservano la propria identità, mentre nelle trasformazioni chimiche le sostanze non la conservano; le sostanze che reagiscono (i reagenti) si combinano tra di loro producendo nuove sostanze (i prodotti della trasformazione). Anche nelle trasformazioni chimiche come nelle trasformazioni fisiche, la **massa** si conserva.
2. È possibile usare il modello particellare, messo a punto per le trasformazioni fisiche, per rappresentare le trasformazioni chimiche, ma occorre modificare qualcosa.

Viene proposto il FOL 6.5 che ha lo scopo di portare gli allievi a riflettere sulle modifiche che è opportuno introdurre nel modello particellare per renderlo adatto a interpretare anche le trasformazioni chimiche.

⁵ "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

Queste sono le proprietà del modello particellare della materia messo a punto per interpretare le trasformazioni fisiche:

1. Una particella non si può dividere, è indivisibile
2. Una particella non può cambiare forma, è indeformabile
3. Una particella ha sempre le stesse dimensioni
4. Una particella di una certa sostanza ha sempre la stessa quantità di materia, che cambia al cambiare della sostanza
5. Un solo tipo di particelle individua una sostanza
6. Un determinato numero di particelle dello stesso tipo equivale sempre alla stessa quantità di sostanza
7. Tra le particelle esistono spazi vuoti più o meno grandi a seconda dello stato fisico della sostanza
8. Le particelle sono più o meno stipate tra loro e più o meno vincolate le une alle altre, a seconda dello stato fisico della sostanza
9. Le particelle sono più o meno libere di muoversi e/o spostarsi a seconda dello stato fisico della sostanza
10. Le particelle sono disposte in modo più o meno ordinato a seconda dello stato fisico della sostanza

Quali proprietà del modello particellare occorre modificare per interpretare anche le trasformazioni chimiche?

.....

Giustifica la tua risposta.....

.....

Nel modello particellare costruito per le trasformazioni fisiche, le regole sono le seguenti:

- una particella non si può dividere, è indivisibile
- una particella non può cambiare forma, è indeformabile
- una particella ha sempre le stesse dimensioni
- una particella di una certa sostanza ha sempre la stessa quantità di materia, che cambia al cambiare della sostanza
- un solo tipo di particelle individua una sostanza
- un determinato numero di particelle dello stesso tipo equivale sempre alla stessa quantità di sostanza
- tra le particelle esistono spazi vuoti più o meno grandi a seconda dello stato fisico della sostanza
- le particelle sono più o meno stipate tra loro, e più o meno vincolate le une alle altre, a seconda dello stato fisico della sostanza
- le particelle sono più o meno libere di muoversi e/o spostarsi a seconda dello stato fisico della sostanza
- le particelle sono disposte in modo più o meno ordinato a seconda dello stato fisico della sostanza

Se si tiene conto delle riflessioni sviluppate in precedenza e delle modellizzazioni delle trasformazioni chimiche, si deve riconoscere che il postulato n.1 non è più ammissibile. Infatti, nel caso della interazione tra ioduro di potassio e nitrato di piombo si è giunti alla conclusione che una parte della particella di nitrato di piombo (★△; △: nitrato ; ★: piombo) si unisce a una parte della particella di ioduro di potassio (■○; ○: ioduro; ■: potassio) per dare ioduro di piombo (★○).

Quindi, perché il modello particellare sia utilizzabile anche per rappresentare le trasformazioni chimiche è necessario modificare la regola n. 1 in questo modo: **Una particella è divisibile.**

Se si ammette questa regola, gli studenti pongono subito un altro problema: *Se una particella è divisibile, allora è costituita di altre particelle più semplici. Non si può quindi usare un termine unico «particella», ma si dovrebbero usare due termini diversi. Esistono questi termini diversi?*

La conclusione alla quale gli allievi pervengono è che si dovrebbe usare un termine per le “particelle fisiche” (quelle che restano inalterate nelle trasformazioni fisiche) e un altro per le particelle che costituiscono le particelle fisiche. L’insegnante propone di usare il termine *molecola* per le prime e il termine *atomo* per le seconde. Da ciò consegue che, se durante le trasformazioni chimiche le sostanze non conservano la propria identità, neanche le particelle che le costituiscono, cioè le molecole, si conservano, né come tipo né come numero. D’altra parte, in precedenza si è visto che in una trasformazione chimica la massa totale del sistema si conserva, ossia è costante; a livello microscopico questo si spiega ammettendo che si abbia conservazione degli atomi costituenti le molecole dei reagenti. Al termine della reazione, gli stessi atomi si ritrovano nei prodotti, ma combinati diversamente tra loro, così che le molecole sono cambiate. La conclusione sarà dunque la seguente:

Le sostanze sono costituite da molecole che sono a loro volta formate da atomi; le molecole restano inalterate nelle trasformazioni fisiche, ma si dividono nelle trasformazioni chimiche.

La regola n. 1 del modello particellare viene così formulata:

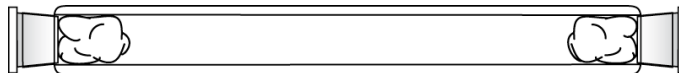
**Le particelle che costituiscono una sostanza (molecole) sono divisibili,
poiché sono formate da altre particelle (atomi)**

ATTIVITÀ 2 – LO STRANO CASO DI DUE SOSTANZE GASSOSE CHE COMBINANDOSI PRODUCONO UNA SOSTANZA SOLIDA

Finora si sono considerate combinazioni tra sostanze solide (ioduro di potassio e nitrato di piombo) e tra le stesse sostanze sciolte nell’acqua. Ora si può procedere oltre e rendere gli allievi consapevoli del fatto che le trasformazioni chimiche possono avvenire in qualunque stato fisico, anche tra sostanze allo stato gassoso.

L’insegnante può chiedere agli allievi di eseguire la sperimentazione del FOL 6.6 o può eseguirla egli stesso come mostrazione. Da una soluzione concentrata di acido cloridrico (cloruro di idrogeno sciolto in acqua) e da una soluzione concentrata di ammoniaca si sviluppano vapori di cloruro di idrogeno e di ammoniaca; questi diffondono nel tubo e incontrandosi reagiscono chimicamente producendo cloruro di ammonio solido bianco.

Alle estremità di un tubo di vetro si introducono, rispettivamente, un batuffolo di cotone imbevuto di una soluzione concentrata di cloruro di idrogeno e un batuffolo di cotone imbevuto di una soluzione concentrata di ammoniaca. Si tappano le due estremità oppure si sigillano con un foglio di polietilene o altro.



- Secondo te, escludendo i batuffoli di cotone, lo stato fisico del sistema che dopo un poco di tempo si trova all'interno del tubo è:

<input type="checkbox"/> gassoso	<input type="checkbox"/> liquido	<input type="checkbox"/> solido	<input type="checkbox"/> gassoso e solido
<input type="checkbox"/> gassoso e liquido	<input type="checkbox"/> liquido e solido	<input type="checkbox"/> gassoso, liquido e solido	
- Escludendo i batuffoli di cotone, ciò che si trova nel tubo dopo un po' di tempo può essere definita, secondo te:

<input type="checkbox"/> una sostanza	<input type="checkbox"/> una miscela omogenea	<input type="checkbox"/> una miscela eterogenea
---------------------------------------	---	---
- Descrivi ciò che, secondo te, avviene nel tubo

.....

L'insegnante chiede agli allievi di descrivere il fenomeno a livello empirico. Solo al termine dell'esperimento, prelevando con una spatola una parte della polvere bianca, gli allievi hanno la certezza che si è formato un corpo solido bianco. La loro perplessità circa la natura del corpo ottenuto a seguito della trasformazione viene amplificata se il tubo non viene tenuto ben fermo quando viene tappato. In questo caso, gli allievi affermano di vedere un "gas bianco", poiché il movimento delle sostanze reagenti gassose mantiene in sospensione il solido bianco polverulento che si sta formando. È consigliabile, dunque, che il tubo di vetro nel quale avviene la trasformazione sia ben fermo: allora si può percepire la formazione di una sottile parete solida bianca dove i gas si incontrano (figura 5).

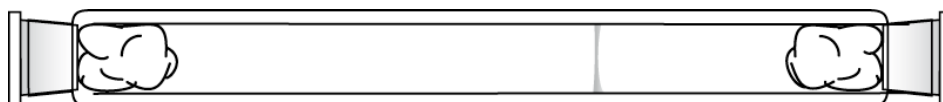
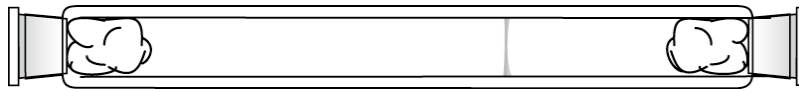


Figura 5 – Formazione del cloruro di ammonio solido per combinazione dei gas cloruro di idrogeno e ammoniaca

Il compito del FOL 6.7 è quello di richiedere agli allievi di pronunciarsi su una serie di interrogativi che riguardano aspetti qualitativi e quantitativi del fenomeno che sono invitati a rappresentare con il modello particellare.

In un tubo di vetro, il gas cloruro di idrogeno e il gas ammoniacca hanno prodotto la formazione di un solido bianco.



1. Secondo te, il solido che si è depositato all'interno del tubo è:

- ammoniacca cloruro di idrogeno una nuova sostanza non so rispondere

Giustifica la tua risposta

.....

2. Secondo te, il processo che si è prodotto nel tubo di vetro è:

- una trasformazione fisica una trasformazione chimica
 un altro tipo di trasformazione non so rispondere

Giustifica la tua risposta

.....

3. Secondo te, tra l'inizio e la fine del processo, la massa totale del tubo (tubo + cotone + sostanze) è:

- Aumentata Diminuita
 Rimasta inalterata Non è possibile rispondere

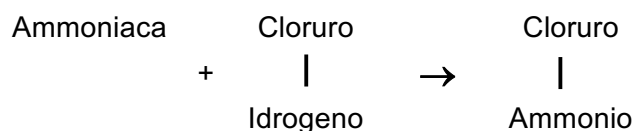
Giustifica la tua risposta

.....

4. Prova a rappresentare ciò che è avvenuto mediante il modello particellare

Durante la discussione delle risposte, l'insegnante fa presente che il solido bianco che si è formato è cloruro di ammonio. Dopo aver fornito questa precisazione, si può ricorrere al linguaggio verbale per interpretare il fenomeno:

ammoniaca + cloruro di idrogeno → cloruro di ammonio



Se si ragiona su questa rappresentazione, risulta che: - l'entità chimica *cloruro* si trova sia in uno dei reagenti, sia nel prodotto unico che si forma dalla trasformazione; - nel prodotto si trova anche l'entità *ammonio*. Dato che non vi è altro fra i prodotti, e che la massa del sistema è costante, si può pensare che l'entità *ammonio* sia data dalla combinazione di *ammoniaca* e *idrogeno*:

ammoniaca + idrogeno → ammonio

Per concludere, si passa a una prima rappresentazione mediante il modello particellare: si discutono le soluzioni proposte e si cerca di pervenire a una soluzione condivisa.

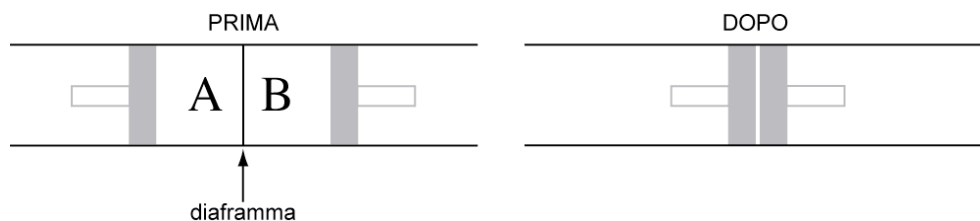
Con il FOL 6.8, l'insegnante invita gli allievi a riflettere ancora su questa trasformazione proponendo, mediante alcuni schemi, una nuova situazione sperimentale nella quale occorre tenere conto del volume occupato dalle sostanze reagenti. Dato che il volume delle sostanze allo stato gassoso varia notevolmente se cambiano la temperatura e la pressione, conviene ragionare ammettendo che queste variabili assumano valori costanti.

Dall'interazione tra cloruro di idrogeno (gas) e ammoniaca (gas) si produce cloruro di ammonio (solido). Ora dobbiamo riflettere su questa trasformazione chimica utilizzando il modello particellare. Dato che si tratta di una trasformazione di sostanze allo stato gassoso, ci conviene ragionare ammettendo che la trasformazione avvenga a temperatura e pressione costanti.

La situazione sperimentale è la seguente. Un cilindro è chiuso alle estremità da due pistoni mobili. Un diaframma rimovibile divide il cilindro in due contenitori a tenuta. I due contenitori hanno lo stesso volume e contengono ognuno 1 dm^3 di gas: il contenitore A contiene 1 dm^3 di cloruro di idrogeno, il contenitore B contiene 1 dm^3 di ammoniaca.

Si rimuove il diaframma e si fa avvenire la trasformazione chimica al termine della quale i due gas di partenza sono scomparsi completamente ed è presente unicamente un solido bianco in polvere, il cloruro di ammonio.

Nel disegno che segue è raffigurata la situazione sperimentale prima e dopo la trasformazione chimica.



Usando il modello particellare, rappresenta le sostanze che costituiscono il sistema prima e dopo la trasformazione.

Giustifica le tue rappresentazioni

.....

.....

.....

Dallo schema che figura sul foglio di lavoro risulta chiaramente che i due gas vengono totalmente consumati durante la trasformazione. Agli allievi viene richiesto:

- Di rappresentare con il modello particellare le sostanze reagenti e il prodotto della trasformazione.
- Di giustificare le loro rappresentazioni

Gli allievi non hanno alcuna difficoltà ad ammettere che, se 1 dm^3 di cloruro di idrogeno si combina esattamente con 1 dm^3 di ammoniaca, i pistoni si avvicinano sino quasi a toccarsi: tra questi rimane solo una sottile parete formata dal solido bianco cloruro di ammonio. Nella figura 6, viene riportata una delle rappresentazioni, la più frequente, della formazione del cloruro di ammonio solido per combinazione di uguali volumi dei gas cloruro di idrogeno e ammoniaca.

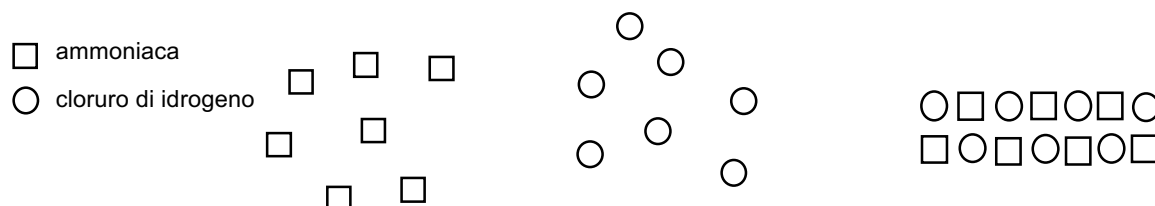


Figura 6 – La rappresentazione più frequente tra quelle proposte dagli studenti nel foglio di lavoro 6.8

Come si può notare, per entrambi i gas reagenti viene disegnato lo stesso numero di particelle; è del tutto spontaneo per allievi che sono abituati a utilizzare il modello particellare per interpretare gli stati della materia e le trasformazioni fisiche attribuire un eguale numero di particelle dei due gas (livello microscopico) per rappresentare volumi eguali dei due gas reagenti (livello macroscopico). Gli studenti scelgono spontaneamente la soluzione più semplice: se 1 dm³ di cloruro di idrogeno si combina esattamente con 1 dm³ di ammoniaca, allora una particella di cloruro di idrogeno si combina con 1 particella di ammoniaca. Del resto, il criterio dell'ipotesi più semplice è quello che adottano comunemente gli scienziati. Può capitare che proprio gli studenti più dotati si oppongano all'adozione di questo criterio, ritenendolo del tutto arbitrario e impossibile da dimostrare (*non puoi mica contare tutte le particelle...mi pare improbabile*). In genere, chi ha optato per la scelta del rapporto più semplice ribatte dicendo: *a me sembra che funzioni....perché complicarsi la vita?*

Questa discussione procede dopo che gli allievi hanno affrontato la situazione problema posta nel foglio di lavoro 6.9. che contempla la stessa trasformazione chimica, ma propone tre casi che hanno in comune uno dei reagenti in eccesso:

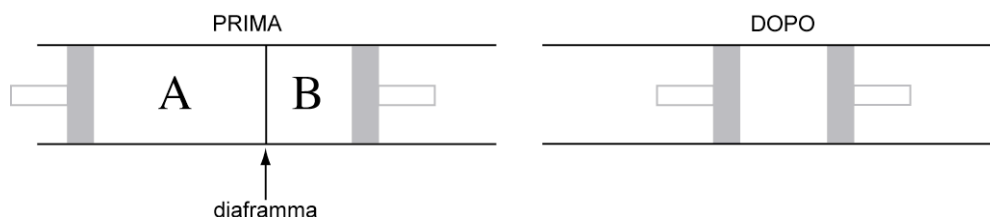
- nel primo caso il volume di cloruro di idrogeno è doppio rispetto a quello dell'ammoniaca;
- nel secondo caso il volume di ammoniaca è doppio rispetto a quello del cloruro di idrogeno;
- nel terzo caso il volume di ammoniaca è di un terzo maggiore di quello del cloruro di idrogeno.

Nei tre i casi si forma il solido bianco (cloruro di ammonio). Però i gas non vengono utilizzati completamente: al termine della trasformazione rimane sempre un residuo di sostanza gassosa. Gli schemi evidenziano che tra i due pistoni rimane del gas che non ha reagito e che quindi è in eccesso: nel primo caso si ha un eccesso di 1 dm³ di cloruro di idrogeno; nel secondo e nel terzo caso si hanno eccessi di ammoniaca, rispettivamente di 1 dm³ e di 0,3 dm³.

Agli allievi viene nuovamente richiesto di rappresentare i sistemi con il modello particellare. La consegna li obbliga a chiedersi quale relazione esista tra il numero di molecole dei gas reagenti e il dato sperimentale che evidenzia un rapporto 1:1 tra i volumi dei due gas. Si tratta di una situazione problematica complessa, per la quale gli allievi propongono svariate soluzioni. La discussione collettiva di tali proposte mostra che non è facile mettersi d'accordo su una soluzione condivisa. Come per il precedente foglio di lavoro, in genere, buona parte degli allievi ritiene condivisibile la congettura che volumi eguali di cloruro di idrogeno e di ammoniaca contengano lo stesso numero di molecole e che vi è una relazione diretta tra volume di gas e numero di molecole: a volume doppio, corrisponde un numero doppio di molecole (a parità di pressione e temperatura). Alcuni allievi rimangono restii ad accettare tale congettura, ma la cosa non deve preoccupare: le situazioni problematiche affrontate in seguito avvalorano l'adeguatezza di tale ipotesi che, come l'insegnante farà rimarcare quando lo riterrà opportuno, è una delle ipotesi di Avogadro.

Si mutano le condizioni sperimentali dell'attività precedente. Il cilindro è sempre chiuso alle due estremità dai pistoni mobili. Il diaframma rimovibile divide il cilindro in due contenitori a tenuta. I due contenitori contengono volumi diversi di gas:

1. Il contenitore A contiene 2 dm^3 di cloruro di idrogeno; il contenitore B contiene 1 dm^3 di ammoniaca. Nel disegno che segue è raffigurata la situazione sperimentale prima e dopo la trasformazione chimica:

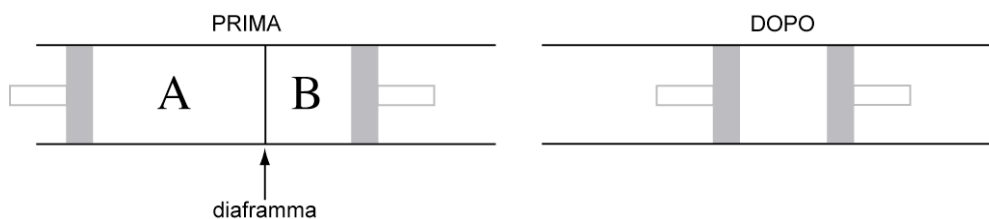


Rappresenta le sostanze prima e dopo la trasformazione chimica utilizzando il modello particellare.

Giustifica le tue rappresentazioni

.....

2. Il contenitore A contiene 2 dm^3 di ammoniaca; il contenitore B contiene 1 dm^3 di cloruro di idrogeno. Nel disegno che segue è raffigurata la situazione sperimentale prima e dopo la trasformazione chimica:

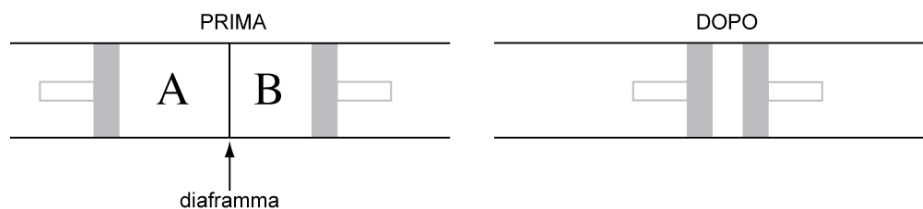


Rappresenta le sostanze prima e dopo la trasformazione chimica utilizzando il modello particellare.

Giustifica le tue rappresentazioni

.....

3. Il contenitore A contiene $1,3 \text{ dm}^3$ di ammoniaca; il contenitore B contiene 1 dm^3 di cloruro di idrogeno. Nel disegno che segue è raffigurata la situazione sperimentale prima e dopo la trasformazione chimica:



Rappresenta le sostanze prima e dopo la trasformazione chimica utilizzando il modello particellare.

Giustifica le tue rappresentazioni

.....

Nella figura 7 viene riportata la rappresentazione di uno studente che interpreta il gas residuo al termine della trasformazione come gas in eccesso che non ha reagito. Nel suo disegno, si vede che per rappresentare l'eccesso di un gas reagente lo ha disegnato con un numero doppio di particelle per giustificare un volume doppio di gas. Egli ha poi accompagnato la rappresentazione con questa giustificazione: *“per me l'ammoniaca reagisce per tutta la sua quantità con l'equivalente del cloruro di idrogeno, che però è in quantità doppia rispetto all'ammoniaca, perciò una parte di questo non reagisce, restando un gas”*.

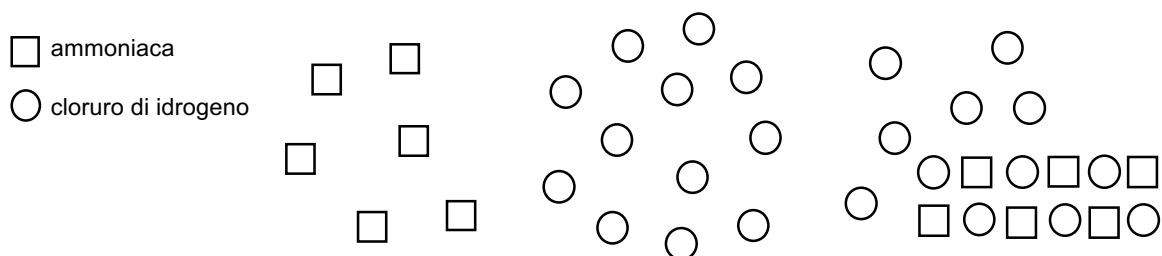


Figura 7 – La rappresentazione più frequente tra quelle proposte dagli studenti nel foglio di lavoro 6.9

Esistono ovviamente altri punti di vista, evidenziati nelle figure 8 e 9 che sono accompagnate dalle relative giustificazioni.

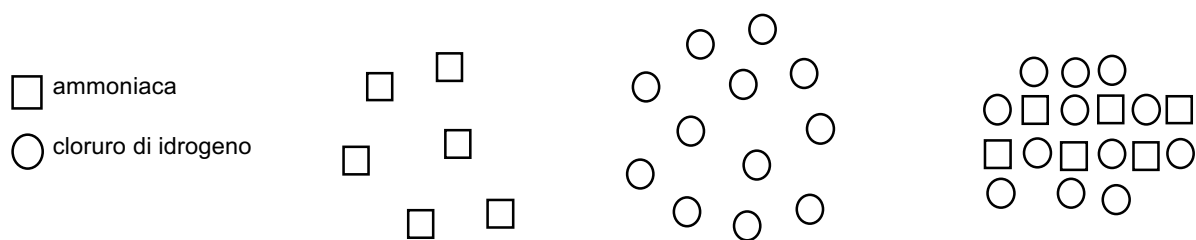


Figura 8 – Una rappresentazione alternativa tra quelle proposte dagli studenti nel foglio di lavoro 6.9

La giustificazione dell'allievo che ha proposto la rappresentazione di figura 8: *“il solido conterrà più particelle di cloruro di idrogeno”* – fa pensare che egli abbia una concezione analoga a quella di Berthollet: la composizione della sostanza solida che si forma può non essere definita e costante, ma cambiare quando cambia il rapporto tra le specie costituenti.

Un altro allievo (figura 9) ammette l'eccesso di gas, ma sostiene che *“le molecole dei reagenti si trasformano”*. Accompagna il disegno con questa giustificazione: *“i due gas vengono a contatto e avviene una trasformazione chimica, e gli atomi che sono le particelle più piccole si “fondono” con le altre e le molecole (particelle) cambiano e di conseguenza anche il corpo”*.

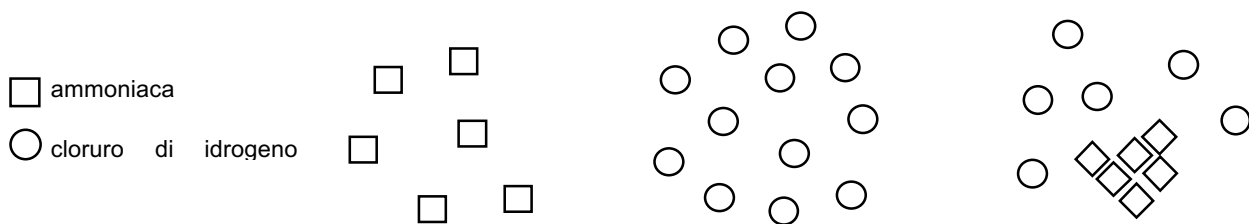


Figura 9 – Un'altra rappresentazione alternativa tra quelle proposte dagli studenti nel foglio di lavoro 6.9

Però, nelle rappresentazioni riportate fino a ora, gli studenti usano un simbolo iconico per disegnare le molecole, ma non usano simboli iconici per rappresentare gli atomi che compongono le molecole. Nelle figure 10 e 11, vengono riportate delle rappresentazioni che si riferiscono alla situazione problema introdotta nel FOL 6.8. Appartengono ad allievi che tentano di spiegare come gli atomi partecipino alla formazione delle molecole, ossia come sia possibile la ricombinazione degli atomi per dare nuove molecole: "...posso immaginare le due molecole come formate da due atomi ognuna. Siccome dopo i pistoni si sono avvicinati (FOL 6.8), all'interno del cilindro non saranno presenti gas, perciò gli atomi si sono combinati in un'unica molecola oppure in più molecole miscelate in modo omogeneo tra loro (stato solido)".

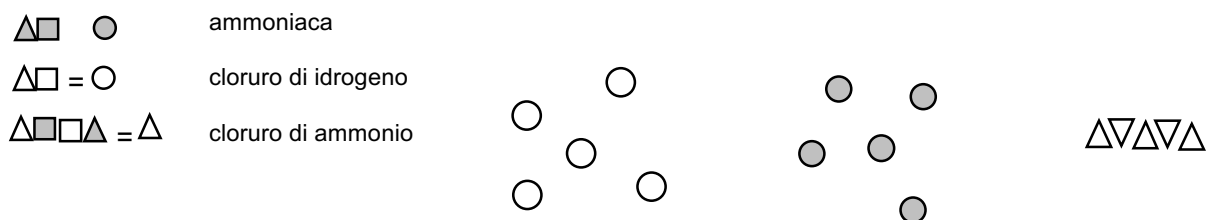


Figura 10 – Una proposta di ricombinazione degli atomi

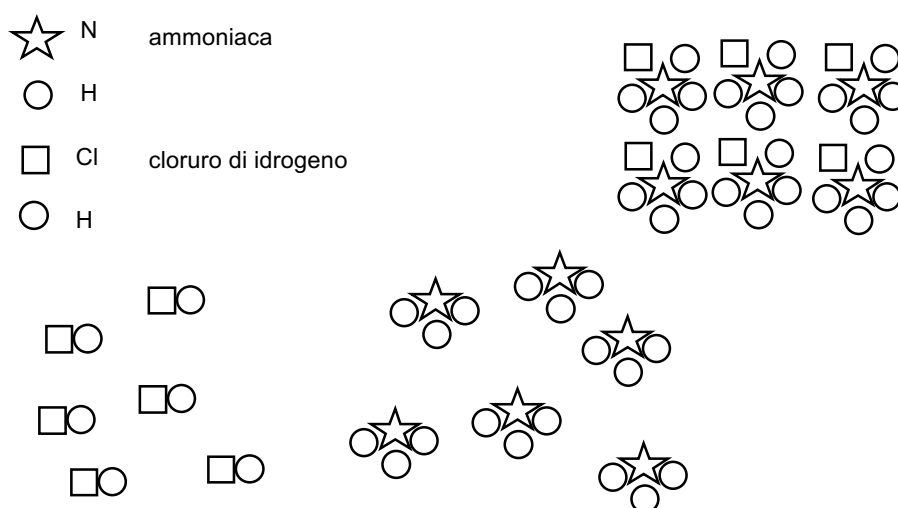


Figura 11 – Una proposta di ricombinazione degli atomi, senza commento

Nel caso di figura 10 il testo chiarisce il pensiero, mentre nel caso di figura 11 ogni commento sembra superfluo; durante la discussione, l'allievo che ha proposto quest'ultima rappresentazione ha rivelato di aver appreso la formula dell'ammoniaca in un altro corso. Egli afferma però che l'attività appena svolta gli ha permesso, grazie all'uso dei simboli iconici, di chiarire il senso della simbologia chimica. È interessante notare che, mentre nella sua mente questa interpretazione si rivela in tutta la sua plausibilità, i suoi compagni la ritengono troppo *incasinata*.

A questo punto della sequenza, rappresentazioni come quella di figura 11 sono poco frequenti. In genere, in casi come questo, l'insegnante plaude al bravo allievo che propone una tale rappresentazione, facendo presente a tutta la classe che quella è l'interpretazione giusta. Un atteggiamento di questo genere può risultare negativo, perché mette fine alla discussione e quindi al processo di comprensione: è necessario che la risposta adeguata al problema sia accettata come plausibile dal maggior numero possibile di allievi come esito del conflitto di idee messe in gioco in classe.