

ZANICHELLI

Simonetta Klein

Il racconto della chimica e della Terra

ZANICHELLI

Capitolo 22

Gli aspetti quantitativi delle reazioni

ZANICHELLI

Sommario

1. Definizione e nomenclatura delle reazioni chimiche
2. Tipi di reazioni chimiche
3. Determinare i coefficienti stechiometrici
4. Prevedere gli esiti quantitativi di una reazione

Definizione e nomenclatura delle reazioni chimiche

Le sostanze che compongono la materia sono soggette a continue trasformazioni e possono andare incontro a reazioni chimiche diverse.

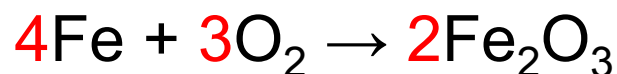
Una **reazione chimica** è la trasformazione di una o più sostanze in altre, dovuta alla scissione di legami esistenti nei reagenti e alla formazione di nuovi legami nei prodotti.

È importante definire gli aspetti quantitativi di una reazione espressi tramite la **stechiometria**.

Definizione e nomenclatura delle reazioni chimiche

I **coefficienti stechiometrici** indicano i rapporti molari tra le specie chimiche espresse nell'equazione chimica.

Per esempio:

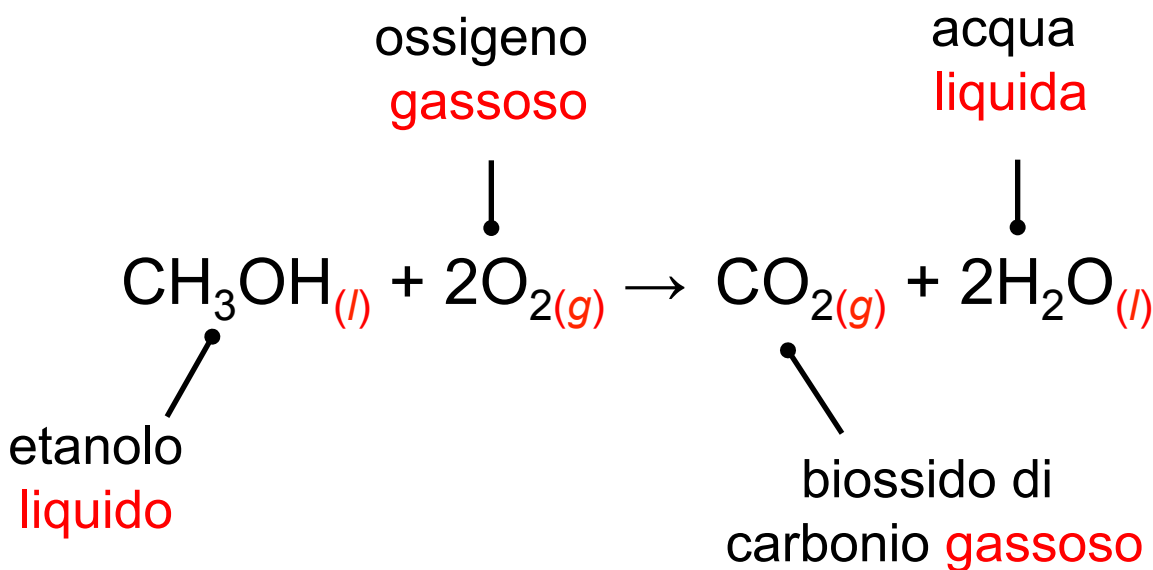


Significa che per ogni 4 moli di ferro reagiscono 3 moli di ossigeno per formare 2 moli di triossido ferrico.

Il numero di moli di ciascuno dei componenti della reazione è legato agli altri dal rapporto **4 : 3 : 2**.

Definizione e nomenclatura delle reazioni chimiche

In un equazione chimica, con opportuni pedici, si rappresentano gli stati fisici dei reagenti e dei prodotti: gas (*g*), solido (*s*), liquido (*l*), soluzione acquosa (*aq*).



Definizione e nomenclatura delle reazioni chimiche

Nell'equazione chimica, sopra o sotto la freccia si possono indicare le condizioni in cui si svolge la reazione.

$\xrightarrow{\Delta}$ = riscaldamento

$\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$ = in ambiente acquoso

$\xrightarrow{\text{H}^+}$ = in ambiente acido

$\xrightarrow{h\nu}$ = per azione della luce

$\xrightarrow{20\text{ }^\circ\text{C}}$ = alla temperatura di 20 °C

$\xrightarrow{\text{Fe}}$ = con catalizzatore di ferro

Tipi di reazioni chimiche

Si distinguono vari tipi di reazioni chimiche (che si possono schematizzare tenendo conto che una certa reazione può appartenere a più categorie):

di decomposizione, di sintesi, di scambio o di spostamento, di doppio scambio, dissociazione ionica, di ionizzazione, di precipitazione, di ossidoriduzione (o redox), acido-base.

Tipi di reazioni chimiche

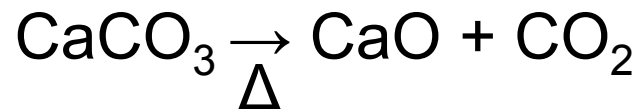
Reazioni di decomposizione

Partono da un solo reagente e hanno come risultato più prodotti.



Queste reazioni sono favorite dal calore.

Un esempio di reazione di decomposizione è quella usata in edilizia per ottenere la calce viva:



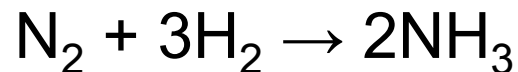
Tipi di reazioni chimiche

Reazioni di sintesi

Partono da più reagenti e hanno come risultato un solo prodotto.



Se A e B sono elementi la reazione è detta di **formazione**. Di seguito, la reazione di formazione dell'ammoniaca:

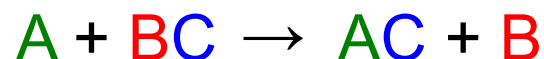


azoto idrogeno ammoniaca

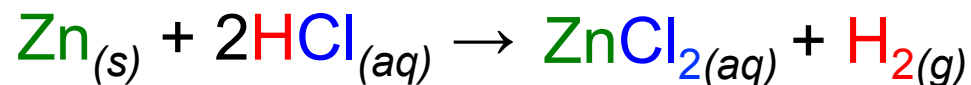
Tipi di reazioni chimiche

Reazioni di scambio o di spostamento

Gli atomi di un elemento neutro A prendono il posto degli atomi di B presenti in un composto BC, liberando l'elemento B.



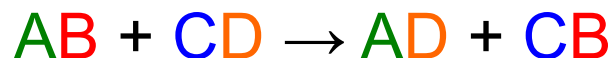
Sono casi particolari di redox come:



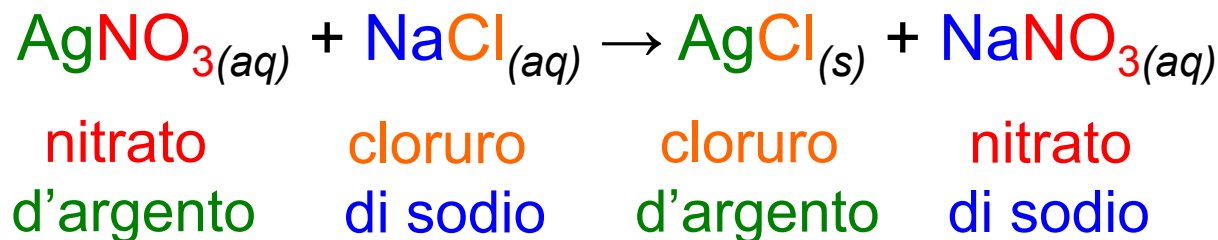
Tipi di reazioni chimiche

Reazioni di doppio scambio

Due composti AB e CD si scambiano tra loro i rispettivi «partner» producendo AD e BC.



Rientrano in questa categoria le reazioni di precipitazione dei sali:

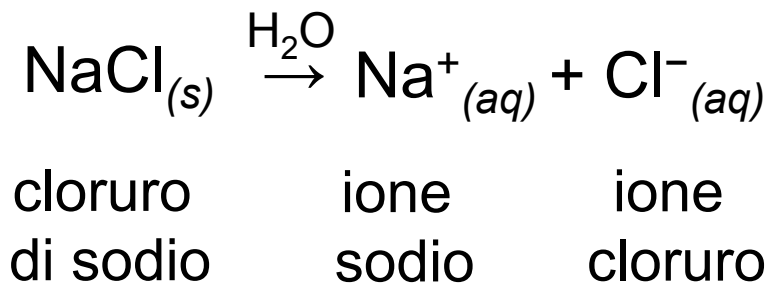


Tipi di reazioni chimiche

Reazioni di dissociazione ionica

Avvengono quando una sostanza ionica si scioglie in acqua o in un altro solvente polare liberando gli ioni di cui è costituita.

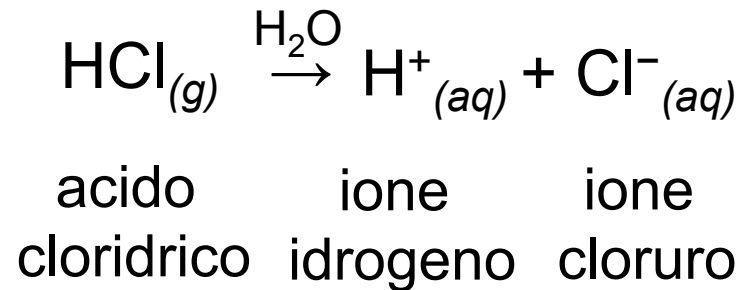
Per esempio:



Tipi di reazioni chimiche

Reazioni di ionizzazione

Riguardano le sostanze molecolari che reagiscono liberando ioni, come:

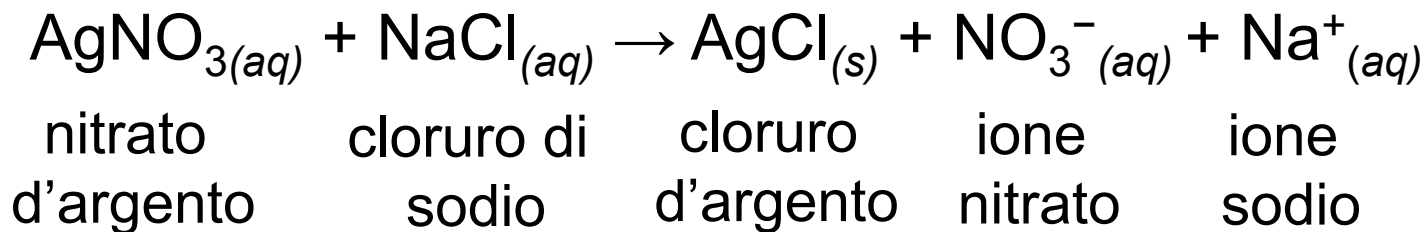


Tipi di reazioni chimiche

Reazioni di precipitazione

Sono reazioni in cui si forma un prodotto solido da una soluzione liquida o da una miscela di gas.

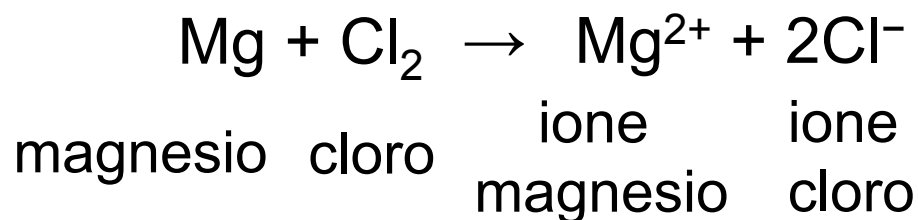
In genere il prodotto solido forma inizialmente una miscela eterogenea per poi depositarsi sul fondo del recipiente. Per esempio:



Tipi di reazioni chimiche

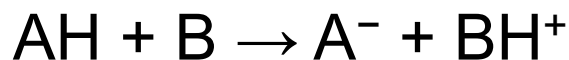
Reazioni di ossidoriduzione (o redox)

Sono governate dallo scambio di elettroni fra le specie chimiche che vi partecipano, come:



Reazioni acido-base

C'è uno scambio di ioni H^+ :



Determinare i coefficienti stechiometrici

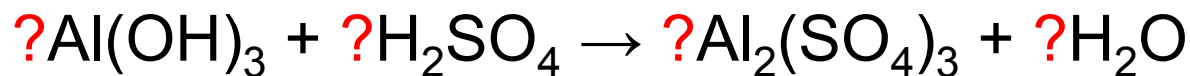
Bilanciare un'equazione chimica significa assegnare a ogni specie chimica il giusto coefficiente stechiometrico.

Occorre tenere presente la teoria atomica di Dalton: nelle reazioni chimiche gli atomi non si creano né si distruggono e vi partecipano interi.

In pratica tutti gli atomi appartenenti ai reagenti dovranno trovarsi nello stesso numero anche nei prodotti.

Determinare i coefficienti stechiometrici

Regole per bilanciare una reazione ordinaria (non di ossidoriduzione):



1. Scrivere correttamente le formule dei reagenti e dei prodotti.

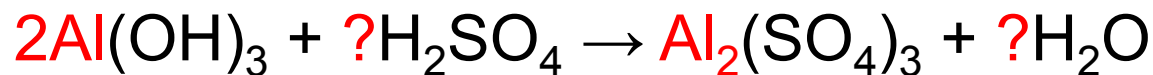
Non si può mai intervenire sulle formule chimiche, quindi non si possono modificare gli indici delle formula

Determinare i coefficienti stechiometrici

2. Iniziare il bilanciamento da un atomo che non sia né idrogeno né ossigeno

Scelto un elemento, si contano i suoi atomi nei prodotti e nei reagenti, facendo attenzione agli indici di ogni formula.

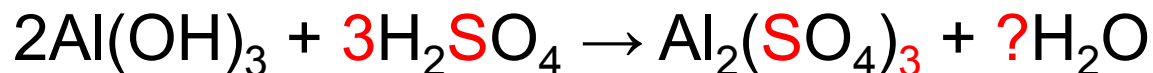
Si pongono poi i coefficienti davanti alle rispettive formule in modo che a destra e a sinistra della freccia il numero di atomo dell'elemento sia uguale.



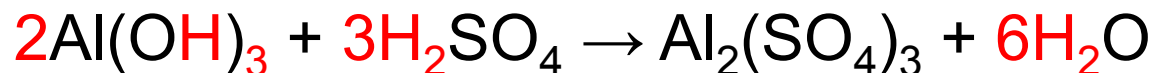
Determinare i coefficienti stechiometrici

3. Bilanciare un altro atomo diverso da idrogeno e ossigeno (se presente)

Si segue il procedimento del punto 2. per tutti gli atomi fin quando restano da bilanciare solo H e O.



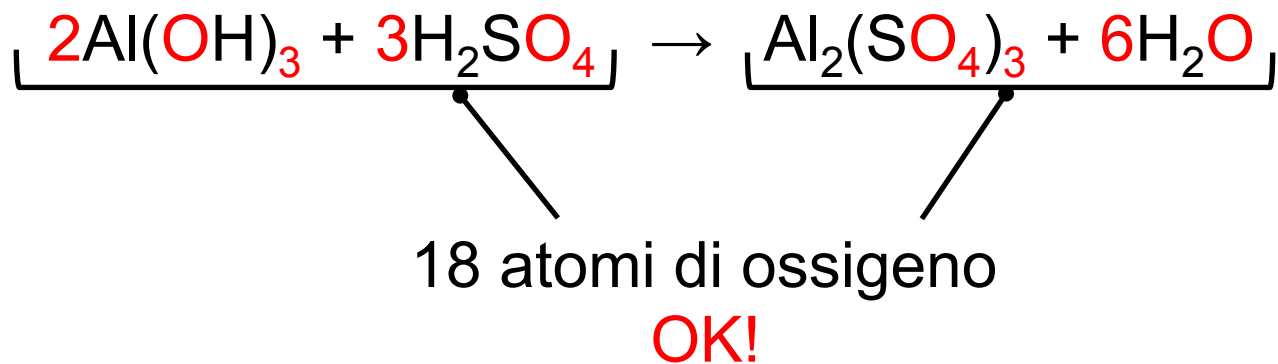
4. Bilanciare gli atomi di idrogeno indicando il coefficiente dell'acqua



Determinare i coefficienti stechiometrici

5. Controllare che l'ossigeno sia bilanciato

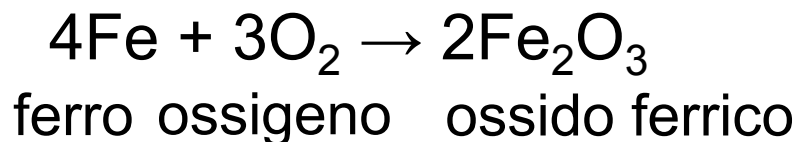
Se l'ossigeno non è bilanciato si ricomincia dal punto 1.



Prevedere gli esiti quantitativi di una reazione

Se conosciamo le moli di uno dei reagenti o di uno dei prodotti, possiamo calcolare la quantità di tutte le altre sostanze coinvolte nella reazione.

Per esempio:



Ipotizziamo di avere 1,2 moli di Fe possiamo ricavare sia le moli di ossigeno necessarie per la reazione, sia quelle di ossido ferrico prodotte.

Prevedere gli esiti quantitativi di una reazione

$$4 : 3 = 1,2 \text{ moli} : x$$

$$x = 0,9 \text{ moli di O}_2$$

$$2 : 1 = 1,2 \text{ moli} : x$$

$$x = 0,6 \text{ moli di Fe}_2\text{O}_3$$

Ricavate le proporzioni molari, si possono risolvere i problemi di stechiometria.

Molti esercizi di base sono relativi al calcolo della massa di un componente della reazione a partire dalla massa nota di un reagente o di un prodotto.

Prevedere gli esiti quantitativi di una reazione

Si indica con c la specie di cui si conosce la massa e con x la specie di cui si desidera ricavarla.

$$\text{numero di moli (mol)} = \frac{\text{massa (g)}}{\text{massa molare (g/mol)}}$$

$$\text{massa} = \text{numero di moli} \cdot \text{massa molare}$$

$$n \text{ moli}_c = \frac{\text{massa}_c}{\text{massa molare}_c}$$

Prevedere gli esiti quantitativi di una reazione

Dai coefficienti stechiometrici si ricava:

$$n \text{ moli}_c : n \text{ moli}_x = \text{coeff}_c : \text{coeff}_x$$

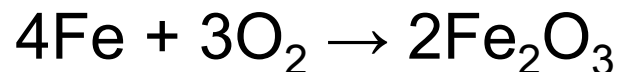
$$n \text{ moli}_x \cdot \text{massa molare}_x = \text{massa}_x$$

Che in una unica espressione diventa:

$$\text{massa}_x : (\text{coeff}_c \cdot \text{massa molare}_c) = \text{massa}_x : (\text{coeff}_c \cdot \text{massa molare}_c)$$

Prevedere gli esiti quantitativi di una reazione

Per la reazione precedente:



abbiamo determinato che, se facciamo reagire 1,2 moli di ferro, occorreranno 0,9 moli di ossigeno affinché tutto il ferro reagisca.

Queste quantità stanno fra loro nello stesso rapporto espresso dai coefficienti stechiometrici e per questa ragione sono dette **quantità stechiometriche**.

Prevedere gli esiti quantitativi di una reazione

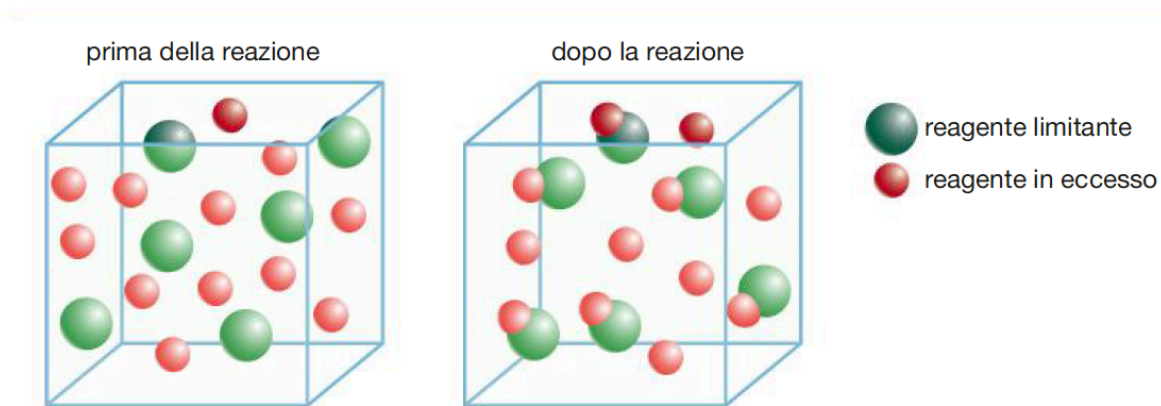
Esistono casi in cui la quantità di ossigeno è maggiore o minore del valore che è stato calcolato.

1. Il numero di moli di ossigeno è maggiore della quantità stechiometrica: la quantità in più non reagisce e resta tra i prodotti. Si dice che il reagente sovrabbondante è **in eccesso**, mentre l'altro è **in difetto**.
2. Il numero di moli di ossigeno è minore della quantità stechiometrica: l'ossigeno reagisce del tutto mentre una certa quantità di ferro non partecipa alla reazione. L'ossigeno è in difetto mentre il ferro è in eccesso.

Prevedere gli esiti quantitativi di una reazione

In entrambi i casi per calcolare la quantità di prodotto che si forma è necessario eseguire i calcoli a partire dal reagente in difetto.

Il reagente in difetto limita la quantità di prodotto che può essere ottenuto da un processo chimico. Per questo è detto **reagente limitante** di una reazione.



Prevedere gli esiti quantitativi di una reazione

Nella pratica di laboratorio chimico è inevitabile che la quantità di prodotti ottenuta sia talvolta inferiore alla resa teorica. I motivi sono diversi, dalle manipolazioni pratiche alla possibilità che avvengano reazioni secondarie.

Si definisce **resa teorica** R_t di una reazione la quantità di un prodotto calcolata sulla base dei rapporti stechiometrici della reazione.

Si definisce **resa effettiva** R_e la quantità di prodotto effettivamente ottenuta.

Prevedere gli esiti quantitativi di una reazione

Sulla base di tali valori si può calcolare la **resa percentuale**, definita come rapporto fra resa effettiva e resa teorica moltiplicato per 100.

$$R_{\%} = \frac{R_e}{R_t} \cdot 100$$

Reazioni che non esauriscono completamente i reagenti e che pertanto non hanno mai una resa del 100% sono dette **incomplete**.